



ICAI-ICADE – Grado en Administración y Dirección de Empresas

Análisis del impacto de la tecnología 5G en los modelos de negocio B2B

Autor: José Cubelos Ordás

Director: Mario Álvarez Fernández

Índice

1. Resumen Ejecutivo	9
2. Abstract	11
3. Agradecimientos	13
4. Introducción	15
5. Análisis tecnológico actual	17
5.1. La revolución digital y el ‘Internet of Things’ (IoT)	17
5.2. Las tecnologías de conectividad actuales	19
5.3. La transformación del rol de los stakeholders causada por el 5G	19
5.4. La transición del 4G al 5G IoT	22
5.4.1. Las comunicaciones con el 5G.....	22
5.4.2. El 5G en los modelos de negocio B2B	23
5.4.3. La propuesta de valor del 5G	23
5.4.4. La infraestructura necesaria para la implantación del 5G	25
5.5. Los límites de la tecnología 5G	29
6. La tecnología 5G IoT en los modelos de negocio B2B	31
6.1. La propuesta de valor del 5G en la industria 4.0	32
6.1.1. El 5G y la fabricación inteligente	33
6.2. La propuesta de valor del 5G en la industria de la construcción	35
6.3. La propuesta de valor del 5G en la industria del retail	38
7. Análisis de diferentes casos de uso	43
7.1. Máquinas de vending	43
7.1.1. Situación actual	45
7.1.2. Casos actuales de uso	46
7.1.3. Análisis del impacto del 5G en la industria	53
7.1.4. El nuevo ecosistema por crear en torno a las máquinas de vending	56
7.1.5. Conclusiones y líneas futuras del valor del 5G en el sector de las máquinas de vending ..	57
7.2. La industria de la construcción	59
7.2.1. Situación actual	59
7.2.2. Casos potenciales de uso del 5G en la construcción	59
7.2.3. Casos actuales de uso – Construcción 4.0	61
7.2.4. El valor de los diferentes tipos de servicios 5G para una Construcción 4.0	70
7.2.5. La nueva arquitectura del sistema de la industria de la construcción causada por el 5G ...	75
7.2.6. Conclusiones sobre el rol del 5G en la industria de la Construcción.....	76
8. Conclusiones y líneas futuras	79
9. Bibliografía	81

Ilustraciones

Ilustración 1: Transversalidad de industrias del IoT (Elaboración propia).....	17
Ilustración 2: Evolución de la inversión europea en IoT (Elaboración propia basada en los informes de la Comisión Europea).....	18
Ilustración 3: Stakeholders alrededor del 5G [8]	20
Ilustración 4: Del 4G al 5G IoT, una transición por oleadas (Elaboración propia)	22
Ilustración 5: Estimación de ventas de unidades 5G IoT ⁶ (Millones de unidades) [1] ..	23
Ilustración 6: Ventajas de la tecnología 5G frente a otras tecnologías inalámbricas [1]	24
Ilustración 7: Características fundamentales del 5G (Elaboración propia basada en el informe [1])	24
Ilustración 8: Espectro de frecuencias utilizado en España para el despliegue del 5G (Elaboración propia basada en el artículo [34])	25
Ilustración 9: Espectro de frecuencias tras el Segundo Dividendo Digital (Elaboración propia)	26
Ilustración 10: Esquema representativo de un sistema distribuido de antenas DAS [41]	28
Ilustración 11: Esquema representativo de un escenario de funcionamiento con Macro Cells y Small Cells [51]	28
Ilustración 12: Gráfico representativo del entorno de la industria 4.0 [35]	31
Ilustración 13: Previsión de ventas de unidades IoT 5G [1]	32
Ilustración 14: Previsión de ventas de unidades de 5G IoT para aplicaciones en la industria 4.0 (Millones de unidades) (McKinsey & Company, 2020).....	33
Ilustración 15: Vehículos guiados automatizados [47]	33
Ilustración 16: Realidad virtual en la industria [48].....	34
Ilustración 17: Inteligencia artificial [49].....	34
Ilustración 18: Esquema de una red privada [50].....	34
Ilustración 19: Maquinaria autónoma representativa del futuro de la construcción [43]	36
Ilustración 20: Gemelo digital de una planta industrial [42].....	36
Ilustración 21: Modelo de construcción 3D utilizando realidad virtual [44]	37
Ilustración 22: Dron tomando imágenes 4K de una obra [45]	37
Ilustración 23: La importancia de la construcción sostenible [46].....	37
Ilustración 24: Estimación del valor del mercado global de Smart Retail en 2025 (Elaboración propia basada en [56] y [57]).....	38
Ilustración 27: El impacto de la IA en la industria del retail [54].....	41
Ilustración 28: Ejemplo de tienda conectada temporal [52].....	41
Ilustración 29: El futuro del retail a través de las tiendas autónomas [55]	42
Ilustración 30: Operaciones mejoradas gracias a las redes 5G [53].....	42
Ilustración 31: Diferentes fases del ciclo de operación de una máquina de vending (Elaboración propia).....	44
Ilustración 32: Ecosistema Caimore para las máquinas de vending inteligentes.....	50
Ilustración 33: Vehículo autónomo 5G utilizado por la empresa KFC.....	51
Ilustración 34: Ecosistema Silkron para las máquinas de vending inteligentes [33]	56
Ilustración 35: Casos posibles de uso de la tecnología 5G en la construcción (Elaboración propia)	60
Ilustración 36: La tecnología 5G utilizada para la teleoperación de maquinaria [59]	61
Ilustración 37: Esquema representativo de una obra de construcción supervisada por drones [70]	68
Ilustración 38: Escenario de obra en el que se representan diferentes casos de uso definidos en el apartado anterior [19]	71

Ilustración 39: Esquema representativo de la segmentación de la red o network slicing [76]	72
Ilustración 40: Esquema representativo de una antena MIMO masiva [77]	73
Ilustración 41: Arquitectura del nuevo sistema de Construcción 4.0 causado por el 5G [19]	75

Tablas

Tabla 1: Tecnologías de conectividad actuales (Elaboración propia basada en el informe [30]).....	19
Tabla 2: Diferentes roles de los stakeholders e interacciones entre ellos [8].....	21
Tabla 3: Casos actuales de uso de máquinas de vending inteligentes (1/6) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)	46
Tabla 4: Casos actuales de uso de máquinas de vending inteligentes (2/6) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)	47
Tabla 5: Casos actuales de uso de máquinas de vending inteligentes (3/6) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)	48
Tabla 6: Casos actuales de uso de máquinas de vending inteligentes (4/6) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)	49
Tabla 7: Casos actuales de uso de máquinas de vending inteligentes (5/6) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)	50
Tabla 8: Casos actuales de uso de máquinas de vending inteligentes (6/6) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)	51
Tabla 9: Tabla resumen de las principales aportaciones de la tecnología 5G a las diferentes fases de operación de una máquina de vending (Elaboración propia)	52
Tabla 10: Valor aportado por el 5G frente al 4G en el sector de las máquinas de vending (Elaboración propia).....	53
Tabla 11: Valor aportado por el 5G frente al Wi-Fi en el sector de las máquinas de vending (Elaboración propia).....	54
Tabla 12: Valor aportado por el 5G frente al NB-IoT en el sector de las máquinas de vending (Elaboración propia).....	54
Tabla 13: Tabla resumen de las características de la tecnología 5G frente a las tecnologías anteriores a lo largo del ciclo de operación de una máquina de vending (Elaboración propia)	55
Tabla 14: Aportaciones de la tecnología 5G frente a las demás tecnologías en la actividad de las máquinas de vending (Elaboración propia)	57
Tabla 15: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (1/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto).....	61
Tabla 16: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (2/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto).....	62
Tabla 17: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (3/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto).....	63
Tabla 18: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (4/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto).....	64
Tabla 19: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (5/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto).....	65
Tabla 20: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (6/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto).....	66
Tabla 21: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (7/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto).....	67
Tabla 22: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (8/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto).....	68
Tabla 23: Tabla resumen de las principales aportaciones de la tecnología 5G a los diferentes casos de uso analizados en la industria de la construcción (Elaboración propia)	69

Tabla 24: Categorías de servicios 5G aplicables a los diferentes casos de uso de la construcción 4.0 (Elaboración propia)	71
Tabla 25: Características de servicios 5G complementarios aplicables a los diferentes casos de uso de la construcción 4.0 (Elaboración propia).....	73
Tabla 26: Tabla resumen de los servicios 5G aplicables a los diferentes casos de uso de la construcción 4.0 (Elaboración propia)	74

1. Resumen Ejecutivo

El presente proyecto desarrolla un análisis sobre la próxima generación de conectividad inalámbrica, la tecnología 5G, que se está convirtiendo en un tema actual, pero que sigue siendo objeto de muchos mitos y conceptos erróneos. Esta tecnología se ha analizado ampliamente desde el punto de vista de negocios B2C, pero, en este informe, se va a analizar desde un punto de vista B2B, a nivel de industrias, buscando su conexión con el IoT (Internet of Things). Aunque están surgiendo muchos casos de uso a nivel industrial, solamente unos pocos son viables y pueden generar una fuerte demanda a corto plazo. Para poder visualizar la situación actual y pronosticar la futura, se han estudiado dos casos de uso del 5G, centrándose en los desarrollos posibles a lo largo de los próximos años. Como parte del análisis, se ha estudiado el 5G desde un punto de vista tecnológico, para posteriormente, analizar su impacto en las industrias de Fabricación, Retail y Construcción. Este análisis se ha ilustrado con dos casos de uso: las máquinas de vending y la Construcción 4.0.

Muchas empresas obtendrán un gran valor de la tecnología 5G y de su combinación con el IoT, pero esto llegará por oleadas:

- A nivel tecnológico, los primeros casos que se produzcan estarán relacionados con la banda ancha móvil mejorada (EMBB), seguidas de las comunicaciones ultra fiables y de baja latencia (URLLC) y, finalmente, de las comunicaciones masivas entre máquinas (MMTC).
- Las empresas que se podrán beneficiar de estos servicios 5G son muchas, desde operadores de telefonía móvil y proveedores de red, hasta proveedores de componentes, empresas de diferentes industrias o gobiernos.

A través de los diferentes casos de uso, se han detectado las oportunidades relacionadas con la tecnología 5G:

- Dentro del sector B2B, las mayores oportunidades a corto plazo se sitúan en la Industria 4.0, en procesos de digitalización de la fabricación y producción. El 5G proporcionará muchas ventajas en diferentes casos de uso.
- En el corto o medio plazo, aparecerán muchas oportunidades en la industria del Retail, a través de diferentes casos de uso que ya se han estado probado en la actualidad. Esta industria se ha ilustrado a través del caso de uso de las Máquinas de Vending Inteligentes.
- En el medio o largo plazo, el ecosistema de la industria de la Construcción puede cambiar por completo, dando cabida a la tecnología 5G junto con el IoT. En la actualidad se encuentra en una etapa experimental o piloto, pero se espera que se implemente a lo largo de los próximos años. Esta industria se ha ilustrado a través del caso de uso de la Construcción 4.0.

En definitiva, se ha analizado el impacto de la tecnología 5G y de muchos servicios tecnológicos que derivan de su entrada en una industria. Además, se intenta mostrar una imagen global de la actualidad de la tecnología 5G y de los principales países que están apostando por la innovación en este aspecto. Finalmente, a lo largo del informe se muestran las limitaciones de esta tecnología, tanto desde el punto de vista tecnológico, como regulatorio o social, todo aplicado a los casos de uso B2B analizados.

2. Abstract

This project develops an analysis of the next generation of wireless connectivity, the 5G technology, which is becoming a current topic, but is still subject to many myths and misconceptions. This technology has been widely analyzed from a B2C business point of view, but, in this report, it is going to be analyzed from a B2B point of view, at an industry level, looking for its connection with the IoT (Internet of Things). Although many use cases are emerging at the industrial level, only a few are viable and can generate strong demand in the short term. To visualize the current situation and forecast the future, two 5G use cases have been studied, focusing on possible developments over the next few years. As part of the analysis, 5G has been studied from a technological point of view, to later analyze its impact on the Manufacturing, Retail and Construction industries. This analysis has been illustrated with two use cases: vending machines and Construction 4.0.

Many companies will derive great value from 5G technology and its combination with IoT, but this will come in waves:

- At the technology level, the first cases to emerge will be related to enhanced mobile broadband (EMBB), followed by ultra-reliable and low-latency communications (URLLC) and, finally, massive machine-to-machine communications (MMTC).
- The companies that will be able to benefit from these 5G services are many, from mobile operators and network providers to component suppliers, companies from different industries or governments.

Through the different use cases, the opportunities related to 5G technology have been detected:

- Within the B2B sector, the biggest opportunities in the short term are related to Industry 4.0, in manufacturing and production digitization processes. 5G will provide many advantages in different use cases.
- In the short to medium term, many opportunities will appear in the Retail industry, through different use cases that have already been tested today. This industry has been illustrated through the use case of Smart Vending Machines.
- In the medium to long term, the ecosystem of the Construction industry may change completely, accommodating 5G technology along with IoT. It is currently in an experimental or pilot stage but is expected to be implemented over the next few years. This industry has been illustrated through the Construction 4.0 use case.

In short, the impact of 5G technology and many technological services deriving from its entry into an industry has been analyzed. In addition, an attempt is made to show a global picture of the current state of the art of 5G technology and the main countries that are betting on innovation in this aspect. Finally, throughout the report, the limitations of this technology are shown, both from a technological, regulatory, and social point of view, all applied to the B2B use cases analyzed.

3. Agradecimientos

Me gustaría agradecer a mi director Mario Álvarez Fernández, toda la ayuda y el apoyo que me ha dado durante todo el desarrollo del proyecto. En una época de incertidumbre como el Covid19, ha sabido transmitirme la confianza, experiencia y cercanía que creo que han sido fundamentales para la realización de este proyecto.

Quiero dar las gracias a mis padres y hermanos por su constante apoyo a lo largo de toda la carrera.

No me olvidaré tampoco de mis abuelos, Ángel, Carmelis, Pepe y Carmina, por todo lo que me han enseñado y la fuerza que me transmiten.

Me gustaría dedicar este proyecto a mis primas Malu y Enci, a mi tía Encina y, sobretodo, a mi tío Víctor, que, a pesar de dejarnos en diciembre a causa del Covid19, sigue estando presente en el día a día y me ha dado la fuerza necesaria para realizar este proyecto.

4. Introducción

En una época en la que la transformación digital está presente en el día a día, con una incertidumbre constante causada por las condiciones climatológicas y crisis sanitarias, económicas y sociales como el Covid19, existe una vía de desarrollo y de nuevas oportunidades, la tecnología. La tecnología es ese recurso que, además de cautivar mi pasión, aporta esa vía de innovación, desarrollo y esperanza, necesaria en el mundo actual. Es cierto, que la tecnología es un mundo muy amplio, con muchas variables diferentes y, por ello, este trabajo se va a centrar en una que puede tener un impacto en un gran número de industrias: **la tecnología 5G**.

La tecnología 5G representa la próxima generación de conectividad inalámbrica, con unas características únicas que permiten soportar un enorme número de conexiones simultáneamente, de mejora de velocidad, fiabilidad y latencia, y con un consumo de energía de los dispositivos mucho menor. Esta tecnología puede tener un impacto transversal en muchas industrias y puede aportar nuevos modelos de negocio. En la actualidad, la mayoría de las innovaciones asociadas al 5G se engloban en el mercado del consumidor final (B2C), principalmente porque los operadores de redes intentan optimizar sus costes operativos y porque los fabricantes de teléfonos quieren diferenciar sus productos. Sin embargo, cada vez son más las oportunidades que aparecen en el ámbito de empresa a empresa (B2B) y esto ofrece nuevas oportunidades y necesidades de análisis. La situación actual se puede considerar similar a la que se vivió en la transición del 3G al 4G [1], ya que las empresas y los agentes industriales no están seguros de todos los beneficios que puede aportar la nueva tecnología, y más con una infraestructura de red todavía en curso de despliegue. No obstante, plantearse las preguntas correctas antes de un gran cambio es algo vital para adelantarse al mercado y un buen análisis es fundamental para establecer los pilares de una nueva industria y de los nuevos modelos de negocio.

Para proporcionar un análisis y ofrecer mayor claridad sobre la situación actual y los posibles próximos pasos de la tecnología 5G en los modelos de negocio B2B, se ha decidido investigar el posible impacto de la tecnología 5G a lo largo de los próximos años. Este análisis se va a centrar principalmente en los modelos de negocio B2B, pero al mismo tiempo estudiará las actividades B2C que tengan puntos en común. El informe se centrará en diferentes casos de uso del 5G en relación con el IoT (Internet of Things) en el ámbito empresarial, además de detectar las principales áreas de captación de valor del 5G y los plazos en los que las aplicaciones ganarán tracción dentro de las empresas. Este análisis servirá de utilidad para las empresas de Construcción, de Retail y a diferentes actores industriales para poder entender la situación actual del mercado en torno a la tecnología 5G, mejorar sus operaciones y productos, además de detectar nuevos modelos de negocio.

A lo largo de este informe, se realiza un análisis de la tecnología 5G desde un punto de vista más tecnológico, para después analizar su aplicación a la industria 4.0, Smart Retail y Construcción 4.0. Posteriormente, se analizarán los casos de uso de las máquinas de vending en el sector del Retail, y, de diferentes casos de uso en la Construcción 4.0, para entender las tendencias actuales y los próximos pasos del mercado.

5. Análisis tecnológico actual

Las conexiones digitales a nivel global van a convertirse en más amplias y rápidas, ofreciendo una vía de mejora en diferentes industrias, tanto a nivel de productividad como de innovación. Esta digitalización de la industria se traduce en la denominada Industria 4.0, o la cuarta revolución industrial, que ofrece diferentes ventajas como por ejemplo la personalización de productos, la flexibilidad de las líneas de producción o el aumento de la eficiencia en las fábricas. Para poder conseguir estos objetivos se necesitan nuevas vías de automatización, de procesamiento de información y nuevas tecnologías de comunicación. Un objetivo fundamental es el de ofrecer una capacidad de comunicación que mejore la accesibilidad a la información asociada a un producto, desde los sensores hasta los servicios de análisis de datos. Es en este sentido donde el 5G puede tener un impacto significativo. A continuación, se va a analizar el impacto de la digitalización industrial y las principales características del 5G, para después analizar diferentes casos de uso.

5.1. La revolución digital y el ‘Internet of Things’ (IoT)

El internet de las cosas (IoT) es esencialmente un sistema de máquinas equipadas con tecnologías de recogida de datos para que esos objetos puedan comunicarse entre sí. Los datos de máquina a máquina (M2M) que se generan tienen una amplia gama de usos, pero normalmente se consideran una forma de determinar la salud y el estado de las cosas, ya sean inanimadas o vivas.

Es probable que el IoT penetre en sectores conocidos, abriendo toda una serie de nuevas oportunidades en una amplia variedad de industrias (Ilustración 1):

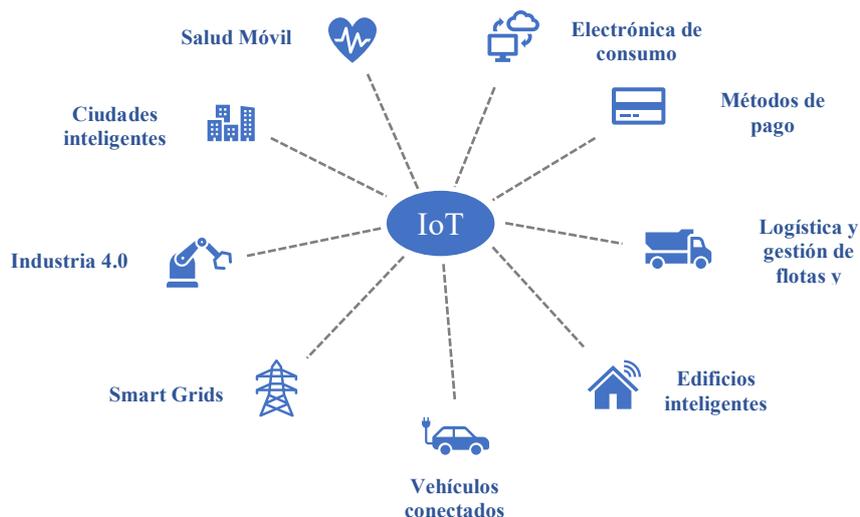


Ilustración 1: Transversalidad de industrias del IoT (Elaboración propia)

Todas estas industrias se podrán ver afectadas por la revolución industrial y el internet de las cosas. Además, se puede observar que la inversión a nivel europeo ha

aumentado en los últimos años, pudiendo aumentar de ~€500 millones en el periodo 2014-2018, a más de ~€11 billones¹ a partir de 2019 (Ilustración 2).

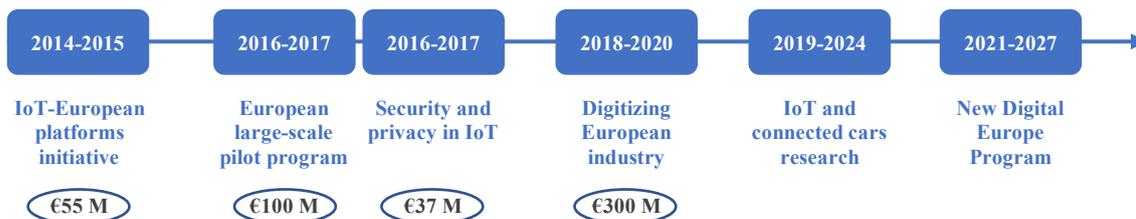


Ilustración 2: Evolución de la inversión europea en IoT (Elaboración propia basada en los informes de la Comisión Europea)

- **‘IoT-European platforms initiative’** – El principal objetivo de esta iniciativa es de construir un ecosistema vibrante y sostenible, tratando de aprovechar al máximo las oportunidades de desarrollo de plataformas, interoperabilidad e intercambio de información [2].
- **‘European large-scale pilot program’** – Este programa trata de crear el área de interés del IoT a través de la experimentación de soluciones reales que se crean a gran escala en diferentes países. Se hicieron siete proyectos principalmente, entre los que destacan ‘el internet de los alimentos’ o ‘el piloto automático’ [3].
- **‘Security and privacy IoT’** – Inversión con el fin de mejorar la seguridad, confianza y privacidad en las plataformas, servicios y aplicaciones de IoT. Se utilizaron las tecnologías ‘Blockchain’ y ‘Distributed Ledger’ como base [4].
- **‘Digitizing European industry’** – Área de enfoque en la digitalización de la industria europea y en la integración de la innovación digital en los retos de la sociedad [5].
- **‘IoT and connected cars research’** – La comisión europea ha anunciado el uso de €1.750 millones en fondos públicos para la investigación sobre el IoT y los coches conectados. Se estima que este proyecto desbloqueará una inversión privada adicional de \$6.840 millones [6].
- **‘New Digital Europe Program’** – Inversión de €9.200 millones para dar forma y apoyar la transformación digital de la sociedad y de la economía europea. €3.000 millones irán destinados a financiar la infraestructura de conectividad digital, lo cual tendrá un impacto directo en el 5G [7].

La gran inversión realizada por la Comisión Europea, junto con todos los países miembros, hacen que esta digitalización masiva requiera una infraestructura y unas tecnologías de conectividad que evolucionen. A continuación, se van a analizar las diferentes tecnologías de conectividad existentes, para más adelante adentrarse en las ventajas que aportará el 5G con respecto a las tecnologías ya existentes y asentadas en el mercado.

¹ 1 billón = 1000 millones.

5.2. Las tecnologías de conectividad actuales

	Detalles	Características principales	Productos	Ejemplos de uso	Datos clave
LPWA ²	<ul style="list-style-type: none"> Comunicaciones de largo alcance entre dispositivos conectados. 	<ul style="list-style-type: none"> Zonas remotas e interiores profundos. Baja tasa de datos y consumo de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> SigFox. LoRa. NB-IoT. 	<ul style="list-style-type: none"> Medición inteligente, aparcamiento inteligente... Seguimiento y monitorización... 	<ul style="list-style-type: none"> 20% población mundial cubierta. Se estima que en 2022 el ~100% de la población estará cubierta.
2G & 3G	<ul style="list-style-type: none"> Transmisión de datos y voz por teléfono móvil 	<ul style="list-style-type: none"> Excelente cobertura en zonas urbanas. Disponibilidad a bajo coste. 	<ul style="list-style-type: none"> 2G. 3G. 	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivos antiguos. 	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura 3G del ~90% del territorio mundial.
4G LTE & 5G	<ul style="list-style-type: none"> Gran salto para la conectividad y el internet. 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor conectividad, velocidad y fiabilidad. Baja latencia. Funciona en redes existentes (4G LTE). 	<ul style="list-style-type: none"> 4G LTE. 5G. 	<ul style="list-style-type: none"> Vehículos inteligentes. Sensores. Control remoto. 	<ul style="list-style-type: none"> La cobertura 4G supero el 95% en España. 5G comenzó a comercializarse en 2020.
WPAN ³ & WLAN ⁴	<ul style="list-style-type: none"> Red personal con conexiones inalámbricas. 	<ul style="list-style-type: none"> Conexión de muchos dispositivos cercanos. Alta velocidad de datos. Alta duración de batería. 	<ul style="list-style-type: none"> Wi-Fi. 	<ul style="list-style-type: none"> Opción muy utilizada actualmente. Redes de satélites para zonas remotas. 	<ul style="list-style-type: none"> ~20.000 millones de dispositivos conectados a WLAN.

Tabla 1: Tecnologías de conectividad actuales (Elaboración propia basada en el informe [30])

Es cierto que existe una diversidad de tecnologías de conectividad, pero, sin embargo, el 5G va a aportar un gran valor gracias a sus características de baja latencia, conectividad, alta velocidad y fiabilidad. A continuación, se van a analizar las condiciones necesarias para una transición de la red 4G al 5G a nivel industrial.

5.3. La transformación del rol de los stakeholders causada por el 5G

La tecnología 5G ofrece nuevas oportunidades de negocio a nivel mundial ya que se enfrenta a las limitaciones actuales y las capacidades futuras, como la velocidad de los datos, la latencia de extremo a extremo, la cobertura y la promesa de crear una hiperconectividad para ofrecer una amplia variedad de servicios nuevos.

² Low-power wide area network.

³ Wireless personal area network.

⁴ Wireless local area network.



Ilustración 3: Stakeholders alrededor del 5G [8]

Con la tecnología 5G, nuevos stakeholders se ven afectados y nuevas interacciones aparecen entre ellos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). En la siguiente tabla se puede observar que el 5G ha cambiado los stakeholders que participan a lo largo de toda la cadena de valor. Es decir, uno de los cambios más visibles con respecto al 4G es el de los stakeholders de las diferentes verticales (energía, automoción, salud...), que, ahora pueden asumir un papel de proveedores de servicios online (OSP), ya que pueden prestar servicios directamente a los clientes finales, además de los servicios de infraestructura y conectividad a los proveedores de servicios de red (NSP). Por ejemplo, las empresas de fabricación que producen equipos específicos para una industria vertical, ahora pueden desempeñar el papel de fabricantes de dispositivos para el cliente final.

Además, la introducción de la computación en la nube en el sector de las telecomunicaciones permite que, tanto los proveedores de servicios IT como los proveedores de funciones de red, ahora puedan proporcionar servicios de ciberseguridad o análisis de grandes bases de datos, a otras partes interesadas del ecosistema 5G.

Todas estas nuevas oportunidades para los diferentes stakeholders están condicionadas por la capacidad de las tecnologías 5G de proporcionar los niveles de rendimiento previsto que convencen a los interesados en las diferentes verticales y permitan la creación de este nuevo ecosistema dinámico en torno a las redes 5G.

	Descripción	Roles e interacciones
01	Fabricantes de equipos IT de software y hardware	Proporcionar equipos software y hardware a proveedores de servicios IT, fabricantes de infraestructuras de red, proveedores de servicios de red y proveedores de servicios de línea
02	Fabricantes de infraestructuras de red	Proporcionar infraestructura a los proveedores de servicios de red (06)
03	Proveedores de funciones de red de software	Proporcionar funciones de red de software a los proveedores de servicios de red (06), a los proveedores de servicios de comunicación (07) y a los proveedores de servicios online (08)
04	Fabricantes de dispositivos	Proporcionar dispositivos a los proveedores de servicios de red (06), a los proveedores de servicios online (08) y a los clientes finales (10)
05	Proveedores de servicios IT	Proporcionar servicios IT a los proveedores de servicios de red (06), a los proveedores de servicios de comunicación (07) y a los proveedores de servicios online (08)
06	Proveedores de servicios de red (NSP – Network Service Providers)	Proporcionar servicios de red a los proveedores de servicios de comunicación (07), a los proveedores de servicios online (08) a través de los brokers, y a los proveedores de servicios IT (05), a otros proveedores de servicios de red (06) y a los clientes finales (10)
07	Proveedores de servicios de comunicación	Proporcionar servicios de comunicación a los proveedores de servicios online (08) y a los clientes finales (10)
08	Proveedores de servicios online (OSP – Online Service Providers)	Proporcionar servicios en línea a los clientes finales (10) y también puede recibir contenidos de ellos. Este rol lo pueden tomar todos los stakeholders verticales de diferentes industrias (automoción, energía, fábricas, salud, medios de comunicación)
09	Brokers	Intermediario entre los proveedores de servicios online (10) y los proveedores de servicios de red (06); y con los proveedores de servicios de red (10) en su esfuerzo por establecer dinámicamente la solución más eficaz que satisfaga sus necesidades. Por ejemplo, los brokers de espectro permiten el uso compartido del mismo a los proveedores de servicios de red (06)
10	Clientes finales	B2C, B2B y B2G ⁵

Tabla 2: Diferentes roles de los stakeholders e interacciones entre ellos [8]

⁵ Business to government.

5.4. La transición del 4G al 5G IoT

La transición del 4G al 5G a nivel industrial va a ser lenta ya que primero se necesita una infraestructura que permita el uso del 5G. Es decir, existen un gran número de posibles casos de uso, pero pocos de ellos tendrán un gran impacto a corto plazo. Sin embargo, es evidente que las características del 5G, que analizaremos más adelante, ofrecen una oportunidad única para diferentes industrias y muchas empresas podrán extraer valor del 5G IoT.

5.4.1. Las comunicaciones con el 5G

Desde un punto de vista a corto plazo, se han detectado diferentes casos de uso en los que el 5G puede tener un impacto significativo. Estas aplicaciones están principalmente relacionadas con la banda ancha y las comunicaciones de baja latencia:

- Los casos de uso del IoT 5G relacionados con la banda ancha móvil mejorada (EMBB – Enhanced Mobile Broadband) serán las primeras aplicaciones de uso en ganar terreno en el mercado.
- Estas aplicaciones EMBB irán seguidas de los casos de uso de comunicaciones ultra fiables y de baja latencia (URLLC - Ultra-Reliable and Low-Latency Communication).
- Los casos de uso aplicados a comunicación masiva entre máquinas se considera que tomarán más tiempo (Ilustración 5) en ganar terreno en el mercado debido a la implicación de un mayor número de agentes (MMTC – Machine-Type Communication).



Ilustración 4: Del 4G al 5G IoT, una transición por oleadas (Elaboración propia)

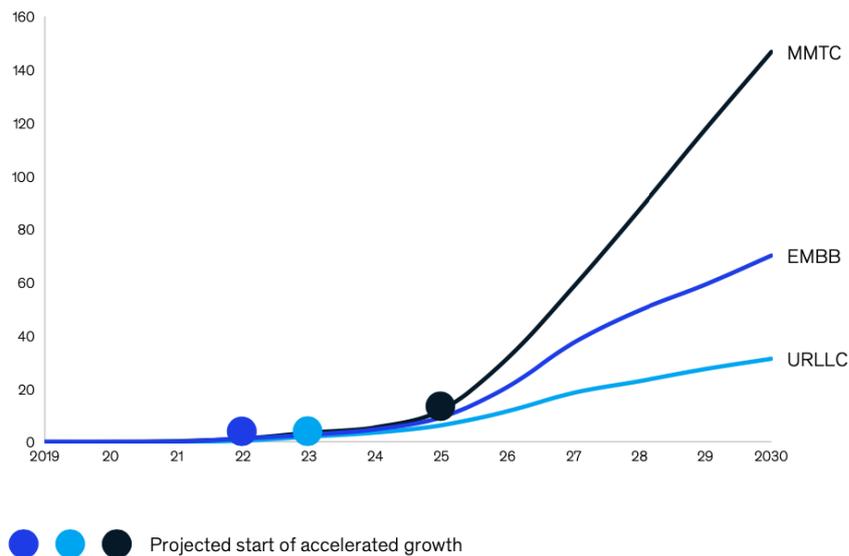


Ilustración 5: Estimación de ventas de unidades 5G IoT⁶ (Millones de unidades) [1]

5.4.2. El 5G en los modelos de negocio B2B

Mientras que el impacto del 5G en modelos de negocio B2C es ampliamente conocido, las oportunidades para esta tecnología en modelos de negocio B2B abundan, especialmente con la industria 4.0. Algunos ejemplos de los nuevos retos del 5G IoT pueden ser:

- La digitalización de la fabricación y otros procesos de producción.
- Ciudades inteligentes (Smart Cities).
- Energía inteligente (Smart Energy).
- Salud conectada.

Es importante destacar que se estima que el segmento de industria 4.0 representará unas ventas de 22 millones de unidades 5G IoT en 2030 [1]. Es decir, el 5G puede tener un impacto mucho más amplio que simplemente los negocios B2C y esto es lo que se va a ilustrar a lo largo de este proyecto con diferentes casos de uso.

5.4.3. La propuesta de valor del 5G

La tecnología 5G tiene unas características fundamentales de mejora de la velocidad, de latencia, de fiabilidad, de consumo de energía y del aumento de conexiones entre dispositivos. Todas estas características serán posibles una vez se haya instalado la infraestructura necesaria, ya que, actualmente, existen muchas limitaciones tecnológicas.

Uno de los objetivos fundamentales de esta tecnología es el de convertirse en la tecnología de referencia para comunicaciones críticas que requieran alta fiabilidad y una

⁶ Unidades IoT 5G representan los objetos físicos que incorporan sensores, software y otras tecnologías, con el fin de poder conectarse e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas, a través de la red 5G.

gran calidad de servicio, como son por ejemplo las comunicaciones en un entorno industrial.

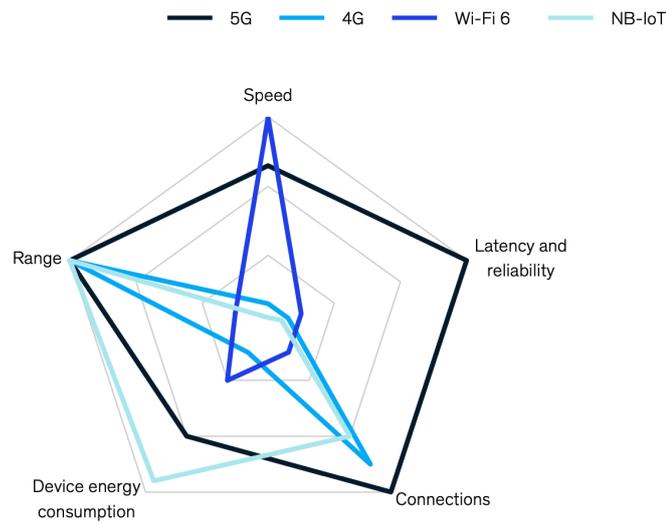


Ilustración 6: Ventajas de la tecnología 5G frente a otras tecnologías inalámbricas [1]

Narrowband-IoT (NB-IoT) es la primera tecnología centrada en conectar a Internet objetos cotidianos que requieren pequeñas cantidades de datos en períodos de tiempo largos. Es una de las distintas tecnologías competidoras como Sig-Fox o LoraWan que se denominan, generalmente, ‘Low-Power Wide-Area Networking’ (LPWAN).

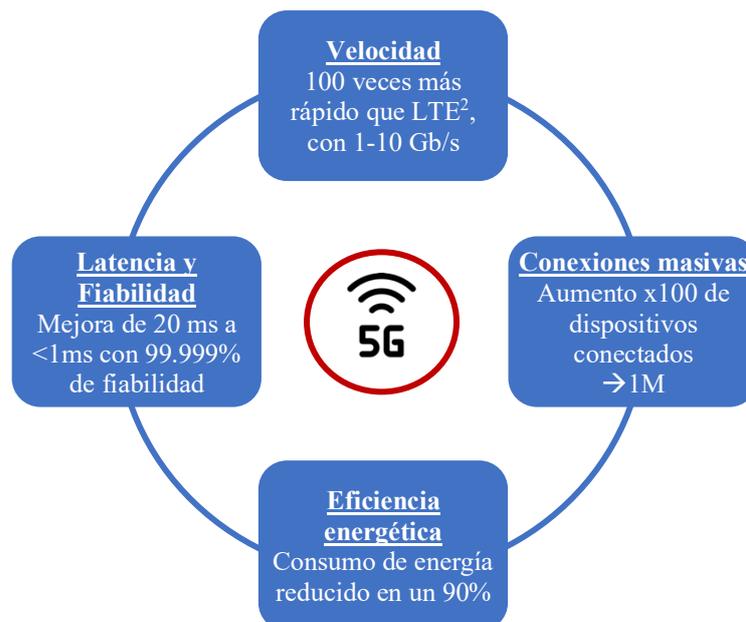


Ilustración 7: Características fundamentales del 5G (Elaboración propia basada en el informe [1])

⁷ LTE (acrónimo de Long Term Evolution) es un estándar para Comunicaciones inalámbricas de transmisión de datos de alta velocidad para teléfonos móviles y terminales de datos.

5.4.4. La infraestructura necesaria para la implantación del 5G

5.4.4.1. El espectro de frecuencias dedicado al 5G

A lo largo de los últimos años, se han liberalizado diferentes bandas de frecuencias en España, con el fin de impulsar el desarrollo e implantación del 5G en diferentes verticales:

- La banda de 3,6-3,8 GHz se licitó en España en julio de 2018 para los despliegues iniciales del 5G y se ha utilizado principalmente para los servicios EMBB (Enhanced Mobile Broadband).
- La banda de 700 MHz⁸ se ha utilizado hasta julio 2021 para la televisión digital terrestre. Sin embargo, tras la subasta de frecuencias realizada en julio 2021⁹, esta banda de frecuencias será fundamental para la extensión de la tecnología en zonas rurales y para su uso en el interior de edificios.
- La banda de 26 GHz¹⁰ se utiliza principalmente para experimentos piloto para el uso del 5G en servicios comerciales.

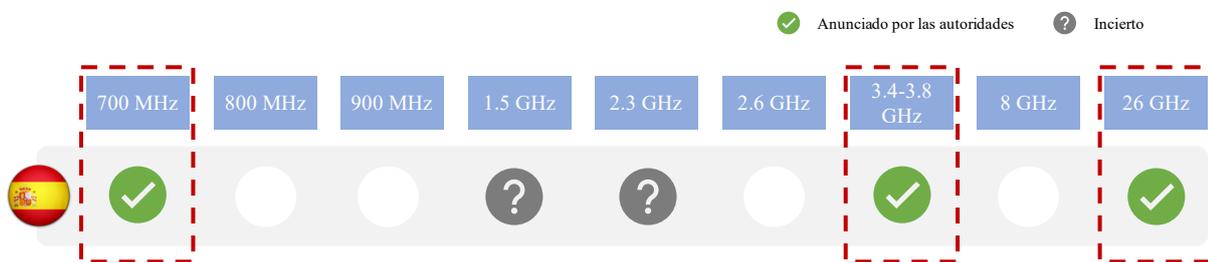


Ilustración 8: Espectro de frecuencias utilizado en España para el despliegue del 5G (Elaboración propia basada en el artículo [34])

La banda de 3.6-3.8 GHz se adjudicó en 2018 en 40 bloques de 5 MHz, con una duración contractual de 20 años. Las empresas que se adjudicaron estas frecuencias fueron Vodafone (90 MHz), Orange (60 MHz) y Telefónica (50 MHz). Finalmente, en 2021 se asignaron más bloques de frecuencias de la banda de 3.5 GHz a Vodafone y Orange y el reparto de espectro quedó de la siguiente manera [9]:

- Orange – 100 MHz.
- Vodafone – 90 MHz.
- Telefónica – 90 MHz.
- MásMóvil – 80 MHz.

Las bandas de 1.5 GHz y 2.3 GHz se han identificado como posibles bandas útiles para el desarrollo del 5G y se utilizan en otros países. Sin embargo, en España el uso actual de estas bandas no está relacionado con el 5G.

⁸ 694-790 MHz.

⁹ Segundo dividendo digital retrasado de 2020 a 2021 a causa de la crisis del Covid-19.

¹⁰ 24.250-27.500 MHz.

5.4.4.2. *El segundo dividendo digital*

Se conoce como Dividendo Digital al conjunto de frecuencias del espectro radioeléctrico que quedaron libres por la migración de la televisión analógica a la digital. La liberación del Primer Dividendo Digital, entre los años 2014 y 2015, permitió dejar libre la banda de 800 MHz para que pudiera ser utilizada por nuevos servicios de banda ancha, principalmente telefonía móvil de cuarta generación (4G) [10]. Es decir, la liberación del Primer Dividendo Digital consistió en la reubicación de los canales de la Televisión Digital Terrestre (TDT).

Se conoce como Segundo Dividendo Digital al conjunto de frecuencias entre 694 y 790 MHz (banda 700 MHz) que había que liberar antes del 31 de octubre de 2020 para que éstas puedan ser utilizadas para el despliegue de servicios de 5G [10]. Esta liberalización se retrasó un año hasta el 21 de julio de 2020, debido al impacto de la crisis del Covid19. En esta subasta de frecuencias iban a participar inicialmente las cuatro operadoras españolas (Telefónica, Vodafone, Orange y MásMóvil), pero, MásMóvil decidió no participar y acudirá al alquiler de espectro una vez finalice el concurso y se publiquen las licitaciones [11].



Ilustración 9: Espectro de frecuencias tras el Segundo Dividendo Digital (Elaboración propia)

Finalmente, tras la subasta del Segundo Dividendo Digital, el reparto de la banda de frecuencias ha quedado de la siguiente manera [12]:

- **Orange** ha conseguido **2x10 MHz** de espectro de la banda de 700 MHz, que se suman a los 100 MHz que poseía de la banda de 3.5 GHz.
- **Telefónica** ha conseguido **2x10 MHz** de espectro de la banda de 700 MHz, que se suman a los 90 MHz que poseía de la banda de 3.5 GHz..
- **Vodafone** ha conseguido **1x10 MHz** de espectro de la banda de 700 MHz, que se suman a los 90 MHz que poseía de la banda de 3.5 GHz..

Gracias a esta nueva banda de frecuencias de 700 MHz, se podrá comenzar a implementar el 5G SA (Standalone¹¹), para ofrecer un mejor servicio que el 5G NSA (Non Standalone), que comparte infraestructura con otras instalaciones 4G.

Las tres grandes operadoras se han puesto diferentes objetivos de cobertura 5G a nivel nacional. Por un lado, Telefónica debe cumplir con el requisito de ofrecer red 5G a todos los municipios de más de 20.000 habitantes antes de junio 2025. Por otro lado, Vodafone y Orange, deberán ofrecer 5G a todas las poblaciones de más de 50.000 habitantes en 2025. Al haber tenido un compromiso temporal menor, Vodafone y Orange han tenido que pagar más que Telefónica por la misma cantidad de espectro [12].

¹¹ El 5G 'standalone' es aquel que no comparte infraestructuras con otras instalaciones 4G.

El plan de cobertura de las diferentes operadoras a nivel nacional es algo fundamental para el desarrollo del 5G y de todos los servicios asociados a este. Como bien se puede observar, las operadoras están apostando fuerte por el despliegue de redes 5G y esto favorece y acelera la aparición de nuevos servicios entorno al 5G IoT.

5.4.4.3. *La infraestructura física necesaria para el 5G*

La tecnología 5G requiere una elevada velocidad de datos que exigen tanto una cantidad de espectro considerable, como una mayor eficiencia espectral y un despliegue mucho más denso de estaciones base. Como bien se muestra en diferentes informes que analizan los futuros pasos de esta tecnología, uno de los retos más especiales será la distribución no homogénea del tráfico en el tiempo y en el espacio [8]. Es decir, se exige que la red reaccione de forma rápida y dinámica para poder responder a cualquier variación de la demanda de servicios 5G, durante un periodo de tiempo y en una región determinada. Esto se puede conseguir mediante una serie de innovaciones propuestas para la red de acceso radioeléctrico RAN¹², como el uso efectivo del espectro de frecuencias, junto con una gestión flexible de los recursos radioeléctricos (RRM¹³) y un despliegue de redes ultra densas.

En cuanto al uso efectivo del espectro de frecuencias, la combinación de la utilización de espectro de frecuencias altas y bajas permite combinar las ventajas de un mayor ancho de banda y el aumento de la capacidad en un área determinada, gracias al uso de frecuencias altas al mismo tiempo que se mantiene una buena capacidad de cobertura de área con las frecuencias bajas.

La gestión flexible del espectro radioeléctrico representa el uso flexible del espectro en función de las necesidades instantáneas de tráfico. Es decir, permite la asignación flexible y dinámica de recursos entre diferentes accesos radioeléctricos, lo que permite una funcionalidad añadida de descarga en situaciones de alta demanda de recursos, lo que a su vez permite una mejora del rendimiento de la red 5G [8]. Otra innovación que aumenta la velocidad de los datos es la RRM flexible para el 5G, que hace que las estaciones base utilicen determinados canales y espectro gracias al uso de la división dinámica del tiempo dúplex (TDD¹⁴). El TDD dinámico representa el uso flexible de espectro en función de las necesidades instantáneas de tráfico.

Un avance importante en términos de infraestructura es el despliegue de redes ultra densas, compuestas por DAS (Distributed antenna system) o Small Cells (microcélulas), que proporcionan una mayor capacidad de tráfico de datos y por Macro Cells (macrocélulas), que permiten dar cobertura a toda la geografía.

- Las macro cells forman parte de una estación y se utilizan generalmente en las redes celulares para proporcionar zonas de cobertura a los móviles. Estas células pueden montarse en torres o mástiles y permiten una cobertura de amplio alcance. Una macroestación base tiene un punto de contacto con la red general. Se sitúan normalmente al exterior de las ciudades [13].

¹² Radio Access Network.

¹³ Radio Resource Management.

¹⁴ Dynamic Time Division Duplex.

- DAS (Ilustración 10) se refiere a una red de antenas distribuidas espacialmente y conectadas a una fuente común, lo que permite ofrecer un servicio inalámbrico en una zona geográfica concreta. Las señales de radiofrecuencia hacia y desde la estación base del operador móvil se combinan y canalizan a través de un sistema de múltiples antenas. El sistema puede soportar una amplia variedad de tecnologías y frecuencias, lo que permite proporcionar capacidad y cobertura en escenarios desafiantes, especialmente en lugares concurrido y de difícil cobertura [14]. Se utiliza principalmente para interiores.
- Las small cells (Ilustración 11) son células individuales, con una potencia significativamente menor que la de las macroestaciones base, cuyo objetivo es el de mejorar la capacidad y la cobertura para la densificación. Se utilizan principalmente en exteriores [15].

DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEMS (DAS)

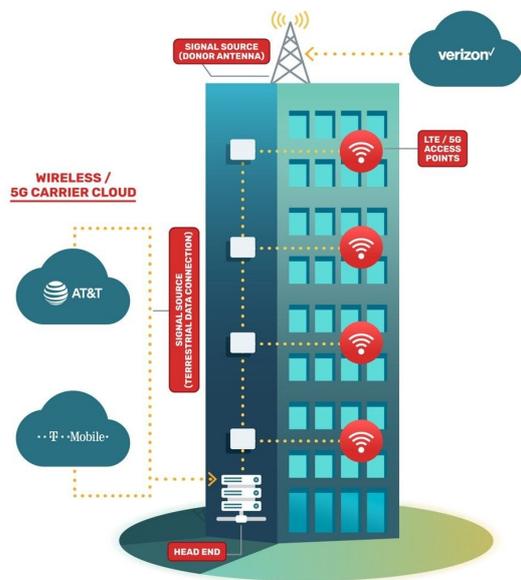


Ilustración 10: Esquema representativo de un sistema distribuido de antenas DAS [41]

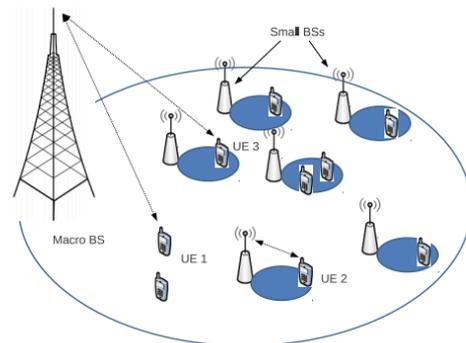


Ilustración 11: Esquema representativo de un escenario de funcionamiento con Macro Cells y Small Cells [51]

Todas estas innovaciones permiten garantizar que los picos de rendimiento se vean traducidos en una experiencia de usuario buena, junto con un coste de despliegue asequible para los operadores.

5.5. Los límites de la tecnología 5G

Es cierto que la tecnología 5G va a ser disruptiva en los mercados B2C y B2B, pero al mismo tiempo se debe saber que tiene ciertos límites. Se han detectado los principales mitos que se han creado entorno al 5G y que no son realmente fiables, por lo menos con una visión de corto plazo [1]:

- **El 5G no cubrirá los problemas de cobertura del 4G.** Es decir, los primeros despliegues de 5G se basan en las redes 4G ya existentes (5G Non Standalone). A continuación, las empresas construirán la red 5G autónoma empezando por las ciudades y creciendo poco a poco hacia las zonas rurales. Por tanto, a corto plazo no se espera que la cobertura mejore con respecto al 4G.
- **A corto plazo, el 5G no es estrictamente necesario.** Actualmente el 5G proporciona su principal valor para aplicaciones que conlleven una gran cantidad de datos, que requieran una latencia ultrabaja o en los entornos con un número masivo de conexiones. En cualquier otro caso, las alternativas existentes actualmente son muy adecuadas. Sin embargo, es cierto que se puede extraer gran valor del 5G para las aplicaciones 5G en un área restringida, como puede ser un centro de producción.
- **El 5G no es simplemente una actualización técnica del 4G.** A nivel de contacto directo con el consumidor, las diferencias entre el 4G y el 5G no van a ser muy notorias más allá de una mejor transmisión de vídeo en alta definición u otras aplicaciones que requieran gran ancho de banda. Sin embargo, como ya se ha comentado a lo largo de este informe, el 5G representa un enorme salto adelante en el sector industrial y poco a poco se irán construyendo redes propias al 5G. El 5G permitirá mejorar el rendimiento de muchos casos de uso existentes y abrirá otros completamente nuevos.
- **Necesidad de desarrollo de la red 5G.** Para que todos los proyectos que pueden cambiar un gran número de industrias, se requiere una infraestructura de red 5G robusta y fiable.
- **Necesidad de nuevos marcos legales para los nuevos servicios 5G.** La aparición de nuevos servicios va a requerir nuevos marcos legales para la regulación de vehículos autónomos, automatización, interconexión de objetos, control remoto... Esto servicios van a ir llegando y uno de los principales retos es que la legislación debe prepararse para regularlos, ya que afectan a muchos ámbitos de la sociedad [16].

6. La tecnología 5G IoT en los modelos de negocio B2B

Todas las tecnologías nuevas tienen ventajas evidentes, pero, lo que muchas veces no está tan claro es el valor empresarial que pueden aportar, y ese es el caso del 5G IoT. Para entender la situación actual e intentar entender las inversiones realizadas por las empresas, se van a analizar diferentes casos de uso B2B que requieren EMBB, URLLC o MMTC. Además, se explorarán los motivos para aplicar el 5G a un caso de uso, ya sea para mejorar el rendimiento, para dar una nueva funcionalidad o simplemente para estar preparados para cuando cambien los estándares de conectividad.

Analizando el mercado, se han descubierto diferentes casos de uso B2B en los que el 5G puede revolucionar el sector (Ilustración 12):

- **Industria 4.0**, que incluye tanto el internet de las cosas (IoT), como el internet de las personas, de los datos y de los servicios (Ilustración 12).
- **Ciudades inteligentes**, con aplicaciones como cámaras HD para controlar la seguridad de la ciudad.
- **Energía inteligente**, como el control de redes inteligentes (Smart Grids).
- **Oficinas conectadas**, que incluye la gestión de edificios a través de sensores.
- **Seguridad inteligente**, que incluye la prestación de servicios de emergencia.
- **Salud conectada**, como por ejemplo la monitorización médica a través del móvil.

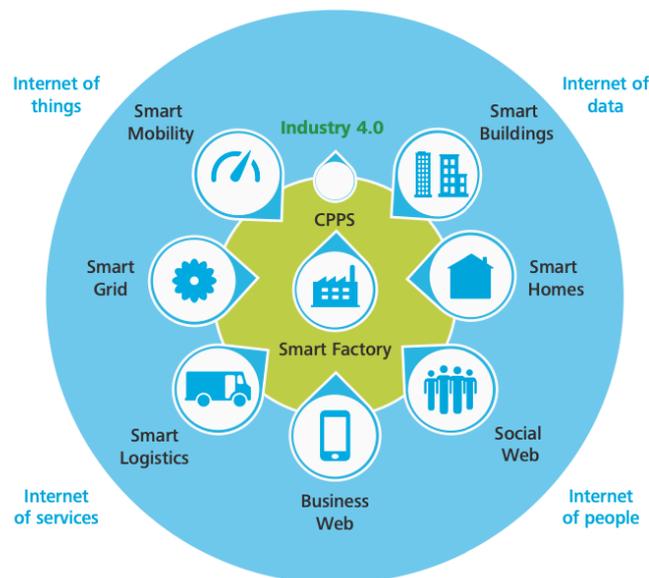


Ilustración 12: Gráfico representativo del entorno de la industria 4.0 [35]

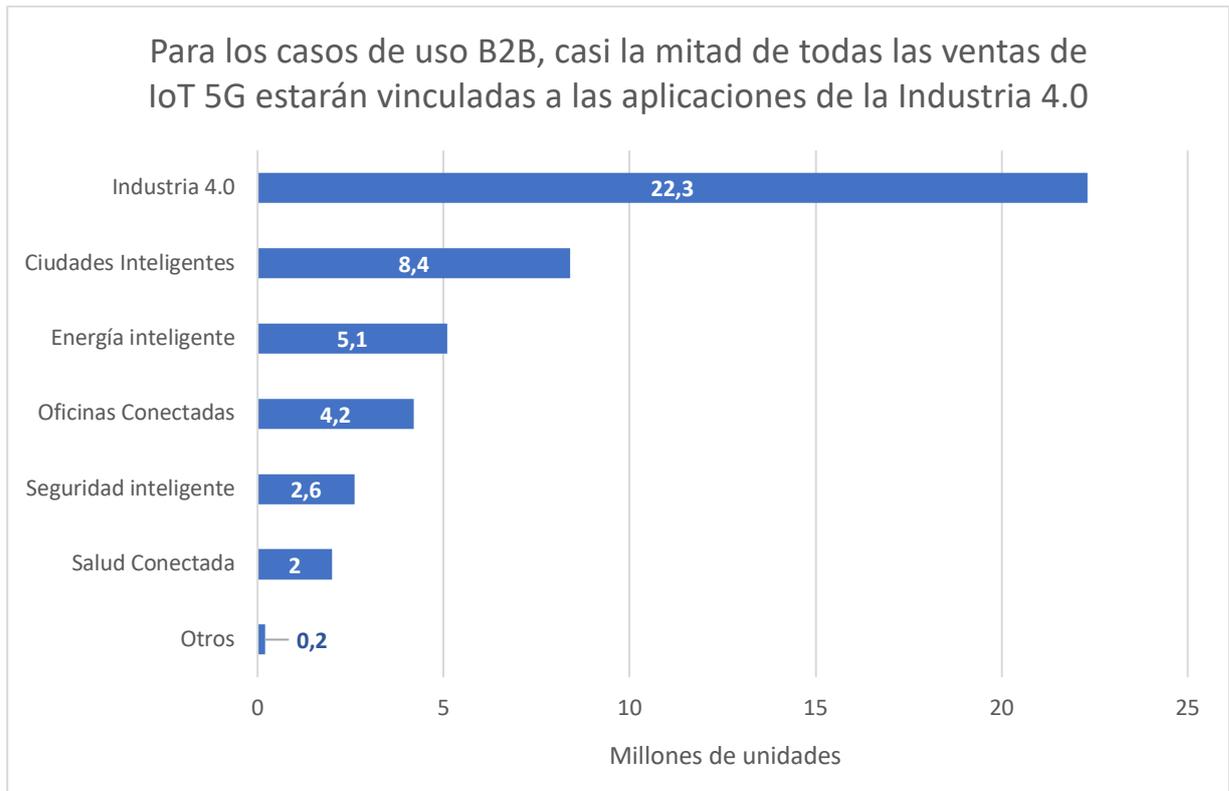


Ilustración 13: Previsión de ventas de unidades¹⁵ IoT 5G [1]¹⁶

En este apartado se van a ilustrar tres industrias en las que hay una gran variedad de aplicaciones de la tecnología 5G. Estas industrias son la Fabricación, la Construcción y el Retail. Se ha decidido analizar estas tres industrias ya que poseen una cierta relación con los dos casos de uso que se estudiarán más adelante en el informe.

6.1. La propuesta de valor del 5G en la industria 4.0

Dentro de la industria 4.0, las fábricas y las plantas de producción actuales tienen ciertos inconvenientes que dificultan los casos de uso de la industria 4.0. Por ejemplo, las redes Wi-Fi suelen encontrar interferencias y las conexiones fijas por cable o fibra suelen ser demasiado costosas. Gracias a la introducción del 5G, las empresas industriales tendrán una alternativa para las comunicaciones y para nuevas aplicaciones. Además, dentro de la industria 4.0, se espera que el 5G tenga impacto en diferentes verticales como la fabricación, la cadena de suministro, construcción y minería o agricultura. Sin embargo, se espera que el mayor número de ventas de unidades 5G IoT estén directamente relacionados con la Fabricación Inteligente o ‘Smart Manufacturing’ (Ilustración 14).

¹⁵ Unidades IoT 5G representan los objetos físicos que incorporan sensores, software y otras tecnologías, con el fin de poder conectarse e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas, a través de la red 5G.

¹⁶ ‘Otros’ representa por ejemplo tecnologías de venta minorista inteligente (smart retail), como pueden ser nuevos métodos de pago.

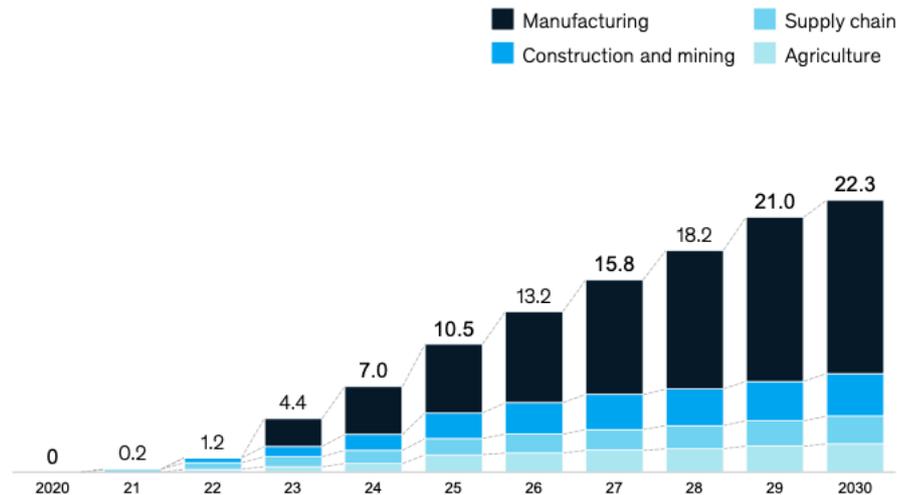


Ilustración 14: Previsión de ventas de unidades de 5G IoT para aplicaciones en la industria 4.0 (Millones de unidades) (McKinsey & Company, 2020)

6.1.1. El 5G y la fabricación inteligente

Dentro de la fabricación industrial, se han analizado brevemente diferentes casos de uso para extraer el valor diferencial que aporta el 5G:

AGVs – Vehículos guiados automatizados

- Estos vehículos se basan en sensores para la navegación y el control de colisiones.
- Suelen operar en trayectorias fijas y utilizan análisis avanzados de datos y aprendizaje automático.
- El 5G les permitirá **optimizar sus desplazamientos** gracias a una conectividad inalámbrica de alta velocidad, baja latencia y una comunicación fiable.



Ilustración 15: Vehículos guiados automatizados [47]

Recogida contenedores en 3D

- Gracias al 5G IoT, los robots podrán utilizar **sistemas de visión** para localizar piezas, independientemente de su ubicación.
- Empresas como Pickit están innovando en este aspecto, creando robots equipados con cámaras que pueden utilizar la visión por ordenador para localizar piezas.
- El 5G ofrece **mayor potencia de cálculo y de análisis de datos en la nube**, y, por ello, la potencia de procesamiento de los robots puede ser mínima.

Control de procesos en tiempo real

- Gracias a la comunicación inalámbrica, fiable y de baja latencia del 5G, las empresas pueden utilizar **aplicaciones analíticas avanzadas** para optimizar y ajustar los parámetros del proceso en tiempo real.
- Es decir, en lugar de crear nuevas plantas de producción, las empresas pueden reequipar las máquinas antiguas con módulos 5G.

Realidad Aumentada (AR)

- Los trabajadores pueden utilizar **gafas de realidad virtual** para mostrar instrucciones en tiempo real en su campo visual.
- La comunicación de **baja latencia y alta velocidad** que ofrece el 5G, permitirá que el procesamiento de datos se realice en la nube, lo que disminuye significativamente los costes y aumenta la eficiencia energética.



Ilustración 16: Realidad virtual en la industria [48]

Controles de la calidad de la visión

- La **Inteligencia Artificial (AI)** permite mejorar los sistemas de calidad de visión.
- Gracias a la baja latencia y alta fiabilidad del 5G, se mejorarán los análisis remotos y en tiempo real.
- Los algoritmos de IA aportan muchas ventajas ya que son más simples y pueden entrenarse y desplegarse en semanas.



Ilustración 17: Inteligencia artificial [49]

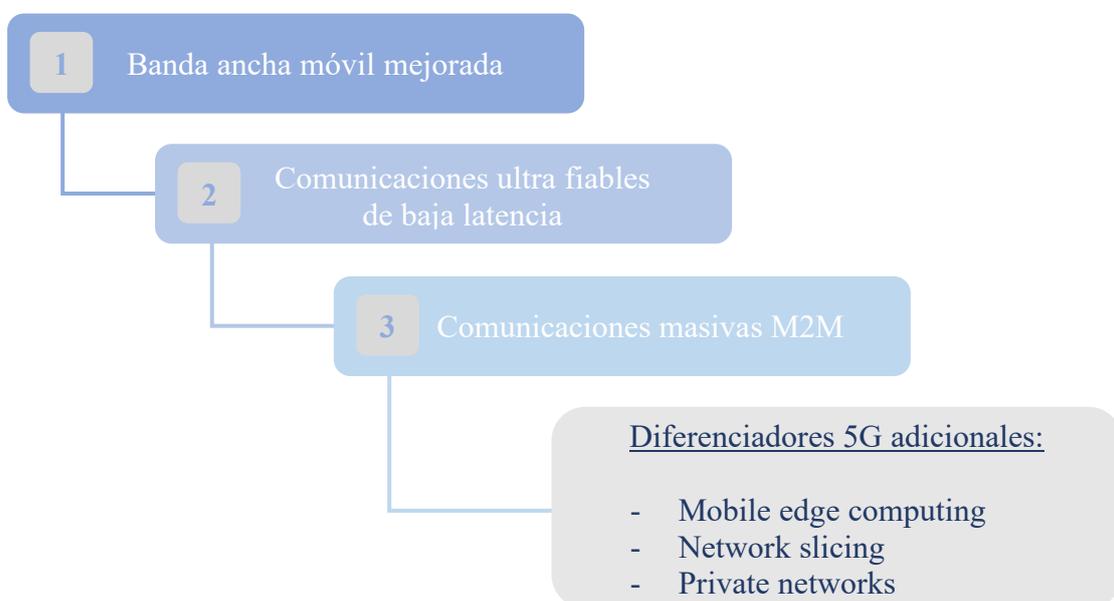
Redes privadas

- Las empresas industriales están cada vez más interesadas en estas redes porque aportan una **gran seguridad de datos, gran fiabilidad, rendimiento y cobertura**.
- Existen **cuatro tipos** de redes posibles:
 - Redes independientes.
 - Redes compartidas.
 - Redes de operadores móviles virtuales (MVNO).
 - Network Slicing (corte de la red).



Ilustración 18: Esquema de una red privada [50]

Por lo tanto, se puede deducir que los pilares fundamentales que aporta el 5G a la fabricación inteligente son [17]:



Edge computing es una infraestructura de informática distribuida que acerca las aplicaciones empresariales a los orígenes de datos, como dispositivos de IoT o servidores periféricos locales. Esta proximidad a los datos en su origen puede ofrecer grandes ventajas de negocio: conocimientos más rápidos, tiempos de respuesta mejorados y mayor disponibilidad del ancho de banda [18]. A nivel de la industria 4.0 aportará mayor resiliencia, seguridad y privacidad al conservar la funcionalidad de estar cerca de la planta de producción o máquina. En efecto, la reducción de la latencia facilita esta transmisión de datos.

Cuando se habla de ‘Network slicing’, se refiere a las redes separadas a medidas que mejoran la seguridad y la funcionalidad. Es decir, el valor reside en que ofrece una conectividad externa sin riesgo para la red interna de la planta de producción. Al mismo tiempo, las redes privadas ofrecen la posibilidad de tener el control de toda la red de producción.

En definitiva, en la industria de la fabricación el 5G puede tener un impacto muy significativo que puede provocar un cambio radical en el funcionamiento de la industria.

6.2. La propuesta de valor del 5G en la industria de la construcción¹⁷

Actualmente, el mundo se enfrenta a una nueva revolución industrial marcada por el auge de las tecnologías de la información y la comunicación en los procesos industriales. Esta nueva era se traduce bajo el nombre de industria 4.0. Sin embargo, el impacto de estas tecnologías en el sector de la construcción ha sido menor que en sector como el de la fabricación o logística. Este impacto ha sido menor debido a que el sector de la construcción depende de muchas variables como los trabajadores, la maquinaria pesada, materiales peligrosos, materiales pesados o grandes medidas de seguridad.

En este contexto, la aparición de las tecnologías de la información y la comunicación permiten la monitorización de los trabajadores y los recursos, el manejo remoto de la maquinaria y la automatización de ciertas tareas en las obras. Todo esto ayudará a conseguir una construcción más sostenible y eficiente, así como a mejorar la seguridad de las obras y acelerar ciertos procesos. Es decir, estas tecnologías abren nuevas vías de desarrollo, que se pueden englobar bajo el nombre de la construcción 4.0 [19].

En específico, la tecnología 5G puede aportar valor en diferentes puntos de la cadena de valor de la construcción:

- Los proyectos de construcción tienen un tiempo limitado y una planificación muy ajustada, por lo tanto, el tiempo y los recursos invertidos en la implantación de tecnologías de telecomunicaciones para una obra concreta también son limitados. Centrarse en pocas tecnologías facilitaría el proceso.
- Representa una tecnología muy útil para poder controlar los recursos, como los materiales, los equipos o maquinaria y los factores ambientales.
- Representa una tecnología vital para una video vigilancia de alta calidad, ya que requiere un gran ancho de banda.
- Proporciona una herramienta tecnológica robusta para adaptarse a los cambios de escenario que surgen en una obra. Es decir, a medida que el trabajo avanza, los

¹⁷ Información elaborada gracias al informe [19].

escenarios de las obras cambian drásticamente y pueden pasar de un escenario completamente exterior a uno interior y la tecnología 5G ofrece respuestas ante estos cambios.

- Permite automatizar tareas relacionadas con el control remoto de maquinaria pesada en las obras ya que se necesitan comunicaciones de muy baja latencia, alta fiabilidad y con disponibilidad de servicios.

A lo largo de los últimos años, la incorporación de las tecnologías de la información y de la comunicación ha sido muy limitada. Se han realizado estudios que se centran en la seguridad de las obras, pero se han dejado de lado aspectos como la mejora de la eficiencia, la productividad o la sostenibilidad en el trabajo [19]. A continuación, se muestran otras aplicaciones posibles que puede tener el 5G en la industria de la construcción:

Máquinas autónomas y teledirigidas

- **Incorporación de maquinaria autónoma** como operadores robóticos o grúas autodirigidas y maquinaria controlada a distancia (bulldozers o excavadoras).
- Estos dispositivos utilizan imágenes de vídeo o parámetros físicos mediante el uso de **sensores en tiempo real**. A partir de la información recogida, se deciden las acciones que debe realizar esta maquinaria.
- 5G aportará la latencia requerida, la alta disponibilidad de servicios, junto con una alta fiabilidad y un gran ancho de banda.



Ilustración 19: Maquinaria autónoma representativa del futuro de la construcción [43]

Salud y seguridad en el trabajo

- **Supervisar con precisión las zonas y los trabajadores de alto riesgo para emitir alertas en caso necesario.** La idea fundamental es la creación de un mapa gemelo digital de la obra en tiempo real, que identifique las zonas de alto riesgo, la posición de los trabajadores (wearables) y la maquinaria dentro de la obra.
- El control de las zonas de alto riesgo se realiza gracias a sensores capaces de medir las condiciones ambientales, calidad del aire, temperatura o ruido.
- 5G permitirá una gran capacidad de conectividad (sensores y wearables), además de la latencia y la velocidad de la que estos dispositivos carecen.

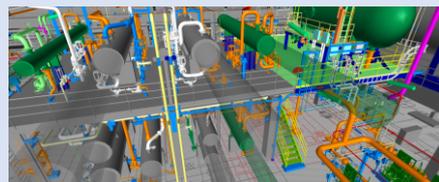


Ilustración 20: Gemelo digital de una planta industrial [42]

Modelos 3D

- **Uso de la Realidad Aumentada (AR) y la Realidad Virtual (VR) para proporcionar una visión in situ de los planos del proyecto.** Además, también se pueden considerar las técnicas de modelado de información de edificios (BIM).
- Proporciona información sobre la planificación de tareas, los costes de materiales o las características de distintos elementos de la construcción para la generación de contenido de AR o VR. Esto podría reducir la posibilidad de cometer errores de ejecución y mejoraría la programación de las tareas.
- Gran ancho de banda y baja latencia permite transmitir vídeos de alta calidad en tiempo real.



Ilustración 21: Modelo de construcción 3D utilizando realidad virtual [44]

Gestión de los procesos de construcción

- **Gracias a la digitalización y automatización de la gestión de los procesos de construcción se pretende mejorar la eficiencia y la eficacia.**
- Para ello, se utilizan redes de sensores para conocer en tiempo real información como la madurez del hormigón, la ubicación y disponibilidad de equipos y maquinaria, o las condiciones meteorológicas.
- Utilización de cámaras IP y drones para tomar imágenes de vídeo 4K gracias a la baja latencia. Esto permitirá un seguimiento remoto de los avances y una mejor toma de decisiones, reduciendo tiempo y costes, y, aumentando la productividad y calidad del resultado final.

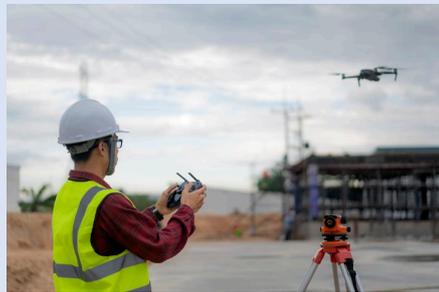


Ilustración 22: Dron tomando imágenes 4K de una obra [45]

Emisiones y gestión de residuos

- **Orientado a la construcción sostenible, incluye todas aquellas aplicaciones destinadas a controlar y gestionar las emisiones de gases de efecto invernadero y los residuos.**
- Para ello, se propone el uso de sensores para medir parámetros como la cantidad de residuos acumulados o los niveles de dióxido de carbono en el ambiente.
- La tecnología 5G aportará la conectividad necesaria para el gran número de sensores, que deberán ser capaces de transmitir información incluso fuera del lugar de trabajo, como puede ser el caso de los sensores ubicados en los camiones para el control de emisión de gases en los desplazamientos.



Ilustración 23: La importancia de la construcción sostenible [46]

Gracias a estos casos de uso posibles, se puede observar el papel que puede desempeñar la tecnología 5G en el sector de la construcción. Es decir, la construcción es un entorno muy dinámico, en el que es imprescindible proporcionar comunicación a elementos en constante movimientos, como pueden ser los trabajadores o las máquinas. En este tipo de entornos las comunicaciones por cable no son una opción, ya que no son capaces de adaptarse rápidamente a los cambios y porque no soportan la movilidad de los usuarios. Por lo tanto, el uso de comunicaciones inalámbricas es esencial para una buena implementación del IoT en el sector de la construcción. Es en este aspecto donde la tecnología 5G puede tener un potencial importante que analizaremos más adelante a través de un estudio de diferentes casos de uso actuales.

6.3. La propuesta de valor del 5G en la industria del retail

Como ya se ha analizado a lo largo de este informe, las redes 5G mejoran las oportunidades de Inteligencia Artificial (AI), Edge Computing, Realidad Virtual (VR), Realidad Aumentada (AR) y 3D, lo que ofrece experiencias inmersivas y sin fricciones para todos los compradores de todas las generaciones.

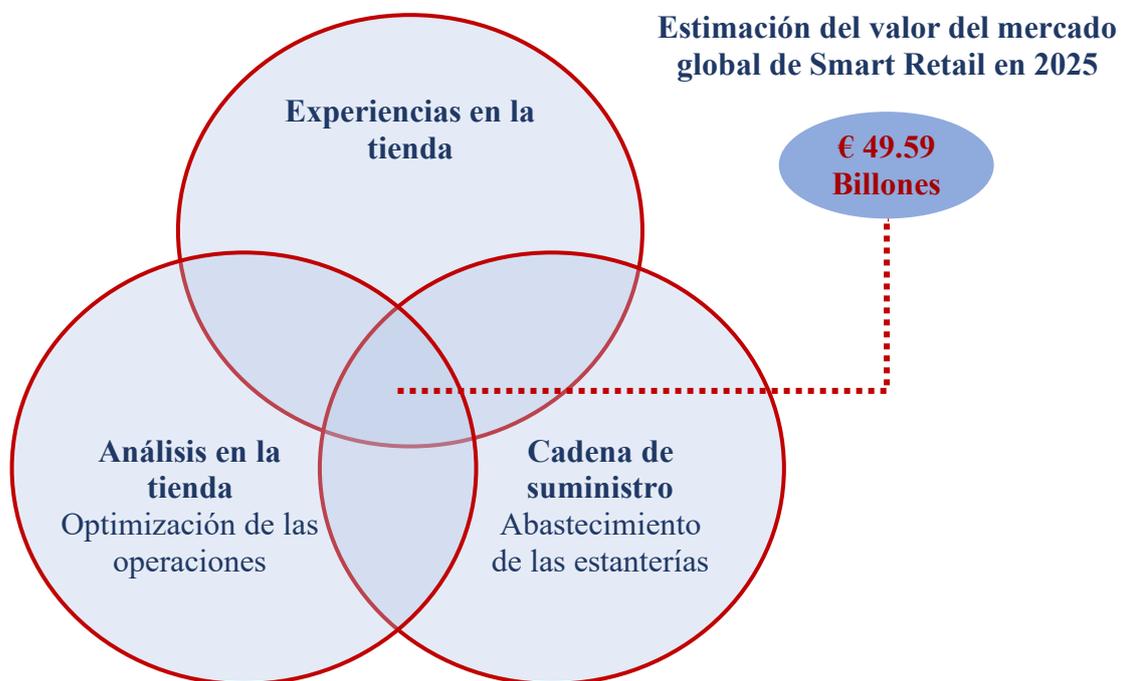


Ilustración 24: Estimación del valor del mercado global de Smart Retail en 2025 (Elaboración propia basada en [56] y [57])

¹⁸ 1 billón equivale a 1000 millones. Conversión de \$ a € realizada a 25/08/2021.

La revolución tecnológica está provocando que muchos sectores aceleren su transformación digital y se estima que el valor del mercado global de Smart Retail puede ser de € 49.59 billones¹⁹ (

Ilustración 24). Es decir, gracias a las redes 5G, el Edge Computing y el análisis avanzado de datos, los proveedores de servicios están dando rienda suelta a servicios nuevos y mejorados para crear experiencias de venta minorista fluidas, personalizadas y eficientes.

Experiencias minoristas inteligentes 5G personalizadas



La **información en tiempo real** crea a la perfección representaciones ciberfísicas de los espacios, a medida que evolucionan en el tiempo para predecir los resultados comerciales



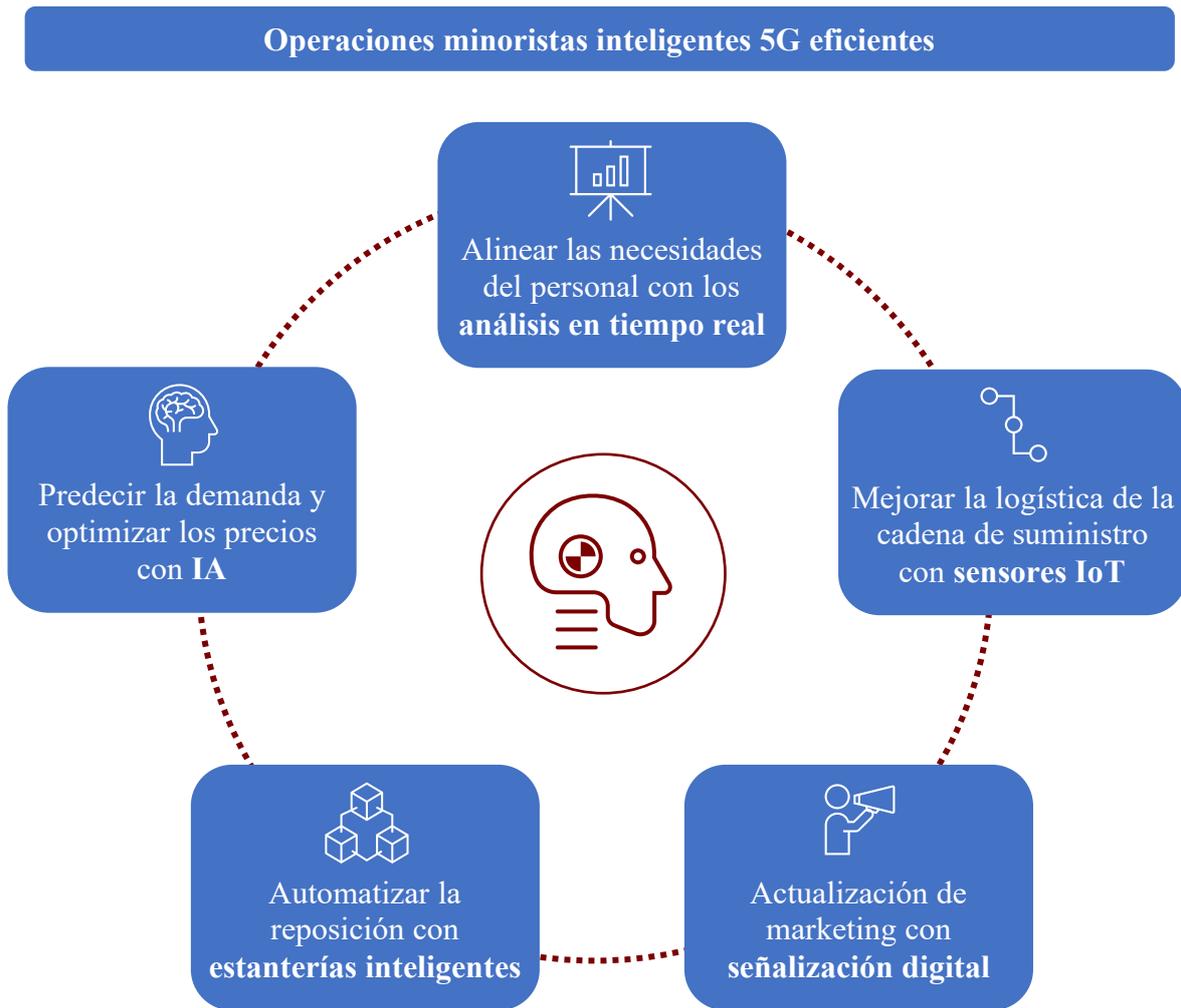
La **señalización digital inteligente** genera ofertas y descuentos relevantes basados en modelos predictivos



Los **dispositivos inteligentes IoT** escanean los **pasillos** para ayudar a gestionar los niveles de existencias, encontrar huecos en las estanterías e identificar artículos extraviados

¹⁹ El valor del mercado global se estima a través del cálculo del valor de los diferentes mercados globales por **tecnología**, por **aplicación** (gestión de inventarios, gestión de fidelidad y pagos...), por **sistema tecnológico** (AR, VR, Robótica...) y por la **oferta minorista** (bienes de consumo de alta rotación, artículos de ocio...).

²⁰ Elaboración propia de los esquemas basada en [56].



²¹ Elaboración propia de los esquemas basada en [56].

Como se puede observar en el análisis anterior, la tecnología 5G combinada con otros avances tecnológicos, tendrá un importante impacto tanto en las operaciones como en la experiencia minorista. Es decir, el impacto será a nivel B2B y también B2C. A continuación, se analiza brevemente diferentes casos de uso para ilustrar el posible impacto del 5G en este sector.

Tiendas conectadas temporales (pop-up)

- **Los entornos de la venta al por menor se pueden ampliar a cualquier lugar.** Las redes 5G potentes, ágiles y flexibles, diseñadas para una conectividad de gran ancho de banda y alto rendimiento extenderán las experiencias de los comercios minoristas a nuevos niveles.
- Los minoristas pueden crear rápidamente tiendas temporales digitalizadas en cualquier lugar para probar nuevos mercados o ampliarlas durante las temporadas de gran afluencia o demanda.
- Los vendedores de bienes y servicios pueden desplegar rápidamente tiendas y quioscos inteligentes en festivales de música, eventos deportivos y otros espacios públicos para atraer a los clientes y aumentar las ventas [53].



Ilustración 26: Ejemplo de tienda conectada temporal [52]

Experiencias personalizadas

- **Atraer, captar y retener a cada cliente es el fin último de la personalización de esta experiencia.** El 5G, junto con Edge Computing mejorarán el poder de la visión por ordenadores y la AI, para trasladar la naturaleza altamente personalizada de las compras online a lugares físicos.
- La señalización inteligente puede acceder al historial de navegación y a los perfiles generados por AI cuando el cliente entra en las tiendas para crear ofertas y descuentos instantáneos y específicos.
- El seguimiento de los comportamientos, la AI y la visión por ordenador pueden incluso detectar el estado de ánimo de los clientes y alertar al personal de ventas para que les preste la asistencia necesaria [53].



Ilustración 25: El impacto de la IA en la industria del retail [54]

Tiendas autónomas

- Para mejorar las comprar y reducir los costes, la conectividad 5G de gran ancho de banda hará proliferar las **experiencias de venta al por menor sin personal, diseñadas para ayudar a los compradores a adquirir exactamente lo que necesitan de forma rápida y sencilla.**
- Se proporcionará información sobre los productos y comparaciones de precios. La tecnología de pago inteligente puede eliminar las grandes colas, permitiendo a los clientes pagar sin tener que hablar con un representante o sacar la tarjeta de crédito.
- Los sensores y las cámaras conectadas transmiten datos sobre los patrones y decisiones de compra para que los minoristas puedan mejorar la disposición y oferta de las tiendas [53].



Ilustración 27: El futuro del retail a través de las tiendas autónomas [55]

Operaciones mejoradas

- Con el fin de **impulsar la productividad y la eficiencia del comercio minorista**, las redes 5G seguras y de alta velocidad con latencia ultra baja transformarán la logística del comercio minorista y permitirán a los vendedores agilizar las operaciones desde el abastecimiento de materiales hasta la venta final en tiempo casi real.
- Los minoristas pueden optimizar la logística de la cadena de suministro a través de sensores IoT para predecir la demanda y optimizar los precios con AI.
- Las tiendas pueden hacer un seguimiento de los niveles de inventario a través de etiquetas RFID y automatizar la reposición con estantes inteligentes, e incluso enviar actualizaciones de marketing a distancia a través de pantallas digitales [53].



Ilustración 28: Operaciones mejoradas gracias a las redes 5G [53]

Estos casos de uso representan las principales mejoras que habrá en esta industria a lo largo de los próximos años. Más adelante de este informe, se analizará en detalle el papel de la tecnología 5G en el negocio retail de las máquinas de vending.

Tras el análisis de diferentes industrias como la industria 4.0 a través de la fabricación inteligente, la construcción inteligente o el smart retail, se han descubierto diversos casos de uso en los que el 5G sustituirá a las soluciones de conectividad y comunicación existentes actualmente, para prepararse para el futuro. A continuación, se analizarán exhaustivamente dos casos de uso.

- **La industria de las máquinas de vending.**
- **La industria de la construcción.**

7. Análisis de diferentes casos de uso

7.1. Máquinas de vending

La tecnología 5G es la próxima vía de desarrollo para el sector de las máquinas de vending por diferentes razones. Si una máquina está conectada con 5G se abre un horizonte de nuevas posibilidades tanto para el proveedor u operador del servicio, como para el consumidor final.

Se ha detectado que el ciclo de operación ‘end-to-end’ de una máquina de vending se puede dividir en tres fases principales, que afectan a los diferentes operadores de la máquina (operador mantenimiento máquina, proveedor productos o proveedor máquina) y al cliente final (Ilustración 29). Cada una de estas fases representan las diferentes verticales del sector, en las que el 5G puede aportar muchas innovaciones. A continuación, se muestran una serie de ejemplos del posible valor que puede aportar el 5G en cada fase.

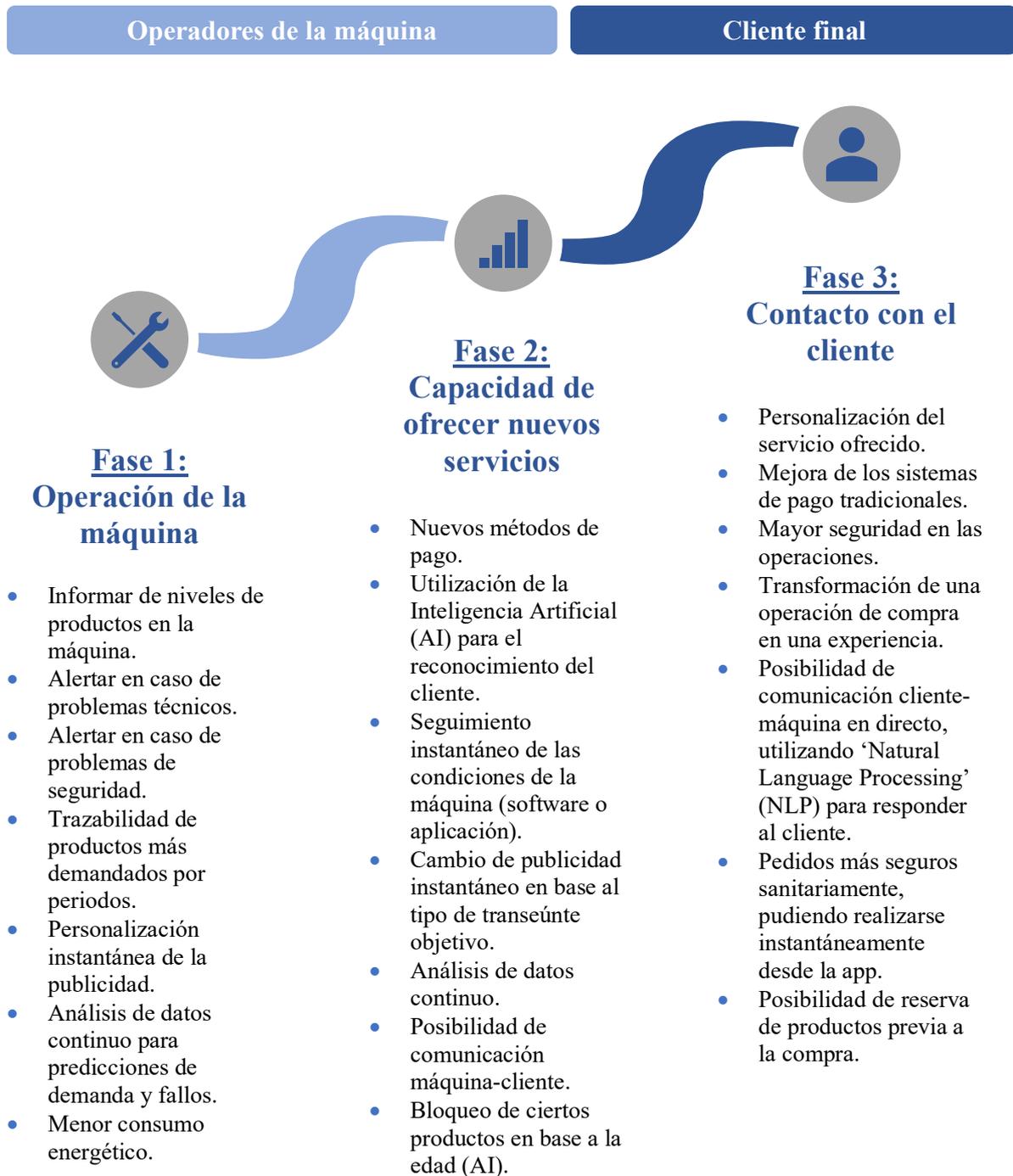


Ilustración 29: Diferentes fases del ciclo de operación de una máquina de vending (Elaboración propia)

Es decir, el 5G podrá convertir a estas máquinas de vending en “smart vending machines”, que permitirán ofrecer un servicio más personalizado, aumentar las ventas y el ROI de sus propietarios. Sin embargo, a continuación, se va a analizar la situación actual de este sector y las posibles vías de desarrollo futuras, para entender la viabilidad de todas estas innovaciones.

7.1.1. Situación actual

En la actualidad, pese a que queden algunas máquinas de vending que solamente acepten efectivo por sus productos, cada vez más máquinas están conectadas a internet y ofrecen pantallas táctiles con diferentes opciones de pago. Es decir, en 2020 este tipo de máquinas han pasado de ofrecer algo más que un producto, sino que ofrecen una cierta experiencia de entretenimiento.

Sin embargo, prácticamente la totalidad de estas máquinas están conectadas mediante 4G o Wi-Fi. Por otro lado, la irrupción del 5G en las ciudades, ofrece una nueva vía de conexión, cada vez más accesible para este tipo de servicios.

A continuación, se muestran diferentes casos reales de empresas que han comenzado a utilizar ‘smart vending machines’ con diferentes características. Algunas de estas máquinas ya tienen incorporado el 5G, mientras que otras tienen incorporadas otras características como el reconocimiento facial, una diversidad de métodos de pago o herramientas de inteligencia artificial (AI). Gracias a estos ejemplos, se van a detectar los puntos en común a todas las máquinas de vending, para, posteriormente, deducir el impacto que puede tener la tecnología 5G en cada uno de ellos.

7.1.2. Casos actuales de uso

Empresa	Producto	Aplicación 5G
  2019, China ²²	<ul style="list-style-type: none"> • goBOX – Máquina expendedora inteligente que procesa a los clientes con tecnologías 5G y de reconocimiento facial. 	<p>Fase 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento facial para identificar a los clientes antes de que abran la puerta de la máquina. Después de esto las cámaras y los sensores detectan los productos que ha escogido y le cargan estas compras en el sistema. • Gracias al 5G el reconocimiento facial se realiza en menos de 1 segundo. • Variedad de métodos de pago ‘beyond cash’ y sin la necesidad de utilizar un dispositivo físico (tarjeta o Smartphone). Por ejemplo, se realiza un proceso de reconocimiento facial que asocia la cara del consumidor con su cuenta de Alipay.
 2021, China ²³	<ul style="list-style-type: none"> • Luce x2 touch TV – Máquina expendedora inteligente que se puede programar en base a los requisitos y al producto vendido por el cliente. 	<p>Fase 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Software de análisis de datos continuo. <p>Fase 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interfaz dinámica. • Servicios en línea y tecnología de reconocimiento facial. • Variedad de métodos de pago ‘beyond cash’ y con tarjeta o Smartphone. <p>Fase 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitor con pantalla táctil LCD de 22 pulgadas para captar la atención de los transeúntes. • Tratamiento personalizado del cliente. • Seguridad de los datos personales.

Tabla 3: Casos actuales de uso de máquinas de vending inteligentes (1/6) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)

²² [21].

²³ [23], [24] y [25].

Empresa	Producto	Aplicación 5G
 <p>2021, Estados Unidos²⁴</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vicky – solución IoT para el comercio minorista, que utiliza la IA y otras tecnologías para cambiar la experiencia de venta tradicional. 	<p>Fase 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Máquinas personalizables que se adaptan al producto: disposición flexible de estantes, iluminación personalizable, posibilidad de añadir marcas y medios de comunicación exteriores. • Software con gestión de datos de uso y consumo. <p>Fase 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Servicios en línea y tecnología de reconocimiento facial. • Variedad de métodos de pago: tarjetas de crédito, NFC²⁵ o biometría. • Accesible vía app. <p>Fase 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seguridad de los datos personales. • Utiliza la IA para promocionar productos, entender los gustos de cada usuario y responder a sus preguntas. • ‘Natural Language Processing’ (NLP) para responder a las preguntas de los consumidores.
 <p>2020, China²⁶</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Unictron – solución IoT para ayudar al distribuidor a conocer el estado de su reposición. 	<p>Fase 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Antena personalizada para máquinas expendedoras ya existentes, adaptándose a los requisitos de cada dispositivo. • Facilita la transición de las máquinas de vending a las máquinas de vending inteligentes. • Cloud Management. • La transferencia de datos entre la máquina expendedora y el centro de datos podría ser una red celular como las bandas 2G/3G/4G/5G. • Software con gestión de datos de uso y consumo. <p>Fase 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Accesible vía app.

Tabla 4: Casos actuales de uso de máquinas de vending inteligentes (2/6) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)

²⁴ [29].

²⁵ NFC o ‘Near Field Communication’, es una tecnología inalámbrica que funciona en la banda de 13.56 MHZ, que deriva de los RFID y que se utiliza para el pago con teléfono móvil.

²⁶ [31].

Empresa	Producto	Aplicación 5G
 <p>2020, China²⁷</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hongdian IoT + AI solution for Smart vending machine – solución IoT e IA para mejorar la experiencia del cliente de las máquinas de vending. 	<p>Fase 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cloud Management. • Centro de datos en un canal encriptado que gestiona el control de la máquina, proporcionando la lógica del negocio y la interacción de datos. • Interfaz múltiple, compatible con un gran número de pantallas y periféricos. • Big Data gracias a la IA que incorpora en su placa base. • Software con gestión de datos de uso y consumo. <p>Fase 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Algoritmo de reconocimiento facial con 20ms de retardo y capacidad de procesamiento 3D. • Accesible vía app. <p>Fase 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seguridad de los datos personales y pagos. <p>• Principal problema es que solamente ofrece servicios en redes 3G/4G y debe adaptarse a las redes 5G.</p>
 <p>2020, Estados Unidos²⁸</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ShelfX Smart fridge – Frigorífico que combina códigos QR, tarjetas RFID, aplicaciones móviles y estanterías inteligentes para hacer posible la autocompra. 	<p>Fase 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitorización remota de sus instalaciones a través de aplicaciones en la nube. Esto permite ver la actividad de los empleados, el inventario y las interacciones con los clientes. La instalación inteligente enviará una alarma en caso de anomalía. • Software con gestión de datos de uso y consumo. • Gestión de inventario en vivo (producto, precios y cantidades), además de informes de desechos. <p>Fase 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Variedad de métodos de pago: tarjeta de crédito o NFC. • Accesible vía app. • Tecnología de reconocimiento facial.

Tabla 5: Casos actuales de uso de máquinas de vending inteligentes (3/6) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)

²⁷ [32].

²⁸ [37].

Empresa	Producto	Aplicación 5G
 <p>2021, Global²⁹</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vendron platform – plataforma IoT de vending inteligente y comercio minorista automatizado que crea un ecosistema para el entorno operativo del vending inteligente y el comercio minorista desatendido y conecta a todos los socios de la cadena de valor. 	<p>Fase 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vendron Software - controla y supervisa el hardware de la máquina. • Vendron Cloud - servicio de gestión remota en la nube. • Vendron Platform API - para la integración de terceros y la escalabilidad del producto. • Señalización digital como nueva fuente de ingresos publicitarios para los operadores de vending, personalizando los anuncios a los clientes y localizaciones. • La plataforma de software independiente de las máquinas, lo que significa que puede utilizarse en todas las máquinas de diferentes fabricantes. <p>Fase 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vendron Go - aplicaciones móviles para la experiencia de vending inteligente al alcance del consumidor. • Utiliza la IA para promocionar productos, entender los gustos de cada usuario y responder a sus preguntas. • Análisis de vídeo y reconocimiento facial. • Variedad de métodos de pago: tarjeta de crédito, NFC o biometría. <p>Fase 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interactividad multimedia y sin contacto.
 <p>2019, Estados Unidos³⁰</p>	<ul style="list-style-type: none"> • SmartPan Pro – un sistema inteligente de identificación de clientes y de entrega automática de productos. 	<p>Fase 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cloud Management. • Marketing Digital. • Máquinas con estantes personalizables que se adaptan a diferentes gamas de producto. <p>Fase 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dispensación de productos restringida por edad. • Variedad de métodos de pago: cash o con tarjeta. • Accesible vía app. <p>Fase 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recibos electrónicos.

Tabla 6: Casos actuales de uso de máquinas de vending inteligentes (4/6) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)

²⁹ [33].

³⁰ [28], [26] y [27].

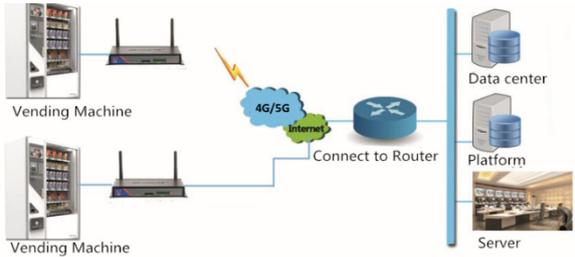
Empresa	Producto	Aplicación 5G
 <p>2020, China³¹</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Industrial 4G/5G router – Router industrial 4G/5G para la transmisión de datos de máquinas expendedoras de medicamentos automáticas. 	<p>Fase 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implementar el intercambio de información en tiempo real entre la máquina expendedora de medicamentos automática, la empresa de comercio electrónico y el cliente, y la distribución de alta eficiencia. • Realizar el servicio de entrega "24 horas" y cargar toda la información en tiempo real en el servidor de la nube de la empresa. • Vincular el terminal de la máquina expendedora con la empresa de comercio electrónico, las empresas de mensajería, la empresa de redes, la empresa de pagos, y la propiedad, con el fin de intercambiar los lotes de datos. • Lograr la gestión centralizada de la terminal de máquina expendedora distribuida, y el control en tiempo real del estado de funcionamiento, con el fin de reducir rápidamente el costo de operación del negocio de mensajería, y mejorar la calidad del servicio y la eficiencia operativa de los operadores. • Los informes de datos operativos fiables proporcionan una base de toma de decisiones para los operadores para mejorar el nivel de información de la industria de la logística, y promover el rápido desarrollo y la rápida distribución de la comunidad.  <p><i>Ilustración 30: Ecosistema Caimore para las máquinas de vending inteligentes</i></p>

Tabla 7: Casos actuales de uso de máquinas de vending inteligentes (5/6) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)

³¹ [36].

Empresa	Producto	Aplicación 5G
  2020, China ³²	<ul style="list-style-type: none"> • Self-driving Logistics Vehicle SLV11 – Vehículo eléctrico autónomo que utiliza 5G para permitir a los clientes comprar comida en la calle sin interacción humana. 	<p>Fase 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Máquina expendedora con ruedas conectada por 5G. • Posibilidad de repartir a domicilio o de ubicarse en los lugares de mayor demanda potencial.  <p><i>Ilustración 31: Vehículo autónomo 5G utilizado por la empresa KFC</i></p>
 2020, Estados Unidos ³³	<ul style="list-style-type: none"> • Vengo Vending Machine 	<p>Fase 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Publicidad de los productos durante el proceso de compra del cliente a través de la máquina. • Software con gestión de datos de uso y consumo, que detecta los patrones de compra de los clientes. <p>Fase 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contenido interactivo.
 2019, India ³⁴	<ul style="list-style-type: none"> • Máquinas de vending de teléfonos móviles y accesorios de la marca. 	

Tabla 8: Casos actuales de uso de máquinas de vending inteligentes (6/6) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)

³² [38], [39].

³³ [40].

³⁴ [22].

A continuación, se muestra una tabla resumen que muestra las aportaciones más innovadoras de la tecnología 5G a cada una de las fases de operación mencionadas anteriormente:

Fase 1. Operación de la máquina	Fase 2. Capacidad de ofrecer nuevos servicios	Fase 3. Contacto con el cliente
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Software de gestión de datos y consumo, para un seguimiento continuo de las instalaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconocimiento facial para identificar al cliente, que, gracias al 5G, se realiza en menos de 1 segundo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilización de la IA para promocionar productos personalizados a cada usuario.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Marketing Digital, que permite publicitar productos durante el proceso de compra. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Variedad de métodos de pago: con tarjeta de crédito, NFC o biometría. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ‘Natural Language Processing’ (NLP) para interactuar con el consumidor.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Monitorización remota de las instalaciones a través del Cloud Management, que permite ver la actividad de empleados, inventario y clientes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Accesibilidad vía aplicación, tanto para consumidor como para proveedores. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor seguridad de datos personales y pagos.

Tabla 9: Tabla resumen de las principales aportaciones de la tecnología 5G a las diferentes fases de operación de una máquina de vending (Elaboración propia)

7.1.3. Análisis del impacto del 5G en la industria

A raíz de los ejemplos de máquinas de vending inteligentes descritos anteriormente, se han extraído las principales innovaciones comunes en la industria. Además, se ha decidido analizar si cada una de las características del 5G (velocidad, latencia y fiabilidad, conexiones masivas, eficiencia energética) aportan un valor significativo con respecto a las tecnologías inalámbricas utilizadas anteriormente en esta industria (4G, Wi-Fi, NB-IoT).

Para analizar las siguientes tablas se ha utilizado esta leyenda:

- ✓ Mejora con respecto a tecnología anterior.
- ? Indefinido.
- ✗ No mejora con respecto a la tecnología anterior.

7.1.3.1. 5G vs 4G

Fase	Fase 1. Operación de la máquina		Fase 2. Capacidad de ofrecer nuevos servicios		Fase 3. Contacto con el cliente	
	Comunicaciones operador-máquina	Gestión de datos de uso y consumo – Cloud Management	Variedad métodos de pago	Tecnología de reconocimiento facial	Servicio personalizado ³⁵	Interfaz dinámica
Velocidad	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Latencia y Fiabilidad	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Conexiones masivas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Eficiencia energética	?	?	✓	?	?	✓

Tabla 10: Valor aportado por el 5G frente al 4G en el sector de las máquinas de vending (Elaboración propia)

Efectivamente, el 5G es la tecnología que sigue al 4G y, por tanto, aporta mejoras en casi todas las características de las máquinas de vending inteligentes. Sin embargo, analizando los diferentes casos, no queda claro si el 5G aportará una reducción del consumo de energía en los dispositivos con respecto al 4G. En efecto, hará que las transacciones sean más rápidas, y, por tanto, permitirá un menor consumo energético en ese aspecto, pero, sin embargo, se desconoce el impacto en las demás características de las máquinas de vending inteligentes.

³⁵ Personalización del servicio al consumidor final gracias a las tecnologías de IA y reconocimiento facial. Por ejemplo, promoción personalizada de productos o recomendaciones específicas en base a su historial de compra.

7.1.3.2. 5G vs Wi-Fi

Fase	Fase 1. Operación de la máquina		Fase 2. Capacidad de ofrecer nuevos servicios		Fase 3. Contacto con el cliente	
	Comunicaciones operador-máquina	Gestión de datos de uso y consumo – Cloud Management	Variedad métodos de pago	Tecnología de reconocimiento facial	Servicio personalizado	Interfaz dinámica
Velocidad	✗	✗	✓	✗	✗	✗
Latencia y Fiabilidad	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Conexiones masivas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Eficiencia energética	?	?	✓	?	?	✓

Tabla 11: Valor aportado por el 5G frente al Wi-Fi en el sector de las máquinas de vending (Elaboración propia)

La principal característica que favorece al Wi-Fi frente al 5G se basa en la velocidad, ya que el Wi-Fi permite una velocidad de transmisión de datos ligeramente más elevada que el 5G. Por tanto, el único punto en el que el 5G aporta mejor velocidad que el Wi-Fi reside en la variedad de los métodos de pago. Al final, el pago consiste en una transacción entre el consumidor y un servidor conectado a la máquina, por lo que los dos deben estar conectados a la red. Sin embargo, muchas veces el consumidor no está conectado a la red Wi-Fi, y, por consecuencia, el 5G aporta valor en este aspecto, para hacer que la transacción se haga con mayor eficiencia. En cuanto al consumo de eficiencia energética por dispositivo, queda una vez más indefinido como en el caso del 4G.

7.1.3.3. 5G vs NB-IoT

Fase	Fase 1. Operación de la máquina		Fase 2. Capacidad de ofrecer nuevos servicios		Fase 3. Contacto con el cliente	
	Comunicaciones operador-máquina	Gestión de datos de uso y consumo – Cloud Management	Variedad métodos de pago	Tecnología de reconocimiento facial	Servicio personalizado	Interfaz dinámica
Velocidad	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Latencia y Fiabilidad	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Conexiones masivas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Eficiencia energética	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Tabla 12: Valor aportado por el 5G frente al NB-IoT en el sector de las máquinas de vending (Elaboración propia)

El principal valor de la tecnología NB-IoT reside en que es la primera tecnología centrada en conectar a Internet objetos cotidianos que requieren pequeñas cantidades de datos en períodos de tiempo largos. Esta tecnología permite que los dispositivos consuman menos energía de la habitual, al estar conectados de serie. Este aspecto es la única debilidad del 5G con respecto a esta tecnología, mientras que, en el resto de las características, el 5G aportaría una mejora notable en la industria.

En definitiva, a través de la comparación de la tecnología 5G con estas tres tecnologías, se puede deducir que el 5G aporta más valor a lo largo de las tres fases del ciclo de operación de una máquina de vending. Se puede decir que las características de velocidad, latencia, fiabilidad y conexiones masivas aportarán un gran valor a lo largo de todas las fases de operación. Sin embargo, con respecto a la característica de eficiencia energética, existen una gran incertidumbre sobre la aportación del 5G con respecto a las tecnologías anteriores.

A continuación, se muestra una tabla comparativa del impacto (positivo o negativo) de la tecnología 5G con respecto a las demás tecnologías. Se ha analizado el impacto en cada una de las características relevantes de la tecnología 5G a lo largo del ciclo de operación de una máquina de vending:

Fase	Fase 1. Operación de la máquina			Fase 2. Capacidad de ofrecer nuevos servicios			Fase 3. Contacto con el cliente		
	4G	Wi-Fi	NB-IoT	4G	Wi-Fi	NB-IoT	4G	Wi-Fi	NB-IoT
Velocidad	+	-	+	+	?	+	+	-	+
Latencia y Fiabilidad	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Conexiones masivas	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Eficiencia energética	?	?	-	?	?	-	?	?	-

Tabla 13: Tabla resumen de las características de la tecnología 5G frente a las tecnologías anteriores a lo largo del ciclo de operación de una máquina de vending (Elaboración propia)

En la tabla anterior, se puede observar una vez más el impacto positivo de la tecnología 5G con respecto a las otras tecnologías en este sector. Se observa que los límites de esta tecnología residen en la eficiencia energética, ya que en general queda incierto el impacto que provoca. Existe otra limitación con respecto al Wi-Fi, que ofrece una mejor velocidad debido al ancho de banda, pero esta debilidad se ve compensada con la buena latencia y fiabilidad que proporciona la nueva tecnología 5G.

7.1.4. El nuevo ecosistema por crear en torno a las máquinas de vending

En este apartado, combinando la información analizada de los casos de uso, se va a presentar un ecosistema de alto nivel sobre la integración de la tecnología 5G en el sector de las máquinas de vending (Ilustración 32). Con este ecosistema, se pretende definir un marco global que muestre todos los actores que pueden intervenir: socios del ecosistema (consumidores, reponedores, mantenimiento...), redes sociales, contenidos interactivos, pagos e identificación, servicios de valor añadido (recibos virtuales) o proveedores de software.

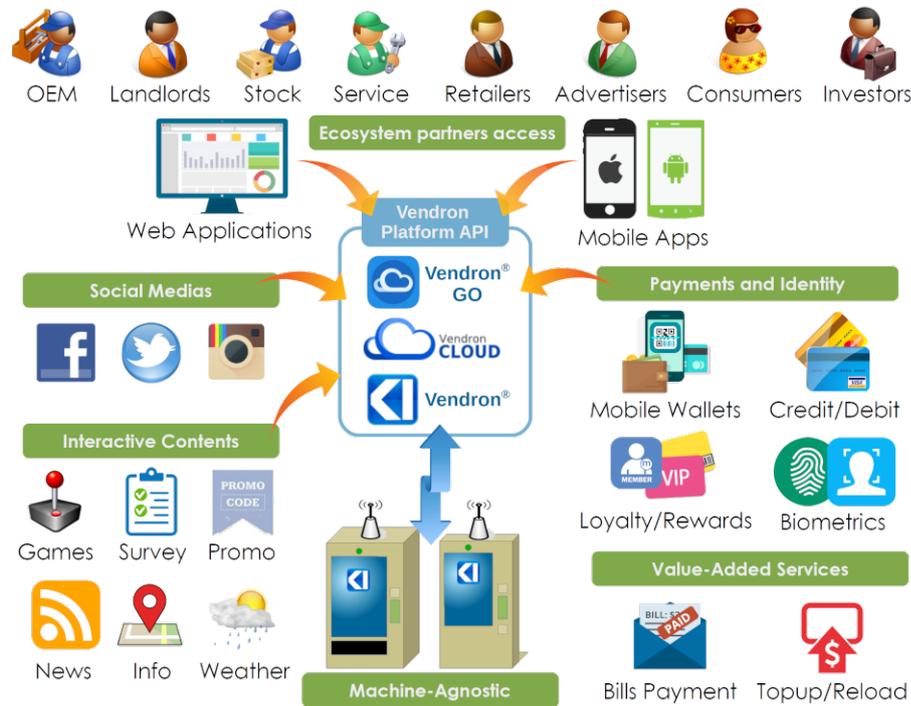


Ilustración 32: Ecosistema Silkron para las máquinas de vending inteligentes [33]

Se considera que esta nueva arquitectura de la industria es necesaria para la integración de las redes 5G en el sector y para que todos los agentes del ecosistema puedan aportar el mayor valor al retail de las máquinas de vending.

7.1.5. Conclusiones y líneas futuras del valor del 5G en el sector de las máquinas de vending

La tecnología 5G va a cambiar el sector de las máquinas de vending de extremo a extremo, es decir, desde los proveedores y operadores de la máquina hasta el cliente final. En el análisis de casos anterior, se ha dividido el ciclo de operación de una máquina de vending en tres fases que consistían en la operación de la máquina, la capacidad de ofrecer nuevos servicios y el contacto con el cliente. Se ha podido observar que el 5G está teniendo un impacto relevante a lo largo de las tres fases, cambiando el concepto de máquina de vending desde el punto de vista de cliente final y de proveedor u operador. Es decir, en este sector del Retail, la tecnología 5G va a cambiar dos tipos de negocio, el B2C y el B2B. Además, es una tecnología que permitirá entrar a terceros con una gran fuerza en el mercado, como pueden ser, por ejemplo, empresas financieras que entren en el mercado a través de la aparición de los nuevos métodos de pago.

Se han analizado las ventajas de la tecnología 5G frente a otras tecnologías más antiguas como 4G, Wi-Fi o NB-IoT. Se ha podido concluir que el 5G aporta mucho valor a la actividad de este sector con respecto a estas tres tecnologías, que tienen muchas más limitaciones que la red 5G. Las principales virtudes detectadas de la tecnología 5G en este sector han sido la baja latencia, buena fiabilidad y conexiones masivas. Sin embargo, pese a poseer un gran ancho de banda frente al 4G o NB-IoT, sigue siendo menor que el de la red Wi-Fi. Además, existe un alto grado de incertidumbre con respecto a la eficiencia energética, ya que no está claro si va a tener un impacto realmente positivo con respecto a las tecnologías anteriores. En este contexto, se han deducido tres aspectos en los que el 5G aporta claras mejoras con respecto a las otras tecnologías y tres aspectos en los que la aportación es menor o más incierta, principalmente debido al gran ancho de banda de la tecnología Wi-Fi.

Aportaciones del 5G frente a otras tecnologías	Incertidumbre del 5G frente a otras tecnologías
<ul style="list-style-type: none"> • Variedad de métodos de pago: tarjeta de crédito, NFD o biometría. • Interfaz dinámica de interacción con el consumidor. • Gestión de datos de uso y consumo. Cloud Management. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicaciones operador-máquina. • Personalización del servicio con el consumidor final. • Tecnología de reconocimiento facial.

Tabla 14: Aportaciones de la tecnología 5G frente a las demás tecnologías en la actividad de las máquinas de vending (Elaboración propia)

Además, a través del análisis de los diferentes casos de uso que muestran los servicios 5G aplicados por diferentes empresas, se puede deducir que:

- En el medio plazo los servicios de **reconocimiento facial** aplicado a pagos o personalización de la experiencia, la utilización de **AI** para interactuar con el consumidor y la incorporación de **software de gestión de datos y consumo**, se generalizarán a nivel global, pero, por el momento, quedan centrados en **China** y puntualmente en Estados Unidos.
- Sin embargo, a nivel global existen tendencias que ya se están implantando en el sector y van a seguir evolucionando. Es el caso de la aparición de diferentes métodos de pago para evitar el dinero físico. En un contexto acelerado por las nuevas medidas sanitarias asociadas a la crisis del Covid19, la necesidad de utilizar métodos de pago sin intercambio de dinero físico, junto con la tendencia de digitalización ya presente en el sector con anterioridad a la crisis, está provocando que las máquinas de vending a nivel global migren hacia métodos de pago ‘beyond cash’ o con tarjeta de crédito, gracias a las tecnologías como NFC o biometría. Al mismo tiempo, esta tendencia se ve acelerada por una tecnología 5G que facilita su operación.
- Además, la personalización del contacto con el cliente es algo cada vez más presente debido a las mayores exigencias por parte de los consumidores de finales, que valoran de forma muy positiva estos aspectos.

A nivel de líneas futuras, se espera que la tecnología 5G se implante de lleno en el sector de las máquinas de vending a muy corto plazo. Los proyectos actuales son robustos y se empieza a observar que el Smart Retail es una tendencia cada vez mayor. En cuanto al medio o largo plazo, se esperan nuevas investigaciones para buscar nuevas aplicaciones que busquen mejorar el ciclo de operación de estas máquinas, pero para ello se necesitará un mayor despliegue de las redes 5G, que proporcionen la infraestructura necesaria. Además, nuevas categorías de máquinas de vending aparecerán a lo largo de los próximos años impulsadas por la tecnología 5G. Estas máquinas impulsadas por el 5G y el IoT, permitirán la transformación del sector del Retail a nivel mundial, y, penetrarán a través de sectores mucho más variados como el automovilístico o sanitario, siempre que las legislaciones y regulaciones se adapten adecuadamente.

7.2. La industria de la construcción

7.2.1. Situación actual

La tecnología 5G está transformando la forma de hacer negocios en el sector de la construcción. El valor añadido que aporta esta tecnología reside en que el progreso de la construcción sea más rápido, más inteligente, más seguro y eficiente. Además, una virtud de esta tecnología es que es combinable y mejora otras tecnologías como la Inteligencia Artificial o Edge Computing, por ejemplo.

El sector de la construcción ha entrado en una nueva fase de digitalización en la que los plazos de la construcción son más ajustados, y en la que ser capaz de completar un proyecto de construcción a tiempo o antes de lo previsto es algo fundamental para la rentabilidad de un proyecto. Como ya se ha mencionado a lo largo de este proyecto, la tecnología 5G aporta una conectividad robusta y fiable, con acceso a datos de alta velocidad sin necesidad de mucho cableado. Todo esto permite una comunicación constante y rápida de archivos masivos, incluso cuando la construcción está situada en zona remotas.

Además, la tecnología 5G también apoya el despliegue masivo de IoT y otras nuevas tecnologías que permiten aplicaciones en proyectos de construcción como la supervisión del progreso, la seguridad de las construcciones, la supervisión de la calidad, la reposición de suministros, el seguimiento de herramientas y equipos de construcción, de modelado de información de edificios (BIM) y el mantenimiento predictivo³⁶. Todo esto añade un gran valor a la hora de cumplir con los ajustados calendarios de construcción.

Se debe destacar que el impacto de la tecnología 5G en la construcción no está del todo claro, ya que por el momento no se han realizado proyectos que vayan mucho más allá de proyectos piloto o de prueba. Por tanto, es una industria en etapa de desarrollo, en la que se está evaluando el posible impacto de la tecnología 5G para aplicarlo en los próximos años. A continuación, se analizarán los diferentes casos de uso posible de esta tecnología en este sector.

7.2.2. Casos potenciales de uso del 5G en la construcción

En este caso, a diferencia de la industria de las máquinas de vending, se ha decidido dividir la industria en todas las posibles aplicaciones que puede tener la tecnología 5G, para así poder observar el impacto que tiene cada proyecto desarrollado en cada caso de uso posible. Los posibles casos de uso son:

³⁶ [75].

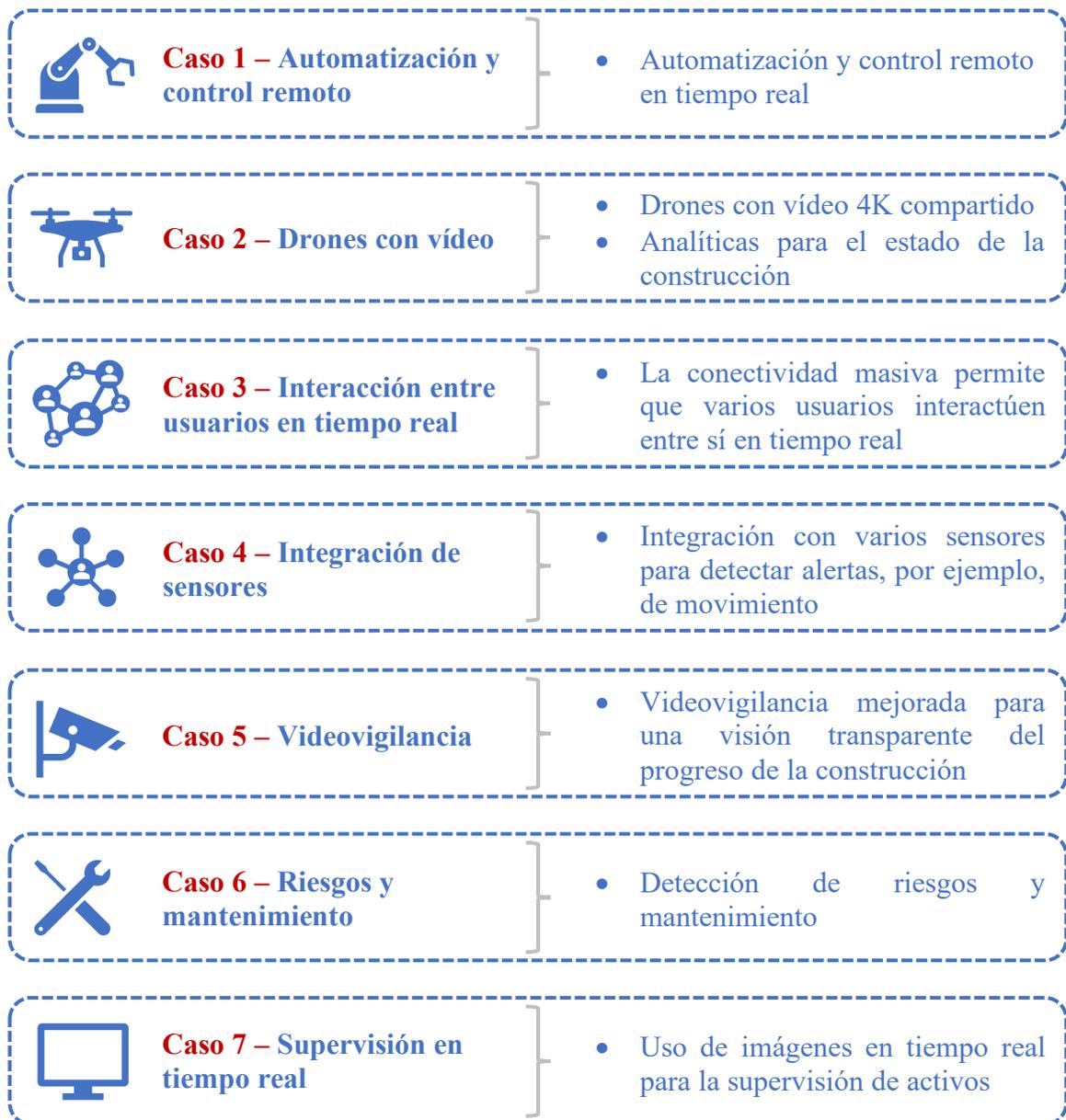


Ilustración 33: Casos posibles de uso de la tecnología 5G en la construcción (Elaboración propia)

A continuación, se analizarán los proyectos piloto que se han estado llevando a cabo en los últimos años, para ver el impacto que tienen en cada caso de uso.

7.2.3. Casos actuales de uso – Contrucción 4.0

Empresa	Producto	Aplicación 5G
<p>DOOSAN</p>  <p>2019, Corea del Sur³⁷</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Excavadora DX380LC-5 – Equipo de construcción controlado de forma remota. • Doosan es el primer fabricante en utilizar el 5G para la teleoperación en la construcción. 	<p>Caso 1, 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teleoperación como funcionamiento del equipo de construcción desde una estación remota. • La tecnología 5G permite un servicio de hasta x10 veces más rápido que el 4G. • Control remoto más efectivo gracias al módulo de transmisión de vídeo e imagen de baja latencia, junto con la tecnología innovadora electrohidráulica. • Compatible con el control de máquinas 3D. <p>Caso 5:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La tecnología 5G permite que la estación del operador disponga de un vídeo en streaming fiable y que minimice el retardo en el sistema del operador, gracias a su fiabilidad elevada, baja latencia y gran ancho de banda. <p>Caso 6:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria aplicable para zonas de peligro (derrumbes, explosivos), formación a distancia y movimiento de tierras.  <p><i>Ilustración 34: La tecnología 5G utilizada para la teleoperación de maquinaria [59]</i></p>

Tabla 15: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (1/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)

³⁷ [58].

Empresa	Producto	Aplicación 5G
 <p>2019, Australia³⁸</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Solución Enterprise Wireless de Telstra y servicio NetCloud de Cradlepoint – Solución de red de borde 5G³⁹, suministrado a través de un router Cradlepoint E3000 optimizado para 5G con un adaptador de banda ancha 5G W2005 reforzado construido para su colocación en exteriores. • La tecnología 5G permitirá desplegar todas las aplicaciones de alta tecnología que requieren actualización de datos en tiempo real, gracias a sus características de gran ancho de banda, baja latencia y actividad constante al borde de la red. 	<p><u>Caso 3, 5:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Visualización holográfica de edificios – Los empleados de Taylor utilizan unas gafas inteligentes de realidad aumentada (AR) llamadas Microsoft HoloLens⁴⁰, para tener una representación virtual del edificio o de elementos del proceso de construcción (el acero estructural holográfico, el entramado o los esquemas eléctricos). <p><u>Caso 4:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensores estructurales IoT – Los sensores inteligentes fijados a las barras de refuerzo e incrustados en los agregados de hormigón envían los datos al router de Cradlepoint y luego a la nube. Esto puede ayudar a Taylor a determinar si el hormigón se ha vertido correctamente y a realizar un seguimiento de cualquier desplazamiento del hormigón durante años. <p><u>Caso 5, 6:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Escaneo de seguridad de área amplia – La transmisión de imagen 360° en 8K y el escaneo de códigos QR desde cámaras de vídeos inalámbricas permite el seguimiento digital de la incorporación de nuevos empleados, lo que mejora la gestión de riesgos al automatizar el proceso de garantizar la formación de seguridad de cada persona. <p><u>Caso 7:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Visualización del diseño en tiempo real – Permite la posibilidad de realizar cambios en los planos digitales en tiempo real y visualizarlos en tabletas o grandes monitores en el remolque. • Permite la posibilidad a Taylor de sustituir su costosa línea de fibra por la tecnología 5G, para obtener velocidades similares a las de la fibra con la diversidad de una conexión inalámbrica.

Tabla 16: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (2/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)

³⁸ [60], [61].

³⁹ ‘5G edge networking solution’, representa un método para mejorar el procesamiento de datos en los sistemas de computación basados en la nube al realizarlo al borde de la red, más cerca de la Fuente de los datos.

⁴⁰ [62].

Empresa	Producto	Aplicación 5G
  <p>UNIVERSIDAD DE MÁLAGA</p> <p>2020, España⁴¹</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto TEDES-5G – Proyecto de Transferencia Tecnológica realizado conjuntamente entre ACR y la Universidad de Málaga sobre las Técnicas 5G para una edificación eficiente y segura. • Proyecto en curso de investigación. 	<p>Caso 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gracias a la tecnología 5G que aportará mayor velocidad de conexión, reducción de latencia y multiplicará exponencialmente el número de dispositivos conectados, se podrá plantear en el futuro la gestión online de redes de vehículos autónomos, robots industriales, redes de sensores monitorizadas en tiempo real o la domótica de las viviendas. <p>Caso 1, 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se investigará también la mejora de la conexión en las obras para la utilización de herramientas de realidad aumentada o virtual, además de la conexión de gran cantidad de sensores en tiempo real (Big Data, IoT). Uno de los objetivos de esta investigación es el tener acceso a toda la información de la obra desde una aplicación móvil y poder observar todos los elementos que faltan por construir gracias a la realidad aumentada. <p>Caso 6:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disminución de los riesgos laborales. <p>Caso 7:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geolocalización de los trabajadores en tiempo real en las obras, con altos niveles de precisión, para mejorar la seguridad y reducir los riesgos laborales
  <p>HYUNDAI ENGINEERING & CONSTRUCTION</p> <p>2020, Corea del Sur⁴²</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 5G networks at construction sites – KT y Hyundai colaboran en un Proyecto para desarrollar robots de construcción autónomos que utilicen el 5G para mejorar la productividad y monitorizar las zonas de construcción. 	<p>Caso 1, 6:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El desarrollo de robots autónomos permitirá a Hyundai realizar trabajos en obras incluso en zonas de difícil acceso para las personas. <p>Caso 5, 7:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El 5G aportará velocidades de transmisión de datos ultrarrápidas, junto con una latencia ultrabaja con la máxima seguridad, lo que es fundamental para la transmisión de archivos de gran tamaño como los datos de escaneado en 3D de obras de construcción.

Tabla 17: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (3/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)

⁴¹ [64], [63].

⁴² [66], [67].

Empresa	Producto	Aplicación 5G
   <p>2020, Suecia, Global⁴³</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 5G for Industrial use Project – Proyecto para el Desarrollo de soluciones para el control remoto de la maquinaria de construcción y soluciones totalmente automatizadas. • Red 5G operada con licencia de prueba, la red se compone por hardware, software y otros productos comerciales de Ericsson, mientras que se desarrolla en las instalaciones de investigación y desarrollo de Volvo CE en Eskilstuna, que se sitúa 90 km al oeste de Estocolmo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la eficiencia y sostenibilidad de la industria a través de las pruebas de 5G. • Centro de prueba de 25 hectáreas. <p><u>Caso 1:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • La red 5G, muchos más rápida y fiables, permite enviar datos de una forma mucho más rápida y fiables, lo que le permite ser una de las tecnologías más vertiginosas del mercado, dando pie a servicios como la automatización. • Control remoto: cargadora de rueda L180H. Ofrece el potencial de poder utilizar las máquinas desde cualquier parte del mundo gracias a la baja latencia del 5G. • En 2015, se realizó un experimento en el que se controló una excavadora en Suecia desde Barcelona. • En 2017, se realizó un experimento en el que se colocó una máquina a 400 metros bajo tierra y se controló desde la superficie. • Se estudia poder aplicar esta tecnología al sector minero debido a los riesgos asociados a este. • Aumento de la productividad debido a que se podrá trabajar en diferentes obras desde una misma ubicación. <p><u>Caso 1, 6, 7:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la seguridad debido a la supervisión remota y al menor contacto directo de los humanos con la obra, que es viable gracias a la baja latencia que proporciona el 5G (control y vídeo). <p><u>Caso 5:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Objetivo final: cero emisiones, cero accidentes y cero paradas imprevistas.

Tabla 18: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (4/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)

⁴³ [65].

Empresa	Producto	Aplicación 5G
 <p>2021, Ferrol, España⁴⁴</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Primer astillero de Europa con 5G para la construcción y reparación de buques – Utilización de tecnologías 5G y Edge Computing para la implantación de tres casos de uso 5G que lo convierten en el primer astillero de Europa con infraestructura 5G. • Red privada de cobertura 5G con frecuencias 3.5 GHz y bandas milimétricas 26 GHz. • Centro de Edge Computing. 	<p>Caso 1, 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 5G y Edge Computing proporcionan baja latencia y capacidad de procesamiento en tiempo real para la realidad aumentada (AR) y el modelado 3D. • Ensayo 1: Asistencia técnica remota mediante realidad aumentada y modelos 3D para diagnóstico y soporte. Gracias a la AR que superponen en videoconferencia modelos 3D de la máquina e indicaciones gráficas, se permite que un operario local no especializado pueda realizar tareas de reparación o mantenimiento con la asistencia de un especialista remoto y así reducir el tiempo de parada de la cadena industrial. <p>Caso 3, 7:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ensayo 2: Dar soporte al proceso de construcción de los buques de forma modular con bloques que se ensamblan. El gran ancho de banda del 5G permite enviar vía streaming el escaneo realizado por las herramientas 3D, que generan gran cantidad de información, y es recibido por ordenadores colocados en el Edge Computing de la red móvil. Es decir, se puede realizar esta verificación 3D sin necesidad de tener ordenadores de gran capacidad en el lugar de la obra y sin desplazar personal altamente cualificado. <p>Caso 4, 5:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ensayo 3: Visualización de piezas virtuales en un entorno real que permita una verificación de los trabajos. Permite visualizar cómo van a quedar los trabajos de construcción, antes de proceder a su fabricación y a la planificación del montaje. Este caso de uso exige la colocación, en una imagen de AR, de dicha infraestructura con exactitud milimétrica, para poder detectar de forma temprana la posible inconsistencia del diseño, pudiendo ahorrar tiempo y recursos. • Ericsson ha aportado una de las primeras antenas del mundo para bandas milimétricas europeas, con la que se han conseguido velocidades de descarga de varios Gbps.

Tabla 19: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (5/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)

⁴⁴ [68], [72].

Empresa	Producto	Aplicación 5G
 <p>2021, Reino Unido⁴⁵</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto ‘El futuro de la construcción’ – Proyecto de apoyo para que las startups y pequeñas empresas innovadoras para desarrollar y escalar soluciones dirigidas al sector de la construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> • El proyecto se centra en utilizar el 5G para convertir el sector en seguro, dinámico y eficiente. • Interesado en proyectos de Realidad Aumentada, Edge Computing, IoT, Inteligencia Artificial, aprendizaje automático o robótica. • Este desafío dará a las compañías elegidas acceso a una red 5G privada, un programa de aceleración a medida, y asesoramiento y orientación de parte de expertos⁴⁶. <p>Caso 6:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se centra en prevención y seguridad, además de, logística y operaciones en obras.
 <p>2018, España⁴⁷</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 5G Barcelona – Acuerdo entre Acciona y la Fundación Mobile World Capital Barcelona, para el uso de redes 5G en el desarrollo de pilotos industriales en sectores como la construcción, las energías renovables, el agua o los servicios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las redes 5G permitirán situar toda la capacidad de computación en la nube, cosa que supera las capacidades ofrecidas por el 4G. <p>Caso 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones de redes 5G para el uso de maquinaria autónoma teleoperada, gracias al gran ancho de banda aportado por el 5G. • Menores tiempos de ejecución de obras. <p>Caso 1, 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de crear un equipo de especialistas centrados en el manejo de esta maquinaria desde un centro común, sin necesidad de desplazamientos. <p>Caso 4:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se evita que los procesadores deban estar físicamente instalado en cada máquina, ahorrando costes. <p>Caso 6:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducción significativa de riesgos laborales.

Tabla 20: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (6/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)

⁴⁵ [69].

⁴⁶ Los expertos son miembros de Ferrovial y del consorcio 5PRING, compuesto por Telefonica UK (O2), Deloitte, Wayra y Digital Catapult.

⁴⁷ [71].

Empresa	Producto	Aplicación 5G
 <p>2020, Noruega⁴⁸</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Drones para la inspección de obras – Proyecto que utiliza la red 5G de Telia para resolver los problemas asociados a los métodos tradicionales de inspección mediante el uso de drones. • Se requieren drones porque los responsables de calidad o de proyectos no siempre están presentes para supervisar las inspecciones. Además, las inspecciones suelen ser peligrosas en lugares no seguros o de difícil acceso. • Otro problema muy habitual es que las inspecciones manuales llevan mucho tiempo y están sujetas a errores humanos. 	<p>Caso 1, 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las inspecciones con drones aportan soluciones ya que gracias a la tecnología 5G permiten transmitir vídeo en directo y de alta calidad, para que sea observado por empleados situados a varios kilómetros de distancia. Todo esto supone un ahorro de costes y de tiempo para la empresa, tanto en desplazamientos de personal, como de maquinaria. • Control remoto de la flota de drones – Gestión de una flota de drones y acceso a las principales funciones para su navegación, obteniendo la ubicación en tiempo real (Ilustración 35). <p>Caso 5:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Operaciones realizadas con mucha mayor rapidez y precisión en comparación con los métodos manuales tradicionales de inspección de obras. • Observación del progreso en tiempo real – Gestionar múltiples operaciones simultáneamente según el calendario del proyecto, evitando errores, desviaciones y retrasos. <p>Caso 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para transmitir el vídeo se utiliza la aplicación basada en la nube de Flytnow, que, utiliza un protocolo HTTPS para permitir la conexión de un gran número de drones a su aplicación. • Informes y análisis automatizados – Integraciones de terceros (AirMap, Dronelogbook) que ayudan a ampliar las capacidades y obtener mejores conocimientos y operaciones fluidas. <p>Caso 7:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transmisión de vídeo HD en directo – Supervisar varios activos utilizando drones a través de la transmisión de vídeo HD en directo y acceder al control con una latencia mínima.

Tabla 21: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (7/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)

⁴⁸ [70].



Ilustración 35: Esquema representativo de una obra de construcción supervisada por drones [70]

Empresa	Producto	Aplicación 5G
 <p>2020, Pekín, China⁴⁹</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción inteligente basa en una red 5G – Utilización de una combinación de tecnologías avanzadas (AI, Blockchain, IoT, Robótica), a través del 5G para mejorar los proyectos de construcción. 	<p>Caso 1, 5:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gafas de Realidad Aumentada que proporcionan información básica de la ubicación y permiten la inspección remota en tiempo real del progreso. <p>Caso 5, 6, 7:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durante la crisis del Covid19, el 5G permite mantener una gestión segura de los lugares de construcción y detectar el uso de mascarilla. • Sistema de análisis de salud por trabajador. <p>Caso 7:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo espacial en tiempo real, de seguridad multidimensional, además de colaboración remota. • Inspección de seguridad, utilizando 5G e AI.

Tabla 22: Casos actuales de uso de la tecnología 5G en la industria de la construcción (8/8) (Elaboración propia basada en la información pública del producto)

⁴⁹ [73], [74]. CSCEC representa la empresa de construcción más grande del mundo.

A continuación, se muestra una tabla resumen que muestra las principales aportaciones de la tecnología 5G a cada uno de los casos de uso mencionados anteriormente:

Automatización y control remoto	Drones con vídeo	Interacción en tiempo real entre usuarios	Integración de sensores	Videovigilancia	Riesgos y mantenimiento	Supervisión en tiempo real
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Teleoperación de los equipos de construcción (5G permite servicio x10 veces más rápido que 4G). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspecciones con drones transmitiendo vídeo en directo y de alta calidad gracias al 5G. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comunicaciones de largo alcance entre dispositivos conectados. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sensores estructurales IoT que envían datos constantemente a la nube. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Visualización holográfica de edificios y procesos de construcción a través de gafas de AR. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maquinaria aplicable para zonas de peligro y formación a distancia. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Visualización del diseño en tiempo real gracias a una transmisión de vídeo HD en directo.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Control remoto gracias a la baja latencia del 5G, que permite trabajar en distintas obras desde una ubicación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Control remoto de la flota de drones. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor número de dispositivos interconectados (Big Data, IoT) gracias a la baja latencia y gran velocidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Visualización de piezas virtuales en un entorno real que permita una verificación de los trabajos (AR). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Objetivo final: cero emisiones, cero accidentes y cero paradas imprevistas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Escaneo de seguridad de área amplia 360º que permite el seguimiento digital de los empleados. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geolocalización de los trabajadores en tiempo real en las obras.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejor transmisión de imagen y sonido que provoca un mejor control de los modelos 3D y AR. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inspecciones realizadas por empleados situados a varios km de distancia, reduciendo costes y desplazamientos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acceso a toda la información de la obra en vivo desde una aplicación móvil. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se evita que los procesadores deban estar físicamente instalados en cada máquina, ahorrando costes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Escaneado 3D de obras de construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disminución de riesgos laborales. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durante una crisis sanitaria el 5G permite mantener una gestión segura de los lugares de construcción.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Robots autónomos que podrán realizar obras en zonas de difícil acceso. 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informes y análisis automatizados, integrando a terceros que amplían las capacidades y agilizan las operaciones. 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operaciones de inspección realizadas con mucha mayor rapidez y precisión. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menor contacto directo de los humanos con las obras gracias a la supervisión remota. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Monitoreo espacial en tiempo real, de la obra y por trabajador, utilizando 5G e AI.

Tabla 23: Tabla resumen de las principales aportaciones de la tecnología 5G a los diferentes casos de uso analizados en la industria de la construcción (Elaboración propia)

7.2.4. El valor de los diferentes tipos de servicios 5G para una Construcción 4.0⁵⁰

En el sector de la construcción, las características clave que permiten satisfacer todos los requisitos y aplicaciones son la definición de tres categorías de servicios [19]:

- **Banda ancha móvil mejorada (EMBB – Enhanced Mobile Broadband).** El EMBB está relacionado con aplicaciones que requieren altas velocidades de datos en una zona extensa. Algunas de las aplicaciones relacionadas con el sector de la construcción que tienen requisitos en términos de rendimiento y que se beneficiarán de este servicio son la visualización de modelos 3D que hacen uso de Realidad Aumentada y Realidad Virtual, y la supervisión de obras mediante el uso de cámaras de vídeo de alta calidad.
- **Comunicaciones ultrafiabiles y de baja latencia (URLLC - Ultra-Reliable and Low-Latency Communication).** Las comunicaciones URLLC pueden proporcionar valores de latencia de 1ms. Estas comunicaciones se han convertido en un elemento clave para las aplicaciones críticas que requieren alta fiabilidad y baja latencia. Algunas aplicaciones de la construcción 4.0 que utilizan esto son la monitorización remota, la utilización de drones o la gestión de maquinaria de obra.
- **Comunicaciones masivas entre máquinas (MMTC – Machine-Type Communication).** Las MMTC se caracterizan por la conexión de un número extremadamente elevado de dispositivos, lo que suele exigir un bajo volumen de tráfico. Su principal aplicación está relacionada con las redes IoT. Algunas de las aplicaciones de la construcción 4.0 que aplican estas comunicaciones son la supervisión en obras, el uso de sensores para el control de calidad de las obras o la seguridad de los trabajadores.

Para el análisis de la siguiente tabla, se ha utilizado la siguiente leyenda:

- ✓ Tecnología 5G relevante.
- ✗ Tecnología 5G no relevante.
- ? Indefinido.

⁵⁰ [19].

Caso	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7
EMBB	✓	✓	✓	?	✗	?	✓
URLLC	✓	✓	✗	✓	✗	?	✓
MMTC	✗	✗	✓	✓	?	✓	✗

Tabla 24: Categorías de servicios 5G aplicables a los diferentes casos de uso de la construcción 4.0 (Elaboración propia)⁵¹

Como se puede observar en la tabla anterior, las tres categorías de servicios son relevantes para contribuir a crear un ecosistema de construcción 4.0, ya que estos servicios son fundamentales para la implantación de determinados casos de uso. A continuación, se puede observar un esquema de una obra de construcción, en el que se observan algunos ejemplos de estos servicios 5G y de sus casos de uso.



Ilustración 36: Escenario de obra en el que se representan diferentes casos de uso definidos en el apartado anterior [19]

A estas tres categorías de servicios se le pueden añadir las nuevas características como:

- **El corte de red o network slicing.** El Network Slicing de la red 5G es el uso de la virtualización de la red para dividir las conexiones de red individuales en múltiples conexiones virtuales distintas que proporcionan diferentes cantidades de recursos a diferentes tipos de tráfico. La tecnología 5G busca satisfacer las necesidades de diferentes verticales y, para ello, se divide en múltiples redes lógicas aisladas (slices). Cada una de estas rebanadas de red se dedicará a distintos tipos de servicios. La segmentación de la red es algo fundamental para la Construcción 4.0 debido a la variedad de requisitos que presentan sus diferentes

⁵¹ **Caso 1:** Automatización y control remoto; **Caso 2:** Drones con vídeo; **Caso 3:** Interacción en tiempo real entre usuarios; **Caso 4:** Integración de sensores; **Caso 5:** Videovigilancia; **Caso 6:** Riesgos y mantenimiento; **Caso 7:** Supervisión en tiempo real.

casos de uso y aplicaciones. En cada uno de los segmentos definidos, la configuración de la red será diferente para satisfacer los requisitos de las aplicaciones a las que se presta el servicio. Por ejemplo, la maquinaria autónoma requiere baja latencia y alta fiabilidad, mientras que, las cámaras de vídeo HD no tienen requisitos significativos de latencia y fiabilidad. Por tanto, estas dos aplicaciones se gestionarán de forma independiente en rebanadas de red distintas.

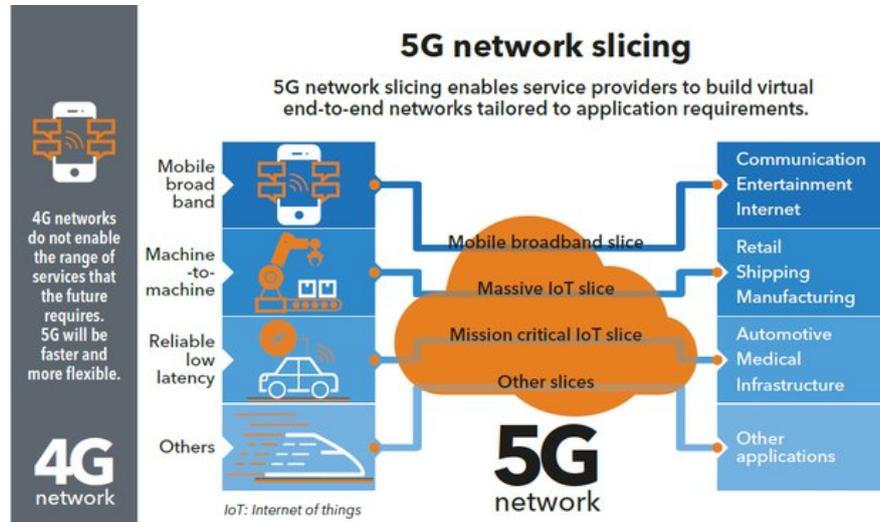


Ilustración 37: Esquema representativo de la segmentación de la red o network slicing [76]

- **La multiconectividad (MC).** La MC permite a los equipos de usuario de agregar simultáneamente recursos de radio de varios nodos de la red. Existen dos tipos de multiconectividad en función del número de nodos con conexiones simultáneas con el equipo usuario: Carrier Aggregation (CA), cuando sólo un nodo proporciona las diversas conexiones al equipo usuario, y Dual Connectivity (DC), cuando los recursos radioeléctricos asignados al equipo de usuario pertenecen a dos nodos diferentes. En el caso de aplicar la CA, el principal beneficio es el aumento de rendimiento de equipo del usuario y, por tanto, es muy relevante para los servicios EMBB y para aplicaciones como supervisión de procesos de construcción o modelos 3D. En el caso de aplicar DC, la principal ventaja es el aumento de fiabilidad, por lo que suele utilizarse en servicios URLLC y para aplicaciones como la maquinaria autónoma controlada a distancia. En definitiva, la MC proporciona mayor robustez en la conexión del equipo usuario con la red.
- **Entrada múltiple masiva y salida múltiple masiva (MIMO).** La MIMO masiva suele asociarse con un elevado número de elementos de antena. Es decir, MIMO permite aumentar la capacidad de la celda⁵² cuando cada antena se utiliza para conectar varios equipos de usuario. Además, un equipo de usuario puede tener más de una conexión, por lo que MIMO mejora considerablemente el rendimiento. Es decir, permite que un gran número de dispositivos tengan una

⁵² Una red móvil consta de una red de estaciones base que cubren un área delimitada (celda) y encaminan las comunicaciones en forma de ondas de radio desde y hasta los terminales de los usuarios.

conexión simultánea, lo cuál es un requisito importante para los servicios MMTC. La antena MIMO permite la funcionalidad de beamforming, es decir, que permite manejar la señal de radiofrecuencia a través de un access point que utiliza múltiples antenas, que generan diferentes haces, para transmitir la misma señal. Específicamente en la Construcción 4.0, la MIMO masiva será una funcionalidad clave para disponer de un gran número de dispositivos, como sensores de monitorización remota, realidad aumentada o visualización de modelos 3D.



Ilustración 38: Esquema representativo de una antena MIMO masiva [77]

- Comunicaciones vehiculares.** Las comunicaciones vehiculares se refieren a las comunicaciones entre vehículos y otros elementos, es decir, las comunicaciones vehículo a todo (V2X). Es un elemento clave en la tecnología 5G ya que aporta muchos beneficios como evitar accidentes, reducir el tráfico o reducir el impacto ambiental. Sin embargo, los requisitos para este tipo de comunicaciones son muy exigentes en cuanto a latencia, fiabilidad, rendimiento y localización precisa. Refiriéndose a la Construcción 4.0, este tipo de comunicación permite que la maquinaria actúe de forma autónoma, mejorando la eficiencia de los procesos de construcción.

Caso	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7
Network Slicing	✓	✓	?	?	?	✓	✓
MC	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓
MIMO	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗
Comunicaciones Vehiculares	✓	✓	✓	?	✗	✓	✗

Tabla 25: Características de servicios 5G complementarios aplicables a los diferentes casos de uso de la construcción 4.0 (Elaboración propia)⁵³

⁵³ **Caso 1:** Automatización y control remoto; **Caso 2:** Drones con vídeo; **Caso 3:** Interacción en tiempo real entre usuarios; **Caso 4:** Integración de sensores; **Caso 5:** Videovigilancia; **Caso 6:** Riesgos y mantenimiento; **Caso 7:** Supervisión en tiempo real.

A continuación, se muestra una tabla resumen del impacto de todos los servicios 5G analizados y su aplicación a los diferentes casos de uso en la Construcción 4.0:

Caso	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7
EMBB	✓	✓	✓	?	✗	?	✓
URLLC	✓	✓	✗	✓	✗	?	✓
MMTC	✗	✗	✓	✓	?	✓	✗
Network Slicing	✓	✓	?	?	?	✓	✓
MC	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓
MIMO	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗
Comunicaciones Vehiculares	✓	✓	✓	?	✗	✓	✗

Tabla 26: Tabla resumen de los servicios 5G aplicables a los diferentes casos de uso de la construcción 4.0 (Elaboración propia)⁵⁴

Como se puede observar en la tabla superior, todas las categorías de servicio 5G (EMBB, URLLC, MMTC) y todas las características 5G (Network Slicing, MC, MIMO masivo, comunicaciones vehiculares) son fundamentales para crear el nuevo ecosistema asociado a la Construcción 4.0. Todos estos servicios 5G tienen un impacto importante en tres o más de los casos de uso detectados y, por tanto, son muy complementarios y permiten acelerar la transición hacia este nuevo ecosistema de la industria de la construcción.

⁵⁴ **Caso 1:** Automatización y control remoto; **Caso 2:** Drones con vídeo; **Caso 3:** Interacción en tiempo real entre usuarios; **Caso 4:** Integración de sensores; **Caso 5:** Videovigilancia; **Caso 6:** Riesgos y mantenimiento; **Caso 7:** Supervisión en tiempo real.

7.2.5. La nueva arquitectura del sistema de la industria de la construcción causada por el 5G

En este apartado, combinando la información analizada de los casos de uso, se va a presentar una arquitectura de alto nivel sobre la integración de la tecnología 5G en el sector de la construcción (Ilustración 39). Con esta arquitectura, se pretende definir un marco global para la gestión de la Construcción 4.0. Esta arquitectura se compone principalmente de cinco componentes: fuentes de información, tecnología de comunicación 5G, procesamiento de datos, aplicaciones y gestión de red.

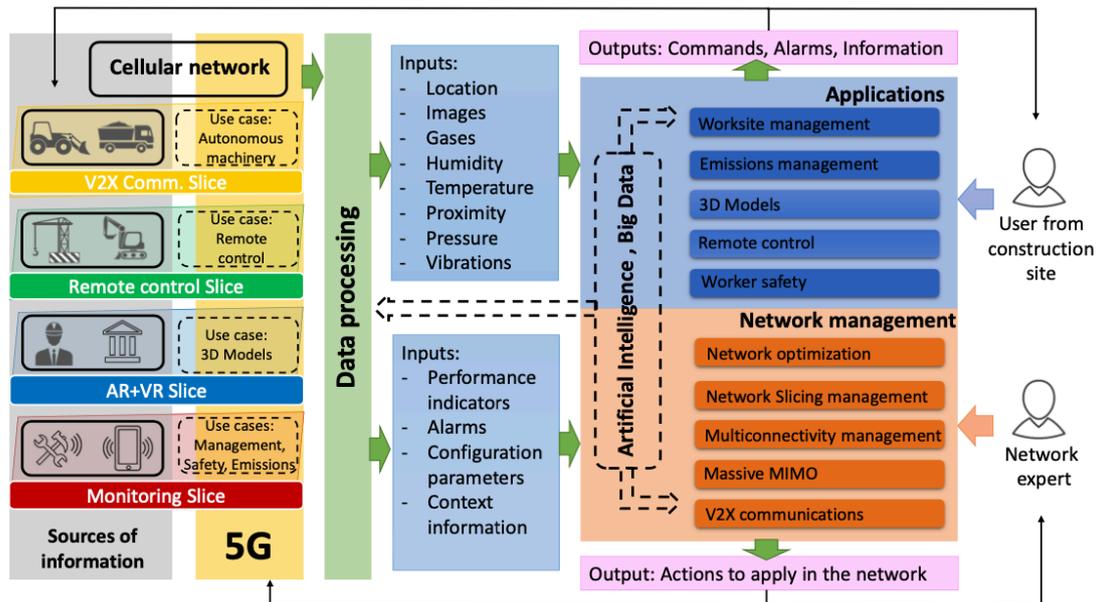


Ilustración 39: Arquitectura del nuevo sistema de Construcción 4.0 causado por el 5G [19]

Se considera que esta nueva arquitectura de la industria es necesaria para la integración de las redes 5G en el sector y para que todos los agentes del ecosistema puedan aportar el mayor valor a la Construcción 4.0.

7.2.6. Conclusiones sobre el rol del 5G en la industria de la Construcción

Las peculiaridades de la industria de la construcción, junto con un despliegue de redes que limitaba la implantación de nuevas tecnologías en esta industria, han provocado que no haya un gran nivel de automatización y digitalización en el sector. Sin embargo, la tecnología 5G se ha presentado como una nueva vía de digitalización y automatización del sector, proponiendo nuevas soluciones más actuales, fiables y seguras. Es decir, esta tecnología, pretende aportar nuevos servicios muy variados y enfocados a diferentes aplicaciones.

En este trabajo, se ha hecho un análisis de los diferentes casos de uso de la tecnología 5G y de todas sus aplicaciones posibles. Además, se han analizado las diferentes categorías de servicio 5G (EMBB, mMTC, URLLC) y las diferentes características 5G que permiten cumplir los requisitos de los diferentes casos de uso (Network Slicing, MC, MIMO masivo, comunicaciones vehiculares). Se ha concluido que estos servicios 5G son fundamentales para acelerar la transición hacia la Construcción 4.0, ya que son complementarios entre ellos y son indispensables para poder ofrecer todos los casos de uso analizados con anterioridad. Además, se debe destacar que servicios como EMBB y URLLC se consideran indispensables a corto o medio plazo, ya que son fundamentales para más del ~60% de los casos de uso analizados.

Además, a través del análisis de los diferentes casos de uso que muestran los servicios 5G aplicados por diferentes empresas, se puede deducir que:

- En el medio plazo los casos de uso de **drones con vídeo**, junto con **la integración de sensores, la videovigilancia y la supervisión en tiempo real** se generalizarán a nivel global, pero, por el momento, quedan centrados en Asia (China y Corea del Sur), norte de Europa (Suecia y Noruega) y Australia. En este caso, Corea del Sur y China, se colocan una vez más como referentes en la inversión en nuevas tecnologías para la Construcción 4.0.
- Sin embargo, aplicaciones destinadas a la **automatización y control remoto, riesgos y mantenimiento**, y, la **interacción en tiempo real entre usuarios**, tardarán más en llegar, ya que requieren una mayor infraestructura 5G desplegada tanto en la red como en la maquinaria y dispositivos, además de cambiar la cultura de trabajo de la Construcción.

Sin embargo, se debe destacar que la implantación de la tecnología 5G en esta industria está por el momento en proceso de iniciación, ya que la gran mayoría de los proyectos son piloto o experimentales. Por esta razón, aparecen algunas incógnitas por el momento en algunos aspectos:

- **Seguridad y privacidad.** Anteriormente se han comentado las ventajas que aporta la tecnología 5G, pero al mismo tiempo tiene asociado una cierta incertidumbre con la seguridad de la red, la virtualización de las redes y el Edge Computing. Existen soluciones para permitir la integración de red 5G asegurando la seguridad y privacidad, pero, sin embargo, existen algunos casos especialmente relacionados con los dispositivos de baja potencia, como los sensores, que siguen siendo incógnitas [19] y [20].

- **Dispositivos de capacidad limitada.** El despliegue de sensores en el ecosistema de Construcción 4.0 será masivo, mientras que estos sensores pueden tener capacidades limitadas, con poca potencia, memoria o capacidad de procesamiento. Aquí podría surgir un problema en la integración de estos sensores en las redes 5G [19].
- **Regulación actual desactualizada.** Las regulaciones deben adaptarse a las nuevas tecnologías para permitir el control remoto de maquinaria o dispositivos. Actualmente, no está regulado con claridad y queda incierta la responsabilidad en caso de accidentes físicos o materiales.

A nivel de líneas futuras, se espera que la tecnología 5G se implante de lleno en la construcción en el corto o medio plazo. En cuando al largo plazo, se esperan nuevas investigaciones para buscar nuevas aplicaciones que busquen mejorar la productividad, seguridad, eficiencia y sostenibilidad de la construcción, a través de la automatización y digitalización de los procesos. A nivel global, se espera que la principal innovación se concentre en Asia, principalmente en China y Corea del Sur, mientras que, en España, se espera que se siga apostando por proyectos experimentales a lo largo de los próximos años.

8. Conclusiones y líneas futuras

Tras el análisis del impacto de la tecnología 5G en diferentes industrias y casos de uso, se puede observar que tiene la capacidad de cambiar los sectores y de aportar valor y nuevos modelos de negocio, para cambiar la forma en la que se hacen actualmente. Esta tecnología tiene unas características únicas de buena velocidad, latencia y fiabilidad, además de permitir un enorme número de conexiones simultáneamente y una reducción en el consumo energético por dispositivo. Estas características le permiten ser muy polivalente y adaptarse a la tecnología ya existente en cualquier sector.

A lo largo del informe, se ha podido observar como la tecnología 5G ya ha comenzado a adentrarse en las industrias, como puede ser el caso de la fabricación y las fábricas conectadas a través de redes 5G privadas. Sin embargo, otras industrias están aún en vía experimental, tratando de buscar las mejores aplicaciones 5G, para hacer los sectores más eficientes, seguros y sostenibles. En el sector de las **máquinas de vending**, se puede observar que la tecnología 5G ya está incorporándose, principalmente a través de los medios de pago con tarjeta, NFC o biometría. Además, se espera que nuevos servicios se desarrollen en el medio plazo como puede ser la utilización de IA para interactuar con el consumidor o la incorporación de software de gestión de datos y consumo para facilitar la actividad de proveedores y operadores. Por otro lado, en la **industria de la construcción**, los proyectos están en un punto más experimental, ya que se requiere la creación de un ecosistema 4.0 para poder sacar partido a todas las funcionalidades de esta tecnología. Se espera que en el medio plazo sean más comunes servicios como los drones con vídeo, la integración de sensores, la videovigilancia o la supervisión en tiempo real. Mientras que el resto de los servicios se esperan en un plazo más largo, ya que requieren una mayor infraestructura 5G con dispositivos y maquinaria más preparados.

No obstante, estas innovaciones quedan limitadas por diferentes aspectos técnicos y regulatorios, que las empresas y gobiernos deben intentar solventar lo antes posible para poder continuar con la digitalización de los diferentes sectores:

- Se debe **acelerar el desarrollo de la red 5G**, para disponer de una infraestructura robusta y fiable lo antes posible.
- Se deben **adaptar las regulaciones** para proponer nuevos marcos legales que incentiven y ayuden a la aparición de nuevos servicios industriales que relacionen 5G e IoT.
- A largo plazo se debe construir una **red 5G con una mayor capilaridad** que la del 4G, para que la tecnología pueda penetrar a lo largo de todas las zonas y negocios del país.
- Asegurar los aspectos de **seguridad y privacidad** para poder integrar la red 5G minimizando los riesgos para las empresas y personas.
- Debe haber un **cambio cultural** para entender y difundir las nuevas posibilidades asociadas a esta tecnología, que cambia los modelos de negocio actuales.

Como se ha podido observar a lo largo de los casos de uso, las principales innovaciones en torno al 5G en el sector de Retail y Construcción, se sitúan en Asia y, puntualmente, en Estados Unidos y el norte de Europa. Por esta razón, se estima que España debe invertir más en investigaciones y desarrollo de nuevos modelos de negocio asociados a la tecnología 5G en los modelos de negocio B2B, ya que, es uno de los países

con mayor despliegue de red 4G a nivel europeo, con más del 95% de la población cubierta. Por tanto, tiene una herramienta de entrada e impulso que le permite poder crecer de una forma rápida y cambiar la actividad de las industrias con mayor facilidad.

A nivel de líneas futuras, las características 5G, junto con la digitalización de los modelos de negocio, permite pronosticar que esta tecnología va a adentrarse tarde o temprano en prácticamente todas las industrias. Se necesitan nuevas vías de investigación para poder cubrir espacios aún no cubiertos. Por ejemplo, a nivel del sector de las máquinas de vending existen posibilidades de investigación de nuevas funcionalidades en torno a:

- Máquinas de vending móviles que se ubiquen en los lugares de mayor demanda.
- Desarrollo de una mayor comunicación entre máquina y consumidor final, para enviarle información y promociones al teléfono móvil sin necesidad de estar cerca de la máquina.
- Mayor penetración del Big Data para el análisis de los servicios de proveedores y operadores, optimizando la ubicación de las máquinas y pronosticando los productos más demandados por época del año.
- Investigaciones en torno a la aplicación de las máquinas de vending para sectores mucho más variados como la salud, la automoción o la enseñanza, a través de bibliotecas como máquinas de vending por ejemplo.

Por otro lado, en el sector de la construcción, los servicios 5G van a tardar más en adentrarse, pero si que se deberían hacer más investigaciones para incorporar la robótica con el fin de aumentar la fiabilidad y reducir los riesgos humanos.

En definitiva, la tecnología 5G ofrece una oportunidad de crear nuevos modelos de negocio B2B además de todos los aspectos B2C ya conocidos. Esta oportunidad debe ser aprovechada tanto por las empresas privadas como por los organismos públicos, para aprovechar al máximo el valor aportado y crear industrias mucho más sostenibles.

9. Bibliografía

- [1] European Commission, «European Platforms Initiative,» 2015. [En línea]. Available: <https://iot-epi.eu/>.
- [2] IoT European Large-Scale Pilots Programme Team, «IoT European Large-Scale Pilots Programme».
- [3] European Commission, «European Commission,» 2016. [En línea]. Available: <https://ec.europa.eu/futurium/en/content/iot-03-2017-call-now-open.html>.
- [4] European Commission, «European Commission,» 19 Abril 2016. [En línea]. Available: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_16_1409.
- [5] European Commission, «Advanced Technologies for Industry,» 2020.
- [6] European Commission, «European Commission,» 11 Junio 2018. [En línea]. Available: https://ec.europa.eu/isa2/news/european-commission-has-announced-investment-%E2%82%AC92-billion-align-next-long-term-eubudget-2021_en.
- [7] 5G PPP supported by the European Commission, «5G Innovations for new business opportunities».
- [8] McKinsey & Company, «The 5G era. New horizons for advanced electronics and industrial companies,» 2020.
- [9] Xataka Móvil, «Xataka,» 25 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://www.xatakamovil.com/mercado/vodafone-orange-movistar-se-reparten-espectro-subasta-para-5g-542-millones-euros>.
- [10] Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, «Televisión Digital,» [En línea]. Available: <https://televisiondigital.mineco.gob.es/ayuda-ciudadano/Paginas/preguntas-frecuentes.aspx?Faq=Segundo%20Dividendo%20Digital%205G>.
- [11] S. Fernández, «Xataka Móvil,» 8 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.xatakamovil.com/movistar/telefonica-vodafone-orange-se-presentan-a-subasta-700-mhz-que-comenzara-antes-21-julio>.
- [12] J. Pastor, «Xataka,» 21 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/moviles/bandas-700-mhz-tienen-duenos-concluye-subasta-5g-que-permitira-extender-estas-redes-espana>.
- [13] Blu Wireless, «Blu Wireless,» 9 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.bluwireless.com/insight/wireless-backhaul-and-small-cells/>.
- [14] Cellnex Telecom, «Cellnex Telecom,» [En línea]. Available: <https://www.cellnextelecom.com/en/das-distributed-antenna-systems/>.
- [15] Cellnex Telecom, «Cellnex Telecom,» [En línea]. Available: <https://www.cellnextelecom.co.uk/product-services/small-cells/>.
- [16] M. Sierra Castañer y C. Fernández Aller, «ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL 5G EN LA SOCIEDAD,» [En línea]. Available: https://www.fundacionalternativas.org/public/storage/publicaciones_archivos/e9c470dcd901d3fbc0a288f8e436b943.pdf.
- [17] PA Consulting, «5G for smart manufacturing,» 2020.
- [18] IBM, «IBM,» [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/es-es/cloud/what-is-edge-computing>.
- [19] I. d. I. B. C. S. Á.-M. E. J. K. J. A. S. C.-D. R. B. Jessica Mendoza, «5G for Construction: Use Cases and Solutions,» 2021.
- [20] P. Varga, J. Peto, A. Franko, D. Balla, D. Haja, F. Janky, S. Gabor, D. Ficzer, M. Maliosz y L. Toka, «5G Support for Industrial IoT Applications— Challenges, Solutions, and Research Gaps,» Budapest, 2020.
- [21] E. Weiss, «FindBiometrics,» 14 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://findbiometrics.com/new-5g-vending-machine-processes-customers-facial-recognition/>.
- [22] I. P. Solís, «El Español,» 13 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://elandroidelibre.espanol.com/2019/05/la-maquina-expendedora-xiaomi-real-te-vendera-moviles.html>.
- [23] Rhea, «Rhea Vendors,» [En línea]. Available: <https://www.rheavendors.com/smartvend-solution/>.
- [24] Hostel Vending, «Hostel Vending,» 15 Enero 2021. [En línea]. Available: <https://www.hostelvending.com/noticias-vending/rhea-prueba-nuevas-tecnologias-de-5g-para-reforzar-la-personalizacion>.
- [25] F. Feifei, «China Daily,» 2 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://global.chinadaily.com.cn/a/202102/03/WS6019fd59a31024ad0baa6e5d.html>.
- [26] E. Weiss, «FindBiometrics,» 24 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://findbiometrics.com/panpacific-dispenses-beer-biometric-vending-machines/>.
- [27] American Green, Inc, «GlobeNewsWire,» 23 Abril 2019. [En línea]. Available: <http://www.globenewswire.com/news-release/2019/04/23/1807817/0/en/PanPacific-International-Set-to-Unveil-its-Beer-Vending-Machine-with-Age-Restriction-Verification-at-the-NAMA-Show-in-Vegas.html>.
- [28] PanPacific International, «PanPacific International,» [En línea]. Available: <https://panpacificinternational.com/home/smart-vending/>.
- [29] ViaTouch Interactive Media, «ViaTouch Interactive Media,» 2021. [En línea]. Available: <https://getvicki.com/>.
- [30] Telenorconnexion, «Connectivity technologies for IoT».
- [31] Unictron x Sanav, «Sanav,» [En línea]. Available: <https://www.sanav.com/case/vending-machine-2/>.
- [32] Hongdian Connecting Things, «Hongdian Connecting Things,» [En línea]. Available: <http://en.hongdian.com/NewsCases/Details/100000021855256>.
- [33] Silkron, «Silkron,» [En línea]. Available: https://www.silkron.com/smart_vending.
- [34] A. García, «Adslzone,» 15 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.adslzone.net/2019/05/15/bandas-5g-operativas-2020/>.
- [35] Deloitte, «Industries 4.0-challenges and solutions for digital transformation and use of exponential technologies.»

- [36] Caimore, «Caimore,» 31 Marzo 2020. [En línea]. Available: https://www.caimore.net/industrial-4g-5g-router-for-automatic-medicine-vending-machine-data-transmit_n83.
- [37] ShelfX, «ShelfX,» [En línea]. Available: <https://www.shelfx.com/>.
- [38] J. M. Cardozo, «Autocosmos,» 03 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://noticias.autocosmos.com.mx/2020/12/03/kfc-ya-cuenta-con-vehiculos-autonomos-que-fungen-como-maquinas-expendedoras-en-china>.
- [39] T. Durden, «ZeroHedge,» 22 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.zerohedge.com/technology/kfc-launches-autonomous-5g-food-trucks-china>.
- [40] Vengo, «Vengo,» [En línea]. Available: <https://vengolabs.com/>.
- [41] Win Connectivity, «Win Connectivity,» [En línea]. Available: <https://www.winconnectivity.com/solutions/distributed-antenna-systems/>.
- [42] N. Pastor, «La Vanguardia,» 27 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20210427/7092665/cambiara-vida-llega-gemelos-digitales-brl.html>.
- [43] J. A. Pascual, «ComputerHoy,» 25 Mayo 2021. [En línea]. Available: <https://computerhoy.com/noticias/motor/obras-construccion-maquinaria-autonoma-5g-doosan-871925>.
- [44] Sacyr, «Sacyr,» [En línea]. Available: <https://www.sacyr.com/-/las-tecnologias-inmersivas-que-estan-cambiando-el-mundo-de-la-construccion>.
- [45] R. Burguer, «The Balance Small Business,» 15 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.thebalancesmb.com/drones-affecting-construction-industry-845293>.
- [46] Umacon, «Umacon,» 1 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.umacon.com/noticia.php/es/la-importancia-de-la-construccion-sostenible/424>.
- [47] Flow & Process Consulting, «Flow & Process Consulting,» 3 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://flowandprocess.com/los-agv-un-elemento-clave-de-automatizacion-en-la-industria-4-0/>.
- [48] Two Reality, «Two Reality,» [En línea]. Available: <https://www.tworeality.com/gafas-virtuales/daqri-smart-helmet/>.
- [49] Wikipedia, «Wikipedia,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Inteligencia_artificial.
- [50] Cero Uno Software Corporativo, «Cero Uno Software Corporativo,» [En línea]. Available: <https://cerounosoftware.com.mx/2016/08/16/tipos-de-redes-privadas-virtuales/>.
- [51] P. Dini, M. Miozzo, N. Bui y N. Baldo, «A Model to Analyze the Energy Savings of Base Station Sleep Mode in LTE HetNets,» 2013.
- [52] Event architecture, «Event architecture,» 9 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://www.event-architecture.com/blog/2018/10/9/how-pop-up-shops-help-you-become-a-trusted-consumer-engagement-brand>.
- [53] Intel, «This is 5G revolutionizing retail,» [En línea]. Available: <https://www.intel.es/content/www/es/es/wireless-network/5g-technology/5g-retail.html>.
- [54] P. Chandran, «Medium,» 23 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://medium.com/@prannoiy/disruption-in-retail-ai-machine-learning-big-data-7e9687f69b8f>.
- [55] J. Jensen, «Intel Newsroom,» 14 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://newsroom.intel.com/editorials/welcome-future-retail-store-responds-you/#gs.9s5g3b>.
- [56] Intel, «Intel,» [En línea]. Available: <https://www.intel.es/content/www/es/es/wireless-network/5g-smart-retail-infographic.html>.
- [57] Grand View Research, «Smart Retail Market Size Worth \$58.23 billion By 2025,» 2018.
- [58] Doosan, «Doosan,» 5 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://eu.doosanequipment.com/es/news/2019-28-03-doosan-to-use-5g>.
- [59] Agrotecnica, «Agrotecnica,» [En línea]. Available: <https://agrotecnica.online/doosan-pionera-en-utilizar-5g-en-la-teleoperacion-mundial/>.
- [60] Taylor, «Taylor,» [En línea]. Available: <https://www.telstra.com.au/business-enterprise/news-research/case-studies/preparing-for-a-5g-future>.
- [61] Cradlepoint, «Cradlepoint,» 21 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://cradlepoint.com/press-release/the-5g-future-has-arrived-construction-company-successfully-trials-5g-for-high-tech-applications/>.
- [62] Microsoft, «Microsoft HoloLens 2,» [En línea]. Available: <https://www.microsoft.com/es-es/hololens>.
- [63] ACR Grupo, «ACR Grupo,» [En línea]. Available: <https://acr.es/actualidad-acr/acr-lidera-junto-con-la-universidad-de-malaga-un-proyecto-para-investigar-la-aplicacion-del-5g-en-las-obras/>.
- [64] C. Catalán, «Navarra Capital,» 23 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://navarracapital.es/acr-geolocalizara-sus-obras-gracias-al-5g/>.
- [65] Volvo Construction Equipment, «Volvo Construction Equipment,» 29 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://www.volvoce.com/espana/es-es/ascendum/about-us/news/2019/exploring-the-potential-for-5g-in-construction/>.
- [66] F. Leake, «5G Radar,» 1 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.5gradar.com/news/kt-and-hyundai-collaborate-to-bring-5g-to-construction-sites>.
- [67] C. Mu-Hyun, «ZDNet,» 1 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.zdnet.com/article/kt-and-hyundai-to-deploy-5g-networks-into-construction-sites/>.
- [68] Cinfo, «Cinfo,» 16 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://www.cinfo.es/es/blog/2021/03/16/telefonica-y-navantia-convierten-el-astillero-de-ferrol-en-el-primero-de-europa-con-5g-para-la-construccion-y-reparacion-de-buques/>.
- [69] Ferrovial, «Ferrovial,» 13 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://newsroom.ferrovial.com/es/noticias/ferrovial-5spring-2021/>.
- [70] Flyt now, «Flyt now,» [En línea]. Available: <https://flytnow.com/drones-for-construction/>.
- [71] Retema - Revista Técnica de Medio Ambiente, 28 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://www.retema.es/noticia/acuerdo-para-impulsar-el-uso-de-las-redes-5g-en-el-desarrollo-de-proyectos-industrial-7JJZZ>.

- [72] Telefónica, «Telefónica,» [En línea]. Available: <https://www.telefonica.es/es/casos-de-uso-5g/asistencia-3d-en-la-construccion-de-buques>.
- [73] M. Hayes, «Construcción Latinoamericana,» 21 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/China-pone-5G-a-trabajar-en-construccion/4144216.article>.
- [74] Hub Digital, «Hub Digital,» 2020. [En línea]. Available: <https://hubdigital.pe/post/que-es-un-sitio-de-construccion-inteligente-5g-5ed8217027f42>.
- [75] 1010 Corporate Solutions, «1010 Corporate Solutions,» [En línea]. Available: <https://www.1010corporate.com/Corporate/Solutions/5GforBusiness/Construction>.
- [76] SDX Central, «SDX Central,» 2 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.sdxcentral.com/5g/definitions/5g-network-slicing/>.
- [77] Mobile & Wireless Forum, 16 Marzo 2020. [En línea]. Available: <http://www.emfexplained.info/spa/?id=25916>.