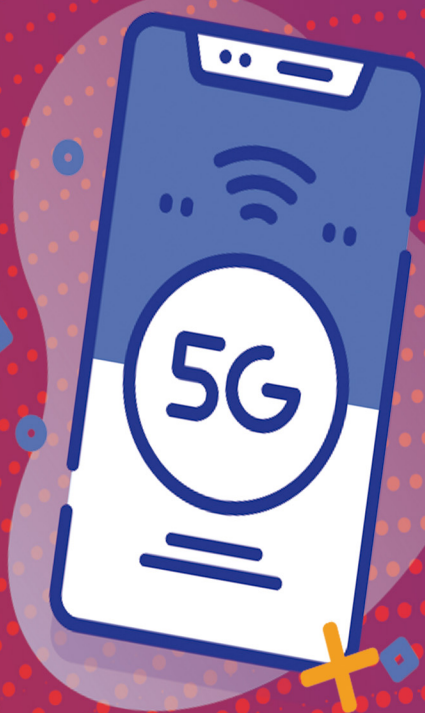


Oportunidades y desafíos  
para la masificación del

**5G en Colombia**



## CRÉDITOS

### EQUIPO TICTAC

**Director:**

Germán López Ardila

**Recopilación y apoyo investigativo:**

Nathalia Gamboa Bautista

**Diseño portada:**

Lorena Mesa Guzmán



### Sobre la CCIT

La Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones (CCIT) es una asociación gremial sin ánimo de lucro que reúne a las empresas más importantes de este sector en Colombia. Desde su fundación en 1993, ha desempeñado su papel como organización autorizada del sector tecnológico sin ánimo de lucro, reuniendo a actores del sector privado, la academia, la sociedad civil y el sector público, para promover el acceso a las tecnologías digitales en Colombia, romper la brecha digital y materializar la transformación digital.

### Sobre el TicTac

El TicTac es el primer tanque de análisis y creatividad del sector TIC en Colombia, establecido por la CCIT con el fin de proponer iniciativas de política pública orientadas a la transformación digital del país, con base en la sostenibilidad y competitividad económica, la inclusión social y la eficiencia gubernamental.



Attribution-NonCommercial 4.0 International.  
Copyright © CCIT 2024

Todos los derechos reservados.

La distribución y uso de este documento sin fines comerciales está permitida sin restricciones.

## RESUMEN

Este documento analiza la implementación y expansión de la tecnología 5G en Colombia, destacando su potencial para transformar el panorama digital del país. Aborda cómo la adopción de 5G puede catalizar el desarrollo económico, mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, y servir como motor para la innovación y la competitividad. La subasta del espectro 5G en Colombia, realizada en diciembre de 2023, se presenta como un paso crucial hacia una nueva era en las comunicaciones móviles, ofreciendo velocidades más rápidas, una mejor capacidad de red, y atrayendo inversión extranjera. Además, se destaca el potencial de 5G para habilitar nuevas aplicaciones y servicios, tales como mayor velocidad de subida y bajada, menor latencia, y el desarrollo de ciudades inteligentes, beneficiando tanto a consumidores masivos como a industriales.

Por otro lado, se examinan los desafíos que tiene el despliegue de la tecnología 5G, incluyendo la necesidad de una infraestructura avanzada y la adaptación de los requerimientos administrativos para su implementación. Se discuten casos de uso y aplicaciones de 5G en diferentes sectores a nivel mundial, demostrando su impacto en la eficiencia operativa, la seguridad, y la innovación. Se concluye resaltando la importancia de una estrategia integral para la implementación de 5G en Colombia, que abarca desde la mejora de infraestructuras hasta el desarrollo de políticas inclusivas, con el fin de maximizar los beneficios de esta tecnología para mejorar la calidad de vida de los colombianos y fomentar el desarrollo económico del país.

CONTENIDO

<b>Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Conectividad 5G: Transformando el panorama digital colombiano</b> .....	<b>6</b>
1.1. Análisis del mercado de servicios móviles en Colombia.....	7
1.1.1. Penetración.....	9
1.1.2. Asequibilidad.....	10
1.1.3. Infraestructura.....	11
1.2. Usos de los servicios digitales.....	11
1.2.1. Consumidores masivos.....	11
1.2.2. Usuarios industriales.....	14
1.3. Panorama de conectividad en Colombia: avances, desafíos y oportunidades...	16
1.3.1. Penetración y acceso a tecnologías de comunicación en Colombia.....	16
1.3.2. Cierre de la brecha digital.....	16
1.3.3. Apetito por la digitalización en el ámbito empresarial.....	17
1.3.4. Impacto y perspectivas de la adopción y masificación de tecnología móvil 5G.....	17
1.3.5. Oportunidades económicas y competitivas.....	17
1.3.6. Integralidad en la estrategia de implementación.....	18
<b>2. Desafíos al despliegue de tecnología 5G</b> .....	<b>18</b>
2.1. Despliegue de Infraestructura.....	18
2.2. Ecosistema y dispositivos para 5G masivo e industrial.....	20
<b>3. Sectores clave para priorizar la aplicación de 5G en Colombia</b> .....	<b>21</b>
3.1. Modelos de negocio a nivel Internacional.....	21
3.2. Sector Portuario.....	23
3.3. Sector Logístico.....	26
3.4. Sector Manufacturero.....	28
3.5. Sector Petróleo y Gas (O&G).....	31
<b>4. Conclusiones y Recomendaciones para Colombia</b> .....	<b>34</b>
<b>5. Bibliografía</b> .....	<b>37</b>

## Introducción

En un mundo cada vez más digitalizado, la adopción de la tecnología 5G se presenta como un catalizador para el desarrollo económico y la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, así como un motor para la innovación y la competitividad.

Estos avances no solo beneficiarán a los usuarios finales con experiencias más rápidas y eficientes, sino que también impulsarán el desarrollo de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial y la realidad virtual, aumentada y extendida, generando un impacto positivo en las diferentes industrias del país.

La subasta del espectro para la implementación del 5G en Colombia marca un hito crucial en el avance tecnológico del país, iniciando una nueva era en las comunicaciones móviles y abriendo oportunidades de transformación en diversos sectores económicos. Este proceso de asignación de espectro en la banda de 3500 MHz (conocida como Banda C) no solo traerá velocidades más rápidas y una capacidad de red mejorada, sino que también mejorará la competitividad de Colombia, atrayendo inversión extranjera y fortaleciendo su papel como actor clave en la economía digital de América Latina.

Precisamente, la subasta tuvo lugar el pasado 20 de diciembre de 2023<sup>1</sup>, fundamentada en la Resolución MinTIC 3947 de 2023 y poniendo a disposición de los interesados espectro radioeléctrico a nivel nacional en las bandas de frecuencia de 700 MHz, 1900 MHz, AWS E, 2500 MHz y 3500 MHz. Esta última banda (de 3500 MHz) ya comenzó a ser utilizada<sup>2</sup> por los adjudicatarios para la prestación de servicios móviles asociados a tecnología 5G en Colombia.

Finalmente, se adjudicaron 4 bloques de 80 MHz (para un total de 320 MHz) en la banda de 3500 MHz, que corresponden a las empresas Claro, WOM, la Alianza de Telefónica y Tigo, y a un nuevo operador, llamado Telecall. Vale la pena mencionar que, con el otorgamiento de los permisos el 23 de febrero de 2024, efectivamente se habilitó a los operadores adjudicatarios a utilizar el espectro de 3500 MHz, para prestar servicios a lo ancho del país.

Una vez cumplidos estos pasos, se abre camino para la llegada de tecnología 5G al país para consumidores tanto masivos como industriales. Al respecto, hay un gran potencial de nuevos casos de uso y de servicios mejorados prestados sobre esta nueva tecnología móvil. En ese sentido, vemos que algunos de los beneficios que pueden obtener los consumidores masivos, gracias a las potencialidades de 5G<sup>3</sup>, son:

- **Mayor velocidad de subida y bajada:** Con velocidades de conexión significativamente más rápidas que las redes 4G, los usuarios pueden descargar y cargar contenido, como videos de alta definición y archivos pesados, de manera

<sup>1</sup> MinTIC. (2023). Proceso de Asignación de Espectro IMT. <https://mintic.gov.co/micrositios/asignacion-espectro-imt-2023/828/w3-channel.html>

<sup>2</sup> Forbes (marzo 8, 2024) Más de 1.6 millones de colombianos han estrenado 5G, indican operadores colombianos. Disponible en: <https://forbes.co/2024/03/08/tecnologia/mas-de-1-6-millones-de-colombianos-han-estrenado-5g-indican-operadores-moviles>

<sup>3</sup> CEPAL. (2022). Redes 5G en América Latina: Desarrollo y Potencialidades. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/434ab732-7b7a-4ac1-9445-e043ce7a7c19/content>



más rápida y eficiente. Esto permitirá nuevos casos de usos y aplicaciones por ejemplo relacionadas con consumo de contenidos en línea (especialmente video y videojuegos) y también, dará toda una nueva dimensión de posibilidades a los prosumidores<sup>4</sup>.

- **Menor latencia:** La latencia reducida en las redes 5G permite una experiencia más fluida en tiempo real para aplicaciones como juegos en línea, videoconferencias y realidad virtual/aumentada. Esto permitirá la oferta de nuevos servicios enfocados en mercados de nicho que utilicen estas características.
- **Potencial para habilitar nuevas aplicaciones y servicios:** La baja latencia y la alta velocidad de las redes 5G son fundamentales para el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios innovadores, como vehículos autónomos, Internet de las cosas (IoT) a gran escala, telemedicina de alta definición y ciudades inteligentes, que podrán ser utilizados por los ciudadanos.

De otro lado, también encontramos beneficios que estas nuevas tecnologías traerán tanto para los operadores de las redes 5G, a la hora de prestar sus servicios, como para usuarios de aplicaciones industriales basadas en estas tecnologías<sup>5</sup>:

- **Mayor capacidad de red:** Las redes 5G pueden soportar un mayor número de dispositivos conectados simultáneamente sin comprometer la velocidad o la calidad de la conexión, lo que es ideal para entornos con una alta densidad de usuarios, como estadios, centros urbanos y eventos masivos. Esto mejorará la experiencia de usuario en estas redes.
- **Mejor cobertura en áreas densamente pobladas:** La tecnología 5G utiliza una combinación de frecuencias más altas y tecnologías de antena avanzadas, lo que permite una mejor cobertura en áreas urbanas densamente pobladas donde las redes 4G pueden sufrir congestión, optimizando a su vez la experiencia de los usuarios.
- **Automatización industrial:** La baja latencia y la alta confiabilidad de las redes 5G permiten la implementación de sistemas de automatización industrial más avanzados, como robótica colaborativa, control remoto de maquinaria y procesos de fabricación optimizados. Esto permitirá el desarrollo de nuevos casos de uso para sectores claves como la manufactura, logística, Oil & Gas, Minería, puertos y transporte, entre otros <sup>6</sup>.
- **Conectividad de alta velocidad en entornos industriales:** Las redes 5G pueden proporcionar conectividad de alta velocidad en entornos industriales difíciles, como plantas de fabricación, puertos y almacenes, lo que facilita la transferencia de grandes volúmenes de datos en tiempo real. Esto permitirá la transferencia y recolección de datos, que generarán eficiencias en los procesos y aumentarán la eficiencia en distintos tipos de industrias, destacando las redes de distribución de servicios públicos, por ejemplo.

<sup>4</sup> Los prosumidores son aquellos consumidores que a su vez pueden generar contenido. Tapscott, D. (1997). The digital economy: Promise and peril in the age of networked intelligence. McGraw-Hill.

<sup>5</sup> Como, por ejemplo, redes privadas, IoT masivo, y computación en el borde. GSMA. (2023). 5G en América Latina. Liberando el potencial. <https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2023/06/290623-5G-in-Latam-ESP.pdf>

<sup>6</sup> GSMA. (2023, junio 22). Private 5G Industrial Networks 2023. <https://www.gsma.com/iot/resources/private-5g-industrial-networks-2023/>

- **Internet de las cosas (IoT) industrial:** La capacidad de las redes 5G para manejar un gran número de dispositivos conectados de forma simultánea y la baja latencia son fundamentales para el desarrollo y la implementación de soluciones de IoT a gran escala en entornos industriales. Esto permitirá su uso en ambientes complejos con operaciones de grandes números de dispositivos como centros logísticos, instalaciones militares o parques tecnológicos.

No obstante, la implementación de 5G no está exenta de desafíos. La asignación eficiente del espectro radioeléctrico debe evitar congestiones en la red y garantizar ampliar el acceso a servicios de comunicaciones en el país. En este contexto, la subasta no solo se convierte en un proceso económico, sino también en un instrumento para promover el cierre de la brecha digital. Por eso es importante tener en cuenta la importancia de sensibilizar y socializar los beneficios que el 5G traerá a los distintos tipos de consumidores, con el fin de garantizar el éxito no solamente en su despliegue, sino también en su apropiación.

Al respecto, varios estudios han analizado la respuesta de los usuarios hacia las tecnologías 5G y han notado que en algunos mercados hay retos de adopción por parte de los consumidores masivos<sup>7</sup>. Sin embargo, los consumidores industriales y corporativos ven importantes oportunidades de uso, especialmente aunados a la Inteligencia Artificial<sup>8</sup>.

Con todo lo anterior, el presente estudio pretende realizar un diagnóstico sobre el estado de las comunicaciones móviles en Colombia, de cara a la entrada de 5G, así como las mejores prácticas y casos de éxito de la implementación de tecnología 5G en ambientes industriales y productivos. Lo anterior, con el fin de resaltar el rol que esta tecnología jugará en el desarrollo económico del país, así como ejemplos exitosos y recomendaciones que pueden ser emuladas.

## 1. Conectividad 5G: Transformando el panorama digital colombiano

El 5G, con su capacidad de acceso inalámbrico fijo (FWA), representa una revolución en la cobertura de banda ancha, ofreciendo conexiones de alta velocidad, con baja latencia y una cobertura ampliada. Esta tecnología permite a los hogares y negocios disfrutar de una conectividad a internet comparable con las conexiones de fibra óptica, sin necesidad de cableado físico. Además, el 5G FWA facilita una implementación rápida y eficiente, llegando a áreas anteriormente con acceso limitado o sin servicios de banda ancha, lo que contribuye significativamente a la reducción de la brecha digital, promoviendo una inclusión más amplia, tanto de consumidores masivos, como de industrias.<sup>9</sup>

Así, la implementación y expansión de la tecnología 5G en Colombia representa un hito significativo en la evolución de las telecomunicaciones dentro del país, marcando un antes y un después en la manera en que los colombianos acceden y utilizan Internet y

<sup>7</sup> Como en el caso de los EUA. PricewaterhouseCoopers. (2020, julio 20). Awareness is higher than ever. But do consumers see value in 5G? PwC. <https://www.pwc.com/us/en/industries/tmt/do-consumers-see-value-in-5g.html>

<sup>8</sup> Deloitte. (2021). 5G the benefits and barriers to adoption | Digital Consumer Trends 2021. Deloitte Ireland. <https://www2.deloitte.com/ie/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/digital-consumer-trends/digital-consumer-trends-5g-benefits-and-barriers-to-adoption.html>

<sup>9</sup> Pearson, C. (2021, noviembre 8). Closing the Digital Divide With 5G Fixed Wireless Access. 5G Americas. <https://www.5gamericas.org/closing-the-digital-divide-with-5g-fixed-wireless-access/>

tecnologías asociadas a este. Durante los últimos años Colombia ha experimentado un crecimiento constante en términos de penetración de Internet y uso de dispositivos móviles, lo que ha llevado a una demanda cada vez mayor de servicios de Internet móvil más rápidos, confiables y eficientes.<sup>10</sup>

La materialización de la subasta 5G a finales del 2023 fue el resultado de un compromiso del Gobierno Nacional y la Industria para promover avances en la conectividad, adopción y apropiación de tecnologías móviles. Este paso adelante también evidenció la necesidad de avanzar hacia infraestructuras capaces de soportar un mayor volumen de datos y conexiones con baja latencia, como elementos claves para el desarrollo económico y social del país, tanto para los consumidores masivos, como para los distintos sectores industriales.

Con esto presente, se procede a diagnosticar el estado actual del mercado de telecomunicaciones móviles de Colombia. Asimismo, se analiza cualitativamente la demanda por parte de consumidores masivos e industriales. Lo anterior con el fin de presentar un panorama de desafíos y oportunidades para la tecnología 5G en Colombia.

## 1.1. Análisis del mercado de servicios móviles en Colombia

La penetración de Internet en Colombia ha tenido una tendencia positiva en los últimos años, reflejando un crecimiento sostenido del acceso a servicios digitales. Este avance ha sido impulsado por la ampliación de la infraestructura de telecomunicaciones y la adopción de políticas que buscan reducir la brecha digital. De igual manera, el uso de tecnologías emergentes ha generado nuevas necesidades de servicios de conectividad, que también han exigido nuevas inversiones en despliegue de infraestructura de telecomunicaciones y nuevos dispositivos en el creciente ecosistema de IoT.

Por lo tanto, para alcanzar los estándares internacionales<sup>11</sup> y satisfacer las expectativas de los usuarios en términos de velocidad y calidad del servicio, es fundamental la adopción de tecnología móvil de quinta generación.

---

<sup>10</sup> CRC. (s/f). Datos de los sectores de telecomunicaciones y postal | Postdata. Recuperado el 5 de abril de 2024, de <https://postdata.gov.co/dashboard/datos-de-los-sectores-de-telecomunicaciones-y-postal>

<sup>11</sup> OECD. (2022). Fixed and mobile broadband subscriptions per 100 inhabitants [dataset]. <https://www.oecd.org/digital/broadband/broadband-statistics/>



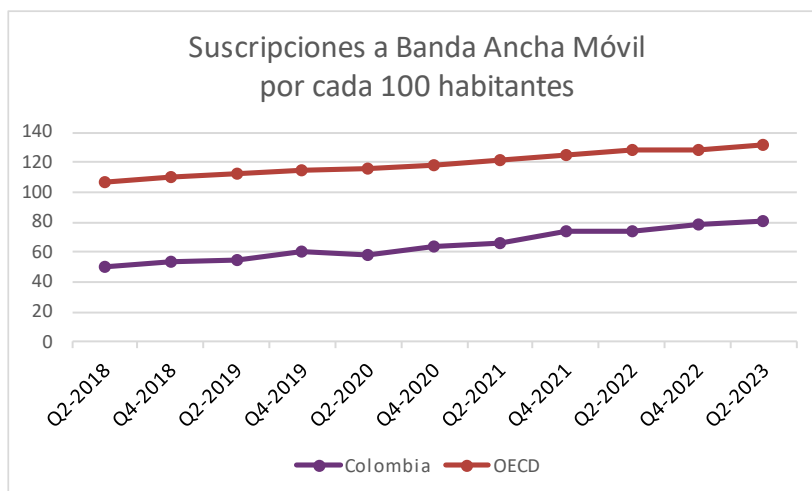


Figura 1. Suscripciones a banda ancha móvil en los países de la OCDE y Colombia, medido por cada 100 habitantes; entre 2018 y 2023. Fuente: OCDE

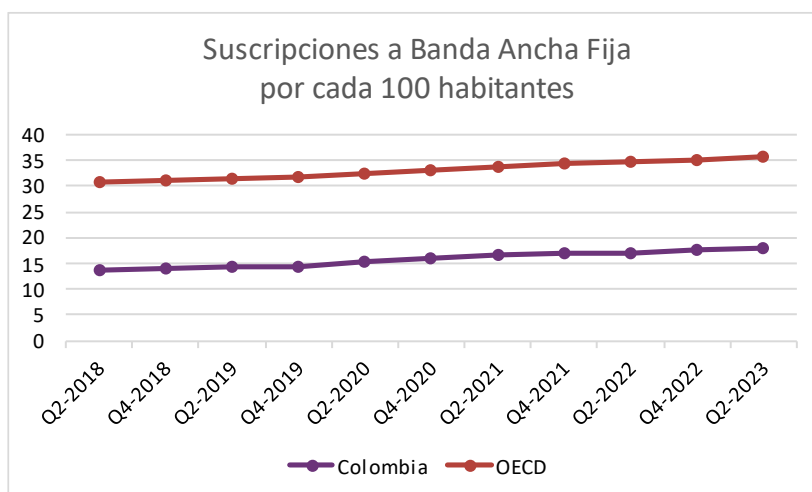


Figura 2. Suscripciones a banda ancha fija en los países de la OCDE y Colombia, medido por cada 100 habitantes; entre 2018 y 2023. Fuente: OCDE

El 5G promete no solo mejorar significativamente la experiencia de usuario, sino también habilitar el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios en las distintas industrias que requieren de una alta capacidad de transmisión de datos en tiempo real, así como para el desarrollo de actividades de misión crítica<sup>12</sup>.

En cuanto al uso de dispositivos móviles inteligentes,<sup>13</sup> Colombia ha experimentado un aumento notable en el número de dispositivos por (hoy en día el 91,5% de la población

<sup>12</sup> Deloitte. (2023). Next Generation Mission Critical Networks.

<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/pt/Documents/technology-media-telecommunications/TEE/gTEE-Whitepaper-Next-Generation-Mission-Critical-Networks.pdf>

<sup>13</sup> Un dispositivo móvil inteligente es aquel que cuenta con teclado completo, ya sea táctil o físico, y opera sobre sistemas operativos estándares que sean actualizables. Además, es necesario que posea capacidad de procesamiento y cómputo, permita la navegación en Internet, disponga de conectividad WIFI y cuente con acceso a tiendas de aplicaciones, además de ser compatible con aplicaciones desarrolladas por terceros. Ver: Presidencia de la República de Colombia. (2013). Decreto número 1793 de 2013 "Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1607 de 2012 "por la cual se expiden normas en materia tributaria y se dictan otras disposiciones". Diario Oficial No. 48.890.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=54302>

tiene un celular)<sup>14</sup>, lo que refleja una sociedad cada vez más conectada, que utiliza la tecnología móvil para una amplia gama de actividades diarias. La penetración de Internet móvil ha crecido de la mano con este aumento, evidenciando una clara tendencia hacia la movilidad y la demanda de conectividad constante, sin importar el lugar.

Este panorama resalta la importancia y necesidad de desplegar la tecnología 5G en el país, no solo para satisfacer las crecientes demandas de conectividad de alta velocidad, sino también para impulsar la innovación y el desarrollo tecnológico en todos los sectores productivos de la sociedad colombiana<sup>15</sup>.

Con relación a esto, se procede a analizar los niveles de penetración de Internet móvil en el país, así como su comparación con el Internet fijo. Igualmente, se profundiza en los dispositivos utilizados para acceder a Internet en el país. Asimismo, se revisará el estado del despliegue de infraestructura de telecomunicaciones y sus nuevas necesidades a la luz de la llegada del 5G. Por último, se estudiará el uso que están dando a Internet los consumidores masivos e industriales. A continuación, se destacan algunas cifras:

### 1.1.1. Penetración

En Colombia el acceso a Internet móvil abarca a una amplia mayoría de la población, alcanzando al 86,2%, lo que equivale a aproximadamente 44,95 millones de accesos.<sup>16</sup> Por otro lado, el acceso a Internet fijo cubre al 49,0% de los hogares (para un total de 8,74 millones de hogares.)<sup>17</sup> Este patrón de acceso también refleja una tendencia donde las conexiones fijas son más prevalentes en áreas urbanas, mientras que las conexiones móviles son más predominantes en zonas rurales,<sup>18</sup> ya que aproximadamente cinco de cada diez personas acceden a Internet a través de dispositivos móviles.<sup>19</sup>

<sup>14</sup> We Are Social & Meltwater. (2024, febrero 23). Digital 2024: Colombia. DataReportal – Global Digital Insights. <https://datareportal.com/reports/digital-2024-colombia>

<sup>15</sup> Al respecto, ya se vienen desarrollando distintos casos de uso de 5G industrial en distintos procesos como: analítica en tiempo real, control remoto de líneas de producción, operaciones remotas con AR y VR, entre otras. Capgemini Research Institute. (2019). 5G in industrial operations. How telcos and industrial companies stand to benefit. <https://www.capgemini.com/ar-es/wp-content/uploads/sites/28/2022/12/5G-in-industrial-operations.pdf>

<sup>16</sup> Cifras al cuarto trimestre de 2023. Penetración de servicios móviles calculada como accesos por cada 100 personas. CRC. (s/f).

<sup>17</sup> Ibid. Penetración de servicios fijos calculada como accesos por cada 100 hogares.

<sup>18</sup> Ubicadas en el nivel avanzado, es decir, aquellos usuarios que realizan transacciones de forma regular, al menos una vez a la semana. En este nivel también se observan usos como el teletrabajo o el comercio electrónico (compra y venta).

<sup>19</sup> Centro Nacional de Consultoría. (2023). Apropiación digital 2023.

[https://www.centronacionaldeconsultoria.com/\\_files/ugd/c967c2\\_00cab63b2c224c9d9e16dd5cdbda022c.pdf](https://www.centronacionaldeconsultoria.com/_files/ugd/c967c2_00cab63b2c224c9d9e16dd5cdbda022c.pdf)

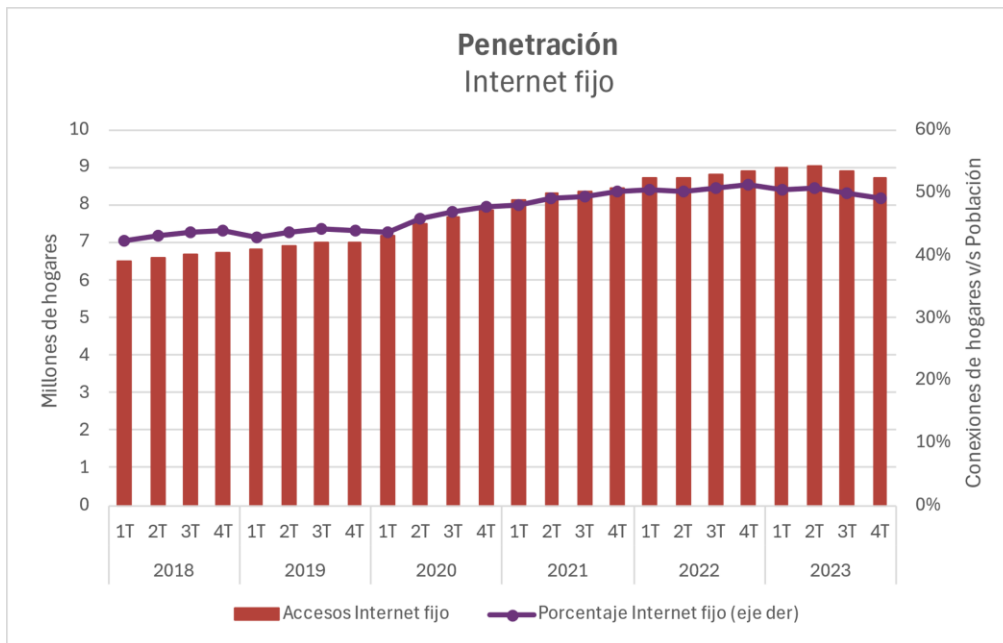


Figura 3. Millones de hogares con conexión fija y porcentaje de penetración: Conexiones a Internet fijo medidas por cada 100 hogares entre el primer trimestre de 2018 y el cuarto trimestre de 2023. Fuente: Posdata. CRC

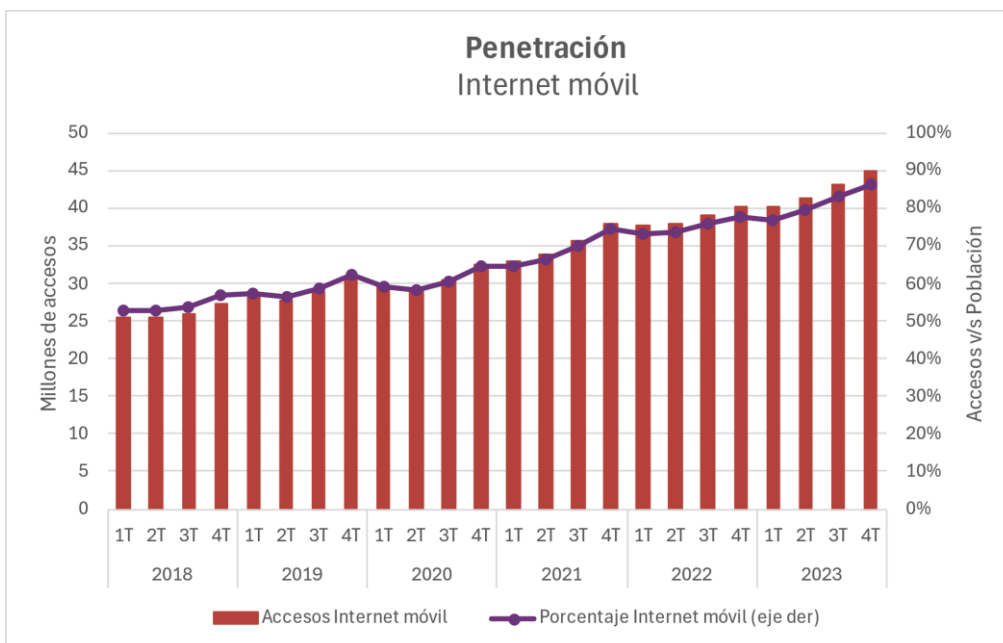


Figura 4. Millones de accesos a Internet móvil y porcentaje de penetración: Accesos a Internet móvil medido por cada 100 habitantes entre el primer trimestre de 2018 y el cuarto trimestre de 2023. Fuente: Posdata. CRC

### 1.1.2. Asequibilidad

En cuanto a la asequibilidad de los dispositivos móviles en Colombia, se observa un alto nivel de adopción, con el 98,8% de las personas entre 16 y 64 años teniendo algún tipo de teléfono móvil, y el 98,5% disponiendo de un smartphone. Esto representa un crecimiento

marginal del 0,5% y 0,6% respectivamente en comparación con el 2022.<sup>20</sup> Para acceder a Internet, se evidencia una preferencia por el uso de teléfonos móviles, con un 98,0% de la población entre rango de edad empleándolos para este fin, lo que refleja un incremento del 3,4% con respecto al 2022.<sup>21</sup> Estas tendencias destacan el cambio hacia un mayor uso de dispositivos móviles y la diversificación en las formas de acceso a Internet en Colombia.

### 1.1.3. Infraestructura

En Colombia la mayoría de los accesos a internet móvil (89,8%) se hacen por medio de la tecnología 4G.<sup>22</sup> Respecto a la infraestructura de telecomunicaciones, para el último trimestre de 2023 se estima que existían 21.592 torres instaladas en todo el país,<sup>23</sup> con una distribución de 2.418 personas conectadas por torre.

Aunque esta cifra ubica a Colombia como el tercer país en América Latina en cuanto a densidad de torres, después de Brasil (72.760 torres, con 2.959 personas por cada una) y México (42.637 torres, con 2.991 personas por cada una), se proyecta un crecimiento significativo en la infraestructura, con la expectativa de conectar 22 mil sitios adicionales entre 2022 y 2032, alcanzando un total de 43 mil sitios.

Esta expansión contempla la implementación de 29 mil macro celdas para tecnologías como 2G, 3G, 4G y 5G, así como 14 mil micro celdas específicamente para 5G, lo que apunta a un fortalecimiento y extensión de la cobertura de telecomunicaciones en el país.<sup>24</sup> Esta última tecnología representará el 44% de las conexiones móviles en 2030, llegando a cubrir el 68% de la población.<sup>25</sup>

Mientras tanto, al tercer trimestre de 2023 las conexiones móviles a 4G llegaron a 38,4 millones (con una tendencia ascendente desde el 2021), luego, con tendencia descendente están las conexiones a 3G, con 4,4 millones y 2G, con 0,4 millones.<sup>26</sup>

## 1.2. Usos de los servicios digitales

### 1.2.1. Consumidores masivos

Inicialmente, es importante destacar que un consumidor masivo de Internet es un usuario que aprovecha al máximo las posibilidades que ofrece la red para mejorar su vida personal y profesional con actividades cotidianas como comunicarse, educarse, trabajar,

<sup>20</sup> We Are Social & Meltwater. (2024, febrero 23). Digital 2024: Colombia. DataReportal – Global Digital Insights. <https://datareportal.com/reports/digital-2024-colombia>

<sup>21</sup> Ibid.

<sup>22</sup> Op Cit. CRC. (s/f).

<sup>23</sup> TowerXchange. (2024, enero 30). Telecom Tower Industry | TowerXchange's LATAM guide. <https://www.towerxchange.com/article/2bw6w3taf93z14rs1f3ep/telecom-tower-industry-towerxchanges-latam-guide>

<sup>24</sup> American Tower Corporation & SmC+. (2023). La gestión de infraestructura de telecomunicaciones como pilar fundamental para el futuro de América Latina. [https://americantower.com.mx/Assets/beta.americantower.com.mx/uploads/files/SmC\\_ATC\\_InfraLatam\\_202311\\_v3.0\\_esp.pdf](https://americantower.com.mx/Assets/beta.americantower.com.mx/uploads/files/SmC_ATC_InfraLatam_202311_v3.0_esp.pdf)

<sup>25</sup> Op. Cit. GSMA (2023)

<sup>26</sup> MinTIC. (2024, febrero 16). Boletín trimestral del sector TIC - Cifras tercer trimestre de 2023. <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-article-334280.html>

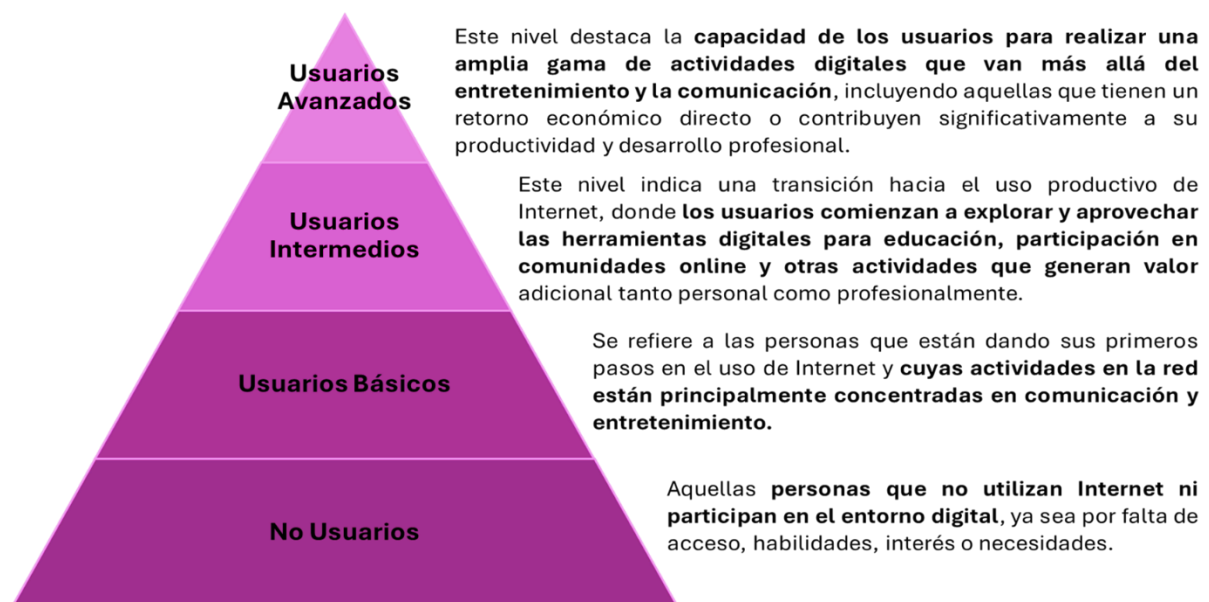
comprar bienes o servicios, y entretenerse, por mencionar algunas actividades destacadas.

Aunque se observa una tendencia creciente en los accesos y penetración del Internet fijo y móvil, todavía hay oportunidad para reducir la brecha de las habilidades digitales en la ciudadanía, especialmente en aquella ubicada en zonas rurales, buscando promover usos más avanzados de las redes, como se indicará más adelante. Así las cosas, es particularmente importante promover la adopción de Internet para usos productivos, con el fin de generar desarrollo económico y social en Colombia.

En ese sentido, en la medida que se cierra la brecha de acceso por parte de los usuarios, es necesario avanzar en estrategias profundas que permitan la apropiación de Internet y nuevas tecnologías por parte de usuarios masivos e industriales (especialmente, las MiPymes). Los usuarios, en general, pasan 8 horas 43 minutos conectados a Internet diariamente, lo que representa 18 minutos menos que en 2022 (-3,4%). El 54,8% de ese tiempo es a través de un teléfono móvil, lo que muestra una ligera preferencia en el uso de Internet móvil.<sup>27</sup>

En particular, con relación a la brecha de uso, es importante destacar que en las zonas rurales se debe motivar el uso productivo del Internet (en actividades como estudiar, trabajar, o invertir) para promover y fortalecer las habilidades digitales de los distintos tipos de usuarios.<sup>28</sup>

Al respecto, el Centro Nacional de Consultoría (CNC) define cuatro tipos de usuarios de acuerdo con su nivel de apropiación digital<sup>29</sup>:



<sup>27</sup> Op. Cit. We Are Social & Meltwater (2024).

<sup>28</sup> Op. Cit. Centro Nacional de Consultoría. (2023).

<sup>29</sup> Ibid.



Con base en la información del CNC, la evolución de la ciudadanía digital<sup>30</sup> ha mostrado cambios significativos. Inicialmente, en 2016, los "no usuarios" constituían el 42% de la población, cifra que se redujo a menos de la mitad en cuatro años. Sin embargo, la mayoría de los nuevos usuarios permanecieron en un nivel básico de uso de Internet, y entre 2018 y 2020 no se observaron avances notables hacia un uso más productivo de la red.

La situación cambió drásticamente con la pandemia de COVID-19 en febrero de 2020, que impulsó a un 19% de la población hacia un nivel avanzado de uso en apenas diez meses. A medida que se retomaron las actividades presenciales, hubo cambios notables: el nivel intermedio disminuyó en 10 puntos porcentuales y el avanzado se redujo en tres. Además, el porcentaje de "no usuarios" incrementó del 15% en noviembre de 2020 al 18% en 2023, reflejando los ajustes en la adopción digital postpandemia.<sup>31</sup> Esto también nos muestra una desaceleración en el proceso de apropiación de Internet y otras tecnologías digitales durante el periodo de post pandemia.

Hoy en día, como intenciones para el uso de herramientas digitales se destacan: comunicarse con amigos y familiares, entretenerse, aprender y profundizar, resolver temas personales y resolver temas de trabajo. Por otra parte, prevalecen los usos relacionados con enviar/recibir mensajes instantáneos (chatear), ver fotos, videos, perfiles, o hacer comentarios, enviar/recibir correos electrónicos, ver videos musicales, e investigar/buscar información, es decir, usos básicos e intermedios; mientras que son menos comunes actividades más "sofisticadas" (o de usuarios avanzados), como realizar donaciones, crear y realizar eventos artísticos en línea (conciertos, obras de teatro, cursos de manualidades o talleres virtuales), hacer transacciones con criptomonedas o participar en inversiones colectivas como crowdfunding.<sup>32</sup>

Así mismo, el 99% de los usuarios masivos de Internet visitan principalmente sitios web relacionados con las redes sociales, el 98,4% sitios de chat y mensajería, el 93,9% entra a buscadores, el 73,9% páginas de tiendas, subastas o clasificados y el 71,3% entra a servicios de mapas y ubicación.

En cuanto a los servicios financieros, el 20,1% de los usuarios acceden a un sitio web o aplicación relacionada con servicios bancarios, de inversión o seguros de forma mensual, mientras que el 16,5% utiliza servicios de pago a través del teléfono. Además, el 8% de los usuarios posee algún tipo de criptomoneda. Sin embargo, en comparación con el año anterior, se observa una disminución del 4,7%, 7,8% y 35% respectivamente en la frecuencia de uso de estos servicios.<sup>33</sup>

Todo lo anterior evidencia la oportunidad de cerrar las brechas de uso y apropiación de los diferentes usos de la tecnología por parte de usuarios masivos, con espacio para que

---

<sup>30</sup> La ciudadanía digital se refiere a la capacidad de los ciudadanos para participar activamente en la sociedad digital de manera ética, segura y responsable. Este concepto implica la apropiación de habilidades digitales, el conocimiento de seguridad cibernética, la conciencia sobre el uso responsable de la tecnología y la colaboración entre individuos, empresas y gobiernos. Ver: Op. Cit. Centro Nacional de Consultoría. (2023).

<sup>31</sup> Ibid.

<sup>32</sup> Ibid

<sup>33</sup> La metodología de la medición ha cambiado durante los últimos años, las fuentes varían y se actualizan año tras año, por lo tanto, no hay datos comparables con años anteriores al 2022. Ver: Op. Cit. We Are Social & Meltwater (2024).

más usuarios suban de nivel de uso, pasando de básicos a intermedios y estos a avanzados. Precisamente, nuevos casos de uso para usuarios masivos habilitados con las características de la tecnología 5G pueden ser prometedores.

## 1.2.2. Usuarios industriales

Los consumidores industriales masivos son aquellas empresas o instituciones que utilizan internet para optimizar sus procesos, aumentar su productividad, mejorar su competitividad y alcanzar sus objetivos estratégicos, desde actividades simples como comunicarse interna y externamente (a través de redes sociales, por ejemplo), informarse sobre proveedores, clientes y mercados, promocionarse, hasta otras más complejas como capacitar a su personal, gestionar sus operaciones o innovar implementando nuevas tecnologías.

De esta manera, respecto a la industria, el DANE en la Encuesta de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Empresas (ENTIC Empresas) 2020 encontró lo siguiente<sup>34</sup>:

- El 99.3% de las empresas del sector industria y el 98.9% del sector comercio utilizaron Internet para el desarrollo de sus actividades, principalmente con conexión dentro de sus instalaciones.
- Los subsectores con mayor proporción de uso de conexión a Internet tipo módem de cable, fibra óptica, o canal dedicado incluyen la programación y transmisión de TV y agencias de noticias (93.2%), educación superior privada (92.5%), y salud humana privada (90.9%)
- La velocidad de conexión predominante en los sectores industria y comercio fue entre 30 Mbps y menos de 100 Mbps. Sin embargo, varios subsectores de servicios, como programación y transmisión de TV y agencias de noticias, tuvieron una mayor proporción de empresas con velocidades superiores a 100 Mbps (61.4%).
- En empresas del sector comercio, el 17.2% contaban con un área interna (distinta a la tradicional oficina de sistemas) para coordinar la implementación de TIC, mientras que el 40.1% gestionaban esta función de manera externa. En el sector industrial, el 17.3% tenían esta área interna, y el 33.8% lo hacían externamente. En el sector servicios, la educación superior privada (59.4%), el desarrollo de sistemas informáticos y procesamiento de datos (56.8%), y los servicios administrativos y de apoyo a oficinas (52.0%) también mostraron altos porcentajes de gestión interna de dicha implementación.
- Los desarrollos internos son también comunes, especialmente en empresas dedicadas al desarrollo de sistemas informáticos y procesamiento de datos (59.4% y 53.3% respectivamente).
- La contratación de terceros para desarrollar aplicaciones es una práctica extendida, con la educación superior privada (58,1%) y el sector dedicado a la salud humana privada (52,8%).

<sup>34</sup> DANE. (2022). Encuesta de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Empresas (ENTIC Empresas). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-tic/encuesta-de-tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-en-empresas-entic-empresas>

- Con relación al uso de Machine Learning, se encontró que la mayoría de las empresas que utilizan herramientas de IA lo hacen con algoritmos de aprendizaje supervisado<sup>35</sup>, utilizado principalmente en procesos productivos o de prestación de servicios comerciales o de marketing. En ese sentido, los sectores que más usan dichas herramientas para solucionar problemas relacionados con clasificación y regresión principalmente son juegos de azar, actividades deportivas, recreativas y de esparcimiento, seguido de administrativas y de apoyo de oficina y telecomunicaciones.

De otro lado, los servicios digitales emergen como un factor crucial para impulsar la competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPymes) en Colombia, proporcionándoles vías para incrementar la productividad, expandir su alcance a nuevos mercados y capitalizar las ventajas de las tecnologías digitales. Sin embargo, persisten desafíos por abordar.<sup>36</sup> Aunque un significativo 75,9% emplea facturación electrónica y un 61,6% había adoptado la nómina electrónica al 2022, la utilización de otras herramientas digitales, como páginas web y el comercio electrónico, permanece limitada, especialmente entre las microempresas.

Igualmente, la inversión en digitalización sigue siendo baja entre las MiPymes, con solo un 45% dedicando recursos a la transformación digital, y una proporción aún menor enfocada en digitalizar sus procesos de negocio.<sup>37</sup> La iniciativa "Ya Estoy Online" (YEO)<sup>38</sup>, respaldada por la Cámara de Comercio de Colombia (CCCE) y Google, ha emergido como un esfuerzo crucial para impulsar la digitalización de las MiPymes. YEO proporciona cursos, herramientas y recursos destinados a mejorar las capacidades de estas empresas en términos de comercio electrónico y presencia digital.

La capacidad de adaptación y aprovechamiento de tecnologías emergentes, como las redes privadas, la Inteligencia Artificial y el Machine Learning, destaca el potencial para la implementación exitosa de soluciones de 5G en diversos sectores productivos. Por eso es esencial realizar inversiones estratégicas en infraestructura y desarrollo tecnológico para capitalizar plenamente el potencial de la próxima generación de conectividad, impulsando así la innovación y el desarrollo económico. La transformación digital ofrece a las MiPymes y empresas más grandes ventajas como mayor competitividad, expansión a nuevos mercados y eficiencia operativa, aunque la adopción limitada de herramientas digitales subraya la importancia de políticas públicas y estrategias empresariales para cerrar la brecha digital y asegurar su sostenibilidad y crecimiento a futuro.

---

<sup>35</sup> Es el uso de conjuntos de datos etiquetados para entrenar algoritmos que clasifiquen datos o predigan resultados de forma precisa. A medida que los datos se introducen en el modelo, este ajusta sus ponderaciones hasta que dicho modelo se haya acomodado adecuadamente como parte del proceso de validación cruzada. IBM. (s/f). ¿Qué es el aprendizaje supervisado? Recuperado el 19 de febrero de 2024, de <https://www.ibm.com/mx-es/topics/supervised-learning>

<sup>36</sup> Solo un modesto 12,6% de las MiPymes percibe haber recuperado su nivel de rendimiento prepandemia, mientras que una mayoría sustancial aún no ha alcanzado tales estándares. Ver ACOPI. (2023). Encuesta de Desempeño Empresarial—ACOPI. <https://www.acopi.org.co/encuesta-de-desempeno-empresarial/>

<sup>37</sup> Cardozo, L. (2023, mayo 29). Hacia la transformación digital de las MiPymes en Colombia. Cámara Colombiana de Comercio Electrónico. <https://www.ccce.org.co/noticias/hacia-la-transformacion-digital-de-las-mipymes-en-colombia/>

<sup>38</sup> Ya estoy Online. (s/f). [www.yaestoyonline.co](http://www.yaestoyonline.co). Recuperado el 5 de abril de 2024, de <https://www.yaestoyonline.co/>

## 1.3. Panorama de conectividad en Colombia: avances, desafíos y oportunidades

Como hemos mencionado, en Colombia todavía hay camino por recorrer en términos de acceso, conectividad, y cierre de brechas, sin embargo, se han hecho importantes avances en el despliegue de tecnologías móviles, especialmente 4G. 5G, aunque convivirá con tecnologías previas y abrirán oportunidades especialmente en los sectores productivos, contribuyendo de igual manera con el desarrollo económico del país. A continuación, se presentan los avances, desafíos y oportunidades que evidencia el mercado de servicios móviles:

### 1.3.1. Penetración y acceso a tecnologías de comunicación en Colombia

- Colombia cuenta con una importante cobertura de servicios de Internet y telefonía móvil (basados en tecnologías 2G, 3G y 4G), lo que refleja el compromiso en inversión en infraestructura de telecomunicaciones para soportar la demanda creciente de servicios digitales. Sin embargo, es fundamental ampliar y mejorar la cobertura para asegurar que tanto usuarios masivos como industriales puedan disfrutar de la tecnología 5G de forma universal.
- Una gran parte de la población disfruta de conectividad tanto móvil como fija, lo que indica una disponibilidad amplia de servicios de acceso a Internet en áreas urbanas y avances en zonas rurales. Al cuarto trimestre de 2023, la tasa de penetración del servicio de Internet móvil fue de 86,2 por cada 100 habitantes, mientras que el servicio de Internet fijo residencial alcanzó una penetración de 49 por cada 100 hogares.<sup>39</sup>
- De cara a la llegada de la tecnología 5G, es importante continuar realizando inversiones tanto en la red de acceso de 5G, como en el *backhaul* de la misma a través de fibra óptica, enlaces microondas y satelitales.
- Es importante generar condiciones que faciliten la inversión necesaria para el despliegue de redes de telecomunicaciones, especialmente en la actualización y evolución hacia tecnología móvil 5G.
- Es fundamental establecer medidas que permitan a los usuarios adquirir nuevos dispositivos terminales (tanto para consumo masivo, como industrial), de manera que el acceso a estos no se convierta en un cuello de botella para el despliegue de la tecnología.

### 1.3.2. Cierre de la brecha digital

- A pesar de los avances, especialmente después de la pandemia de COVID-19, persisten desigualdades en el acceso y uso de tecnologías digitales entre diferentes regiones y grupos socioeconómicos, requiriendo esfuerzos articulados entre el sector público, privado y la sociedad civil para su superación.
- Se identifican barreras que limitan la expansión y mejora de la red, esencial para el acceso a servicios de telecomunicaciones móviles, incluida la 5G. Por lo que es necesario avanzar rápidamente con el Procedimiento Único para el Despliegue de

---

<sup>39</sup> Op. Cit. CRC (s/f).

Infraestructura de Telecomunicaciones en línea con el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026<sup>40</sup>.

### 1.3.3. Apetito por la digitalización en el ámbito empresarial

- La digitalización se ha convertido en un estándar en el sector empresarial, con una adopción masiva de soluciones digitales para operaciones, seguridad y gestión.
- Existe interés creciente en distintos sectores productivos, por innovaciones como las redes privadas, la inteligencia artificial o el machine learning, reflejando el potencial de transformación digital en el tejido empresarial colombiano.
- La adopción de tecnologías emergentes en Colombia está atada al desarrollo de soluciones de conectividad y casos de uso, que se acomoden a las necesidades de sectores estratégicos para la competitividad del país (como manufactura, logística, Oil & Gas, Minería, puertos y transporte, entre otros).

### 1.3.4. Impacto y perspectivas de la adopción y masificación de tecnología móvil 5G

- La implementación de tecnología móvil 5G fortalecerá la conectividad del país ofreciendo velocidades ultra rápidas, baja latencia y capacidad para conectar un número masivo de dispositivos IoT. Esto traerá grandes beneficios tanto para usuarios masivos como para casos de uso industriales.
- La tecnología 5G mejorará significativamente la experiencia en línea de los usuarios y permitirá el desarrollo de soluciones innovadoras en industrias clave, particularmente profundizando su uso en varios sectores productivos ya mencionados.
- La tecnología 5G habilitará avances en áreas como IoT masivo, edge computing, la realidad aumentada, vehículos autónomos, salud digital y ciudades inteligentes, promoviendo un ecosistema de innovación y desarrollo tecnológico en el país.
- La tecnología 5G abre las puertas al Fixed Wireless Access (FWA), una solución que aprovecha la conectividad inalámbrica de alta velocidad para brindar acceso a Internet en áreas donde el despliegue de última milla es limitada o costosa, democratizando así el acceso a la conectividad de banda ancha en todo el país.

### 1.3.5. Oportunidades económicas y competitivas

- La adopción de la 5G puede catalizar el desarrollo económico, atrayendo inversiones y mejorando la competitividad tanto regional como global de Colombia.
- Las proyecciones indican un impacto positivo sustancial en el PIB nacional entre 2025 (USD 300 millones o menos del 0,1% del PIB) y 2030 (USD 4.000 millones o 0,9% del PIB),<sup>41</sup> reflejando el potencial de la 5G para impulsar la economía.

<sup>40</sup> Congreso de Colombia. (2023). Ley 2294 de 2023 por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 "Colombia Potencia Mundial de la Vida".

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=209510>

<sup>41</sup> Op. Cit. GSMA (2023)



- El despliegue de infraestructura pasiva mejorará significativamente sectores industriales clave, promoviendo la innovación y abriendo nuevas oportunidades de mercado, tanto locales como internacionales.

### 1.3.6. Integralidad en la estrategia de implementación

- Se enfatiza la importancia de un enfoque holístico que abarque desde la mejora de infraestructuras hasta el desarrollo de políticas inclusivas y la promoción de la innovación.
- La estrategia debe enfocarse en maximizar los beneficios de 5G para mejorar la calidad de vida de los colombianos y fomentar el desarrollo económico. El éxito de la implementación requiere un esfuerzo conjunto entre diversas entidades públicas, el sector privado y la sociedad civil, asegurando que las ventajas de la tecnología sean accesibles para toda la población y que contribuyan al progreso social y económico del país.

## 2. Desafíos al despliegue de tecnología 5G

### 2.1. Despliegue de Infraestructura

Las necesidades de despliegue de infraestructura en América Latina y específicamente en Colombia y están marcadas por una serie de desafíos y oportunidades identificadas por distintas organizaciones<sup>42</sup>. En general, se destacan varios aspectos críticos:

- **Barreras Administrativas:** La diversidad en los procesos de aprobación en los más de 1.100 municipios de Colombia dificulta la uniformidad en el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones. El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 establece la necesidad de un procedimiento único de despliegue, que es fundamental para avanzar en la superación de estos obstáculos y que está en proceso de ser reglamentado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (MinTIC). La modificación de la Ley 1753 de 2015 buscó agilizar los procesos de aprobación, pero el silencio administrativo positivo no ha sido completamente efectivo en la práctica, sumándose a las demoras injustificadas y a la diversidad de interpretaciones normativas y procedimentales.
- **Barreras relacionadas con energía eléctrica:** En algunas regiones del país no se cuenta con estabilidad y confiabilidad suficiente de las redes eléctricas, e incluso falta de un acceso universal a la energía eléctrica. Igualmente hay dificultades para la compartición de infraestructura de transmisión eléctrica.
- **Barreras relacionadas con impuestos locales:** Los impuestos específicos a los operadores y a los proveedores de infraestructura pasiva, así como la variabilidad normativa y tarifaria dificultan la viabilidad financiera de los proyectos de despliegue de 5G. Esto ocurre especialmente con impuestos locales como el de

<sup>42</sup> Centro de Estudios de Telecomunicaciones para América Latina & Centro Latam Digital. (2023). 5G para todos y todas: Recomendaciones para promover la adopción y masificación de 5G en América Latina.

<https://cet.la/programa-junior-fellowship-2023/>

Op. Cit. American Tower Corporation & SmC, 2023

Op. Cit. TowerXchange, 2024

alumbrado público que afectan gravemente la viabilidad financiera del despliegue en cada vez más municipios del país<sup>43</sup>.

- **Barreras sociales y comunitarias:** El rechazo comunitario, alimentado por desinformación sobre los efectos de las antenas y la radiación no ionizante, crea obstáculos sociales significativos al despliegue en las comunidades. Esto profundiza la brecha digital en zonas donde los usuarios no permiten el despliegue de infraestructura, pues se limita la cobertura o la calidad del servicio.
- **Barreras relacionadas a ordenamiento territorial:** A esto se suman las restricciones de los Planes de Ordenamiento Territorial que limitan o no facilitan la instalación de infraestructura de telecomunicaciones en áreas clave, afectando directamente la cobertura y calidad del servicio.

Por otro lado, el despliegue efectivo de esta infraestructura requiere de un esfuerzo coordinado entre diferentes actores, incluyendo entidades gubernamentales, reguladores, empresas del sector y comunidades. Como soluciones a las barreras ya mencionadas, se propone:

- **Unificación de procedimientos administrativos:** El establecimiento de un procedimiento unificado a nivel nacional para la expedición de licencias y permisos para infraestructura de telecomunicaciones, simplificando los requisitos. Esto incluye la elaboración de formularios estandarizados y el fortalecimiento de la asesoría técnica a municipios por entidades como la Agencia Nacional del Espectro (ANE), La Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) y el MinTIC. Lo anterior, en línea con el Procedimiento Único para el Despliegue de Infraestructura de Telecomunicaciones que están reglamentando MinTIC y CRC.
- **Modernización de la infraestructura eléctrica:** Priorización de políticas públicas que promuevan el despliegue y modernización de redes eléctricas, especialmente hacia fuentes renovables, y asegurando la fiabilidad requerida para el soporte de infraestructura 5G.
- **Educación y participación comunitaria:** Creación de espacios educativos gestionados por autoridades locales, nacionales y el sector privado para informar sobre los beneficios de las telecomunicaciones. Esto incluye mantener canales de comunicación abiertos con las comunidades para abordar sus preocupaciones.
- **Simplificación de trámites relacionados con impuestos y los POT:** Reducción de costos artificiales o arbitrarios, clarificación de los sujetos pasivos de impuestos para evitar cobros injustificados, y simplificación de trámites. Se recomienda también la socialización con autoridades municipales sobre la importancia de la conectividad, y evitar las restricciones de instalación de infraestructura, dada la calidad de servicio público esencial del acceso a Internet.
- **Fomento de la innovación en sectores clave:** Promoción del uso de 5G para el desarrollo de casos de uso en sectores como logística, minería, transporte y petróleo, facilitando la automatización, IoT y robótica mediante la asignación adecuada de espectro para redes privadas.

<sup>43</sup> Reyes, A. J. (2023). Impuestos, tasas y contribuciones a las telecomunicaciones en Colombia: El caso del impuesto al servicio de alumbrado público.

## 2.2. Ecosistema y dispositivos para 5G masivo e industrial

En la medida que se va materializando el despliegue de la nueva infraestructura de 5G (ya sea *Standalone - SA* o *Non Standalone - NSA*<sup>44</sup>), comenzarán a surgir desafíos en términos de acceso a los dispositivos necesarios para generar un ecosistema adecuado para su aplicación en el ámbito masivo e industrial. En esta sección, se explorarán algunos de estos desafíos y las posibles soluciones para superarlos.

Como ya se mencionó, uno de los principales desafíos en la adopción de 5G en Colombia es la necesidad de mejorar y expandir la infraestructura de red existente. Al mismo tiempo, se requerirá un flujo constante de todo tipo de dispositivos (terminales móviles, M2M, CPEs, FWA<sup>45</sup>, entre otros), que permitan utilizar las características propias de esta tecnología y también, profundizar en la consolidación de un ecosistema de dispositivos IoT masivo. Al respecto, el ecosistema de dispositivos 5G crece constantemente para atender la demanda y necesidades particulares de los distintos usuarios y casos de uso<sup>46</sup>.

Así las cosas, es fundamental que el Gobierno Nacional establezca políticas públicas que incentiven la adquisición e inversión en nuevos dispositivos, tanto para usuarios masivos como industriales. Especialmente para estos últimos, se considera fundamental evitar impuestos o aranceles que los encarezcan injustificadamente, y que puedan afectar su disponibilidad en el mercado colombiano. Lo anterior, debe ir de la mano con incentivos para la inversión privada en infraestructura de telecomunicaciones.

Junto a la masificación de las redes y dispositivos 5G, será clave robustecer los esfuerzos para garantizar la seguridad y la privacidad de los datos. Lo anterior es dado que una mayor cantidad de dispositivos conectados y la transmisión de datos a alta velocidad pueden ser sujetos a ciberataques o la exposición de la información personal, por terceros inescrupulosos.

Con esto en mente, es crucial adoptar estándares internacionales reconocidos de seguridad cibernética y privacidad de datos, como el MCKB (Marco de Ciberseguridad de las Infraestructuras Críticas), como referencia para proteger la infraestructura de red y los dispositivos conectados. Estos estándares, basados en evidencias y mejores prácticas internacionales, proporcionan una guía sólida para la implementación de medidas de seguridad robustas. Esto incluye la utilización de técnicas de encriptación avanzadas, la aplicación de autenticación segura de usuarios y la adopción de medidas de seguridad a nivel de red.<sup>47</sup>

---

<sup>44</sup> Tombaz, S. (2023). Non-standalone and Standalone: two standards- based paths to 5G. Disponible en: <https://www.ericsson.com/en/blog/2023/4/standalone-and-non-standalone-5g-nr-two-5g-tracks>

<sup>45</sup> CPE: Customer Premises Equipment o Equipo Local del Cliente

M2M: Machine to Machine. Conexiones entre máquinas.

Precisamente soluciones de Fixed Wireless Access (FWA) pueden ser una solución para garantizar el acceso a Internet cuando los costos de la última milla son muy elevados. Ver: Centro de Estudios de Telecomunicaciones para América Latina & Centro Latam Digital. (2023). 5G para todos y todas: Recomendaciones para promover la adopción y masificación de 5G en América Latina.

<sup>46</sup> Statista (2023) Number of 5G devices as of March 2023. Disponible en:

<https://www.statista.com/statistics/1258416/5g-devices/>

<sup>47</sup> CCIT & TicTac. (2022). Ciberseguridad en redes de telecomunicaciones móviles.

<https://www.ccit.org.co/wp-content/uploads/ciberseguridad-en-redes-de-tel-2022-2.pdf>

La implementación exitosa de 5G en Colombia también depende en gran medida de la disponibilidad de personal capacitado en el uso de los dispositivos, así como del avance en la apropiación de los terminales por parte de la ciudadanía. Así las cosas, son necesarios programas de capacitación y educación para garantizar que haya suficientes profesionales calificados en áreas como redes 5G, ciberseguridad y gestión de datos.

Por lo tanto, se recomienda que el Gobierno Nacional, en colaboración con instituciones académicas y empresas del sector privado, desarrolle programas de formación y certificación en tecnologías 5G. Esto incluye la creación de cursos especializados, programas de becas y oportunidades de aprendizaje práctico para estudiantes y profesionales en ejercicio, al tiempo que se avanza en campañas de sensibilización y apropiación para la ciudadanía.

Así pues, para garantizar el adecuado desarrollo del ecosistema de dispositivos de 5G en Colombia es clave contar una planificación cuidadosa, colaboración entre los diferentes actores y una inversión adecuada, de manera que esta tecnología pueda ser aprovechada para cerrar la brecha digital y aumentar la productividad y competitividad de la industria nacional.

### 3. Sectores clave para priorizar la aplicación de 5G en Colombia

#### 3.1. Modelos de negocio a nivel Internacional

Los modelos de negocio internacionales destacados en la adopción y aplicación de la tecnología 5G abarcan una amplia gama de sectores, incluidos la industria, la telemedicina, la energía, la educación o el agro. Esta tecnología facilita una mayor control y automatización de los procesos industriales y logísticos, además de permitir mejoras significativas en diversos sectores gracias a su capacidad para soportar la incorporación de nuevos productos, servicios y modelos de negocio.

La adopción del 5G en la industria aún se encuentra en una fase temprana. En 2021, tan solo el 30% de las organizaciones industriales a nivel mundial se encontraban haciendo pilotos o implementando soluciones en distintas escalas en fases más avanzadas.<sup>48</sup> Sin embargo, se espera que esta adopción se acelere, con seis de cada diez compañías industriales que planean implementar la tecnología a gran escala entre 2022 y 2024.<sup>49</sup>

Así, las empresas ya están viendo beneficios significativos de las primeras aplicaciones de 5G, incluyendo un aumento en la eficiencia operativa y mayor agilidad. Además, la integración con tecnologías como el *edge computing* potencializarán el aprovechamiento del potencial del 5G.

De igual manera, el acceso inalámbrico fijo (FWA) se destaca como el caso de uso de la tecnología 5G más exitoso en mercados emergentes, especialmente en el Medio Oriente, algunas regiones de África y el sureste de Asia. Provee una solución eficaz para superar limitaciones de infraestructura, brindando acceso rápido y fiable a internet.

<sup>48</sup> Capgemini Research Institute. (2021). Accelerating the 5G Industrial Revolution. <https://www.capgemini.com/co-es/insights/biblioteca-de-investigacion/accelerating-the-5g-industrial-revolution/>

<sup>49</sup> Ibid.

Internacionalmente, el FWA ha generado nuevos modelos de negocio, permitiendo a los operadores expandirse de forma rentable. Gracias a la velocidad y baja latencia del 5G, se ofrecen servicios de internet de alta calidad, con una implementación rápida y un mayor alcance, incluyendo zonas con infraestructura telecomunicacional limitada. Incluso en mercados más avanzados como Austria, Australia, Alemania y Estados Unidos, esta tecnología representará más del 10% del total de conexiones de banda ancha fija para el año 2025.<sup>50</sup>

El modelo de negocio B2B2C (*Business to Business to Consumer*)<sup>51</sup> emerge como una estrategia clave, convirtiendo la red en una plataforma sobre la cual otros proveedores de servicio pueden desarrollar y alojar soluciones para los usuarios. Este modelo requiere de la virtualización de la red para hacerse realidad, un enfoque que tanto empresas como Telefónica u otras más pequeñas como Instacart, Pladur o Tuff Shed han adoptado en su preparación para el 5G.<sup>52</sup> La virtualización de la red es un paso crucial hacia la calidad, velocidad, conectividad masiva y baja latencia que el 5G promete, lo cual es indispensable para la evolución tecnológica de extremo a extremo (E2E) necesaria para el despliegue efectivo del 5G.<sup>53</sup>

En ese sentido, las empresas consideran que los habilitadores principales para adoptar la tecnología 5G son: el incremento en el *performance* y la confiabilidad, el aumento de la seguridad de los datos y la privacidad, el acceso a nuevos flujos de ganancias, reducción de costos y menor uso del ancho de banda y habilitar la innovación en los casos de uso.<sup>54</sup> En pocas palabras, la tecnología 5G está configurada para revolucionar una amplia gama de industrias al facilitar nuevos modelos de negocio y mejorar los procesos y servicios existentes. La adopción temprana y la exploración de las capacidades del 5G pueden ofrecer ventajas competitivas y comparativas significativas, mientras que la integración

---

<sup>50</sup> Lacopino, P. (2023, mayo). 5G FWA on the rise: State of the market, new developments and outlook through to 2030. <https://data.gsmaintelligence.com/research/research-2023/5g-fwa-on-the-rise-state-of-the-market-new-developments-and-outlook-through-to-2030>

<sup>51</sup> El modelo B2B2C une empresas y consumidores en una sola plataforma digital, facilitando una cadena de valor que abarca desde la fabricación hasta la entrega final. Este enfoque colaborativo no sólo amplía el mercado para ambas empresas, sino que también crea "mercados diagonales" en Internet, donde se diferencian precios y condiciones para distribuidores y consumidores finales. Esto mejora la eficiencia y satisface mejor las necesidades del cliente. Ver Serra, L. (2015, abril 22). Diferentes modelos de negocio para comercio electrónico. Think Big. <https://empresas.blogthinkbig.com/diferentes-modelos-de-negocio-para-comercio-electronico/>

<sup>52</sup> **Instacart** permite a los supermercados de EE. UU. y Canadá alcanzar más clientes sin grandes inversiones, beneficiándose mutuamente del inventario y la base de clientes existente. Finalmente, los consumidores disfrutan de adquirir sus productos favoritos desde casa, manteniendo una experiencia de compra similar a la presencial.

**Pladur** se distingue en el mercado de paneles de yeso en España creando una plataforma B2B2C que integra a empleados, distribuidores y clientes. Esta unificación no solo facilita la compra online, sino que también mejora la logística y la gestión de inventario, acelerando los tiempos de entrega y optimizando los procesos de distribución.

**Tuff Shed**, conocido por sus soluciones de almacenamiento en Estados Unidos, colabora con minoristas como Home Depot, ofreciendo sus productos tanto en tiendas físicas como online. Aunque las ventas se realizan a través de este distribuidor, Tuff Shed mantiene su marca y relación con los clientes, demostrando una estrategia de mercado efectiva que potencia su visibilidad y alcance.

Ver más en Liferay. (2022, enero 21). ¿Qué es B2B2C? <https://www.liferay.com/blog/customer-experience/-que-es-b2b2c>

<sup>53</sup> García, J. C. (2018, noviembre 1). La virtualización de la red y el nuevo modelo de negocio para la llegada del 5G. Blogthinkbig.com. <https://blogthinkbig.com/virtualizacion-red-modelo-negocio-5g>

<sup>54</sup> Op. Cit. Capgemini Research Institute (2021)



con tecnologías como el *edge computing*, los servicios en la nube y el IoT desbloquearán aún más el potencial de esta transformación digital.

Con todo lo anterior presente, las siguientes industrias destacan cómo la tecnología 5G está revolucionando sectores clave para la economía y el desarrollo global mediante la digitalización y automatización de operaciones, marcando el comienzo de una nueva era de eficiencia operativa, seguridad y sostenibilidad.

### 3.2. Sector Portuario

Los puertos juegan un papel crucial en la economía mundial, actuando como puntos neurálgicos del comercio internacional, así como un indicador de la salud de la economía global. Con la evolución de la tecnología y la reducción de los costos de transporte, la geografía del comercio global ha experimentado transformaciones significativas. Las facilidades proporcionadas por acuerdos internacionales como el GATT y la OMC han simplificado el intercambio de tecnología y capital entre países, lo que ha propiciado la externalización de la producción industrial hacia mercados emergentes donde los costos laborales son menores. Esta dinámica plantea la posibilidad de un renacimiento de la producción industrial en países en vías de desarrollo, destacando la importancia persistente de los puertos como facilitadores del comercio y la distribución global.

Así mismo, el transporte marítimo maneja más del 80% del volumen total de mercancías a nivel mundial. Los puertos se han desarrollado como centros multifuncionales que promueven el desarrollo económico en sus respectivas regiones. En 2022, más de 900 puertos prestaron servicios a las redes de transporte marítimo de contenedores a nivel mundial, manejando 171 millones de unidades de 20 pies equivalentes (TEU) de comercio de contenedores y generando más de 800 millones de TEU de tráfico de contenedores portuarios a nivel mundial.<sup>55</sup>

#### Avances y desafíos del sector en Colombia

El sector portuario en Colombia es una pieza clave en el entramado económico, comercial y digital<sup>56</sup> del país, por su ubicación geográfica estratégica, con acceso a los océanos Atlántico y Pacífico, así como al Mar Caribe, en 2023, ha logrado movilizar 175,9 millones de toneladas de carga a través de las 12 zonas portuarias nacionales.<sup>57</sup>

En ese sentido, durante el 2023, la región del Caribe lideró el movimiento de mercancía con 153,3 millones de toneladas, el 87% del tráfico portuario total y un crecimiento del 6,2% respecto al 2022. El puerto de Cartagena es el más activo en esta región con 47,1 millones de toneladas, seguido por el puerto de Ciénaga con 30,7 millones de toneladas. Por otro lado, la región del Pacífico tiene un tráfico portuario de 19,6 millones de toneladas,

<sup>55</sup> UNCTAD. (2023). *Global Port Infrastructure Sufficiency Index: Results of the pilot phase*. [https://unctad.org/system/files/official-document/tcsdtlinf2023d2\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/tcsdtlinf2023d2_en.pdf)

<sup>56</sup> En Colombia se conectan 10 cables submarinos de fibra óptica, que ayudan a llevar el internet desde Norte y Centro América hacia el sur del continente. Específicamente se conectan en Buenaventura, Tolú, Cartagena, Puerto Colombia, Barranquilla, Santa Marta y el Parque Isla Salamanca (Magdalena). Ver más en: Telegeography. (2024, abril 15). Submarine Cable Map. <https://www.submarinecablemap.com/country/colombia>

<sup>57</sup> Superintendencia de Transporte. (2024). Boletín estadístico. Tráfico portuario en Colombia. [https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2024/Marzo/Puertos\\_01/29-02-2024\\_BOLETIN\\_TRAFICO\\_PORTUARIO\\_ENE\\_DIC2023.pdf](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2024/Marzo/Puertos_01/29-02-2024_BOLETIN_TRAFICO_PORTUARIO_ENE_DIC2023.pdf)

representando el 11,1% del tráfico nacional total y una disminución de 2,4% con relación al año anterior., con Buenaventura y Tumaco siendo los puertos que tienen un vínculo mayor con la industria petrolera en el país. Por último, la Zona Portuaria del Río Magdalena tiene un total de tráfico de 2,9 millones y una participación nacional del 1,7%, con una disminución de 12,1% en los movimientos de carga en comparación con el 2022.<sup>58</sup>

Este sector, especialmente en Colombia, está en constante evolución, con nuevos desafíos y oportunidades, específicamente relacionados con la expansión de infraestructura, agilización de procesos, digitalización y seguridad de la información, sostenibilidad ambiental, y adaptación al cambio climático. Por esta razón, es necesario crear políticas que incentiven las inversiones, la eficiencia y la productividad en el sector, así como definir un marco legal a largo plazo para cuando expiren los plazos máximos de las instalaciones portuarias actuales.<sup>59</sup> Esto asegurará su sostenibilidad, crucial para el comercio internacional y el desarrollo económico del país.

En este contexto, el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 destaca su enfoque en fortalecer la capacidad logística, incluyendo la reactivación de más de 1.400 km de red ferroviaria<sup>60</sup> e integración entre la infraestructura actual del país como carreteras, puertos, rutas fluviales y aeropuertos. Este plan no solo busca mejorar la conectividad y competitividad de Colombia en el comercio exterior, sino que también busca disminuir la brecha de productividad regional, alineándose así mismo con la visión del país de transformación productiva e inclusión social, lo cual incluye prioridades como la revitalización de la naturaleza y diversificación de las exportaciones.<sup>61</sup>

## Transformación e innovación mediante 5G: Casos de Éxito

En este sector, la tecnología 5G permite la creación de puertos inteligentes mediante el uso de gemelos digitales, aceleración de cálculos mediante unidades de procesamiento gráfico (GPU), y modelado detallado de la propagación de señales radioeléctricas. Esto facilita la simulación y evaluación del rendimiento de la red en un puerto conectado, sin necesidad de despliegues físicos.

Un ejemplo notable es el desarrollo del **Puerto de Yangshan en Shanghái, China**, que se ha convertido en el terminal de contenedores automatizado más grande del mundo. Este puerto utiliza la tecnología 5G de Huawei para operar un sistema de Vehículos Guiados Automáticamente (AGVs) que facilita la carga, descarga y transporte de contenedores sin intervención humana directa en el área del terminal.

La tecnología 5G que provee Huawei asegura una transmisión estable de señales de control para los AGVs, cumpliendo con requisitos estrictos de latencia y capacidad para soportar la operación simultánea de hasta 60 AGVs por muelle. Esta implementación no

<sup>58</sup> Ibid.

<sup>59</sup> Congreso de Colombia. (1991). Ley 1 de 1991.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=67055>

<sup>60</sup> Mintransporte. (2024, marzo 14). *Gobierno del Cambio impulsa la reactivación férrea en el país*.

Mintransporte. [https://mintransporte.gov.co/publicaciones/11661/gobierno-del-cambio-impulsa-la-activacion-ferrea-en-el-pais/](https://mintransporte.gov.co/publicaciones/11661/gobierno-del-cambio-impulsa-la-reactivacion-ferrea-en-el-pais/)

<sup>61</sup> Departamento Nacional de Planeación. (2022). Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/plan-nacional-de-desarrollo-2022-2026-colombia-potencia-mundial-de-la-vida.pdf>

solo mejora la eficiencia operativa y la seguridad en el puerto, sino que también marca un hito en la transformación digital y automatización de la industria portuaria global.<sup>62</sup>

Por otro lado, uno de los primeros en experimentar con la tecnología 5G para mejorar sus operaciones fue el **puerto de Hamburgo en Alemania**. Allí Deutsche Telekom y Nokia implementaron un proyecto piloto para probar cómo la conectividad 5G puede mejorar la eficiencia operativa. Las aplicaciones incluyen el manejo remoto de vehículos autónomos y el uso de sensores IoT para monitorear en tiempo real las condiciones del puerto y el estado de la carga. Este proyecto ha permitido al puerto aumentar la eficiencia de sus operaciones y mejorar la seguridad dentro de sus instalaciones.<sup>63</sup>

Otro caso destacado en Asia es el **puerto de Busan en Corea del Sur**. El Ministerio de Océanos y Pesca (MOF) ha colaborado con SK Telecom para implementar la tecnología 5G, marcando un hito hacia la creación de puertos inteligentes que optimizan de forma autónoma el flujo logístico a través de la recopilación y análisis de datos en tiempo real de los recursos logísticos. Este enfoque innovador permite el rastreo de la ubicación de cargas y la operación de terminales basados en inteligencia artificial, mejorando significativamente la eficiencia y seguridad de las operaciones portuarias. La iniciativa incluye el desarrollo de un banco de pruebas 5G para demostrar tecnologías avanzadas como CCTV inteligente, detectores de ubicación IoT, y comunicación en tiempo real entre trabajadores, proyectando una expansión internacional y el fomento de un ecosistema de software portuario que integre soluciones 5G en más puertos a nivel global.<sup>64</sup>

Por último, se destaca la alianza entre Claro Colombia y Nokia realizada en 2023 para implementar la primera red privada 4G en el **puerto de Bahía, en Cartagena (Colombia)**, convirtiéndolo en el primer terminal en Latinoamérica con esta tecnología. Esta red promete mejorar la productividad y eficiencia del puerto al ofrecer altos estándares de servicios tecnológicos, facilitando una amplia gama de casos de uso en comunicación para cumplir con las exigencias operativas. Así, se destaca la visión de convertirlo en un "Smart Port 4.0", optimizando la logística. Entre los beneficios, se espera un mejor control de la operación, con la capacidad de conectar trabajadores, sensores, equipos y vehículos para lograr nuevos niveles de automatización, seguridad y control.<sup>65</sup>

Considerando todo lo anterior, la implementación de tecnología 5G en los puertos mejorará significativamente la automatización avanzada y permitirá la coordinación en tiempo real de operaciones portuarias, al habilitar sistemas en tiempo real para la gestión del tráfico, además de la operación de grúas y vehículos autónomos guiados. También se integrarán sistemas de videovigilancia avanzados y drones para supervisar las instalaciones, mejorando la seguridad y la eficiencia y minimizando los errores humanos.

---

<sup>62</sup> Huawei. (2019, octubre). 5G Smart Port White Paper. Huawei Tech. <https://www.huawei.com/en/huaweitech/industry-insights/outlook/mobile-broadband/xlabs/insights-whitepapers/5g-smart-port-whitepaper>

<sup>63</sup> World Energy Trade. (2019, junio 12). Nokia y Deutsche completan con éxito prueba piloto de tecnología 5G para Puerto de Hamburgo. World Energy Trade. <https://www.worldenergytrade.com/logistica/investigacion/nokia-y-deutsche-completan-con-exito-prueba-piloto-de-tecnologia-5g-para-puerto-de-hamburgo>

<sup>64</sup> Park, Y.-R. (2020, octubre 26). South Korea Takes a Big Step Toward 5G Intelligent Ports. <http://www.shippersjournal.com/news/article.html?no=26493>

<sup>65</sup> Colombia, primero en América Latina con red 4G portuaria propia. (2023, mayo 9). MasContainer. <https://www.mascontainer.com/colombia-primero-en-america-latina-con-red-4g-portuaria-propia/>

De igual manera, el uso de sensores y sistemas IoT soportados por 5G facilitará el monitoreo continuo de las condiciones ambientales y operativas, contribuyendo a la sostenibilidad y a la adaptación al cambio climático. Esto optimizará el uso de recursos y reducirá las emisiones de CO<sub>2</sub>, fortaleciendo la seguridad en un entorno digital más robusto.

### 3.3. Sector Logístico

El sector logístico es fundamental a nivel global dado que representa alrededor del 10% del PIB en promedio en los países miembros de la OCDE y siendo responsable del 10% al 15% del costo total de un producto en promedio. Además, la logística es un motor clave para la economía global, incidiendo en prácticamente todos los sectores económicos y siendo responsable del 5% al 10% del valor agregado en promedio de un producto.<sup>66</sup>

La logística facilita el comercio entre países al permitir el transporte eficiente de bienes y servicios a través de las fronteras, generando un flujo constante de productos y recursos, lo que a su vez estimula el crecimiento económico y la creación de empleo. La eficiencia logística es un factor clave para la competitividad de las empresas en el mercado global, ya que aquellas que cuentan con una logística eficiente pueden ofrecer productos y servicios a precios más bajos y con mayor rapidez, lo que les permite ganar cuota de mercado y mejorar su rentabilidad.

#### Avances y desafíos del sector en Colombia

El sector logístico en Colombia representa aproximadamente el 8% del PIB nacional<sup>67</sup> y emplea a millones de personas en una variedad de roles, desde conductores hasta trabajadores de almacén. En ese orden de ideas, facilita el movimiento eficiente de bienes, servicios y personas a nivel local, nacional e internacional, contribuyendo a la globalización y jugando un papel crucial en la cadena de suministro.

Entre las principales empresas del sector se encuentran Blue Logistics (que tuvo ingresos operacionales por 966,1 mil millones de pesos en 2022), Maersk Logistics (81,4 mil millones) y Servientrega (15,7 mil millones)<sup>68</sup>, quienes son fundamentales en la distribución nacional e internacional. El tamaño del mercado está valorado en aproximadamente 20,39 mil millones de dólares en 2024 y se espera que crezca hasta los 29,44 mil millones de dólares en 2029<sup>69</sup>, impulsado por el aumento del comercio electrónico y las mejoras en la infraestructura de transporte.

Sin embargo, el sector enfrenta desafíos significativos como la ineficiencia en las

<sup>66</sup> SOYCO Logistics. (2023, septiembre 21). Cómo afecta la logística a la economía global. <https://www.logisticasoyco.com/como-afecta-la-logistica-a-la-economia-global/>

<sup>67</sup> Fulppi. (2023, septiembre 26). El Crecimiento de la Logística en Colombia. Fulppi. <https://fulppi.com/el-crecimiento-de-la-logistica-en-colombia/>

<sup>68</sup> Superintendencia de Sociedades. (2023). Informe 1000 empresas más grandes 2022. [https://www.supersociedades.gov.co/documents/80312/6334755/1000\\_Empresas\\_F.pdf?t=1689022635370](https://www.supersociedades.gov.co/documents/80312/6334755/1000_Empresas_F.pdf?t=1689022635370)

<sup>69</sup> Mordor Intelligence. (s/f). Análisis de participación y tamaño del mercado de carga y logística de Colombia tendencias y pronósticos de crecimiento (2024-2029). Recuperado el 18 de abril de 2024, de <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/colombia-freight-logistics-market-study>

operaciones aduaneras y la inactividad del 63% de las líneas ferroviarias del país<sup>70</sup>, lo que resulta en un uso ineficiente de los recursos logísticos y un dominio del sector de transporte por carretera, que ha visto un aumento del 20% en los costos desde 2021 a causa de la inflación, la deficiencia en la infraestructura vial, aumento en los costos de los peajes e incluso, cambios climáticos.

Uno de los principales retos se enfoca en mejorar la eficiencia de la operación aduanera, que, según el Índice de Desempeño Logístico (LPI) del Banco Mundial, ha llevado a Colombia del puesto 58 al 66 entre 139 países en 2023, con una puntuación de 2,9 sobre 5,0.<sup>71</sup> El LPI mide la capacidad de los países para implementar conexiones confiables en la cadena de suministro, y Colombia necesita tomar medidas en el sector aduanero y en varios subindicadores relacionados con la gestión fronteriza, mejorar la calidad de la infraestructura relacionada con el comercio y el transporte, implementar avances tecnológicos y la digitalización, como blockchain, y optimizar la calidad de los servicios logísticos para ser más competitivos en comparación con otros países de la región.

De esta manera, el Plan Nacional de Desarrollo, aunque no menciona tecnologías específicas, indica que se promoverá el comercio electrónico mediante la adopción de nuevas tecnologías digitales, con un enfoque particular en los pequeños productores. Los intercambios efectivos de datos y la comunicación de información facilitarán una interacción más eficiente entre proveedores, empresas y consumidores, mejorando así la trazabilidad de los productos.<sup>72</sup>

En ese sentido, las soluciones potenciales para abordar los desafíos del sector incluyen promover la intermodalidad, enfocar inversiones en la recuperación de líneas ferroviarias, fortalecer la infraestructura, promover prácticas de logística sostenible, y aumentar la eficiencia en las operaciones aduaneras.

## Transformación e innovación mediante 5G: Casos de Éxito

En el sector logístico, la tecnología 5G ofrece un gran potencial para mejorar la eficiencia y la visibilidad en toda la cadena de suministro. Según Maersk, 5G puede soportar tecnologías avanzadas como el IoT, la inteligencia artificial y la robótica, mejorando la velocidad, precisión y fiabilidad de las operaciones logísticas. Esto incluye la gestión de inventarios más precisos y sistemas de transporte inteligentes que pueden beneficiarse significativamente de la conectividad 5G, permitiendo una planificación más efectiva y una respuesta ágil a las interrupciones.<sup>73</sup>

Por ejemplo, en el centro de suministro y logística de Huawei en **Songshan Lake**, se aplican tecnologías avanzadas para manejar procesos de logística y almacenamiento de manera inteligente. Este centro demuestra la transformación de Huawei hacia una logística ágil e inteligente, mejorando significativamente la colaboración y los

<sup>70</sup> Baquero, L. (2023, octubre 17). Transporte y logística en Colombia: Actualidad, Principales Desafíos y Perfiles más Demandados por el sector. Numan. <https://numan.la/transporte-y-logistica-en-colombia-actualidad-principales-desafios-y-perfiles-mas-demandados-por-el-sector/>

<sup>71</sup> World Bank. (2023, abril). 2023 | Logistics Performance Index (LPI). <https://lpi.worldbank.org/international/global>

<sup>72</sup> Op Cit. Departamento Nacional de Planeación. (2022).

<sup>73</sup> Helene Hofman. (2023, enero 17). The game-changing potential of 5G in logistics. Maersk. <https://www.maersk.com/insights/growth/2023/01/17/the-potential-of-5g-in-logistics>



procedimientos operativos logísticos. La implementación de tecnologías como IoT y Big Data ha optimizado los procesos y mejorado la eficiencia del trabajo, destacando la importancia de la planificación de recursos inteligentes y la implementación automatizada de materiales.<sup>74</sup>

En **Alemania** un consorcio liderado por Deutsche Telekom, junto con empresas como Nokia, ha estado trabajando en el desarrollo de una "autopista digital" que utiliza la tecnología 5G para conectar vehículos y la infraestructura vial. Este proyecto piloto se enfoca en mejorar la seguridad y eficiencia del transporte de mercancías por carretera, permitiendo la comunicación en tiempo real entre los vehículos y con los sistemas de gestión del tráfico. Esto facilita la formación de convoyes de camiones (platooning), reduciendo la resistencia al aire y aumentando la eficiencia del combustible.<sup>75</sup>

Por último, se destaca la colaboración entre Verizon y el **Puerto de Virginia (Estados Unidos)** para implementar una solución de 5G que mejora las operaciones portuarias. Utilizando la tecnología 5G, el puerto ha optimizado la gestión de sus flujos de trabajo, mejorando la eficiencia en la planificación y el seguimiento del transporte de contenedores. La alta capacidad de datos y la baja latencia de 5G permiten una mejor gestión del inventario y la programación de las entregas en tiempo real, reduciendo los tiempos de espera y mejorando la satisfacción del cliente.<sup>76</sup>

Así, con la habilidad de transmitir datos a velocidades mucho mayores y con menor latencia, el 5G permite una comunicación más eficiente entre los equipos portuarios y logísticos. Esto facilita la automatización de procesos, como la gestión de inventarios en tiempo real, la asignación dinámica de recursos, la facilitación del compliance y la operación remota de maquinaria pesada, lo que reduce los tiempos de espera y optimiza las operaciones.

La capacidad de monitorear y gestionar la cadena de suministro en tiempo real es crucial para el sector logístico, especialmente en un país con una geografía tan característica como la de Colombia, en la que llegar a la última milla es complejo. El 5G habilita la implementación de soluciones de Internet de las Cosas (IoT) a gran escala, permitiendo el seguimiento preciso de los contenedores, la carga y los vehículos de transporte en cada etapa del proceso logístico. Esto mejora la precisión en la estimación de tiempos de entrega y ayuda a prevenir pérdidas o daños.

### 3.4. Sector Manufacturero

El sector manufacturero ha sido un motor fundamental para el desarrollo económico global, especialmente en países de ingresos bajos, puesto que proporciona empleos a trabajadores con diferentes niveles de calificación, aumenta la productividad y promueve el desarrollo económico. Así, el Banco Mundial reporta que las actividades

<sup>74</sup> Huawei. (s/f). Making Connections with Smart Logistics—Huawei case studies. Huawei Enterprise. Recuperado el 16 de febrero de 2024, de <https://e.huawei.com/ua/case-studies/global/2018/201807051051>

<sup>75</sup> Deutsche Telekom. (s/f). Digital Freeway Test Field. Recuperado el 16 de febrero de 2024, de <https://www.telekom.com/en/company/details/-digital-freeway-test-field--363640>

<sup>76</sup> Ericsson. (2023, noviembre 10). Port of Virginia: Trucking via private 5G. <https://www.ericsson.com/en/blog/2023/11/private-5g-cellular>

manufactureras aportaron el 27,5% al PIB global en el 2022.<sup>77</sup> Sin embargo, la adopción de nuevas tecnologías como la automatización industrial, la robótica avanzada, las fábricas inteligentes, el Internet de las cosas y la impresión 3D están transformando el proceso de producción.

Esto podría ser disruptivo para las economías en desarrollo, ya que el costo laboral representa una parte menor de los costos totales, lo que podría provocar una mayor producción en países más ricos y una fuerte competencia para las empresas locales. No obstante, también existen nuevas oportunidades que requieren mayor atención. Los países deben adaptarse a estos cambios tecnológicos y globales para aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece el sector manufacturero en el futuro.<sup>78</sup>

## Avances y desafíos del sector en Colombia

El sector manufacturero en Colombia, aunque constituye una parte importante de la economía del país, enfrenta desafíos significativos marcados por una caída del 5,5% en la producción real y del 5% en las ventas reales, con un descenso del 1.1% en el número de empleados entre febrero de 2023 y febrero de 2024, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Este declive es más notorio en la fabricación de vehículos, que vio una disminución del 46,4% durante ese mismo periodo de tiempo., mientras que la refinación de petróleo es uno de los pocos sectores que tuvo una variación positiva (6,3%).<sup>79</sup> Estas cifras revelan un sector en necesidad de revitalización y modernización urgente para mantener su competitividad y contribuir al desarrollo económico del país.

De otro lado, las empresas líderes en el sector manufacturero colombiano incluyen la Refinería de Cartagena, con ingresos operacionales de 27,86 billones de pesos en 2022, seguida por Bavaria (9,96 billones), Coca Cola Femsa (4,05 billones), Renault (3,73 billones) y Esenttia<sup>80</sup> (3,7 billones).<sup>81</sup> Estas compañías no solo son cruciales para la economía interna, sino que también desempeñan un papel significativo en los mercados internacionales a través de la exportación.

Las necesidades del sector manufacturero en Colombia abarcan desde la adaptación a la rápida evolución tecnológica hasta el fortalecimiento de las cadenas de suministro y la capacitación de mano de obra cualificada. Además, la integración de tecnologías de Industria 4.0 es fundamental para modernizar las plantas de producción y mejorar la productividad.

<sup>77</sup> World Bank. (s/f). Industria, valor agregado (% del PIB) [dataset]. Recuperado el 19 de abril de 2024, de <https://data.worldbank.org>

<sup>78</sup> World Bank. (2017). La tecnología, la globalización y el futuro del desarrollo impulsado por el sector manufacturero: Aprovechar las oportunidades en los países en desarrollo [Text/HTML]. World Bank. <https://www.bancomundial.org/es/topic/competitiveness/publication/trouble-in-the-making-the-future-of-manufacturing-led-development>

<sup>79</sup> DANE. (2024, abril 15). DANE - Encuesta mensual manufacturera con enfoque territorial (EMMET). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/encuesta-mensual-manufacturera-con-enfoque-territorial-emmet>

<sup>80</sup> Compañía que hace parte del Grupo Ecopetrol y se dedica a la producción y comercialización de materias primas para la industria del plástico como polipropileno, polietileno y masterbatch. Ver más en <https://www.esenttia.co/home-clientes/>

<sup>81</sup> Op.Cit. Superintendencia de Sociedades. (2023).

## Transformación e innovación mediante 5G: Casos de Éxito

El 5G actúa como un catalizador esencial para la industria 4.0 al ofrecer las herramientas requeridas para desarrollar fábricas inteligentes. Este avance tecnológico permite conectar masivamente dispositivos del Internet de las Cosas (IoT) y transmitir grandes volúmenes de datos a velocidades sin precedentes, abriendo nuevas posibilidades para la innovación en manufactura, desde la producción hasta la distribución. Esto mejora significativamente la productividad y la seguridad, al tiempo que reduce los costos. Un ejemplo claro es el uso de redes privadas, las cuales incluso pueden ser implementadas por operadores de redes móviles, ofreciendo ventajas sustanciales a diversas industrias, especialmente la manufacturera.

### Usos de las redes privadas 5G en la manufactura.

- Seguimiento y localización de activos en tiempo real con máxima precisión
- Robots colaborativos y automatización industrial
- Monitoreo y optimización del uso de energía
- Planificación de sitios y diseños con realidad aumentada/virtual (AR/VR)
- Superposiciones de realidad aumentada/virtual (AR/VR) para mantenimiento asistido
- Redes masivas de sensores para mantenimiento predictivo, que podrían ser proveídas por MNO
- Inspección de sitios basada en video e inspección de calidad
- Análisis de video e imágenes para detectar riesgos como fugas de gas, o para monitorear y analizar movimientos de multitudes y/o objetos, tales como distancias y conteo
- Gestión de trayectorias de vuelo de drones y subidas de video en tiempo real
- Gestión de inventario y conectividad con proveedores/socios

Fuente: Capgemini Engineering. (2022). Accelerating industrial digital transformation through 5G. <https://www.capgemini.com/co-es/insights/biblioteca-de-investigacion/accelerating-industrial-digital-transformation-through-5g/>

Tal es el caso de Ford, que ha implementado 5G en su planta de fabricación en **Dunton, Reino Unido**, para mejorar las operaciones de fabricación de vehículos eléctricos. La tecnología 5G soporta la comunicación entre los equipos de la planta y los sistemas de gestión, permitiendo la recopilación y análisis de datos en tiempo real. Esto facilita una mejor coordinación en la planta, optimización de la producción y mantenimiento predictivo.<sup>82</sup>

Igualmente, BMW ha integrado la tecnología 5G en su planta de **Spartanburg, Carolina del Sur (EE. UU)** para soportar aplicaciones de realidad aumentada (AR) utilizadas en la capacitación de su personal. La baja latencia y la alta fiabilidad de 5G permiten a los trabajadores recibir información y guías visuales en tiempo real a través de dispositivos de AR, mejorando la precisión y eficiencia en las tareas de montaje y calidad.<sup>83</sup>

<sup>82</sup> Vodafone UK. (s/f). Ford & 5G | 5G Customer Stories. Recuperado el 19 de febrero de 2024, de <https://www.vodafone.co.uk/business/5g-for-business/5g-customer-stories/ford-factory>

<sup>83</sup> Kadia, H. (2023, agosto 28). BMW uses private 5G to streamline operations in Spartanburg Facility. TeckNexus. <https://tecknexus.com/5gusecase/private-5g-manufacturing-bmw-spartanburg-facility/>

De la misma manera, la "Huawei Smart Factory" en **Dongguan, China**, ha mejorado significativamente la eficiencia, seguridad y flexibilidad de producción. Utiliza 5G para automatización y control remoto, monitoreo en tiempo real y mantenimiento predictivo, logística interna automatizada con AGVs, y aplicaciones de realidad aumentada para capacitación y asistencia en mantenimiento. Este enfoque innovador no solo reduce costos y tiempos de inactividad, sino que también sirve como modelo para la transformación digital en la manufactura global.<sup>84</sup>

La adopción de 5G en la industria manufacturera promete ser revolucionaria, permitiendo la implementación de sistemas de producción más flexibles y eficientes. Esto incluye el uso de robótica avanzada, realidad aumentada y técnicas de mantenimiento predictivo que no solo elevan la calidad del producto y reducen los tiempos de inactividad, sino que también mejoran la respuesta a las demandas del mercado. Con mejor conectividad y baja latencia, 5G facilita operaciones más integradas y automatizadas, la comunicación efectiva entre máquinas y permite analizar en tiempo real la producción, reduciendo errores y costos operativos. Además, el 5G integra servicios digitales avanzados como la realidad aumentada y virtual para capacitación, mantenimiento remoto y planificación operativa.

Por lo tanto, el sector manufacturero en Colombia está en un punto crítico donde la inversión en 5G y la adaptación de nuevas tecnologías podrían no solo revertir la tendencia negativa actual, sino también establecer una base sólida para un crecimiento sostenido y una mayor competitividad internacional. Esto es relevante para que en el país no solo se mantenga a la par con sus competidores regionales, sino que también se posicione como un líder en la manufactura avanzada a nivel global.

### 3.5. Sector Petróleo y Gas (O&G)

La producción, distribución y consumo de petróleo y gas tienen un impacto significativo en la estabilidad económica y política de numerosos países, puesto que a 2022 representaban el 3% del PIB mundial.<sup>85</sup> Estos recursos son fundamentales para múltiples sectores industriales, el transporte y la generación de energía, siendo esenciales para el funcionamiento de la sociedad moderna, ya que a su vez genera millones de empleos directos e indirectos en más de 70 países<sup>86</sup>. Además, la geopolítica en torno a estos recursos, marcada por la competencia por el control de reservas y los efectos ambientales de su extracción y consumo, añade una capa adicional de complejidad a su importancia a nivel global.

En algunos países ricos en petróleo, los ingresos procedentes del petróleo, una vez deducido su costo de producción, representan una proporción muy elevada del PIB, llegando a ser más del 40% en países como Libia, el Congo y Kuwait.<sup>87</sup>

<sup>84</sup> Huawei. (2018, febrero). Making manufacturing productive again with IoT - Huawei Publications. Huawei Tech. <https://www.huawei.com/en/huaweitech/publication/84/iot-makes-manufacturing-smart>

<sup>85</sup> Organización Internacional del Trabajo. (2022). El futuro del trabajo en el sector del petróleo y el gas. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_dialogue/---sector/documents/publication/wcms\\_859848.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---sector/documents/publication/wcms_859848.pdf)

<sup>86</sup> Ibid.

<sup>87</sup> Ibid.

## Avances y desafíos del sector en Colombia

El sector de Petróleo y Gas (O&G) en Colombia, pese a ser una de las principales fuentes de ingresos y energía para el país, enfrenta retos significativos que impactan su sostenibilidad y crecimiento a largo plazo. Durante el 2023, se registró una producción de 777.200 barriles de petróleo por día, lo cual representa un incremento del 3% respecto al año anterior. Por otro lado, la producción de gas mostró una disminución del 1.4% y se incrementó en 2.506% la importación entre enero y diciembre de 2023.<sup>88</sup>

Estos datos, junto con las tendencias de "descarbonización" y adopción de energías más sostenibles reflejan la urgencia de adoptar estrategias para extender la vida útil de las reservas y mejorar la eficiencia en la explotación de recursos.

Por otro lado, entre los principales actores del sector en Colombia se encuentran Ecopetrol, la mayor empresa del país y líder en América Latina, con ingresos operacionales reportados de 144,8 billones de pesos; Parex Resources (5,5 billones), Frontera Energy (5,1 billones), Verano energy (4,72 billones), y Geopark Colombia (3,2 billones). teniendo así un papel crucial en la exploración, producción y gestión del petróleo y gas en la región.<sup>89</sup>

Los desafíos que enfrenta el sector incluyen la necesidad de adaptarse a la transición energética global, la gestión de la volatilidad de precios, y la navegación por un marco regulatorio en constante evolución que promueve prácticas sostenibles. Además, es esencial fortalecer las relaciones con las comunidades locales y asegurar la licencia social para operar, especialmente en áreas de alta sensibilidad ambiental y social.

## Transformación e innovación mediante 5G: Casos de Éxito

En este sector se puede anticipar que la tecnología 5G cumple un papel importante en la transformación digital de este sector. La capacidad de 5G para soportar aplicaciones de misión crítica con requisitos estrictos de latencia y confiabilidad podría revolucionar la forma en que se llevan a cabo las operaciones de exploración, producción y distribución, facilitando el uso de sensores remotos, el monitoreo en tiempo real de las instalaciones, y la implementación de soluciones de mantenimiento predictivo.

Tecnologías como los gemelos digitales mencionados en el contexto de la manufactura tienen aplicaciones cruzadas importantes en O & G para el monitoreo y la optimización de activos y procesos. La capacidad de 5G para soportar la recolección y análisis de datos en tiempo real es fundamental para la optimización de la cadena de suministro, el mantenimiento predictivo, y la seguridad de las operaciones en este sector.<sup>90</sup>

Un caso concreto de éxito es el proyecto en la **Mina Xigou** de JISCO, donde Huawei implementó en 2020 un sistema de conducción autónoma para camiones mineros, reduciendo los riesgos para los empleados al mejorar significativamente la eficiencia y la seguridad. La adopción de redes privadas 5G promete revolucionar la industria minera,

<sup>88</sup> Campetrol. (2024). Informe de Taladros y Producción corte diciembre 2023. <https://campetrol.org/documentos/Informe%20de%20Taladros%20Diciembre%202023.pdf>

<sup>89</sup> Op Cit. Superintendencia de Sociedades

<sup>90</sup> Tomás, J. (2021, octubre 19). Top 10 5G manufacturing use cases. RCR Wireless News. <https://www.rcrwireless.com/20211019/5g/top-10-5g-manufacturing-use-cases>



optimizando la producción y gestión y abriendo nuevas oportunidades de innovación y desarrollo.<sup>91</sup>

Otro ejemplo es el de Shell, que está probando la tecnología 5G en sus operaciones en el **Mar del Norte** para mejorar la seguridad y eficiencia de sus plataformas offshore. Utilizando 5G, Shell espera habilitar la transmisión de datos en tiempo real entre las plataformas y sus centros de operaciones en tierra, lo que permite un mejor monitoreo de las condiciones de la plataforma, optimización del mantenimiento y gestión de emergencias. La alta velocidad y baja latencia del 5G facilitan el uso de drones para inspecciones y la implementación de sistemas de realidad aumentada para el mantenimiento y capacitación del personal.<sup>92</sup>

Así mismo, **Saudi Aramco** está implementando 5G en sus refinerías para automatizar procesos y mejorar la eficiencia operativa. La compañía utiliza 5G para conectar sensores en toda la refinería, lo que permite un monitoreo constante del proceso de producción y detecta tempranamente cualquier irregularidad. Esto no solo mejora la seguridad al reducir el riesgo de accidentes, sino que también optimiza el consumo de energía y reduce las emisiones de carbono.<sup>93</sup>

En **Colombia** se puede destacar la alianza de Ecopetrol con MinTIC y Claro, que han realizado pruebas exitosas con tecnología 5G en la **Refinería de Barrancabermeja**, buscando impulsar soluciones de asistencia remota, video-analítica y transmisión de datos en tiempo real. Estas pruebas apuntan a generar eficiencias en tiempo y costos, permitiendo una mayor cantidad de dispositivos conectados simultáneamente en campo y ampliando la cobertura. Con este avance, Ecopetrol da un paso hacia la transformación tecnológica, mejorando sus operaciones y procesos industriales.<sup>94</sup>

Por otro lado, en 2012 Nokia, junto a AngloGold Ashanti, realizó una prueba en **Jericó, Antioquia, Colombia**. Esta prueba consistió en la implementación de vehículos autónomos gestionados mediante tecnología 5G en entornos mineros, subterráneos y rurales. Esta demostración incluyó cuatro casos de uso avanzados para minería, como comunicaciones críticas, teleoperación remota de vehículos y maquinaria, e inspección y monitoreo con drones y cámaras de alta definición, destacando la seguridad operativa y los estándares medioambientales mejorados.<sup>95</sup>

---

<sup>91</sup> Huawei. (s/f). 5G Private Networks Empower Mining, Oil, and Gas Industry. Huawei Enterprise. Recuperado el 23 de febrero de 2024, de <https://e.huawei.com/es/case-studies/solutions/enterprise-wireless/jiuquan-iron-and-steel-group>

<sup>92</sup> KPN. (2018, noviembre 6). KPN, Shell and partners test industrial 5G applications in the port of Rotterdam. <https://www.overons.kpn/nieuws/en/kpn-shell-and-partners-test-industrial-5g-applications-in-the-port-of-rotterdam/>

<sup>93</sup> Payne, W. (2023, julio 26). Aramco and OQ partner on satellite 5G IoT. IoT M2M Council. <https://www.iotm2mcouncil.org/iot-library/news/connected-industries-news/aramco-and-oq-partner-on-satellite-5g-iot/>

<sup>94</sup> Ecopetrol. (2023, julio 13). MinTIC, Ecopetrol y Claro realizan prueba exitosa de tecnología 5G en la Refinería de Barrancabermeja. <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/noticias/detalle/mintic-ecopetrol-y-claro-realizan-prueba-exitosa-de-tecnologia-5g-en-la-refineria-de-barrancabermeja>

<sup>95</sup> AngloGold Ashanti. (2021, septiembre 24). AngloGold Ashanti, Epiroc, Nokia, Sandvik y Tigo, realizaron la primera prueba de vehículos autónomos en la historia del país. AngloGold Ashanti Colombia. <https://anglogoldashanticolombia.com/primer-prueba-vehiculos-autonomos-red-5g-en-el-pais/8423/>

Finalmente, la implementación de la tecnología 5G en la industria petrolera ofrece una variedad de soluciones innovadoras para enfrentar los desafíos operativos y ambientales del sector. Con su alta velocidad, baja latencia y capacidad para conectar simultáneamente un gran número de dispositivos, el 5G facilita una gestión de datos en tiempo real, mejora la seguridad operacional y promueve la integración de tecnologías más limpias y eficientes. Entre las aplicaciones más notables se encuentra el monitoreo remoto avanzado, que permite una supervisión constante de las instalaciones y equipos, facilitando la detección temprana de fallos o fugas y la realización de mantenimientos predictivos para prevenir interrupciones inesperadas. Además, la automatización de procesos, desde la extracción hasta el transporte o procesamiento de crudo, se ve potenciada por esta tecnología, aumentando la eficiencia y la seguridad a través de la comunicación inmediata y el procesamiento acelerado de datos.

El 5G también transforma radicalmente la seguridad y la digitalización del sector petrolero. Los sistemas de videovigilancia y monitoreo en tiempo real se vuelven más eficientes, mejorando significativamente la capacidad de respuesta frente a incidentes y optimizando la seguridad en instalaciones críticas. Por otro lado, la capacidad del 5G para manejar grandes volúmenes de datos en tiempo real abre nuevas posibilidades para la digitalización de operaciones petroleras. Esto incluye la mejora en la recopilación, transmisión y análisis de datos, que es crucial para optimizar procesos de exploración y producción, así como para fortalecer la toma de decisiones basada en información precisa y actualizada. Estas innovaciones no solo incrementan la eficiencia operativa, sino que también ayudan a las empresas petroleras a adaptarse a los estándares medioambientales y de sostenibilidad cada vez más exigentes.

#### 4. Conclusiones y Recomendaciones para Colombia

Para lograr materializar el despliegue e implementación de soluciones tecnológicas basadas en tecnología móvil 5G, es necesario alcanzar mayor coordinación entre los distintos *stakeholders* (entidades públicas, sector privado, academia y usuarios masivos). Vale la pena destacar el trabajo mancomunado que hacen los operadores y los fabricantes de equipos, para entregar soluciones a la medida a sus clientes industriales. Asimismo, es pertinente establecer incentivos fiscales para la inversión, adopción e implementación de soluciones de conectividad y tecnologías emergentes, al igual que la eliminación de tributos o barreras administrativas que encarezcan su implementación y operación.

Con lo anterior presente, es relevante tener en cuenta los desafíos identificados en Colombia en cuanto a despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, acceso a Internet y el estado del ecosistema de dispositivos. Al respecto, se señala la existencia de barreras que aún limitan la velocidad de despliegue de infraestructura en el país, así como la importancia de promover la apropiación de distintos usos y servicios digitales tanto en el contexto masivo, como el industrial. Asimismo, estas nuevas necesidades y apetito por nuevos usos y tecnologías implicarán garantizar el acceso a los dispositivos necesarios para atenderlas.

Por lo tanto, se considera que el ecosistema digital colombiano cuenta con un nivel de acceso a Internet y apropiación de tecnología positivo, sin embargo, para lograr acelerar

y concretar la adopción de 5G en el país. De esta manera, Colombia tendrá un mayor peso en la región (valga la pena mencionar que varios países, como Brasil y Chile, que iniciaron su despliegue hace algunos años).

En cuanto a las aplicaciones industriales, identificamos las siguientes oportunidades que hace atractiva la adopción de 5G en contextos industriales en Colombia:

- **Mejora en eficiencia y productividad:** La implementación de la tecnología 5G en sectores como Oil & Gas, manufactura, logística y puertos, ha demostrado una notable mejora en la eficiencia operativa en otros países. La mayor velocidad de transmisión de datos y la menor latencia han permitido optimizar procesos, mejorar la productividad en un 20%,<sup>96</sup> ahorrar gastos de capital en comparación con soluciones basadas en wifi en hasta el 15%,<sup>97</sup> reducir tiempos de inactividad en un 50%<sup>98</sup> y aumentar la capacidad de respuesta ante situaciones críticas. En ese sentido, las soluciones de 5G son prometedoras en estos sectores en Colombia.
- **Innovación y transformación digital:** La adopción de tecnología 5G ha catalizado la innovación y la transformación digital en sectores estratégicos en otros países. La capacidad de conectar dispositivos de forma masiva abre nuevas oportunidades para la implementación de soluciones avanzadas, como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), la realidad aumentada (AR) o el FWA (que incluso ha mostrado ahorros de hasta el 80% en su despliegue a comparación de otras redes)<sup>99</sup>. Así las cosas, contar con 5G en Colombia, también abre la oportunidad para desarrollos locales de estas tecnologías emergentes para atender la demanda nacional.
- **Seguridad y confiabilidad:** La tecnología 5G ha demostrado ser fundamental para garantizar la seguridad y la fiabilidad de las operaciones en sectores críticos. La capacidad de mantener comunicaciones seguras y confiables, incluso en entornos adversos o remotos, ha fortalecido la resiliencia de las infraestructuras y ha minimizado riesgos operativos. Estos son elementos claves, para garantizar el funcionamiento adecuado y la competitividad de sectores económicos esenciales en Colombia.

Asimismo, el Esquema de Aseguramiento de Seguridad de Redes (NESAS) mejora significativamente la seguridad y confiabilidad de las redes 5G al proporcionar un marco estandarizado para la evaluación de seguridad de productos de red. Facilitando auditorías y evaluaciones uniformes, promueve la transparencia, construye confianza entre los stakeholders, mitiga riesgos y se adapta a regulaciones locales. Este enfoque colectivo hacia la seguridad ayuda a proteger tanto a operadores como a usuarios, asegurando un despliegue más seguro y eficiente de tecnologías 5G a nivel global.<sup>100</sup>

<sup>96</sup> Ericsson. (2023). Transforming Warehouse Operations with Ericsson Private 5G. Recuperado el 5 de abril de 2024, de <https://www.ericsson.com/en/cases/2023/transforming-warehouse-operations>

<sup>97</sup> Ibid.

<sup>98</sup> Op.Cit. Vodafone UK. (s/f).

<sup>99</sup> GSMA. (2023). 5G FWA in Africa Emerging trends and opportunities.

<https://data.gsmaintelligence.com/api-web/v2/research-file-download?file=151123-5G-FWA-in-Africa.pdf&id=79790748>

<sup>100</sup> GSMA. (s/f). GSMA Network Equipment Security Assurance Scheme (NESAS). Security. Recuperado el 5 de abril de 2024, de <https://www.gsma.com/security/network-equipment-security-assurance-scheme/>

En últimas, la adopción de tecnología 5G en Colombia no solo beneficia a los sectores industriales específicos, sino que también impulsa el desarrollo de una economía digital más robusta y diversificada. La infraestructura digital avanzada y la conectividad ultrarrápida son fundamentales para atraer inversiones, fomentar la innovación y crear empleo en sectores de alto valor agregado. Específicamente, es importante generar condiciones para la adopción e inversión en soluciones basadas en 5G en distintas industrias, para llevar a cabo proyectos innovadores en campos como IoT, IA, automatización, y robótica.<sup>101</sup> Todo lo anterior con el fin de promover la competitividad y el desarrollo tecnológico en el país.

---

<sup>101</sup> Centro de Estudios de Telecomunicaciones para América Latina & Centro Latam Digital. (2023). *5G para todos y todas: Recomendaciones para promover la adopción y masificación de 5G en América Latina*. <https://cet.la/programa-junior-fellowship-2023/>

## 5. Bibliografía

ACOPI. (2023). Encuesta de Desempeño Empresarial—ACOPI. [En línea] Disponible en: <https://www.acopi.org.co/encuesta-de-desempeno-empresarial/>

American Tower Corporation & SmC+. (2023). La gestión de infraestructura de telecomunicaciones como pilar fundamental para el futuro de América Latina. [En línea] Disponible en: [https://americantower.com.mx/Assets/beta.americantower.com.mx/uploads/files/SmC\\_ATC\\_InfraLatam\\_202311\\_v3.0\\_esp.pdf](https://americantower.com.mx/Assets/beta.americantower.com.mx/uploads/files/SmC_ATC_InfraLatam_202311_v3.0_esp.pdf)

AngloGold Ashanti. (24 de septiembre de 2021). AngloGold Ashanti, Epiroc, Nokia, Sandvik y Tigo, realizaron la primera prueba de vehículos autónomos en la historia del país. AngloGold Ashanti Colombia. [En línea] Disponible en: <https://anglogoldashanticolombia.com/primer-prueba-vehiculos-autonomos-red-5g-en-el-pais/8423/>

Baquero, L. (17 de octubre de 2023). Transporte y logística en Colombia: Actualidad, Principales Desafíos y Perfiles más Demandados por el sector. Numan. [En línea] Disponible en: <https://numan.la/transporte-y-logistica-en-colombia-actualidad-principales-desafios-y-perfiles-mas-demandados-por-el-sector/>

Campetrol. (2024). Informe de Taladros y Producción corte diciembre 2023. [En línea] Disponible en: <https://campetrol.org/documentos/Informe%20de%20Taladros%20Diciembre%202023.pdf>

Capgemini Research Institute. (2019). 5G in industrial operations. How telcos and industrial companies stand to benefit. [En línea] Disponible en: <https://www.capgemini.com/ar-es/wp-content/uploads/sites/28/2022/12/5G-in-industrial-operations.pdf>

Capgemini Research Institute. (2021). Accelerating the 5G Industrial Revolution. [En línea] Disponible en: <https://www.capgemini.com/co-es/insights/biblioteca-de-investigacion/accelerating-the-5g-industrial-revolution/>

Cardozo, L. (29 de mayo de 2023). Hacia la transformación digital de las MiPymes en Colombia. Cámara Colombiana de Comercio Electrónico. [En línea] Disponible en: <https://www.ccce.org.co/noticias/hacia-la-transformacion-digital-de-las-mipymes-en-colombia/>

CCIT & TicTac. (2022). Ciberseguridad en redes de telecomunicaciones móviles. [En línea] Disponible en: <https://www.ccit.org.co/wp-content/uploads/ciberseguridad-en-redes-de-tel-2022-2.pdf>

Centro de Estudios de Telecomunicaciones para América Latina & Centro Latam Digital. (2023). 5G para todos y todas: Recomendaciones para promover la adopción y masificación de 5G en América Latina. [En línea] Disponible en: <https://cet.la/programa-junior-fellowship-2023/>

Centro Nacional de Consultoría. (2023). Apropiación digital 2023. [En línea] Disponible en: [https://www.centronacionaldeconsultoria.com/\\_files/ugd/c967c2\\_00cab63b2c224c9d9e16dd5cdbda022c.pdf](https://www.centronacionaldeconsultoria.com/_files/ugd/c967c2_00cab63b2c224c9d9e16dd5cdbda022c.pdf)

CEPAL. (2022). Redes 5G en América Latina: Desarrollo y Potencialidades. [En línea] Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/434ab732-7b7a-4ac1-9445-e043ce7a7c19/content>

Congreso de Colombia. (2023). Ley 2294 de 2023 por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 "Colombia Potencia Mundial de la Vida". [En línea] Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=209510>

Congreso de Colombia. (1991). Ley 1 de 1991. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=67055>

CRC. (s/f). Datos de los sectores de telecomunicaciones y postal | Postdata. Recuperado el 5 de abril de 2024, de <https://postdata.gov.co/dashboard/datos-de-los-sectores-de-telecomunicaciones-y-postal>



DANE. (15 de abril de 2024). DANE - Encuesta mensual manufacturera con enfoque territorial (EMMET). [En línea] Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/encuesta-mensual-manufacturera-con-enfoque-territorial-emmet>

DANE. (2022). Encuesta de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Empresas (ENTIC Empresas). [En línea] Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-tic/encuesta-de-tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-en-empresas-entic-empresas>

Deloitte. (2021). 5G the benefits and barriers to adoption | Digital Consumer Trends 2021. Deloitte Ireland. [En línea] Disponible en: <https://www2.deloitte.com/ie/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/digital-consumer-trends/digital-consumer-trends-5g-benefits-and-barriers-to-adoption.html>

Deloitte. (2023). Next Generation Mission Critical Networks. [En línea] Disponible en: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/pt/Documents/technology-media-telecommunications/TEE/gTEE-Whitepaper-Next-Generation-Mission-Critical-Networks.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2022). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/plan-nacional-de-desarrollo-2022-2026-colombia-potencia-mundial-de-la-vida.pdf>

Deutsche Telekom. (s/f). Digital Freeway Test Field. Recuperado el 16 de febrero de 2024, de <https://www.telekom.com/en/company/details/-digital-freeway-test-field--363640>

Ecopetrol. (13 de julio de 2023). MinTIC, Ecopetrol y Claro realizan prueba exitosa de tecnología 5G en la Refinería de Barrancabermeja. [En línea] Disponible en: <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/noticias/detalle/mintic-ecopetrol-y-claro-realizan-prueba-exitosa-de-tecnologia-5g-en-la-refineria-de-barrancabermeja>

Ericsson. (10 de noviembre de 2023). Port of Virginia: Trucking via private 5G. [En línea] Disponible en: <https://www.ericsson.com/en/blog/2023/11/private-5g-cellular>

Ericsson. (2023). Transforming Warehouse Operations with Ericsson Private 5G. Recuperado el 5 de abril de 2024, de <https://www.ericsson.com/en/cases/2023/transforming-warehouse-operations>

Esenttia. (s/f). [En línea] Disponible en: <https://www.esenttia.co/home-clientes/>

Forbes. (8 de marzo de 2024). Más de 1.6 millones de colombianos han estrenado 5G, indican operadores colombianos. [En línea] Disponible en: <https://forbes.co/2024/03/08/tecnologia/mas-de-1-6-millones-de-colombianos-han-estrenado-5g-indican-operadores-moviles>

Fulppi. (26 de septiembre de 2023). El Crecimiento de la Logística en Colombia. [En línea] Disponible en: <https://fulppi.com/el-crecimiento-de-la-logistica-en-colombia/>

García, J. C. (1 de noviembre de 2018). La virtualización de la red y el nuevo modelo de negocio para la llegada del 5G. Blogthinkbig.com. [En línea] Disponible en: <https://blogthinkbig.com/virtualizacion-red-modelo-negocio-5g>

GSMA. (2023). 5G en América Latina. Liberando el potencial. [En línea] Disponible en: <https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2023/06/290623-5G-in-Latam-ESP.pdf>

GSMA. (2023). 5G FWA in Africa Emerging trends and opportunities. [En línea] Disponible en: <https://data.gsmaintelligence.com/api-web/v2/research-file-download?file=151123-5G-FWA-in-Africa.pdf&id=79790748>

GSMA. (22 de junio de 2023). Private 5G Industrial Networks 2023. [En línea] Disponible en: <https://www.gsma.com/iot/resources/private-5g-industrial-networks-2023/>

GSMA. (s/f). GSMA Network Equipment Security Assurance Scheme (NESAS). Security. Recuperado el 5 de abril de 2024, de <https://www.gsma.com/security/network-equipment-security-assurance-scheme/>

Helene Hofman. (17 de enero de 2023). The game-changing potential of 5G in logistics. Maersk. [En línea] Disponible en: <https://www.maersk.com/insights/growth/2023/01/17/the-potential-of-5g-in-logistics>

Huawei. (febrero de 2018). Making manufacturing productive again with IoT - Huawei Publications. Huawei Tech. [En línea] Disponible en: <https://www.huawei.com/en/huaweitech/publication/84/iot-makes-manufacturing-smart>

Huawei. (octubre de 2019). 5G Smart Port White Paper. Huawei Tech. [En línea] Disponible en: <https://www.huawei.com/en/huaweitech/industry-insights/outlook/mobile-broadband/xlabs/insights-whitepapers/5g-smart-port-whitepaper>

Huawei. (s/f). 5G Private Networks Empower Mining, Oil, and Gas Industry. Huawei Enterprise. Recuperado el 23 de febrero de 2024, de <https://e.huawei.com/es/case-studies/solutions/enterprise-wireless/jiuquan-iron-and-steel-group>

Huawei. (s/f). Making Connections with Smart Logistics—Huawei case studies. Huawei Enterprise. Recuperado el 16 de febrero de 2024, de <https://e.huawei.com/ua/case-studies/global/2018/201807051051>

IBM. (s/f). ¿Qué es el aprendizaje supervisado? Recuperado el 19 de febrero de 2024, de <https://www.ibm.com/mx-es/topics/supervised-learning>

Kadia, H. (28 de agosto de 2023). BMW uses private 5G to streamline operations in Spartanburg Facility. TeckNexus. [En línea] Disponible en: <https://tecknexus.com/5gusecase/private-5g-manufacturing-bmw-spartanburg-facility/>

KPN. (6 de noviembre de 2018). KPN, Shell and partners test industrial 5G applications in the port of Rotterdam. [En línea] Disponible en: <https://www.overons.kpn/nieuws/en/kpn-shell-and-partners-test-industrial--5g-applications-in-the-port-of-rotterdam/>

Lacopino, P. (mayo de 2023). 5G FWA on the rise: State of the market, new developments and outlook through to 2030. [En línea] Disponible en: <https://data.gsmaintelligence.com/research/research/research-2023/5g-fwa-on-the-rise-state-of-the-market-new-developments-and-outlook-through-to-2030>

Liferay. (21 de enero de 2022). ¿Qué es B2B2C? [En línea] Disponible en: <https://www.liferay.com/blog/customer-experience/-que-es-b2b2c>

MasContainer. (9 de mayo de 2023). Colombia, primero en América Latina con red 4G portuaria propia. [En línea] Disponible en: <https://www.mascontainer.com/colombia-primero-en-america-latina-con-red-4g-portuaria-propia/>

MinTIC. (16 de febrero de 2024). Boletín trimestral del sector TIC - Cifras tercer trimestre de 2023. [En línea] Disponible en: <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-article-334280.html>

MinTIC. (2023). Proceso de Asignación de Espectro IMT. [En línea] Disponible en: <https://mintic.gov.co/micrositios/asignacion-espectro-imt-2023/828/w3-channel.html>

Mintransporte. (2024, marzo 14). Gobierno del Cambio impulsa la reactivación férrea en el país. Mintransporte. <https://mintransporte.gov.co/publicaciones/11661/gobierno-del-cambio-impulsa-la-reactivacion-ferrea-en-el-pais/>

Mordor Intelligence. (s/f). Análisis de participación y tamaño del mercado de carga y logística de Colombia tendencias y pronósticos de crecimiento (2024-2029). Recuperado el 18 de abril de 2024, de <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/colombia-freight-logistics-market-study>

OECD. (March 2024). Fixed and mobile broadband subscriptions per 100 inhabitants [dataset]. [En línea] Disponible en: <https://www.oecd.org/digital/broadband/broadband-statistics/>

Organización Internacional del Trabajo. (2022). El futuro del trabajo en el sector del petróleo y el gas. [En línea] Disponible en: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_dialogue/---sector/documents/publication/wcms\\_859848.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---sector/documents/publication/wcms_859848.pdf)

Park, Y.-R. (26 de octubre de 2020). South Korea Takes a Big Step Toward 5G Intelligent Ports. [En línea] Disponible en: <http://www.shippersjournal.com/news/article.html?no=26493>

Payne, W. (26 de julio de 2023). Aramco and OQ partner on satellite 5G IoT. IoT M2M Council. [En línea] Disponible en: <https://www.iiotm2mcouncil.org/iiot-library/news/connected-industries-news/aramco-and-oq-partner-on-satellite-5g-iiot/>

Pearson, C. (8 de noviembre de 2021). Closing the Digital Divide With 5G Fixed Wireless Access. 5G Americas. [En línea] Disponible en: <https://www.5gamericas.org/closing-the-digital-divide-with-5g-fixed-wireless-access/>

Presidencia de la República de Colombia. (2013). Decreto número 1793 de 2013 "Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1607 de 2012 "por la cual se expiden normas en materia tributaria y se dictan otras disposiciones". Diario Oficial No. 48.890. [En línea] Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=54302>

PricewaterhouseCoopers. (20 de julio de 2020). Awareness is higher than ever. But do consumers see value in 5G? PwC. [En línea] Disponible en: <https://www.pwc.com/us/en/industries/tmt/do-consumers-see-value-in-5g.html>

Quintero, D. (18 de febrero de 2023). Más allá de los hidrocarburos: Los retos de la transición energética en Colombia. *elespectador.com*. [En línea] Disponible en: <https://www.elespectador.com/investigacion/mas-alla-de-los-hidrocarburos-los-retos-de-la-transicion-energetica-en-colombia/>

Serra, L. (22 de abril de 2015). Diferentes modelos de negocio para comercio electrónico. Think Big. [En línea] Disponible en: <https://empresas.blogthinkbig.com/diferentes-modelos-de-negocio-para-comercio-electronico/>

SOYCO Logistics. (21 de septiembre de 2023). Cómo afecta la logística a la economía global. [En línea] Disponible en: <https://www.logisticasoyco.com/como-afecta-la-logistica-a-la-economia-global/>

Statista. (2023) Number of 5G devices as of March 2023. Disponible en: <https://www.statista.com/statistics/1258416/5g-devices/>

Superintendencia de Sociedades. (2023). Informe 1000 empresas más grandes 2022. [En línea] Disponible en: [https://www.supersociedades.gov.co/documentos/80312/6334755/1000\\_Empresas\\_F.pdf?t=1689022635370](https://www.supersociedades.gov.co/documentos/80312/6334755/1000_Empresas_F.pdf?t=1689022635370)

Superintendencia de Transporte. (2024). Boletín estadístico. Tráfico portuario en Colombia. [En línea] Disponible en: [https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2024/Marzo/Puertos\\_01/29-02-2024\\_BOLETIN\\_TRAFICO\\_PORTUARIO\\_ENE\\_DIC2023.pdf](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2024/Marzo/Puertos_01/29-02-2024_BOLETIN_TRAFICO_PORTUARIO_ENE_DIC2023.pdf)

Tapscott, D. (1997). The digital economy: Promise and peril in the age of networked intelligence. McGraw-Hill.

Telegeography. (15 de abril de 2024). Submarine Cable Map. [En línea] Disponible en: <https://www.submarinecablemap.com/country/colombia>

Tomás, J. (19 de octubre de 2021). Top 10 5G manufacturing use cases. RCR Wireless News. [En línea] Disponible en: <https://www.rcrwireless.com/20211019/5g/top-10-5g-manufacturing-use-cases>

TowerXchange. (30 de enero de 2024). Telecom Tower Industry | TowerXchange's LATAM guide. [En línea] Disponible en: <https://www.towerxchange.com/article/2bw6w3taf93z14rs1f3ep/telecom-tower-industry-towerxchanges-latam-guide>

UNCTAD. (2023). Global Port Infrastructure Sufficiency Index: Results of the pilot phase. [En línea] Disponible en: [https://unctad.org/system/files/official-document/tcsdtlinf2023d2\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/tcsdtlinf2023d2_en.pdf)

Vodafone UK. (s/f). Ford & 5G | 5G Customer Stories. Recuperado el 19 de febrero de 2024, de <https://www.vodafone.co.uk/business/5g-for-business/5g-customer-stories/ford-factory>

We Are Social & Meltwater. (23 de febrero de 2024). Digital 2024: Colombia. DataReportal – Global Digital Insights. [En línea] Disponible en: <https://datareportal.com/reports/digital-2024-colombia>

World Bank. (2017). La tecnología, la globalización y el futuro del desarrollo impulsado por el sector manufacturero: Aprovechar las oportunidades en los países en desarrollo. World Bank. [En línea] Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/topic/competitiveness/publication/trouble-in-the-making-the-future-of-manufacturing-led-development>

World Bank. (abril de 2023). 2023 | Logistics Performance Index (LPI). [En línea] Disponible en: <https://lpi.worldbank.org/international/global>

World Bank. (s/f). Industria, valor agregado (% del PIB) [dataset]. Recuperado el 19 de abril de 2024, de <https://data.worldbank.org>

World Energy Trade. (12 de junio de 2019). Nokia y Deutsche completan con éxito prueba piloto de tecnología 5G para Puerto de Hamburgo. [En línea] Disponible en: <https://www.worldenergytrade.com/logistica/investigacion/nokia-y-deutsche-completan-con-exito-prueba-piloto-de-tecnologia-5g-para-puerto-de-hamburgo>

Ya estoy Online. (s/f). [www.yaestoyonline.co](http://www.yaestoyonline.co). Recuperado el 5 de abril de 2024, de <https://www.yaestoyonline.co/>