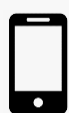


Densificación y racionalización de las redes móviles 5G en el territorio



Institut  Cerdà

Septiembre

2019



colegio oficial
**ingenieros
de telecomunicación**

Con la colaboración del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación



5G PPP
PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP



This Project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 761508

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto europeo 5G City, financiado por la UE dentro de su programa de ayudas a la I+D "Horizon 2020", cuyo objetivo es el de diseñar, desarrollar y desplegar, en condiciones operativas, una plataforma distribuida de *cloud* y radio para municipios y propietarios de infraestructuras que pueden actuar como operador neutro albergando equipamiento 5G. El proyecto ha contado, asimismo, con el apoyo y la colaboración de Cellnex Telecom.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. LA LLEGADA DEL 5G	3
1.1. ¿QUÉ ES EL 5G?	3
1.2. ¿QUÉ APLICACIONES POSIBILITARÁ?	7
1.3. ¿CÓMO SE HACE LLEGAR EL 5G A LOS USUARIOS?	15
2. PERSPECTIVAS DEL 5G	22
2.1. HORIZONTE TEMPORAL	22
2.2. STATE OF THE ART	23
2.3. PERSPECTIVAS DE IMPACTO ECONÓMICO	25
2.4. ECOSISTEMA DEL DESPLIEGUE 5G	27
3. MODELO DE GESTIÓN DE LA RED	32
3.1. LA DENSIFICACIÓN DE LA RED	32
3.2. MODELO DE DESPLIEGUE DE LA RED 5G CON UNA RED POR OPERADOR	36
3.3. MODELO DE DESPLIEGUE DE LA RED 5G CON UNA RED COMPARTIDA	37
4. INTEGRACIÓN EN EL TERRITORIO	45
4.1. DESPLIEGUE E INTEGRACIÓN DE LAS ANTENAS EN EL TERRITORIO	45
4.2. PROCEDIMIENTOS PARA EL DESPLIEGUE	48
4.3. COMUNICACIÓN DEL DESPLIEGUE	52
5. CRITERIOS A CONSIDERAR EN EL DESPLIEGUE	57
CONCLUSIONES	63
ANEXO 1: ACTORES DEL DESPLIEGUE 5G	67
REFERENCIAS	80
GLOSARIO	83



INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la nueva generación de tecnologías móviles 5G está conllevando importantes inversiones en el sector de las TIC y generando una gran expectativa en los medios, en el entorno institucional y en los diversos foros técnicos y profesionales. El sector y los expertos prevén que la nueva tecnología posibilitará cambios importantes en las prestaciones de las telecomunicaciones móviles, especialmente en lo que refiere a la mejora de la capacidad de transmisión de datos, la posibilidad de conectar dispositivos de manera masiva y la inmediatez y resiliencia en las conexiones.

A pesar de su importante proyección pública en los últimos años, existen aún incertidumbres sobre diversos aspectos del futuro escenario en el que se generalice el 5G, tanto por lo que se refiere al calendario, la estandarización y el marco regulatorio, como a las infraestructuras, los casos de uso y los servicios que se pueden desarrollar.

Más allá del ámbito estrictamente tecnológico y de negocio, los principales retos del proceso de desarrollo del 5G se hallan en la implantación de la nueva tecnología en el territorio y en la relación que se establece con la sociedad y sus grupos de interés.

Los operadores y los desarrolladores señalan que el 5G requerirá de un nuevo modelo de despliegue territorial y de un nuevo tipo de infraestructuras. El nuevo sistema de telecomunicación requiere de una malla mucho más densa y jerarquizada de infraestructuras con la particularidad de culminar con una red capilar de pequeñas antenas que deben situarse en puntos cercanos al usuario y, por tanto, con la necesidad de ocupar intensivamente el espacio público utilizando posiblemente el mobiliario urbano como plataformas de fijación. Como consecuencia de esta presencia física en el dominio público, será crítico el papel de las administraciones -en particular las de ámbito local- en el proceso de implantación de las nuevas infraestructuras. En este sentido, las administraciones se plantean cuáles deben ser los modelos de planificación, gestión y explotación (utilizando mecanismos de PPP) para conceder el uso del espacio público a los operadores especializados introduciendo criterios urbanísticos, ambientales y sociales. Las administraciones abogan por un modelo ordenado y eficiente en costes externos y se inclinan, por tanto, por un sistema con infraestructuras compartidas por parte de los diversos operadores y preferentemente una explotación integrada con un único interlocutor. Estos planteamientos pueden introducir un cambio de roles en la cadena de valor del sector de las TIC y un replanteamiento de los modelos de negocio de sus actores.

Desde el punto de vista del despliegue, y teniendo en cuenta la elevada inversión que requiere la red de infraestructuras, el sector 5G y los reguladores tienen también que hacer frente al posible riesgo de desequilibrio territorial y brecha digital que se puede producir en la cobertura y la prestación de servicios entre las áreas de mayor demanda (centros urbanos) y las de menor demanda (municipios rurales y diseminados), así como entre los ciudadanos de las áreas de centralidad económica y las comunidades periféricas y menos dinámicas.

También desde el punto de vista social, la tecnología 5G aún está lejos de ser conocida y aceptada por parte de la ciudadanía. En primer lugar, por las incertidumbres que aún persisten en el despliegue y, en segundo lugar, porque aún es pronto para visualizar los servicios que puede ofrecer. Respecto a generaciones anteriores, el 5G supone un cambio tecnológico disruptivo y fundamental para la transformación digital de sectores industriales y servicios profesionales. En este sentido si bien se ha generalizado el discurso sobre los beneficios en nichos de mercado específicos (movilidad asistida y autónoma, cirugía remota, industria 4.0) la inflexión en el valor que el 5G aportará a la ciudadanía en términos de servicios y productos personales de consumo masivo aún debe ponerse en evidencia.



Tanto por las características del modelo de negocio como por sus implicaciones socioeconómicas y territoriales, el desarrollo del 5G compromete a un mapa de grupos de interés muy amplio y complejo en el que tienen cabida tanto las empresas de la cadena de valor como los agentes externos del ámbito público, social y académico. Es por ello que el proceso de implantación debe tomar en consideración las expectativas y el valor que aportan los diversos actores como parte intrínseca de la arquitectura de la tecnología, del negocio y del sector y, especialmente, como participantes de la morfología de la red en la ciudad y el territorio.

En este contexto, el Institut Cerdà ha elaborado este estudio con un doble objetivo. Por un lado, el trabajo tiene la misión de favorecer la divulgación y la sensibilización con respecto al 5G, sus características, sus funcionalidades y el perfil de los agentes que intervienen en su universo. Por otro, el documento tiene el propósito de confrontar el desarrollo de la tecnología con la visión que tienen los diversos grupos de interés: su posición, sus requerimientos y los retos que visualizan. Para ello, el trabajo se alimenta de dos fuentes principales: el análisis del estado de arte a partir de publicaciones y del conocimiento del sector, pero también, y de forma muy particular, la realización de más de 30 entrevistas a representantes de los diversos grupos de interés implicados activa y pasivamente en el desarrollo del 5G. Como resultado, el documento combina la información divulgativa sobre la situación del 5G con el posicionamiento de los agentes y culmina con una relación de criterios que deberían tenerse en cuenta en el despliegue de la tecnología con el fin de desarrollar un modelo sostenible y competitivo desde el punto de vista económico, social y ambiental.

Nota: Este trabajo se enmarca dentro del proyecto europeo 5G City, financiado por la UE dentro de su programa de ayudas a la I+D H2020, cuyo objetivo es diseñar, desarrollar e implementar una plataforma de operador neutro que permita la compartición de propietarios de infraestructura de tecnologías de la información y actores verticales.



1. LA LLEGADA DEL 5G

1.1. ¿Qué es el 5G?

Las tecnologías móviles iniciaron su andadura hace casi 40 años, a finales de la década de los 70, y han recorrido ya cuatro generaciones distintas en este periodo de tiempo.

La primera generación (1G) apareció en el año 1980 basada en tecnología analógica. Con una velocidad de conexión muy baja (14.4 Kbps), sólo permitía el establecimiento de llamadas de voz. La falta de un estándar único en esta generación dificultaba la interconexión entre dispositivos; aun así, estas dificultades no detuvieron el auge de las comunicaciones móviles.

El primer salto generacional llegó en el año 1990 con la llegada del 2G. Esta nueva tecnología pasaba a ser digital y se desarrolló acorde a un estándar único en todo el mundo, que favorecía la interconexión de dispositivos. La segunda generación móvil también permitió el envío de mensajes de texto SMS (*Short Message Service*), el intercambio de imágenes y una conexión a Internet mejorada (con velocidades de 20-40 Kbps).

La tercera generación de tecnología móvil (3G) se desarrolló con el objetivo de aumentar el número de conexiones y las velocidades de transmisión de datos (500-700 Kbps). La arquitectura de la red era la misma que en la generación anterior y la evolución se produjo mayoritariamente en la arquitectura de las antenas. Su llegada en el año 2001 permitió consolidar el acceso a Internet desde los dispositivos móviles y la aparición de nuevos usos. Estas mejoras auspiciaron el auge de los "smartphones", de los principales sistemas operativos de móviles actuales (iOS y Android) y de las tiendas de aplicaciones multimedia (App Store y Play Store), aumentando aún más las posibilidades de uso de los dispositivos móviles.

En el año 2011 se inició el salto a la cuarta generación de tecnología móvil (4G), que introdujo grandes cambios en la arquitectura, tanto de las antenas como de la red. Con el 4G se mejoraron considerablemente la capacidad de las antenas y la velocidad de la transmisión de datos (100Mbps-1Gbps), permitiendo ofrecer una mayor calidad en aquellas funcionalidades que requieren altas velocidades de transmisión (aplicaciones de

videoconferencias o de contenidos audiovisuales, entre otros).

En estos momentos nos encontramos en un proceso de transición entre la tecnología 4G y la futura quinta generación de tecnologías móviles (5G). Las necesidades de reducir progresivamente aún más el tiempo de respuesta de las comunicaciones y multiplicar exponencialmente el número de dispositivos conectados (IoT) hace que la arquitectura de la red y los estándares de telecomunicaciones se vayan adaptando a la nueva realidad.

En este sentido, la tecnología móvil disponible actualmente, 4.5G o LTE-Advanced Pro, son tecnologías intermedias que mejoran las capacidades de la tecnología 4G y van preparando el terreno para el despliegue de la tecnología 5G.

Se prevé que la siguiente evolución tecnológica (5G), se empezará a desarrollar comercialmente a lo largo del año 2020 y tendrá una adopción mayoritaria y capilar en el período 2022-2025. Las prestaciones del 5G mejorarán en todos los aspectos las tecnologías inalámbricas precedentes, e introducirán nuevas capacidades sobre las que se desarrollarán aplicaciones que cambiarán las posibilidades de las telecomunicaciones tal como las entendemos a día de hoy.







	1G	2G	3G	4G	5G
 Fecha implementación	1980	1990	2001	2011	¿2019?
 Velocidad transmisión	14.4 Kbps	9.6 - 14.4 Kbps	500 - 700 Kbps	100 Mbps - 1 Gbps	1 - 10 Gbps
 Estándar mundial	Sin estándar mundial	GSM	UMTS	LTE	En desarrollo
 Disrupciones tecnológicas	Llamada telefónica	Blackberries	Smartphones	IoT banda estrecha	IoT masivo y banda ancha

Figura 1. Evolución de las tecnologías móviles.

El desarrollo del 5G viene motivado principalmente por el incremento del tráfico de datos móviles, el número de dispositivos conectados en los últimos años -que se prevé sostenido en el futuro-, y su incidencia en el tiempo de respuesta. En este sentido, distintas organizaciones ya pronostican que a corto plazo la capacidad de la tecnología 4G actual podría colapsarse¹.

La quinta generación representa un cambio profundo a nivel de tecnología de antena y red respecto al 4G, posibilitando nuevas prestaciones, una nueva concepción y gestión de la red y nuevos casos de usos innovadores.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) identifica las siguientes mejoras prestacionales como los vectores que posibilitan los nuevos casos de uso que se desarrollarán con el 5G:

1. Mayor ancho de banda. El 5G ofrecerá velocidades de transferencia de datos un orden de magnitud superior al 4G, con velocidades de descarga de hasta 10 Gbps.
2. Comunicaciones ultra fiables y de baja latencia. Con el 5G se lograrán latencias (tiempos de respuesta de la red) muy reducidas, de apenas unos pocos milisegundos asegurando, además, las comunicaciones. Con estos valores las comunicaciones se producen prácticamente en tiempo real y sin fallos.
3. Comunicaciones masivas de máquina a máquina. La arquitectura del 5G permitirá un aumento en el número de dispositivos inteligentes conectados de forma simultánea.

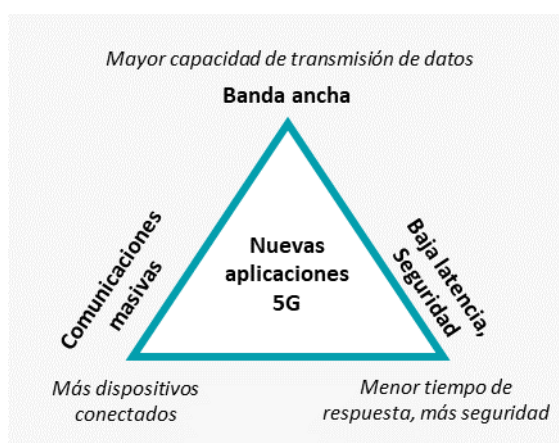


Figura 2. Mejoras prestacionales que traerá el 5G. Dentro del triángulo formado por sus diferentes vectores se pueden clasificar las nuevas aplicaciones que posibilita la tecnología. Elaboración propia a partir de UIT.

Con estas capacidades, el 5G se erige como una nueva red atractiva para desarrollar incluso los casos de uso más exigentes en materia de telecomunicaciones. El 5G es capaz de ofrecer prestaciones complementarias a la fibra óptica, con la ventaja de no requerir de infraestructura cableada hasta el usuario final. Esta ventaja es fundamental para los desarrollos de servicios en movilidad, y en general un aliciente por la mayor flexibilidad que permite a sus usuarios.

¹ Se prevé que entre el 2018 y el 2023 el tráfico de datos móviles se multiplicará por 8 a nivel global. Fuente: BCG [10] y Ericsson [17].

Aumento del tráfico de datos móviles

Diversas fuentes apuntan a un fuerte crecimiento del consumo de datos a través de las redes de telefonía, debido a la competencia entre operadores móviles -que les obliga a ofrecer tarifas de datos con mayor capacidad- y la proliferación de aplicaciones de consumo de vídeo desde el móvil.

Este aumento, cifrado en un 40% anual por entidades como Boston Consulting Group (BCG) o Ericsson (según las cuales, en 6 años el tráfico se incrementaría en un 750%), podría provocar la saturación de las redes de telefonía actuales:

- BCG estima que, sin cambios en la configuración de red actual, en el año 2021 se habrán saturado las redes de telefonía en grandes ciudades europeas como Berlín, Londres o París [10]. En la figura 3 se muestra una estimación realizada por McKinsey&Company (McKinsey, en adelante) sobre la evolución de la densidad del tráfico de datos en algunas áreas metropolitanas del mundo.

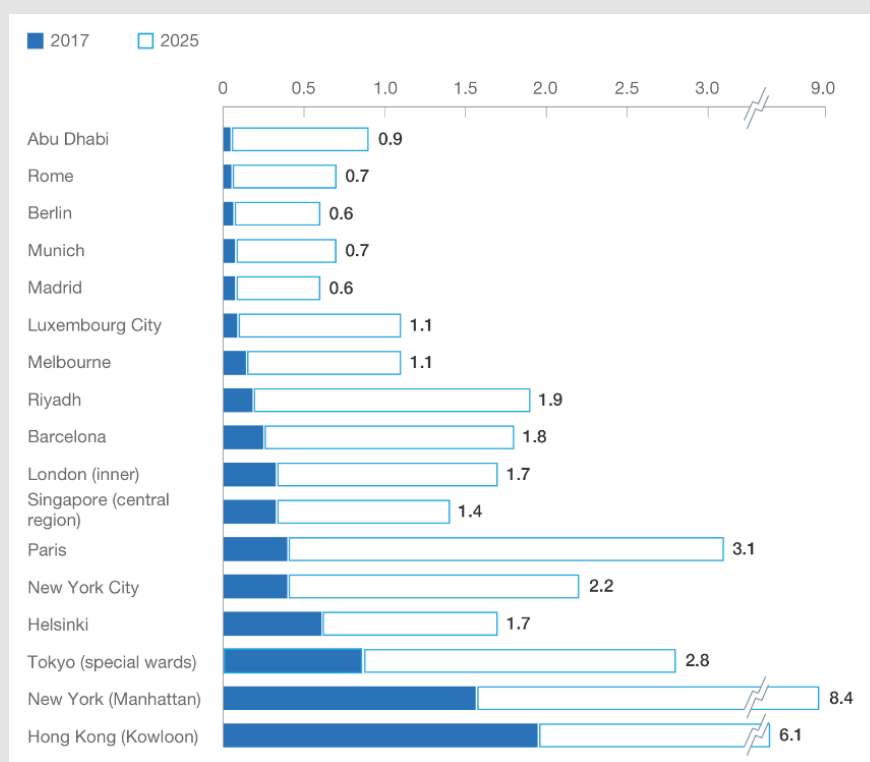


Figura 3. Evolución del tráfico de datos en áreas metropolitanas de todo el mundo entre los años 2017 y 2025. Los datos indican la densidad del tráfico, en Petabytes (1PB = 10⁶ GB) por kilómetro cuadrado. Fuente: McKinsey [11].

- McKinsey estima que entre los años 2020 y 2025 los principales operadores de telefonía se quedarán sin capacidad de red en más de la mitad de sus ubicaciones.

El uso de la nueva tecnología 5G será necesario para absorber este crecimiento sin comprometer la capacidad de la red. Según estimaciones de Digital Catapult [21], la red 5G podrá servir en el año 2020 unos consumos diarios de datos estimados en 1,5 GB por usuario, 4 GB por coche autónomo, y 1 TB por fábrica.



La principal innovación del 5G en materia de concepción y gestión de la red inalámbrica es la virtualización y segmentación de la red (*network slicing*). Su arquitectura permitirá crear redes de forma virtual pudiéndose configurar sus prestaciones “encima” de una infraestructura física genérica. Esta posibilidad permitirá -entre otros-:

1. Crear diferentes segmentos de red. La red se puede subdividir en diferentes segmentos, cada uno con sus propias prestaciones en función de los requisitos de su caso de uso. Así, una misma infraestructura 5G podría ofrecer a la vez un segmento de gran capacidad para conectar los sensores de la vía pública, otro de baja latencia para gestionar la movilidad de vehículos conectados, y otro de gran ancho de banda para ofrecer servicios de vídeo en alta resolución a los consumidores.
2. Gestionar los diferentes segmentos de forma dinámica. Con la virtualización se pueden variar los recursos asignados a cada segmento. Esto permitiría que, en caso de accidente, se pudieran priorizar los canales de comunicación de los servicios de emergencia por encima de otros usos.

- El *Edge computing*, o procesado de datos de forma local en los extremos de la red. Con esta innovación se pasa del procesado en la nube al procesado en los equipos cercanos a las antenas, con lo cual se reduce el tiempo de respuesta y con ello la latencia. Ello permitirá ofrecer servicios que requieran respuesta a tiempo real, como por ejemplo la movilidad conectada.

El 5G supone un cambio disruptivo respecto a las anteriores tecnologías. Más allá de la mejora de las velocidades de conexión, la quinta generación de tecnología móvil permitirá el desarrollo de nuevas aplicaciones para una gran variedad de sectores (industrial, ciudad inteligente, sanitario, etc.) y de nuevos modelos de negocio, aumentando de manera significativa su impacto social y económico.

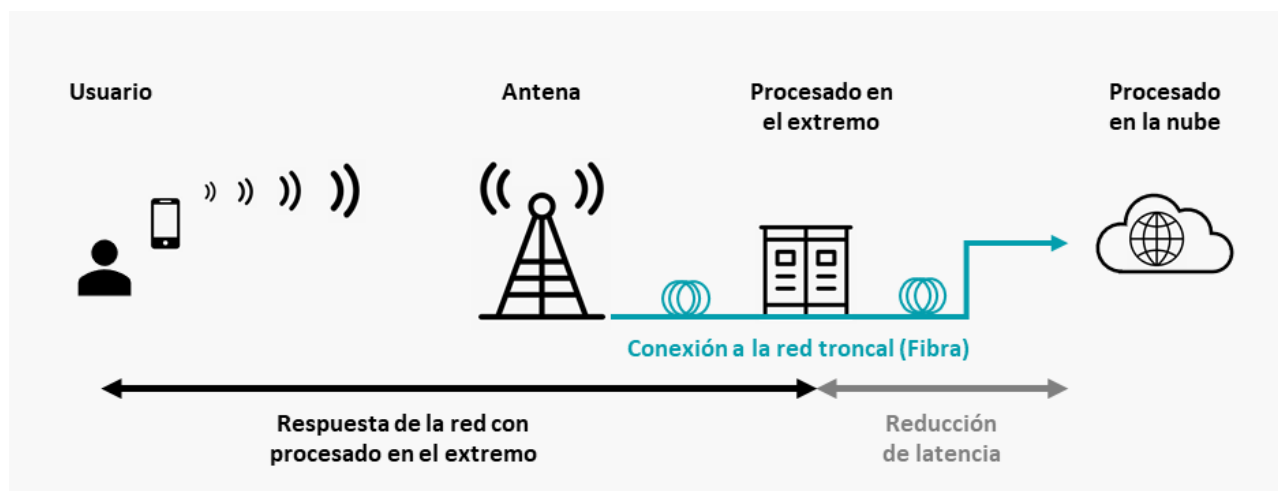


Figura 4. Esquema de los beneficios en términos de latencia del Edge computing. Al realizarse el procesado de los datos en el extremo de la red, se ahorra el tiempo que la información tardaría en alcanzar la nube y ser procesada allí; de esta manera se puede reducir la latencia de las comunicaciones. Elaboración propia a partir de UIT.

1.2. ¿Qué aplicaciones posibilitará?

Las mejoras prestacionales del 5G permiten el desarrollo de toda una serie de nuevas aplicaciones. Algunas, son evoluciones de tendencias incipientes que ya se están desarrollando sobre tecnología 4G (u otras tecnologías inalámbricas), mientras que otras serán nuevas prestaciones innovadoras.

A continuación, se describen los beneficios de las mejoras prestacionales del 5G y algunos casos de uso que se pueden (o que ya se han empezado a) desarrollar sobre estas mejoras.

1.2.1 Los beneficios de las mejoras prestacionales del 5G

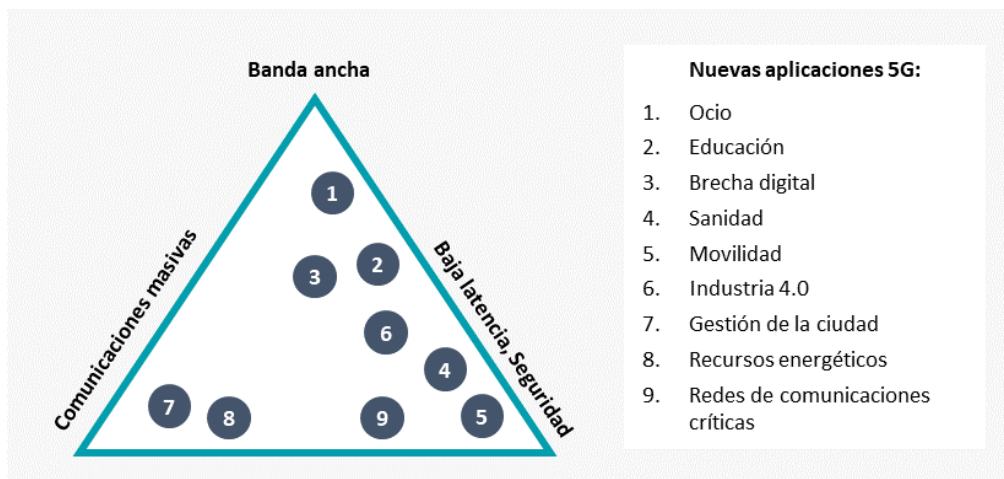


Figura 5. Relación entre los casos de uso y las nuevas mejoras prestacionales del 5G (vértices del triángulo). Cada caso de uso hace un uso más o menos intensivo de una (o más de una) característica del 5G.

Banda ancha mejorada

La transmisión de grandes cantidades de datos facilita todo un conjunto de aplicaciones basadas en contenido de ultra alta definición:

- Videos en ultra alta definición. Se podrá grabar y visualizar contenido audiovisual con calidades muy superiores a las que permiten las tecnologías actuales.
- Realidad aumentada. La mayor cantidad de datos que se podrán transmitir con el 5G permitirá añadir capas de información virtual sobre el mundo real.
- Realidad virtual². Gracias al *renderizado* de imágenes en ultra alta definición se puede conseguir una experiencia inmersiva realista en un entorno creado digitalmente (Figura 6).

En la actualidad se pueden encontrar ejemplos de casos de uso que desarrollan estas aplicaciones sobre 4G, aunque con limitaciones: el uso del 5G permitirá desarrollar plenamente sus posibilidades.

Se espera que las primeras aplicaciones se basen en la mejora del ancho de banda. Esta mejora resultará en un auge de las aplicaciones basadas en videos de muy alta calidad o de gran cantidad de datos.



Figura 6. Captura de pantalla de la aplicación Expeditions (Google LLC), una herramienta de educación virtual con la que grupos de personas pueden unirse en viajes virtuales por todo el mundo. Estos viajes virtuales se hacen hoy mediante fotografías 360°. Se espera que con el 5G el usuario pueda moverse libremente por el entorno.

² Esta aplicación requiere tanto de velocidades de transmisión de datos elevadas (para poder transmitir las imágenes del entorno virtual de forma instantánea) como de una latencia muy

reducida (para impedir que los usuarios no experimenten una sensación de mareo durante su uso).



Baja latencia y seguridad

La baja latencia de la tecnología 5G consigue que las comunicaciones sean prácticamente en tiempo real, lo cual permite la aparición de toda una serie de aplicaciones que actualmente no son posibles:

- Realidad virtual². Gracias a las posibilidades del 5G, se consigue rebajar la latencia por debajo de la barrera en la que los usuarios experimentan mareos en entornos completamente virtuales (latencia estimada entorno a los 20-40 milisegundos, según un informe de TNO [1]).
- Control remoto de maquinaria. Permite el manejo remoto de maquinaria de forma fiable. Un operario podría controlar todos los movimientos de la máquina y percibir los cambios de su entorno en tiempo real, permitiéndole actuar como si se encontrase físicamente en la ubicación remota.
- Capacidades autónomas. Las comunicaciones en tiempo real permiten orquestar la operación de diferentes elementos de manera autónoma y precisa, sin temer interferencias con otros elementos o su entorno.
- Internet táctil. La capacidad de transmitir datos en tiempo real junto con el uso de sensores hápticos (que permiten representar el sentido del tacto) permite crear nuevas experiencias y aplicaciones basadas en la simulación de este sentido. En el sector sanitario ya se plantea la posibilidad de realizar operaciones quirúrgicas a distancia gracias al 5G, para las que se requiere de muy baja latencia para permitir el control en tiempo real, junto a un gran ancho de banda para poder transmitir vídeo en alta o muy alta resolución (Figura 7).

Capacidad masiva de conexión de dispositivos



Figura 7. Demostración realizada por Ericsson en el MWC 2017. En la imagen de la izquierda se ve a un usuario equipado con un guante háptico y casco de realidad virtual. En la de la derecha, se ve un brazo robótico que controla al usuario a distancia. El brazo está equipado con sensores hápticos en su extremo, para poder transmitir al usuario el sentido del tacto del objeto con el que interactúa.

Con el 5G se consigue un aumento de capacidad de la red, que permite que se puedan interconectar una mayor cantidad de dispositivos entre sí. Esta característica permite los siguientes avances:

- Mejora del servicio en ambientes densos. La red 5G permitirá que se puedan conectar más usuarios en zonas muy densas, donde en la actualidad la calidad del servicio se ve comprometida. Son un ejemplo estadios de fútbol o centros comerciales, dónde se concentran una gran cantidad de personas en espacios confinados (Figura 8).
- Desarrollo del internet de las cosas. La mejora de capacidad de la red 5G permite introducir dispositivos conectados entre sí de forma masiva. De esta manera, se pueden desplegar sensores en coches y vía pública para habilitar aplicaciones de vehículo conectado, desarrollar aplicaciones de ciudades inteligentes, o potenciar casos de Industria 4.0 en las cadenas de producción de las empresas.



Figura 8. Los estadios de fútbol son un ejemplo de espacio confinado con una gran aglomeración de usuarios, en los que el servicio de telefonía suele ser débil e insuficiente para los usuarios. En el caso del Wanda Metropolitano (estadio del Atlético de Madrid, en la fotografía), Cellnex ha instalado una red multi-operador con más de 200 small cells y 10km de fibra óptica en todo el estadio para garantizar la inmediatez en la transmisión y descarga de datos a todos los espectadores.

1.2.2 Casos de uso del 5G

Sobre estas nuevas aplicaciones, se espera que se desarrollen distintos casos de uso multisectoriales, que expresen las posibilidades de la tecnología.

A continuación, se describen ejemplos de posibles usos enmarcados en los ámbitos de la mejora de la vida de las personas, de la gestión de la infraestructura y servicios públicos y de la

productividad, ordenándolos en función del horizonte de implementación esperado.

A estos primeros casos identificados, se añadirán muchos otros que resultan impensables hoy en día y que serán habilitados por las nuevas posibilidades de la tecnología 5G.



Figura 9. Clasificación de los casos de uso del 5G según su previsión de implementación y el tipo de funcionalidad que aportarán. Fuente: Elaboración propia.



Ocio

En el sector del ocio los nuevos casos de uso vendrán dados por la posibilidad de consumir contenidos en ultra alta definición y de vivir experiencias inmersivas de calidad en realidad virtual o aumentada. Estas mejoras podrían aplicarse en los siguientes casos:

- Consumo de vídeo. El consumo de vídeo en ultra alta definición mejorará la calidad de la imagen que reciben los usuarios en sus dispositivos. Junto con la realidad virtual, se podrían ofrecer experiencias de consumo de contenido inmersivas en que se situaría al usuario en medio de la escena representada.
- Videjuegos. Se podrán crear experiencias en las que los jugadores *vivirían* el videojuego



como si formasen parte del mundo virtual en el que se desarrolla. Esta posibilidad permitiría el desarrollo de nuevos formatos de videojuegos, revolucionando el sector del entretenimiento.

- Comercio. Se podrán previsualizar los artículos antes de comprarlos. Por ejemplo, un consumidor podría ver mediante realidad aumentada cómo le quedaría un artículo de ropa sobre su cuerpo real, o un mueble en una estancia de su domicilio, sin necesidad de desplazarse al establecimiento.

Estos casos de uso pueden aumentar el grado de inmersión e interacción del usuario con el contenido mediante la adición de internet táctil, en que se añadiría la componente del tacto a la experiencia virtual.

Figura 10. Fotograma de la película Ready Player One (Steven Spielberg, 2018). En ella, se muestra un futuro en que con un casco de realidad virtual y equipamiento háptico (guantes, trajes) se puede entrar en un videojuego de rol multijugador que se desarrolla en un mundo virtual; con el 5G se podrían desarrollar aplicaciones o entornos asimilables a los que muestra la película, abriendo interesantes posibilidades al sector del ocio y entretenimiento.

Educación

El sector de la educación también se beneficiaría de las posibilidades del 5G para impulsar el aprendizaje inmersivo y a distancia.

- Aprendizaje inmersivo. Mediante el uso de realidad virtual se pueden introducir a los alumnos en experiencias que les trasladen a otros países, paisajes o laboratorios, con el objetivo de obtener un conocimiento más concreto y real de la temática que estén estudiando. Esta experiencia se podría complementar con internet táctil, pudiendo simular operaciones complejas para su práctica en entornos virtuales seguros (por ejemplo,

para la reparación de elementos críticos de una maquinaria en un espacio reducido).

- Aprendizaje a distancia. Igual que con las consultas médicas remotas, el 5G permitirá contactar con docentes de forma remota. Esto permitiría a los municipios de menor población el acceso a oportunidades de formación sin tener que desplazarse a núcleos de población más grandes. Para la formación superior y especializada, permitiría acceder a las enseñanzas de expertos que, por agenda, les resulte difícil encontrar tiempo para desplazarse hasta los centros de formación.

Reducción de la brecha digital

En la actualidad observamos gran disparidad en la conectividad entre distintos territorios por las diferencias en el ancho de banda entregado. En general los operadores sólo han realizado sus despliegues de fibra óptica e infraestructuras de comunicaciones de banda ancha en aquellas zonas más densamente pobladas, por resultar más rentables. Este modelo de despliegue ha penalizado

las ubicaciones con menor densidad, como son las zonas rurales o suburbanas, creando una *brecha digital* que sitúa en desventaja las zonas con peor conectividad a la hora de atraer inversiones y ciudadanos, contribuyendo a su despoblación en favor de los núcleos de población más grandes.



La llegada del 5G permitirá ofrecer banda ancha de forma inalámbrica, en aquellas zonas sin despliegue de fibra óptica, reduciendo la brecha digital e incrementando las oportunidades de conectividad en todo el territorio. Esto será posible gracias a la mayor facilidad (en tiempo y coste) para hacer llegar el ancho de banda de forma inalámbrica desde antenas macro -con un gran radio de alcance- que permitirán cubrir grandes extensiones de terreno.

Sanidad

En el sector sanitario los nuevos casos de uso previstos se centrarán en el desarrollo de la telemedicina, aprovechando todas las nuevas capacidades de la tecnología 5G:

- Monitorización de los pacientes. La mayor capacidad de dispositivos conectados a las redes 5G permite un despliegue masivo de sensores con los que monitorizar mediante *wearables* la salud de la población que lo necesite (dispositivos vestibles, tales como relojes o pulseras: Figura 12). Ello permitiría realizar el seguimiento de un tratamiento médico o el desarrollo de una enfermedad de forma individualizada para cada paciente, sin necesidad desplazamiento a un centro médico, repercutiendo en una mayor eficiencia del sistema sanitario.
- Consultas médicas. La estandarización de transmisiones fiables y videoconferencias en



Figura 11. Un ejemplo de wearable especializado en la monitorización de parámetros médicos es el iBeats, un reloj inteligente que incorpora sensores para medir el ritmo cardíaco (foto izquierda). En función de las lecturas puede detectar una situación de riesgo y alertar al usuario, servicios médicos y/o contactos de emergencia para iniciar un protocolo de auxilio (foto derecha). Fuente: iBeats.

La reducción de la brecha digital significará la aplicación del conjunto de servicios y casos de uso del 5G en todo el territorio de forma ubicua. En aquellas zonas castigadas por tendencias de despoblación la llegada del 5G puede detener el proceso facilitando la llegada de nuevas empresas, al acercar los servicios de estas zonas (habitualmente rurales) a los de las ciudades, redundando en oportunidades laborales para la población local.

alta resolución entre la población permitirá la virtualización de las consultas médicas, eliminando los tiempos de espera y la necesidad de desplazamiento (Figura 11).

- Operaciones quirúrgicas. El vídeo en ultra alta resolución y la reducida latencia que promete el 5G permitirán la cirugía remota, y por tanto la efectuar de operaciones quirúrgicas a distancia mediante el empleo de brazos robóticos (como se mostraba en la Figura 7). De esta manera, se facilitaría al personal médico el acceso a la opinión de especialistas internacionales para aquellas operaciones más complicadas de efectuar. Aunque este caso de uso podría realizarse mediante fibra óptica entre dos centros “estáticos”, el 5G permitiría extender esta posibilidad a las ambulancias u otros vehículos móviles de los servicios de emergencias médicas, incluyendo los procedimientos quirúrgicos en movilidad.



Figura 12. Ejemplo de asistencia médica remota, en que se consulta por vía telemática al doctor especialista sobre los resultados del paciente. En esta imagen, el paciente está realizando la consulta remota desde un centro de salud: con el 5G se podrá realizar dicha consulta desde su propio domicilio. Fuente: El Médico Interactivo.



Gestión de la movilidad

Una de las principales contribuciones del 5G en el sector de la movilidad será posibilitar el auge de los sistemas de transporte inteligente (ITS), incluyendo el coche conectado (con la infraestructura viaria y con otros vehículos) que llevará al máximo el potencial de la conducción autónoma de los vehículos, al ser la tecnología que cumple los exigentes requisitos planteados por estos conceptos:

- Baja latencia y seguridad, para permitir la transmisión de información y consiguiente procesamiento y toma de decisiones en tiempo casi real. Sin ello, los sistemas de conducción conectada y autónoma no tendrían suficiente tiempo de reacción para prevenir accidentes con otros objetos en movimiento.
- Gran capacidad de dispositivos conectados, para permitir la sensorización de todos los vehículos y los diferentes elementos del espacio público (semáforos, incorporaciones a carreteras, etc.).
- Gran ancho de banda, necesario para gestionar la gran cantidad de datos generados por los múltiples sensores instalados en los vehículos.

La llegada del vehículo conectado proporcionará toda una serie de ventajas al sistema de movilidad del territorio:

- Se mejora la eficiencia de la movilidad en carretera, permitiendo reducir el consumo de emisiones y combustible gracias a la gestión conjunta de vehículos. Un ejemplo son los trenes de carretera de camiones conectados, en que los camiones se desplazan en grupo y aprovechan el rebufo para reducir los consumos (Figura 13).
- La conexión con los elementos de la vía pública permitirá ceder la prioridad semafórica a aquellos vehículos que la necesiten, como por ejemplo autobuses públicos o vehículos de emergencias como ambulancias o camiones de bomberos, mejorando la seguridad vial.

Para el despliegue de estas aplicaciones es necesaria una cobertura ubicua de 5G a lo largo de los corredores de infraestructuras.



Figura 13. Tren de carretera compuesto por 3 camiones, actualmente interconectados mediante tecnología radar.
Fuente: Volvo.

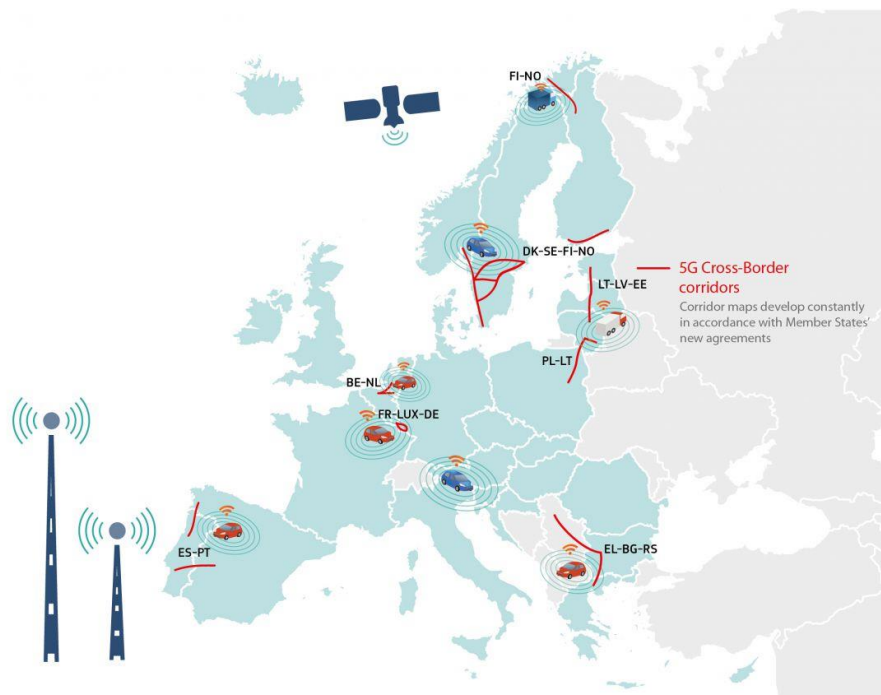


Figura 14. Mapa con los corredores 5G anunciados en la Unión Europea a fecha de octubre de 2018, con el objetivo de probar corredores 5G y tecnologías de conducción conectada y autónoma entre diferentes países vecinos. Fuente: Comisión Europea.

En la península ibérica, España y Portugal acordaron en abril de 2018 poner en marcha dos corredores 5G (entre Vigo y Oporto y entre Évora y Mérida).

Industria 4.0

En el sector de la industria, la llegada del 5G puede acelerar la implantación de tecnologías 4.0, incluyendo la digitalización de los procesos productivos para la mejora de la competitividad.

Si bien ya existen casos de empresas que han adoptado soluciones de industria 4.0 con otras tecnologías inalámbricas, la quinta generación de tecnología móvil permitirá ofrecer una base sobre la que desarrollar soluciones estandarizadas u homogéneas con mejores prestaciones. Estas características permitirán desarrollar mejoras que repercutirán en una mayor competitividad de las empresas:

- La estandarización de la tecnología permitirá una mayor comunicación e integración entre las cadenas de producción de empresas diferentes, al no requerir cada una de su propia solución tecnológica. Esta comunicación se puede explotar entre las empresas de la misma cadena de producción (proveedores-clientes) o entre las empresas de la misma zona para sincronizar procesos y aprovechar sinergias:
 - Sinergias en la cadena de producción. Una mejor comunicación entre todos los actores y procesos de la cadena permitiría conocer con mayor precisión la demanda de cada uno de ellos e ir ajustando la producción en concordancia. De esta manera las cadenas de producción se flexibilizan y mejoran en eficiencia.
 - Sinergias con el entorno de las empresas. La comunicación entre empresas de una misma ubicación geográfica permitiría el auge de economías circulares y la contratación de servicios compartidos entre ellas, con los que ahorrarían en costes gracias a la aparición de economías de escala (como por ejemplo centrales de compra o gestión conjunta de residuos).
- La baja latencia del 5G y las posibilidades de aplicaciones en tiempo real abren un amplio abanico de opciones de digitalización:
 - Control en tiempo real de procesos críticos de producción que requieran de una gran precisión. Este control facilita un menor tiempo de respuesta en caso de que se detecte algún error, contribuyendo a una mayor eficiencia de la producción.

- Control y/o reparación remota de maquinaria, especialmente útil en operaciones de riesgo para los operarios humanos. Este control remoto se puede complementar con posibilidades de internet táctil para mejorar su precisión.
- Despliegue de robots autónomos en las fábricas. Similar al vehículo autónomo, un robot requiere capacidad de reacción y adaptación en tiempo real, para evitar provocar accidentes.
- La transmisión de vídeo en alta resolución permitiría la irrupción de aplicaciones de realidad aumentada en las fábricas. Con ellas, los operarios serían capaces de consultar todo tipo de información con la que mejorar su productividad (manual de uso o de reparación de una máquina, etiquetaje de un paquete, etc. Figura 15).



Figura 15. Ejemplo del uso de gafas de realidad aumentada para consultar información sobre el proceso industrial que se está desempeñando. Fuente: AGCO.

- La naturaleza inalámbrica del 5G otorga asimismo una gran flexibilidad a las empresas para reconfigurar la distribución de sus fábricas. Esta flexibilidad redundaría en más competitividad, al dotarlas de capacidad de adaptación a cambios en la escala de su producción o a la introducción de nuevas tecnologías (pudiendo añadir o retirar maquinaria sin preocuparse de modificar conexiones de fibra, por ejemplo).



Gestión de la ciudad

El 5G podría dar un nuevo impulso al concepto de ciudad inteligente, al permitir la interconexión inalámbrica de un gran número de dispositivos con una latencia reducida. De esta manera, los diferentes sensores que conformarían la ciudad podrían comunicarse entre sí en tiempo real, aumentando la eficiencia de la toma de decisiones en las ciudades. A continuación, se citan algunos casos de uso:

- **Monitorización.** El despliegue masivo de sensores inteligentes y conectados entre sí permitirá conocer el estado de los diversos servicios urbanos y posibilitará una toma de decisiones con información en tiempo real (estado de los contenedores, de los depósitos de laminación de agua en episodios de lluvia o de la calidad del aire, entre otros). El paso a la tecnología 5G favorecerá la expansión de estos sensores al no requerir ningún tipo de obra civil con la que conectarlos a la red.
- **Mantenimiento.** La sensorización masiva permitirá conocer con mayor detalle las necesidades de mantenimiento de los diferentes elementos del espacio público o de las redes de servicios urbanos. Para ejecutar el mantenimiento de los elementos más inaccesibles se puede recurrir a drones, que se comunicarían con los sensores del elemento averiado e iniciaría los protocolos de mantenimiento y reparación adecuados. Por ejemplo, un dron podría comunicarse con un técnico municipal para permitirle el visionado del elemento averiado mediante vídeo de alta resolución para su diagnóstico, y acto seguido ejecutar su reparación mediante brazos

robóticos controlados de forma remota. Otra facilidad que permite incorporar el 5G al mantenimiento de la ciudad es la del uso de la realidad aumentada para consultar procedimientos de reparación. Por ejemplo, se podrían usar sensores en las arquetas de la ciudad en los que poder consultar los servicios a los que da acceso, su estado o las instrucciones acerca de cómo proceder en su manejo o reparación, facilitando las tareas de mantenimiento de técnicos municipales.

- **Turismo.** La mayor resolución y cobertura de aplicaciones de realidad virtual o aumentada gracias a una cobertura ubicua, permitirá ofrecer a los visitantes información virtual de la ciudad que complemente su experiencia y les ayude a conocer la historia y las posibilidades que su entorno le ofrece (mostrando guías turísticas, curiosidades sobre puntos singulares de interés, recreaciones de edificios/monumentos y escenas históricas y cotidianas de épocas pasadas -Figura 16).

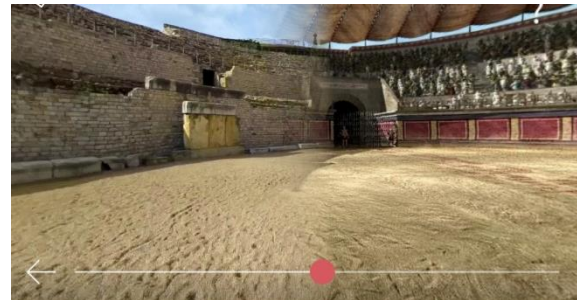


Figura 16. Captura de pantalla de la aplicación Imageen Tarraco, en que se puede visualizar en paralelo el presente (mediante una fotografía en 360 grados, a la izquierda) y el pasado de diferentes monumentos de Tarragona gracias a la representación en realidad virtual de su aspecto en la época romana (a la derecha). Se espera que con el 5G estos servicios sean ubicuos.

Gestión de recursos energéticos

En el sector de la energía, la irrupción del 5G abre las puertas a la gestión multidireccional de la energía: la sensorización masiva de los elementos y usuarios de la red (productores, distribuidores y consumidores) y su interconexión mediante comunicaciones de baja latencia posibilitadas por el 5G, permitirá conocer las demandas de energía en cada momento y punto de la red. Esto permitirá que la energía se genere y distribuya en tiempo real en función de las necesidades reales de los consumidores, mejorando la eficiencia del sistema.

La baja latencia también permite mejorar la resiliencia del sistema de distribución eléctrico. La comunicación en tiempo real entre todos los nodos de la red favorecerá que se tenga una mayor capacidad de reacción ante problemas de suministro en alguno de sus puntos, pudiendo aislarlo y restaurarlo más rápidamente.



1.3. ¿Cómo se hace llegar el 5G a los usuarios?

Para llevar la señal desde los dispositivos de los usuarios hasta la red, se requieren distintos medios e infraestructuras para transmitir la información:

1. Espectro de frecuencias. La frecuencia de las ondas electromagnéticas varía en un rango muy amplio de valores. Dependiendo del rango de frecuencia, hablamos de distintos tipos de ondas o radiación electromagnética. Por ejemplo, hablamos de ondas de radiofrecuencia de microondas, de infrarrojo, visible, etc. El conjunto de todas ellas constituye el espectro electromagnético.
2. Antenas. Son los equipos que emiten las ondas radioeléctricas que conectan a los usuarios a la
3. Conexión a la red troncal. Permite el envío de información desde una antena a la nube, otras antenas u otros equipos auxiliares. La fibra hasta la antena (FTTA) es el principal método de interconexión de las torres y un elemento estratégico en la arquitectura de la red 5G
4. Equipos auxiliares. Permiten ofrecer funcionalidades añadidas a la red, entre las que destaca la computación en el extremo, o *Mobile Edge Computing* (MEC).

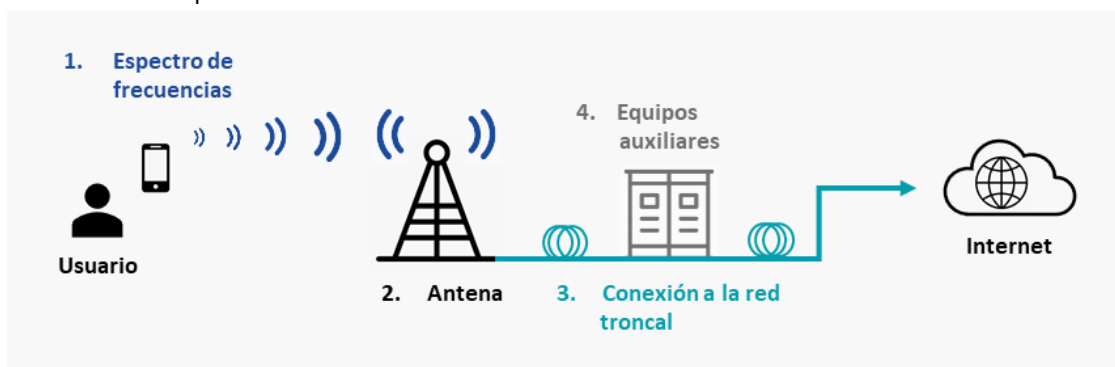


Figura 17. Esquema de los medios por los que se transmite la información en las redes inalámbricas.

1.3.1. Espectro de frecuencias

En las comunicaciones inalámbricas, incluida la telefonía móvil, el espectro de frecuencias es el medio con el que se transmite la información entre el usuario final y la red.

El espectro de frecuencias comprende todo el rango de ondas electromagnéticas. Las comunicaciones móviles usan una parte de este espectro (ver Figura 18), compartiéndolo con otros usos, como la televisión digital terrestre (TDT) o las comunicaciones por radar. Esta disparidad de posibles usos del espectro hace necesaria una regulación de los mismos, para evitar interferencias y ofrecer los mejores niveles de servicio.

La competencia de regulación del espectro es nacional. En España, su uso está ordenado por el Ministerio de Economía y Empresa a través de la Secretaría de Estado para el Avance Digital y recopilado en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias, donde se puede consultar los rangos del espectro habilitados para cada tipo de uso.

Como administración competente en regulación del espectro, corresponde al Gobierno definir aquellas frecuencias sobre las que se va a desarrollar cada uso, incluidas las comunicaciones con tecnología 5G. En este sentido, en el Plan Nacional 5G 2018-2020 se identifican las bandas de frecuencias contempladas para el despliegue inicial del 5G:

- Banda 700 MHz. Es una de las bandas identificadas a nivel europeo por el Grupo de Política del Espectro Radioeléctrico (RSPG). Al ser una banda de frecuencias bajas, permitirá ofrecer una gran extensión de cobertura (ideal para entornos rurales) y el uso de tecnología 5G dentro de edificios. Permitirá altas velocidades de descarga y comunicaciones máquina a máquina masivas.
- Banda 1,5 GHz. No se encuentra entre las bandas identificadas como prioritarias para el 5G, aunque en la consulta del Plan Nacional 5G el Ministerio la presentaba como una banda con la que aumentar la capacidad en el enlace descendente.



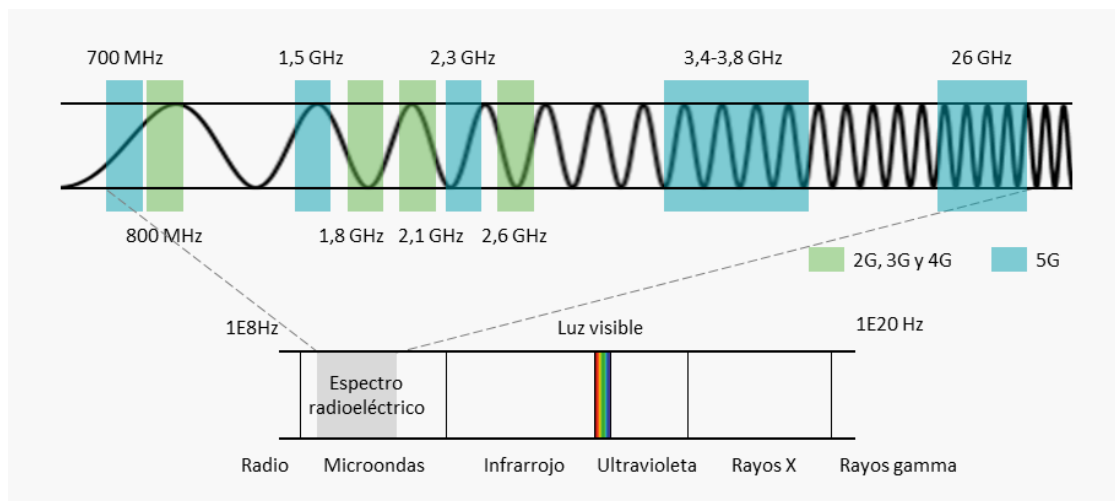


Figura 18. Ordenación actual y planificación futura del espectro radioeléctrico en España. Elaboración propia a partir de datos de Wikipedia (espectro de frecuencias), Secretaría de Estado para la Sociedad de la Información y la Agenda Digital (Plan Nacional 5G) y Ministerio de Economía y Empresa (Registro Público de Concesiones en Redes Móviles).

- Banda 2,3 GHz. Tampoco se encuentra entre las bandas prioritarias, aunque varios operadores reclamaban en la consulta del Plan Nacional 5G su habilitación para comunicaciones móviles, en la línea de las demandas de algunas iniciativas europeas. Un escenario sería el de convertirla en una banda no licenciada (como la del WiFi) para servicios 5G³.
 - Banda 3,4-3,8 GHz. Es una de las bandas identificadas a nivel europeo por el RSPG. Es una banda de frecuencias medias, y por lo tanto será la que ofrecerá un mejor compromiso entre cobertura y capacidad; esto hace que se la considere como la banda principal para la introducción de servicios 5G en Europa. Permitirá velocidades de entre 1-3 Gb/s y comunicaciones máquina a máquina en una extensión más reducida. En Julio de 2018 fue la primera banda subastada en España.
 - Banda 26 GHz. También identificada por el RSPG, es una banda de frecuencias altas que permite una gran capacidad de transmisión de datos. Las velocidades de descarga estimadas son de 10 Gb/s. Debido a su menor cobertura, no se esperan aplicaciones máquina a máquina sobre esta banda.
- restricciones administrativas que impiden el uso de las bandas actuales para servicios 5G, a medida que las anteriores generaciones se queden obsoletas.
- Bandas de alta frecuencia. A largo plazo, se podría extender el servicio y los casos de uso del 5G a nuevas bandas. Estas bandas adicionales se debaten actualmente en las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones, de las que hay previsto realizar una en el año 2019. El Plan Nacional 5G identifica las siguientes bandas:
 - 31,8 a 33,4 GHz (según RSPG).
 - 37 a 40,5 GHz (aportación a la consulta de los participantes).
 - 40,5 a 43,5 GHz (según RSPG).
 - 45,5 a 47 GHz (aportación a la consulta).
 - 47 a 50,2 GHz (aportación a la consulta).
 - 50,4 a 52,6 GHz (aportación a la consulta).
 - 66 a 76 GHz (aportación a la consulta).
 - 81 a 86 GHz (aportación a la consulta).

El Plan Nacional también considera otras bandas en las que ofrecer servicios 5G a largo plazo:

- Bandas actualmente en uso para tecnologías 2G, 3G y 4G. En la consulta del Plan Nacional 5G se recogen varias peticiones para eliminar las

A medida que se usan ondas con mayores frecuencias, se aumenta el ancho de banda disponible, a costa de perder cobertura.

³ El RSPG está estudiando modelos innovadores de gestión de espectro en los que plantea bandas no licenciadas y/o bandas

asignadas a los propios usuarios del espectro, sin necesidad de pasar por un operador minorista.

Con la legislación actual un operador móvil virtual puede ofrecer servicios de comunicaciones 5G. Al ser la demanda de espectro superior a su disponibilidad, la asignación de espectro entre las diferentes compañías que quieren ofrecer servicios de telefonía móvil se realiza mediante licitación, en formato de subasta.

Antes de sacar a subasta una banda del espectro, el Gobierno ha de despejarla de otros posibles usos. Éste fue el caso del primer dividendo digital, en que

1.3.2. Antenas

se desplazó al servicio de televisión fuera de la banda 800 MHz, asignándolo para redes 4G, y volverá a pasar con la banda de 700MHz en los próximos meses (segundo dividendo digital).

Según el observatorio 5G impulsado por la Comisión Europea, la mayoría de las pruebas piloto en la Unión Europea se realizan en la banda 3,6 GHz. Sólo 10 estados miembros han completado una subasta de espectro a fecha de septiembre de 2018 (entre ellos España).

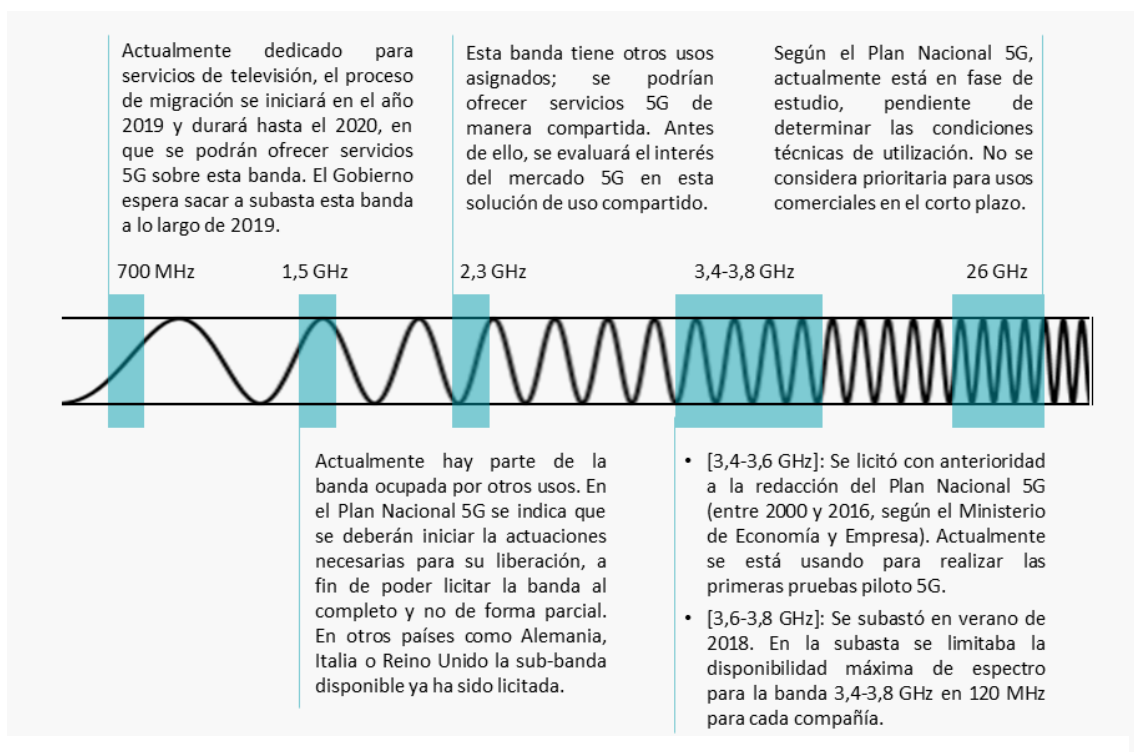


Figura 19. Estado actual de las diferentes bandas para servicios 5G. Elaboración propia

Actualmente, la red 4G se desarrolla sobre dos tipos de antenas. La nueva red 5G se desarrollará sobre una infraestructura similar a la actual, aunque con

algunos cambios de concepción y avances tecnológicos que mejorarán sus prestaciones.

Tipo de antenas

La red de infraestructuras de telecomunicaciones del 5G se compondrá de dos tipos de antenas usadas en la actualidad, conocidas como *macro* y *small cells*. Las *macro cells* son las torres de telefonía que se utilizan mayoritariamente en las redes 4G actuales, mientras que las *small cells* son equipos de dimensiones reducidas que se empiezan a desplegar en entornos de alta densidad para mejorar la capacidad de la red.

Con la llegada del 5G, se intensificará el despliegue de la red, y su densificación, en base a las *small cells*, acercando tanto los puntos de transmisión (las *small cells*) como la capacidad de proceso en la red asociada a una menor latencia, al usuario final. Se cumplirá así con los requerimientos del 5G en términos de capacidad, velocidad, latencia y cobertura.

A continuación, se describen las características de los dos tipos de antenas:



Tipo	Alcance	Potencia	Ventajas	Retos
<i>Macro Cells</i>	1-20 km	Centenares de vatios	Cobertura en extensas áreas geográficas	Mayor impacto visual. Son más susceptibles a interferencias
<i>Small Cells</i>	50-300 m	Pocas decenas de vatios	Mejora la cobertura y por ello la calidad del servicio. Mimetizable en el entorno	Poco alcance de las antenas, obliga a su densificación

Tabla 1. Características de los diferentes tipos de antenas. Fuentes: Kathrein USA [2].

Las *Macro Cells* son las torres de telefonía actuales, con tecnología radio 5G. Como tales, son infraestructuras altas (de varios metros), fácilmente distinguibles en el entorno. En general, suelen generar sensibilidad social por su asociación con una mayor contaminación electromagnética local.

Sus antenas tienen la capacidad de dar cobertura a una extensa área geográfica a su alrededor, aunque son susceptibles a pérdidas de señal en sus extremos debido a la presencia de interferencias (de otras ondas u obstáculos físicos). Este tipo de infraestructura es idónea para dar cobertura a municipios de baja densidad de usuarios o zonas rurales con las frecuencias que se utilizan actualmente, donde los operadores necesitan un amplio radio de alcance para dar servicio al máximo número de usuarios con una sola antena.

Para lograr esta extensa cobertura (de entre 1 y 20 km, en función de las posibles interferencias y los usuarios servidos) las antenas macro son equipos de gran potencia, del orden de centenares de vatios.

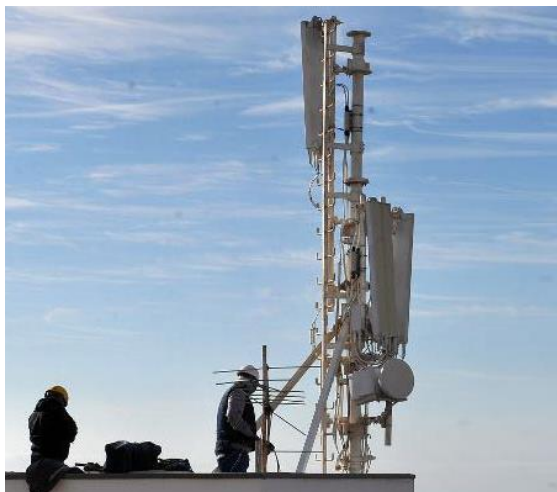


Figura 20. Antenas macro en la azotea de un edificio. Fuente: Mediatelecom.

Estos equipos se usarán prioritariamente con frecuencias de la zona baja del espectro, como es el caso de la banda de 700 MHz.

Las *Small Cells*, en cambio, son antenas de dimensiones reducidas y de poca potencia, pensadas para dar cobertura de forma focalizada, complementando la cobertura que ofrecen las antenas macro en frecuencias altas. Esta característica requiere que se ubiquen cerca de los usuarios, en la misma vía pública. Sus dimensiones permiten que puedan colocarse sobre elementos del mobiliario urbano (como farolas, semáforos o postes de electricidad) o bajo tierra (en las tapas de los pozos de registro). De esta manera, las antenas pueden mimetizarse en su entorno, consiguiendo que su despliegue resulte menos intrusivo visualmente.

Por su baja potencia, las antenas *small* no pueden ofrecer un gran radio de cobertura (es del orden de 50 a 300 metros). Sin embargo, su ventaja es que suelen sufrir pocas interferencias con otros obstáculos físicos y pueden ofrecer una mejor señal. Por el contrario, se requiere densificar la red de *small cells* para cubrir la misma extensión que una sola *macro cell* (en general, se habla de una relación de 4 a 10 *small cells* por cada *macro cell* en entornos densos).

Por sus características, las *small cells* son equipos idóneos para ofrecer las máximas prestaciones del 5G en entornos densos, con frecuencias de la zona media-alta del espectro (3,5 y 26 GHz).

Se espera que con el 5G se priorice el despliegue de antenas *small cells*. En comparación con las *macro cells*, las *small cells* pueden ofrecer mejores prestaciones sobre la misma área, a costa de densificar la red (mejor servicio y menores emisiones).



Figura 21. Small cell instalada sobre una farola preexistente en Baltimore, USA. Fuente: Crown Castle.

La red 5G combinará ambos tipos de antenas para complementar sus ventajas y así ofrecer el mejor servicio a sus usuarios:

- Las ubicaciones macro actuales se aprovecharán para ofrecer cobertura a amplias zonas, con la que garantizar la disponibilidad de cobertura 5G en cualquier ubicación.
- Se desplegarán las nuevas antenas small cells en aquellas zonas con mayor demanda de capacidad, para complementar con un servicio de altas prestaciones a la cobertura ubicua ofrecida por las antenas macro.

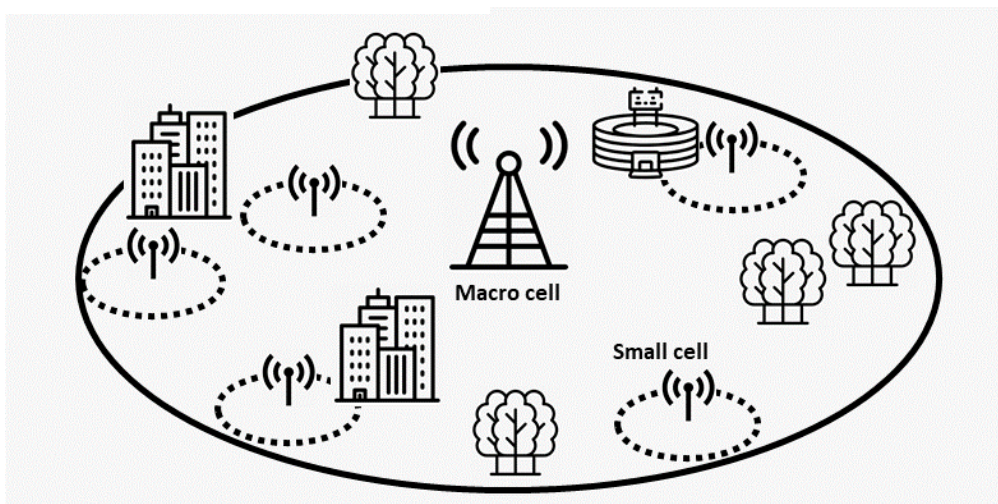


Figura 22. Esquema del despliegue heterogéneo de la red 5G, con antenas macro ofreciendo una cobertura amplia y small cells otorgando capacidad adicional en aquellas ubicaciones más densas.

Nuevas tecnologías

En el desarrollo del estándar del 5G se incluyen una serie de tecnologías con las que optimizar el rendimiento de las antenas:

- MIMO masivo (multiple-input, multiple-output). Es la tecnología que marca diferencias entre el 4G y el 5G. Con esta tecnología, se permite que un dispositivo reciba más de un paquete de datos a la vez, en general conectándose con varias antenas a la vez. De

esta manera se aumenta el ancho de banda de las comunicaciones y se mejora su fiabilidad al ser menos susceptible a interferencias. Tiene efectos, además, en el área de protección alrededor de las antenas, pasando de un área fija, estática y con la potencia dirigida en una sola dirección, a un área dinámica que va a requerir un nuevo método de delimitación⁴. Si

⁴ En este sentido el Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicaciones (COIT) ha realizado un estudio sobre

Potencia Isotrópica Radiada Equivalente y distancias de protección.



bien está en desarrollo, se prevé que con 5G su adopción crezca.

- Beamforming. Las antenas podrán seguir y enfocar de manera direccional su emisión de ondas hacia el usuario. Así, se mejora la eficiencia en la emisión y se reducen las

interferencias en la señal (causadas por ondas emitidas por otras antenas o por obstáculos físicos como árboles o edificios). La reducción de las interferencias permite obtener un radio de alcance superior al de una antena sin capacidad de dirigir su emisión de ondas.

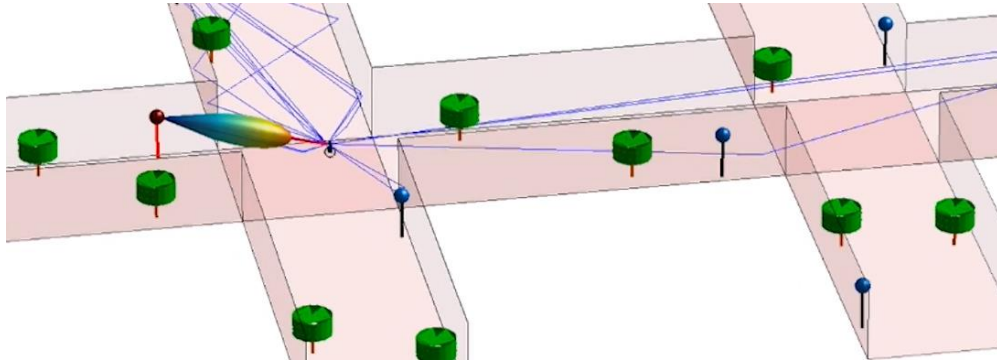


Figura 23. Ejemplo de la emisión de ondas direccional de una antena hacia el dispositivo receptor, y de la conexión de este dispositivo con las diferentes antenas de su entorno. Fuente: Kathrein USA.

1.3.3. Conexión a la red troncal

Se prevén dos tipos de tecnologías mayoritarias⁵ para conectar las antenas con la red troncal.

Fibra óptica

El enlace mediante fibra óptica es el que permite a las antenas ofrecer las máximas prestaciones de la tecnología 5G a los usuarios con la mayor fiabilidad y menores interferencias en la señal. La instalación de tecnología de fibra hasta la antena (FTTA) permite distribuir mediante una arquitectura inalámbrica la fibra óptica hasta la parte superior de la torre.

El inconveniente de esta solución es que requiere que la red de fibra óptica llegue a las ubicaciones de las antenas. En muchos casos, este requisito implica que se ha de acometer nueva obra civil en la vía pública para extender la red hasta las nuevas ubicaciones. En otros casos esta solución es inviable debido al reducido despliegue de la red de fibra óptica en la actualidad, como puede suceder en lugares remotos o algunas zonas rurales.

España tiene una red de fibra óptica extensa y tupida que minimiza este problema. A finales de 2017, la red de fibra óptica daba servicio al 76% de los hogares en España. En conjunto la red del país registraba más puntos de acceso al hogar que Francia, Alemania, Reino Unido e Italia juntos [3]. Esto convierte a España en un país muy bien posicionado para la implantación del 5G.

Para minimizar el impacto de la nueva obra civil, hay ayuntamientos que aprovechan cualquier actuación sobre el espacio público para desplegar nuevas canalizaciones de fibra óptica hasta el mobiliario urbano de la zona, en previsión a las futuras necesidades de conexión del 5G.

⁵ También se pueden conectar con otras tecnologías, como por ejemplo enlaces vía satélite.

Radioenlaces

El enlace mediante radioenlaces permite conectar las antenas entre ellas sin necesidad de ninguna infraestructura física. Este tipo de enlace es útil en aquellas zonas en las que no ha habido un despliegue de la red de fibra óptica. También puede ser una solución para ahorrar costes en zonas conectadas con fibra óptica, pero sin canalizaciones hasta los elementos de mobiliario urbano (donde se colocarían antenas *small cells*). De esta manera los ayuntamientos podrían ahorrar los costes de ejecución de obra civil en espacio público. El inconveniente de esta solución es que sus prestaciones y fiabilidad no alcanzan los niveles de

servicio de los enlaces de fibra óptica, siendo susceptibles a pérdidas de señal por interferencias.

En las consultas del Plan Nacional 5G, los diferentes actores participantes reclamaban al Ministerio que se habilitasen rangos de frecuencias adicionales a las comerciales para dar servicio a estos radioenlaces, a fin de evitar interferencias y disponer de una mayor cantidad de espectro para estas comunicaciones. No obstante, los problemas de disponibilidad y fragmentación de espectro dificultan implementar esta solución.

1.3.4. Equipos auxiliares

Existen, además, equipos adicionales que complementan el despliegue y permiten el funcionamiento en los *sites*, como:

- Equipos para habilitar la computación en el extremo de la red (*MEC*).
- Generadores de electricidad propios y sistemas de baterías, para garantizar el funcionamiento de las antenas en zonas críticas, incluso en situaciones de apagado general.
- Equipos para la conexión a la red troncal inalámbrica.
- Equipos de climatización que aseguran el correcto funcionamiento de los equipos de comunicaciones.
- Equipos de telecontrol para la gestión remota del *site*.



Figura 24. Ejemplo de equipos auxiliares que requieren una *small cell* en que la antena no está integrada en la farola sobre la que se instala. Fuente: SCF.

2. PERSPECTIVAS DEL 5G

2.1. Horizonte temporal

Actualmente, aún se está trabajando en la definición de los estándares del 5G. Son trabajos a nivel global y cuentan con la ayuda de diversas agencias del sector de las telecomunicaciones, como la UIT o el 3GPP, principal agente en el desarrollo de las especificaciones de los nuevos estándares en tecnologías móviles.

El calendario prevé que la definición de las especificaciones se produzca en dos fases, cada una centrada en la evolución de un aspecto de la tecnología.

- Recientemente (finales de 2018), se ha completado la primera fase de estandarización, conocida como *Release-15*, centrada en el desarrollo de la nueva tecnología de acceso radio, que permitirá un mayor ancho de banda en las comunicaciones inalámbricas. A principios de 2019 se espera la llegada de soluciones basadas en las especificaciones de la *Release-15*. Los JJOO de Tokio 2020 serán un primer hito en este sentido.

- A finales del año 2019, se espera completar la segunda fase de estandarización (*Release-16*), que permitirá desarrollar comunicaciones ultra fiables de baja latencia y masivas entre dispositivos.

En el año 2020, se prevé finalizar el estándar completo del 5G a partir del conjunto de especificaciones aprobadas por el 3GPP.

A partir de 2021, y tras un despegue inicial suave, se espera que el 5G coja impulso gracias al despliegue de nueva infraestructura por parte de los operadores y a la mayor disponibilidad y adopción de dispositivos compatibles con la tecnología.

Entre los factores que podrían retrasar este despliegue, destacan el lento despliegue de la red necesaria para operar las antenas 5G, la falta de casos de uso claros que sustenten modelos de negocio sostenibles por parte de los operadores y obstáculos burocráticos o legislativos.

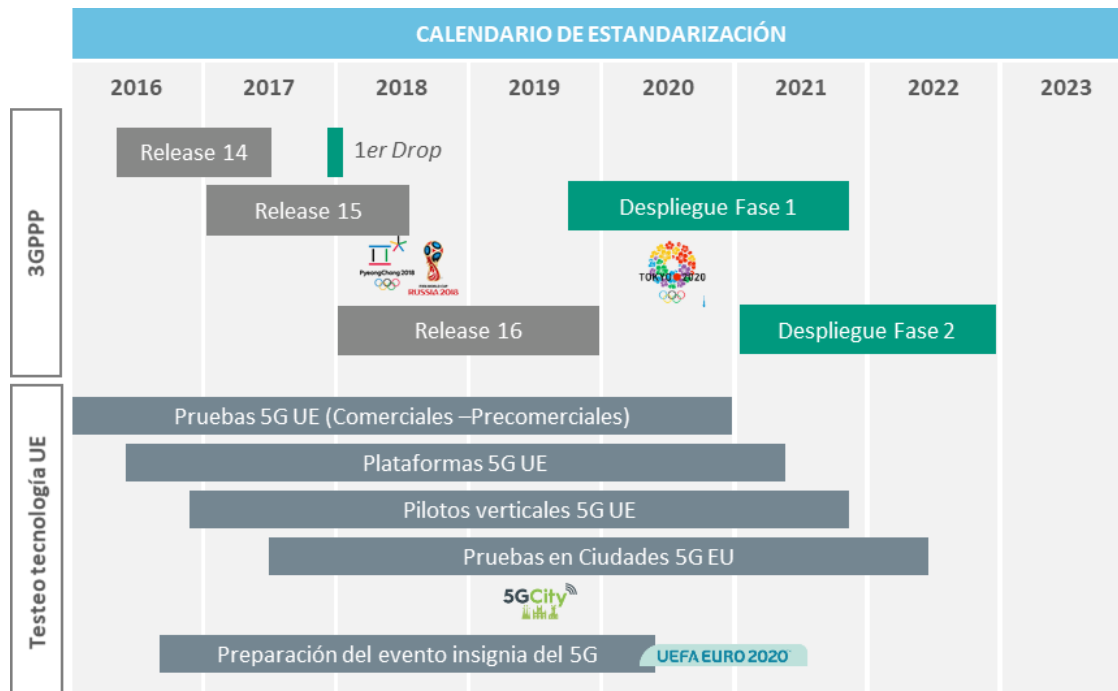


Figura 25. Cronograma del proceso de estandarización del 5G. Fuente: elaboración propia a partir del cronograma de 3GPP y de las acciones de testeo anunciadas por la Comisión Europea.



2.2. State of the art

En la actualidad, el 5G se encuentra aún en fase de desarrollo. No será hasta principios del año 2020, fecha prevista del despliegue comercial de la red en el mundo, que esta nueva tecnología generará un primer impacto económico en nuestras economías. Se espera que Estados Unidos y otros países de Asia del Pacífico lideren el despliegue, pudiendo adelantar el estreno de la tecnología a 2019. De momento la Unión Europea y España ya han comenzado distintas pruebas y proyectos piloto gracias al instrumento de financiación europeo Horizon 2020 (H2020).

2.2.1. El posicionamiento de la Unión Europea

El Plan de Acción de 5G para Europa (presentado por la Comisión en septiembre 2016 y ratificado por el Parlamento un año más tarde), fue el primer documento publicado a escala comunitaria para impulsar el despliegue de la tecnología en el mercado único entre 2020 y 2025. El plan incentiva a los Estados miembro a desarrollar, a finales de 2017, planes de trabajo nacionales para el despliegue de la quinta generación de telefonía móvil, dando especial relevancia a los pilotos de red y de aplicaciones.

La Declaración Ministerial de Tallin sobre 5G (de julio 2017) suscribió la importancia estratégica del despliegue del plan de acción en Europa, e identificó los pasos necesarios para iniciarlo:

- La puesta a disposición de espectro suficiente y de forma rápida.
- Focalizar las obligaciones de cobertura en grandes ciudades y principales vías de comunicación.
- Y mantener la interoperabilidad global, facilitando el despliegue de fibra óptica y *small cells*.

La legislación relativa al 5G se aceleró significativamente desde entonces en la UE. A finales de 2017, más de diez países (entre ellos, España) había iniciado o puesto fecha a licitaciones de espectro en las bandas recomendadas por el Grupo de Políticas del Espectro Radioeléctrico (RSPG) de la UE, aprobadas en noviembre de 2016.

A septiembre de 2018, el Observatorio 5G de la UE ha reportado 114 pruebas piloto en la comunidad europea, fruto de la colaboración público-privada.

El Código Europeo de Comunicaciones Electrónicas (aprobado por el Parlamento Europeo en

Los países mejor posicionados

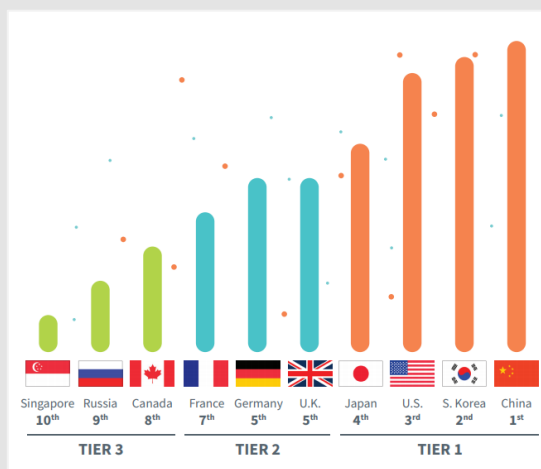


Figura 26. Comparativa del grado de preparación entre países para la implementación del 5G, según su espectro, políticas de infraestructuras, inversiones realizadas y apoyo de la administración.

Fuente: CTIA. The global race to 5G (2018)



1. China

Destaca por el soporte recibido por la industria y las administraciones. La autoridad reguladora se ha comprometido a liberar al menos 100 MHz de espectro de banda media y 2 GHz de banda alta para cada operador. Además, ha previsto un plan a 5 años para el lanzamiento comercial del 5G en 2020, en consonancia con los operadores.



2. Corea del Sur

Su posicionamiento responde al compromiso de sus operadores de telefonía en investigación, inversión y pruebas piloto, tras ofrecer durante los Juegos Olímpicos de Invierno (febrero 2018) acceso a la red inalámbrica de 5ª generación.



3. Estados Unidos

Lidera el crecimiento económico y la creación de puestos de trabajo ligados a esta industria, así como en inversión comercial para ejecutar su despliegue. Veintidós estados ya han desplegado legislaciones específicas sobre *small cells* [30].



4. Japón

Gobierno y operadores apuestan por un despliegue generalizado del 5G para los JJOO de 2020, a través de una pautada hoja de ruta, adoptada en 2016.



noviembre de 2018), ha establecido condiciones marco en materia de inversión, requiriendo:

- Disponibilidad del espectro de radio necesario para la puesta en marcha del 5G en 2020 a los estados.

- Una duración mínima de las licencias de concesión de uso del espectro de 20 años (15+5), para garantizar y promover la inversión.
- Promover una competencia sostenible, facilitando la coinversión y compartición.

2.2.2. El posicionamiento de España

España es uno de los ocho países de la UE en haber lanzado un plan específico para el despliegue 5G.

El proceso comenzó en 2017, cuando el gobierno sometió a consulta pública el Plan Nacional 5G, mediante la elaboración de 25 preguntas abiertas a toda persona, colectivo, empresa, asociación o institución pública interesada en aportar valor a dicha estrategia. El 31 de julio finalizó el plazo de alegaciones, en el que se presentaron 51 aportaciones, con una significativa participación de los operadores de telecomunicaciones, de asociaciones sectoriales y ciudadanas.

El Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital presentó, a finales de 2017, el Plan Nacional del 5G con el objetivo de posicionarse en el desarrollo y despliegue de dicha tecnología. El plan incluye un paquete de medidas, entre las que se encuentran:

- La convocatoria de ayudas públicas para la ejecución de proyectos piloto y soluciones innovadoras basadas en 5G
- La licitación de las primeras bandas de frecuencia (3,6 GHz y 1,5GHz) en 2018
- El desarrollo de un ecosistema de plataformas, servicios y contenidos 5G

En julio de 2018, tuvo lugar la primera subasta de espectro radioeléctrico en España en la banda 3,6-3,8GHz, en la que se repartió el total de 200MHz disponibles, y se ingresó 1.410,7 M€ [29]. No obstante, las primeras pruebas piloto empezaron en 2017 gracias a fondos H2020.

España es el país con más pruebas piloto realizadas, con un total de 18, seguido de Francia (15) y Italia (14), a septiembre 2018 [24].

Entre ellas destaca la iniciativa “5G Barcelona”, que aspira a convertir la capital catalana en un laboratorio neutral y el epicentro europeo de esta tecnología. La ciudad, que también alberga el Observatorio Nacional de 5G, está testeando actualmente seis casos de uso en los siguientes ámbitos: (1) Industria 4.0 en el desarrollo de pruebas piloto industriales por parte de Acciona y Orange, en el sector de la construcción, las energías

	ESPECTRO ADQUIRIDO	INVERSIÓN	VIGENCIA
MOVISTAR	50 MHz	107,4 millones	20 años
VODAFONE	90 MHz	198,1 millones	20 años
ORANGE	60 MHz	132 millones	20 años
MAS MÓVIL	40 MHz	30 millones	10 años

Figura 27. Inversión por la adquisición de licencias entre los 3,6 y 3,8GHz por parte de los principales operadores. A los ingresos por la adquisición (437,6M€), hay que sumar 104,6M€ de intereses y otros 868,5M€ por la tasa por reserva radioeléctrica.

renovables, el agua y los servicios. (2) Cirugía de acceso remoto en tiempo real, a través de la colaboración del Hospital Clínic, Vodafone y AIS Channel. (3) Multiconectividad en ambulancias, con la colaboración de Vodafone y SEM. (4) Pruebas relativas al coche conectado, con la colaboración de Seat, Telefónica y Ficosa. (5) Pruebas en transporte público, por parte de FGC y COMSA. Y (6) pruebas relativas a la producción de medios audiovisuales en remoto por parte de Barcelona TV, Cellnex e I2CAT.

También cabe destacar el proyecto piloto en Andalucía que desplegará la UTE compuesta por Vodafone España y Huawei Technologies España. El proyecto contempla 32 casos de uso que se desarrollará en ámbitos muy diversos: agricultura, sanidad, ciudades y territorios inteligentes, seguridad y defensa, sociedad, economía y cultura digitales, transformación digital y turismo. Habrá diez casos de uso que experimentarán la Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumentada (AR) en diferentes ámbitos, cinco casos de uso que experimentarán las aplicaciones con drones y tres casos de uso que explorarán el reconocimiento facial, entre otros. El proyecto tiene una duración de 30 meses y un presupuesto de más de 25 M€, que será cofinanciado por Red.es y el FEDER.

En Galicia también se está desarrollando un proyecto piloto presentado por la UTE Telefónica Móviles España, Telefónica de España, Telnet Redes Inteligentes, Cinfo Contenidos Informativos Personalizados, Centro Internacional de Oftalmología Avanzada, Idronia Multimedia



Solutions, Nokia Spain y Ericsson España. El proyecto contempla ocho casos de uso que se desarrollarán en ámbitos muy diversos como son la retransmisión de eventos, el coche conectado (C-V2X), la supervisión de infraestructuras ferroviarias mediante drones, la industria 4.0 con tres casos de

uso basados en técnicas de realidad aumentada, acceso inalámbrico fijo (FWA) y salud (robot para diagnóstico oftalmológico remoto). Los casos de uso, además de la experimentación con la red 5G incluyen el desarrollo de aplicaciones y algoritmos de inteligencia artificial.

2.3. Perspectivas de impacto económico

Algunos expertos ya han empezado a pronosticar el impacto económico que la nueva tecnología tendrá en cuanto a conectividad, infraestructuras, servicios y aplicaciones móviles en los próximos años.

2.3.1. A nivel global

A partir del estudio de ocho industrias, Ericsson pronosticó en 2017 que una vez la tecnología esté plenamente desarrollada (2026), los ingresos derivados del 5G mundialmente serán de unos 1.307B\$ (1,079 billones de euros) [4].

Ingresos derivados del 5G (2026): 1.307B\$

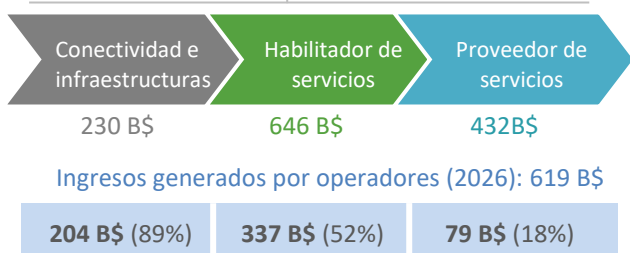


Figura 29. Prospectiva de los ingresos derivados del 5G en 2026. Fuente: Elaboración propia a partir de Ericsson.

El aumento de las economías emergentes -ya inmersas en el mundo digital-, la hiperconectividad, y el poder que ejerce el consumidor en la evolución tecnológica, son algunas de las tendencias globales que impulsan el crecimiento y la adopción del 5G. GSMA Intelligence prevé que Asia concentre la mayor parte de conexiones 5G en 2025, seguido por América del Norte y Europa. En la UE-28, se prevé que el nivel de cobertura y de adopción crezca a un ritmo superior que el de la tecnología 4G, esperando que en 2025 alcance 203 millones de conexiones, con un nivel de adopción del 29% de la población europea y una cobertura del 75% del territorio [4].

En relación con los sectores más activos en la adopción del 5G son los de energía (*utilities*), fabricación, seguridad pública y salud.

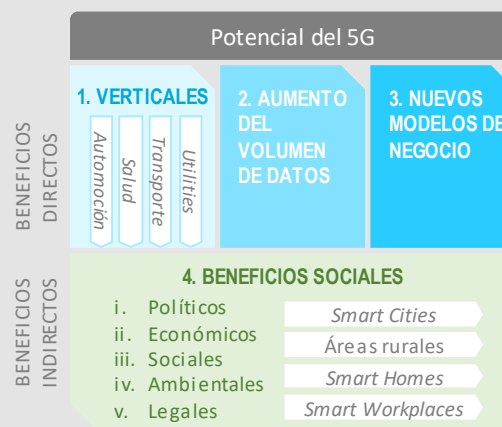
La Comisión Europea estimó en 2016 que el despliegue de 5G generaría 141.800M€ en 2025, contemplando únicamente los cuatro sectores considerados pioneros en 5G (salud, transporte, energía y automoción), con una inversión de 56.640M€ hasta 2020 y pudiendo generar 2,4M de empleos en la UE-28 [5].



Figura 28. Prospectivas de crecimiento según principales sectores de impacto. Fuente: Ericsson The 5G Business Potential (2017)

Potencial del 5G

La tabla presentada a continuación proporciona un desglose de la naturaleza de los beneficios esperados por el despliegue de la quinta tecnología móvil en el territorio.



Se prevé así que el 5G impulse directamente la actividad del tejido empresarial y su digitalización, aumentando el volumen de datos y creando nuevos modelos de negocios. Además, y de manera transversal, se espera que aporte beneficios políticos, económicos, sociales, ambientales y legales.



2.3.2. Impacto en la economía española

Los datos no son menos significativos para nuestro país. Según la Comisión Europea, los grandes operadores de telecomunicaciones prevén invertir más de 5.190M € en los próximos años en el desarrollo de la telefonía 5G en España [5], lo que incluye la compra de frecuencias y el despliegue de la red. El desarrollo de esta nueva tecnología supone una oportunidad de recuperar competitividad industrial y en servicios en un contexto global, traduciéndose en generación de empleo y amplios beneficios socioeconómicos.

El mismo estudio cifra el impacto económico para 2025 en 14.600M€, un importe que la Comisión define como conservador, y que contrasta con otro estudio de Ericsson de 2017⁶, que proyecta un potencial de negocio del 5G de casi el doble: 24.300M€ para 2026. Según el mismo informe, los sectores más activos en la adopción del 5G serán los de energía/*utilities*, manufacturero, salud y seguridad pública.

En el contexto competitivo global y con la finalidad de lograr a medio plazo una transformación del actual modelo productivo, se calcula que se generarán en España 329.400 puestos de trabajo ligados a la nueva tecnología, potenciando la capacidad de atracción y ejecución de iniciativas innovadoras en el ecosistema.

Antes estos resultados, hay que tener en cuenta que cualquier previsión dependerá en última estancia del calendario de implantación, la regulación estatal y la posibilidad de consolidación de los nuevos modelos de negocio. De momento, la falta de un modelo de negocio claro es la mayor preocupación de los operadores y el mayor reto del ciclo inversor.



Figura 30. Prospectiva del impacto socio-económico del 5G en 2025 para España. Fuente: Comisión Europea [5]

⁶ Respuesta de Ericsson España a la consulta pública del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, del Plan Nacional de 5G.

2.4. Ecosistema del despliegue 5G

2.4.1. Perspectiva de negocio

Existen múltiples actores que juegan un papel destacado en el despliegue del 5G. Durante su implantación y desarrollo, aparecerán nuevos *players* que aprovecharán las oportunidades y nichos de mercado que ofrecerá la tecnología. Ello producirá al mismo tiempo cambios en la estructura y en el rol de los actores de la actual cadena de valor del sector de las telecomunicaciones.

La Figura 31 muestra los diferentes grupos de actores implicados e interesados de forma directa en la legislación y el despliegue del 5G desde la perspectiva de negocio de la tecnología. Están clasificados según dos ejes:

- El eje vertical indica el grado de internacionalización de los organismos y las compañías. Los actores que se sitúan en la parte alta del gráfico actúan a escala global, mientras que las que están en la parte inferior actúan a una escala más local.
- El eje horizontal indica el grado de materialización del despliegue. Así, los organismos situados a la izquierda del gráfico se encargan principalmente de gestionar y legislar sobre la nueva tecnología, mientras que los que se sitúan más a la derecha son aquellos que ya participan en pruebas piloto y en el despliegue real de la tecnología.

En este apartado se describe la principal función de los agentes implicados en el ecosistema de despliegue del 5G. En el apartado del Anexo 1 se profundiza en su papel y se describen los actores principales de cada grupo.

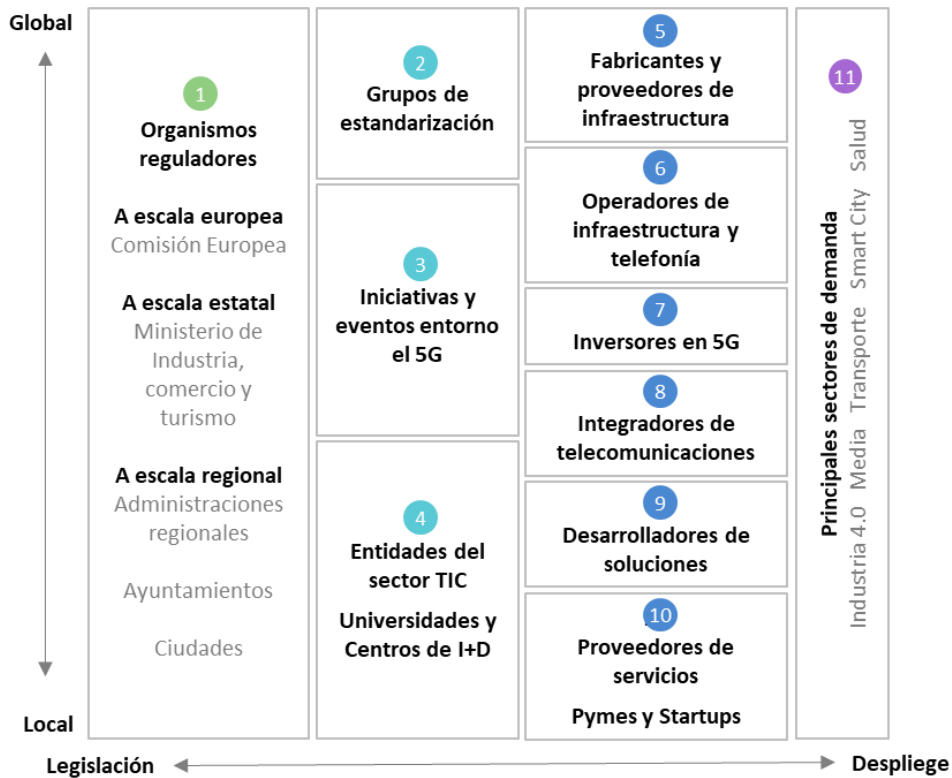


Figura 31. Actores implicados en la legislación y despliegue del 5G desde la perspectiva de negocio, según su grado de internacionalización (eje vertical) y su grado de materialización del despliegue (eje horizontal).

Fuente: Elaboración propia



1	Organismos reguladores	Existen un gran número de organismos reguladores (administraciones públicas, departamentos gubernamentales u otras instituciones) que influyen de forma directa o indirecta en la gestión y la legislación del desarrollo de la tecnología 5G y pueden tener un ámbito de influencia a escala europea, estatal o regional. Su capacidad de influencia está condicionada por las competencias que les hayan sido otorgadas.
2	Grupos de estandarización	Formado principalmente por institutos, organizaciones, asociaciones de profesionales o colectivos encargados de la normalización de las tecnologías de la información y la comunicación para satisfacer las necesidades de una base relativamente amplia de agentes vinculados al despliegue de la tecnología 5G.
3	Iniciativas y eventos entorno al 5G	En este grupo se incluyen iniciativas y eventos cuyo objetivo es el intercambio de conocimientos y la generación de sinergias entre diferentes actores del sector. Su finalidad es contribuir al buen desarrollo del uso de las telecomunicaciones y al despliegue de la tecnología 5G.
4	Entidades del sector TIC y centros tecnológicos	Pueden ser entidades públicas y/o privadas preexistentes a la aparición del 5G, que han creado comisiones o líneas de actuación relacionadas directamente con la promoción y el fomento de la tecnología 5G. También pueden haber sido creadas específicamente para potenciar el desarrollo y la implantación de la tecnología.
5	Inversores en 5G	Gran parte de las iniciativas de inversión en 5G a escala europea y nacional están incentivadas por las administraciones públicas estando vinculadas, en la mayoría de los casos, a subvenciones y colaboraciones con entes públicos.
6	Proveedores de equipos 5G	Está formado por fabricantes de chips, dispositivos, antenas u otros componentes de red. Éstos tienen un papel clave en el diseño y comercialización de nuevos equipos que permitan soportar la nueva red.
7	Operadores de infraestructura y telefonía	Son los principales propietarios de la infraestructura de red instalada en el territorio y se prevé que sean los principales agentes encargados de ejecutar el despliegue masivo de nuevos elementos de la red 5G en el territorio. En este sentido será clave considerar la intermediación entre gestores públicos y privados especializados para poder establecer criterios de racionalización, de minimización del impacto en el espacio público y de compartición, y del mismo modo asegurar el cumplimiento de la normativa.
8	Integradores de telecomunicaciones	Los operadores de telefonía requieren de un agente integrador que sea capaz de ordenar todo el ecosistema nuevo que se genera en el horizonte del 5G y paquetizarlo para que el mismo operador sea capaz de proporcionar los servicios de telecomunicaciones a los clientes.
9	Compañías desarrolladoras de soluciones	Los desarrolladores de soluciones aportan soluciones IT relacionadas con la eficiencia y la flexibilidad de las redes. También implementan aplicaciones que permiten mejoras en la toma de decisiones y una mayor posibilidad de comunicación de los ciudadanos, organizaciones y administraciones con su entorno.
10	Proveedores de servicios	Son agentes que surgen con la aparición de un nuevo modelo que facilitará asociaciones que podrán establecerse a través de múltiples capas de nuevos servicios. Principalmente se trata de grandes corporaciones preexistentes que para generar nuevas formas de ingresos con la llegada del 5G agregan capacidades de negocios en el espacio digital.
11	Principales sectores verticales interesados	El 5G impulsará la transformación de toda la economía digital y en este escenario son muchos los interesados en tener un papel protagonista. Existen determinados sectores verticales –sector media, transporte, salud, industria 4.0 o Smart City– que se están moviendo rápido y comienzan a organizarse en ecosistemas que esperan poder beneficiarse del 5G



2.4.2. Perspectiva territorial

En la clasificación anterior se han presentado los actores implicados en la legislación y despliegue de la tecnología 5G desde la perspectiva de negocio, según el grado de internacionalización y de materialización del despliegue. Sin embargo, para el objetivo del presente documento resulta

interesante analizar también el ecosistema del 5G desde la perspectiva social y territorial.

Desde esta perspectiva, como se muestra en la Figura 32, se distinguen tres tipologías de agentes:

1	Agentes de la cadena de valor	Son los agentes directamente relacionados con la parte de negocio del desarrollo de la tecnología 5G. Abarca todos los actores privados de la cadena de valor, desde los fabricantes de chips, antenas y equipos relacionados con la tecnología 5G, hasta los proveedores de servicios que ofrecen productos vinculados a la tecnología a empresas y ciudadanos. Estos agentes juegan un papel fundamental en el éxito del despliegue de la tecnología.
2	Agentes impulsores de pruebas piloto	Este grupo está formado por profesionales, centros de investigación, entidades y organismos del sector de las TIC públicos, privados o público-privados. Pueden tener distintas funciones decisivas relacionadas con el diseño, promoción, investigación, operación, divulgación o coordinación del despliegue de la tecnología 5G.
3	Agentes de apoyo al despliegue	Este grupo está formado principalmente por administraciones públicas o entidades sociales. Su principal función es colaborar con todos los agentes para facilitar un despliegue racional, eficiente y sostenible de la tecnología 5G en el territorio.

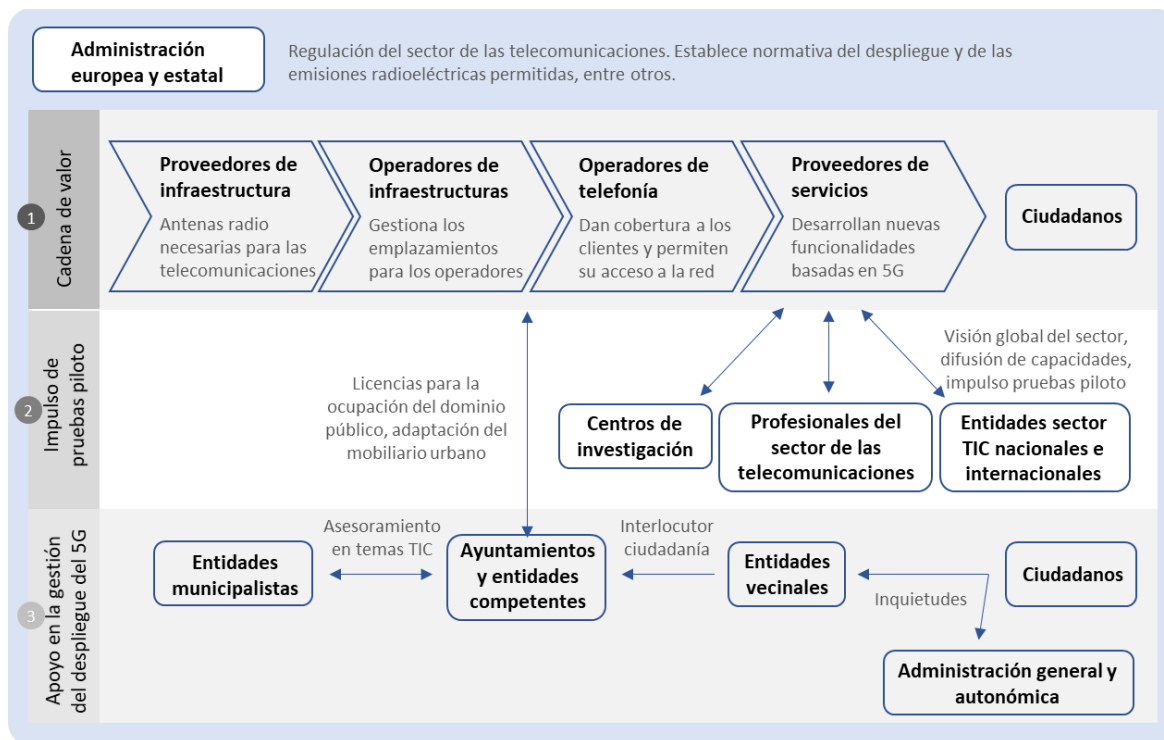




Figura 32. Actores implicados en la legislación y despliegue del 5G desde la perspectiva de negocio, según su grado de internacionalización (eje vertical) y su grado de materialización del despliegue (eje horizontal). Fuente: Elaboración propia



Para la elaboración de este documento se ha considerado la opinión de más de 30 actores de los tres grupos de agentes mencionados a través de entrevistas en profundidad. Estos actores han sido seleccionados de acuerdo con el conocimiento, la relevancia y el papel que desempeñará en el despliegue de esta nueva tecnología en España. Por ello, al final de cada capítulo, se incluye una tabla, como la siguiente, que resume el posicionamiento de cada grupo respecto a la temática tratada en cada capítulo, así como sus retos y oportunidades.

Grupo de interés	Posicionamiento sobre la tecnología	Retos y oportunidades de la tecnología
 Admin. General y autonómica	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una posición unánime desde todas las administraciones respecto a la relevancia y la disrupción que va a suponer la llegada de la quinta tecnología móvil en España. • Las administraciones buscan una estrategia de liderazgo en el despliegue del 5G en un contexto internacional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uno de los principales retos de las administraciones es el de sensibilizar a los ciudadanos sobre la llegada del 5G, a pesar de que la tecnología no sea suficientemente madura. • Garantizar la libre competencia en el nuevo marco de actores y relaciones entre ellos • Garantizar la implicación, el desarrollo y la adaptación del tejido empresarial del país.
 Ayuntamientos y entidades municipales	<ul style="list-style-type: none"> • Existen diferencias importantes en función del tamaño de municipio en cuanto al interés y relevancia que debe tener el 5G. Las administraciones de los grandes municipios suelen ser los que perciben mayores ventajas. • Los responsables locales valoran positivamente la tecnología y sus potencialidades, pero también muestran preocupación por la incertidumbre en la ocupación del espacio público a largo plazo. • Se percibe cierta desinformación y falta de conocimiento sobre las características de la tecnología y de sus infraestructuras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aprovechar el 5G para la proyección del municipio y la creación de nuevos servicios públicos innovadores y digitales. • Transformar las ciudades, pero asegurar que las antenas se integren y se mimeticen con el entorno. • Incentivar y promover acuerdos entre operadores para racionalizar, homogeneizar y hacer eficiente el despliegue. • Evitar que el 5G cree desequilibrios, por motivos de rentabilidad de la inversión necesaria, entre las zonas urbanas y las zonas periféricas y rurales.
 Entidades sociales	<ul style="list-style-type: none"> • En general, las entidades sociales desconocen el 5G, sus ventajas y su potencial impacto económico. • Algunas entidades no consideran prioritario el despliegue de esta nueva tecnología. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de estudios concluyentes sobre los riesgos ambientales y su impacto en la salud. • Evitar la proliferación irracional de las infraestructuras necesarias para el despliegue • Desarrollar servicios 5G de utilidad pública y social. Por ejemplo, nuevos servicios de gestión y monitorización de recursos de las ciudades que se podrán desarrollar con la implementación de la tecnología 5G.

Grupo de interés	Posicionamiento sobre la tecnología	Retos y oportunidades de la tecnología
 Entidades de promoción e investigación del sector TIC	<ul style="list-style-type: none"> Las entidades TIC coinciden respecto a la importancia y disrupción del 5G y de la necesidad de su testeo, previo al despliegue. Los actores creen que el 5G reducirá la brecha digital y coinciden en que no existen impactos demostrados en la salud. Existen dudas respecto a las altas inversiones iniciales que requiere el 5G. Algunos actores creen que los casos de uso actuales no justifican las altas inversiones que supone el despliegue de la red. 	<ul style="list-style-type: none"> Gestionar la preocupación social que se dará en el momento del despliegue de la nueva tecnología móvil (tal como sucedió con las anteriores tecnologías). Combatir la desinformación ciudadana sobre: <ul style="list-style-type: none"> La tecnología, para que no retrase su implantación Sus efectos en la salud, el 5G conlleva potencias inferiores y direccionalidad en la emisión de radiofrecuencias por lo que la evidencia científica no destaca ningún riesgo añadido para la salud.
 Operadores de infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> Los operadores de infraestructura consideran el 5G una apuesta estratégica para su modelo de negocio en los próximos años. Su objetivo es posicionarse y tomar un papel más relevante en la cadena de valor. 	<ul style="list-style-type: none"> Impulsar un modelo racionalizado, compartido y basado en la figura del operador neutro, como alternativa al riesgo tendencial de un despliegue desordenado y reiterativo de diversas redes. Resolver el problema de la fragmentación y saturación del espectro.
 Proveedores de equipos	<ul style="list-style-type: none"> Los proveedores de equipos consideran que el 5G es una tecnología disruptiva y estratégica, por la que hay que apostar en los próximos años. Los primeros terminales móviles ya se están adaptando a los nuevos requerimientos. En general los proveedores buscan tomar una posición más relevante en la cadena de valor de la quinta tecnología móvil. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar la tramitación administrativa de la densificación dado que los permisos para desplegar antenas se multiplicarán. Y consideran que actualmente las tramitaciones no son lo suficientemente ágiles. Dinamizar la comercialización del 5G, superando la barrera de las altas inversiones requeridas y la falta de modelo de negocio. Encontrar una solución a la saturación del espectro.
 Operadores de telefonía	<ul style="list-style-type: none"> Los operadores de telefonía consideran el 5G una tecnología disruptiva y estratégica en sus planes de negocio. No obstante, por el momento no tienen prisa en el desarrollo de su despliegue: el 4G ya es muy sólido. Creen que es momento de pilotar y testear. Están centrados en escuchar a la industria y en colaboraciones para la creación de servicios por encima de la infraestructura. 	<ul style="list-style-type: none"> No se trata de crear una red, sino de entender los servicios que requieren el tejido empresarial y social. El principal reto encontrado en los pilotos es la interoperabilidad actual entre equipos (el software es actualmente muy temprano).



3. MODELO DE GESTIÓN DE LA RED

3.1. La densificación de la red

Tal como se adelantaba en el capítulo 1, el despliegue de la red 5G combinará dos tipos de antenas para ofrecer la mayor calidad de servicio:

- **Macro cells:** torres de telefonía como las que se usan en las redes 4G actuales y que, por tanto, podrán adaptarse para la nueva tecnología 5G.
- **Small cells:** pequeñas antenas con poco radio de alcance y que se podrán montar sobre elementos de mobiliario urbano.

Las antenas macro se utilizarán para garantizar la cobertura en extensiones amplias de territorio, mientras que las *small cells* se introducirán en espacios con alta demanda para complementar a las *macro cells* y ofrecer una mayor capacidad y calidad de servicio. Debido a su menor alcance, por cada ubicación macro se requerirán varios emplazamientos para antenas *small cells*.

Este despliegue de nuevas micro antenas implicará una densificación de infraestructura radioeléctrica en la vía urbana. Se estima que en zonas densas y concurridas (como el centro de un núcleo urbano) se requerirán entre 4 y 10 antenas *small cells* para igualar la cobertura de una antena macro actual⁷.

3.1.1. Modelos de gestión del despliegue

El grado de densificación de antenas es proporcional al modelo de despliegue de red adoptado. Las cifras de equivalencia de cobertura entre *small cells* y antenas macro (1 *macro cell* = 4-10 *small cells*) son por cada operador que decida desplegar nueva infraestructura, con lo que potencialmente se podría estar hablando de valores 3 o 4 veces superiores de nuevas antenas si cada operador decidiese construir su propia red 5G. Esto representa que se desplegarán entre 200.000 y 500.000 nuevas *small cells* en Europa. España dispone actualmente de 150.000 antenas macro de todas las tecnologías, de las cuáles poco más del 20% se corresponden a antenas 4G [6]. Se espera que con el 5G se desplieguen entre 30.000 y 75.000

En entornos suburbanos o rurales, dónde la demanda de capacidad será menor, se esperan desarrollos más moderados, ante el menor requisito de capacidad que pesará sobre las antenas.

Este aumento del número de antenas (especialmente en entornos urbanos densos) representará un reto para operadores y administraciones locales, que deberán buscar emplazamientos válidos e integrar las antenas con su entorno para reducir el impacto en el paisaje urbano y evitar afectaciones a los vecinos.

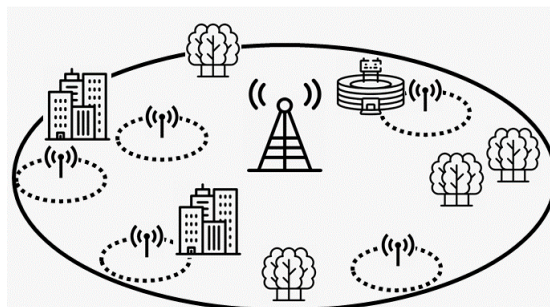


Figura 33. Representación de una red heterogénea con una macro cell y 5 small cells que complementan su cobertura con una mayor capacidad y calidad del servicio en puntos de mayor demanda.

small cells, lo que supone un incremento de entre el 100 y el 250% de las antenas 4G actuales.

30.000 - 75.000

Small Cells a desplegar en España

200.000 - 500.000

Small Cells a desplegar en Europa

⁷ El número varía según la fuente consultada. La mayoría de las entidades entrevistadas coinciden en que se añadirán 10 antenas *small cells* por cada antena macro actual, mientras que el Ayuntamiento de Barcelona considera que el número se

reduce a 4 *small cells* por cada macro. Fuente: Generalitat de Catalunya [31].



Esta previsión abre la puerta al debate sobre la idoneidad de que cada operador despliegue su propia red 5G o, si, por el contrario, se podría apostar por una red compartida que permita racionalizar el despliegue y reducir las redundancias de nuevas antenas. Las entrevistas sugieren que la mayoría de actores coinciden en la conveniencia de impulsar un modelo de compartición, sin embargo, su conflicto de intereses les

impide coincidir en cuanto al modelo más conveniente de compartición.

A continuación, se hace un repaso de los antecedentes en materia de despliegues de red en el pasado, explicando los diferentes tipos y ventajas e inconvenientes de cada tipo de modelo de despliegue (red individual por cada operador o despliegues de red compartida).

3.1.2. ¿Cómo se ha desplegado infraestructura en el pasado?

Ley 9/2014 de Telecomunicaciones

Es la legislación que regula actualmente el mercado de las telecomunicaciones en España. Según la misma, los operadores tienen libertad para desarrollar su red de infraestructura tanto de forma individual como compartida. En este último caso, la ley determina que la compartición ha de realizarse a partir de acuerdos voluntarios surgidos entre operadores, sin dejar margen de actuación a la administración para forzarla.

En estos momentos se está elaborando la transposición del Código Europeo de Comunicaciones Electrónicas y de momento se desconoce qué modificaciones implicará en la legislación actual estatal. En cualquier caso, constituye una buena oportunidad para tratar de consensuar los modelos o procedimientos de despliegue físico de la infraestructura 5G con los Ayuntamientos.

Acuerdos de compartición de despliegue de infraestructura en España

Históricamente, cada operador ha realizado el despliegue de su propia red de telecomunicaciones. Sin embargo, en los últimos años se ha observado una tendencia hacia acuerdos de compartición (entre operadores) para desplegar infraestructura de forma conjunta con el objetivo de reducir costes.

Mercado de redes móviles

En un primer momento, la feroz competencia entre operadores por destacar en cobertura (como ventaja competitiva) impidió que se llegasen a acuerdos en el despliegue. Con el tiempo, sin embargo, los principales operadores han llegado a diversos acuerdos, entre los que destacan:

- 2013: Acuerdo entre Movistar, Yoigo (hoy MásMóvil) y Abertis Telecom (hoy Cellnex). Se vendieron más de 4.000 ubicaciones a Abertis Telecom, para su posterior uso compartido por parte de Movistar y Yoigo [26].
- 2015: Acuerdo entre Vodafone y Orange. Los operadores acordaron construir 2.000 antenas compartidas en entornos poco poblados, utilizando la banda 800 MHz para ello [25].
- 2017: Acuerdo entre MásMóvil y Orange. MásMóvil acordó con Orange poder acceder a sus emplazamientos para instalar antenas propias¹³. También en 2017 MásMóvil vendió 500 emplazamientos adicionales a Cellnex.

Mercado de fibra óptica

En el mercado de la fibra, dominado por Movistar dada su fuerte inversión histórica en fibra óptica, han sido habituales los acuerdos de acceso mayorista, en que un operador accede a la red de otro. Aun así, también se han firmado acuerdos de despliegue conjunto de nueva infraestructura:

- 2013: Acuerdo entre Vodafone y Orange. Se llega a un acuerdo para desplegar fibra compartida hasta 2 millones de hogares [28].
- 2016: Acuerdo entre MásMóvil y Orange. Acuerdan desplegar fibra compartida hasta 1 millón de hogares, la mitad en zonas sin despliegue y la otra mitad en núcleos urbanos [27].
- 2019: Acuerdo entre Vodafone y Orange. Ampliación de acuerdos de despliegue y compartición de redes móviles y fijas en España con el objetivo de promover un modelo de inversión sostenible que permita acelerar la llegada de la red 5G



Redes de telecomunicaciones inalámbricas

El caso más reciente de despliegue de red de telefonía móvil en España es el de la red 4G. En este caso, los operadores compitieron en un primer momento para ofrecer la mayor cobertura, desarrollando sus propias redes de infraestructuras.

A medida que se ha ido consolidando el despliegue de antenas por el territorio, la oferta de cobertura de los distintos operadores se ha ido igualando, dejando de representar una ventaja competitiva. Para seguir diferenciándose y captar nuevos clientes, los operadores han redirigido sus modelos de negocio a la prestación de servicios.

Este cambio de modelo ha supuesto que los operadores pierdan parte del interés en aumentar su red de infraestructuras para poder concentrarse en la prestación de servicios. Esto facilita un despliegue de red compartida, ya sea mediante acuerdos puntuales entre operadores o mediante un operador neutro de infraestructuras (que construya la infraestructura y luego alquile los emplazamientos a los operadores).

En la siguiente figura se puede ver como a nivel mundial se constata una tendencia de la firma de acuerdos de compartición al alza en los últimos 8 años, con Europa al frente como la macro-región con el mayor número de acuerdos de compartición entre operadores.

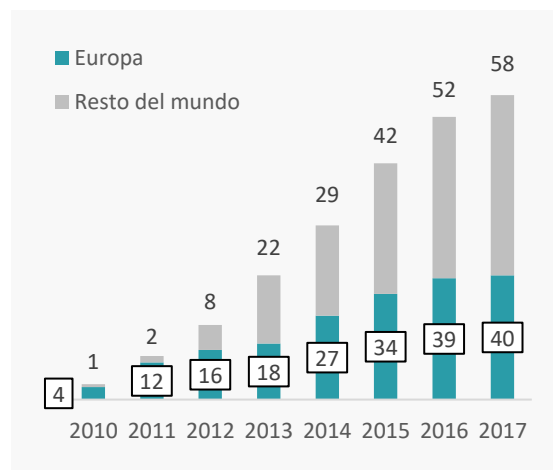


Figura 34. Número de acuerdos de compartición anunciados en el periodo 2010-2017. Fuente: McKinsey [8].

Iniciativas en despliegue de infraestructuras de la administración pública

Por parte de la administración se constata un interés por incentivar la compartición de la red. Especialmente para poder racionalizar la ocupación de infraestructuras, reducir la brecha digital y poder ofrecer servicios de banda ancha de calidad y a precios competitivos a todos los ciudadanos. Se destacan dos iniciativas públicas, una de compartición pasiva de infraestructuras y otra de compartición activa:



La Generalitat de Catalunya, mediante el plan *Catalunya Connecta*, ha construido torres de telecomunicaciones para que los operadores puedan instalar sus equipos y ofrecer cobertura de banda ancha a habitantes de zonas sin conectividad, principalmente espacios rurales y/o de baja densidad poblacional. La gestión de estas torres la realiza Cellnex Telecom, operador neutro de infraestructuras.



El gobierno de México ha impulsado la creación de un operador neutro mayorista de conectividad 4.5G, con el objetivo de reducir la brecha digital en el país y ofrecer a sus ciudadanos unos servicios de telecomunicaciones competitivos y económicos. La introducción de un operador neutro mayorista ha permitido reducir las inversiones que han de acometer los operadores en infraestructuras, y las barreras de entrada a nuevos actores al mercado de las telecomunicaciones. Con esto se espera impulsar una mayor competencia en el mercado minorista y favorecer la llegada de nuevos servicios innovadores. La licitación pública de este proyecto, que incluye 90 MHz en la banda de los 700 MHz y una serie de requisitos de cobertura, calidad y tecnología, se adjudicó al consorcio Altán en el año 2016. La operación de la nueva red se inició en el segundo trimestre del año 2018.

Casos que han motivado históricamente acuerdos de compartición

- **El despliegue de infraestructura en zonas rurales.** En estas zonas los operadores no suelen invertir porque la baja concentración de habitantes no compensa la inversión en nueva infraestructura. El despliegue de infraestructura compartida permite compartir los gastos entre varios actores y rentabilizar la expansión en zonas de menor densidad.
- **Emplazamientos cerrados con mucha demanda de capacidad,** como son estadios de fútbol o centros comerciales, en que se recurre a operadores neutros para ofrecer conectividad de telefonía móvil.

Redes de telecomunicaciones mediante fibra óptica

En la década de los 90, Telefónica empezó el despliegue de su red de fibra óptica, aunque no inició su explotación hasta finales de la década del 2000, en beneficio de otras tecnologías basadas en el cobre. Esta red permitió que la operadora nacional tuviera un monopolio efectivo de esta tecnología durante sus primeros años de recorrido en España. En el año 2012, Telefónica proporcionaba el 98% de los puntos de acceso a la fibra óptica hasta el hogar, y en el año 2016 aún ostentaba una cuota superior al 50% [6].

Inicialmente, las conexiones de Telefónica podían revenderse a otros operadores, aunque a una velocidad inferior a la que ofrecía el operador (30 Mbps vs 100 Mbps), restando atractivo a cualquier propuesta de la competencia. Esta situación obligó a los otros operadores a invertir en su propio despliegue de fibra. La competencia entre actores ha logrado que en la actualidad España sea el país con el mayor despliegue de fibra en Europa, repartidos entre los 3 grandes operadores (Movistar, Orange y Vodafone) [7].

La experiencia en España en despliegue de fibra óptica es la de redes individuales para cada gran operador, lo cual conlleva un modelo de implantación disperso y poco eficiente:

- En el espacio público se amplía el espacio dedicado a cada red y las obras que se han de acometer para instalar las canalizaciones.
- En el espacio privado, se han instalado cables en las fachadas de aquellos edificios que no disponen de acometidas de fibra óptica, creando una acumulación de cableado en el espacio público.

Aun así, han surgido iniciativas para minimizar el impacto del despliegue en el espacio público.

- Iniciativas para compartir canalizaciones con el objetivo de racionalizar la ocupación y/o la

afectación al espacio público, en general por iniciativa de las administraciones locales.

La ciudad de Barcelona ha llevado a cabo iniciativas que persiguen esta racionalización. En la reurbanización de las calles del distrito 22@, por ejemplo, se incentivó la construcción de galerías de servicios subterráneas, con las que ofrecer canalizaciones para los tendidos de fibra óptica compartidas por todos los operadores. Además, cada vez que se requiere hacer una obra civil en la ciudad, se notifica a todos los operadores para que emprendan las acciones de mejora o tendido de sus redes durante el período de tiempo que duren las obras, con el objetivo de minimizar el impacto en la vía pública.

En este sentido, la transposición de la Directiva Europea 2014/61/UE a través del Real Decreto 330/2016, de 9 de septiembre, establece medidas para reducir el coste del despliegue de las redes de comunicaciones electrónicas de alta velocidad y minimizar el impacto en el espacio público.

- Despliegue con operador neutro en ubicaciones con baja densidad de usuarios

En este caso, los operadores neutros permiten el uso de su red para que los operadores minoristas puedan dar servicio de fibra óptica sin tener que acometer la inversión en infraestructura. En ocasiones el operador neutro nace de iniciativa pública, como es el caso de la red Asturcón en Asturias, una red de fibra óptica neutra construida por el gobierno autonómico y gestionado por una de sus empresas públicas. Otro ejemplo es la Xarxa Oberta de Catalunya (XOC), una empresa concesionaria dedicada al despliegue, operación y mantenimiento de redes de fibra óptica para la Generalitat de Catalunya. También actúa como operador neutro poniendo a disposición del mercado mayorista de operadores el excedente de capacidad de la red.



- Iniciativas de despliegue colateral

Otra experiencia para minimizar el impacto del despliegue es la fibra oscura. Se trata de fibra óptica que ha sido desplegada durante la ejecución de otras obras, y que se pone a disposición de los

operadores minoristas de forma neutra, para que estos la exploten. La mayor red de fibra oscura del estado es propiedad de Red Eléctrica de España a través de su filial de telecomunicaciones Reintel, con cables desplegados en paralelo a la red de transporte eléctrico y la red ferroviaria.



Figura 35. Mapa de la fibra oscura de Reintel. Fuente: Reintel.

Otras redes de servicios públicos con red neutra

En el transporte de energía eléctrica, Red Eléctrica de España es un actor comparable al de un operador neutro, al ofrecer su red de manera neutra a los operadores minoristas. Aun así, presenta sus particularidades respecto al modelo del mercado de las telecomunicaciones, principalmente por ser el único operador mayorista en su campo de actividad.

La compañía tiene la obligación, respecto a los operadores minoristas, de ofrecer una continuidad y seguridad en el suministro eléctrico, y hacerlo bajo principios de neutralidad, eficiencia y transparencia, principios aplicables a un operador neutro.

3.2. Modelo de despliegue de la red 5G con una red por operador

Se trata del modelo de despliegue empleado históricamente en las redes de telefonía. El modelo permite a los operadores retener el control sobre la red y desarrollarla según sus propias especificaciones de calidad, cobertura y capacidad, que le permiten ofrecer un servicio diferenciado de sus competidores.

La principal ventaja de este modelo es la competencia generada entre actores por desplegar y ofrecer una mejor red. Ello incentiva la innovación y la mejora continua de la infraestructura, permitiendo a los usuarios disponer de las mejores soluciones tecnológicas.

Por contra, este modelo implica un mayor número de antenas en la vía pública y un mayor coste de despliegue.

Un modelo de despliegue de la infraestructura 5G con una red por operador multiplicaría la densificación de *small cells* por el número de operadores interesados en desplegar infraestructura, conllevando un aumento de la ocupación del espacio público, una mayor contaminación visual y previsiblemente un mayor número de pequeñas obras civiles para dotar de conectividad a la red troncal de fibra y de suministro eléctrico a las antenas.

Los operadores entrevistados también ven inconvenientes a este modelo, principalmente debido al gran coste de despliegue que supone asumir la inversión en infraestructura en solitario.

Según un informe de McKinsey¹², los costes globales de un operador se duplicarían entre los años 2020 y 2025, en el caso de desplegar infraestructura de forma individual.

Este mayor gasto reduce la capacidad inversora de los operadores, y por lo tanto limita su capacidad de acometer un mayor despliegue con el que ofrecer una mayor cobertura a sus clientes. En esta

situación, los operadores podrían acabar concentrándose en los emplazamientos más rentables, y perpetuar la brecha digital respecto a los territorios menos atractivos económicamente. Otra consecuencia podría ser el aumento de las cuotas de los servicios 5G impidiendo así una rápida expansión de la tecnología en comparación con otros países o mercados donde se adoptará un modelo distinto.

Modelo de red individual para cada operador		
	Ventajas, oportunidades	Inconvenientes, retos
Para el territorio	<ul style="list-style-type: none"> La competencia entre los diferentes actores garantiza que se ofrezca la tecnología de red más innovadora, beneficiando a los usuarios. 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor densificación de antenas y ocupación del espacio público. Una menor capacidad inversora puede reducir la extensión del despliegue de los operadores, perpetuando la brecha digital.
Para los operadores	<ul style="list-style-type: none"> Diferenciación respecto sus competidores mediante el control directo de las prestaciones de su red. 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de los costes al tener que realizar la inversión en solitario y amortizaciones de la infraestructura más largas. Puede comprometer su capacidad económica, necesaria para extender su cobertura y reinvertir en infraestructura.

Tabla 2. Ventajas, oportunidades, inconvenientes y retos del modelo de red individual para cada operador.

3.3. Modelo de despliegue de la red 5G con una red compartida

El modelo de despliegue con red compartida permite a los operadores aunar esfuerzos y reducir los costes de inversión en nueva infraestructura; es el modelo que históricamente se ha empleado en aquellas zonas poco rentables.

La reducción de costes es de especial importancia para los operadores, al permitirles unos mayores márgenes o capacidad inversora para otros proyectos. Según el mismo informe de McKinsey [8], si tres operadores compartiesen la misma red, se podrían reducir los costes de despliegue en un 40%.

Gracias a la compartición de red y la reducción de gastos en el despliegue, los operadores pueden extender su cobertura a más territorio, y de esta manera, dar un mejor servicio a los usuarios. Según un estudio del Small Cell Forum realizado en colaboración con los principales operadores del mundo, con la compartición de antenas se podrá

desplegar más *small cells* que en caso de despliegues en solitario [15]. Esto permite mejorar la cobertura 5G y su continuidad a lo largo del territorio para una mejor prestación de servicios en sectores como el comercio, sanidad, educación o movilidad.

El mismo estudio indica que el 75% de los principales operadores considera la compartición de la red de una manera u otra y las entrevistas realizadas lo confirman, al destacar que la lucha por los emplazamientos es contraproducente.

Por otro lado, según un estudio de Nokia (incluido en Small Cell Forum [9]), una red *small cell* con modelo compartido requeriría un 56% menos de antenas que si los operadores desplegasen su red propietaria, y permitiría ofrecer una calidad de la experiencia un 35% superior a una antena macro con la misma área de cobertura.

¹² Los costes incluyen costes asociados con la red de tecnologías anteriores, densificación de *small cells* y la adición de antenas macro con tecnología 5G. Fuente: McKinsey [11].



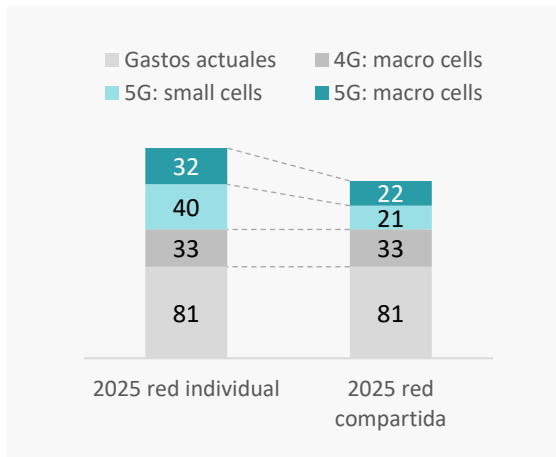


Figura 39. Costes del despliegue de infraestructura 5G para un operador, en función de si la red es individual o compartida (los costes actuales son 100). La reducción de costes en antenas 5G (macro y small cells) es del 40%. Fuente: McKinsey [8].

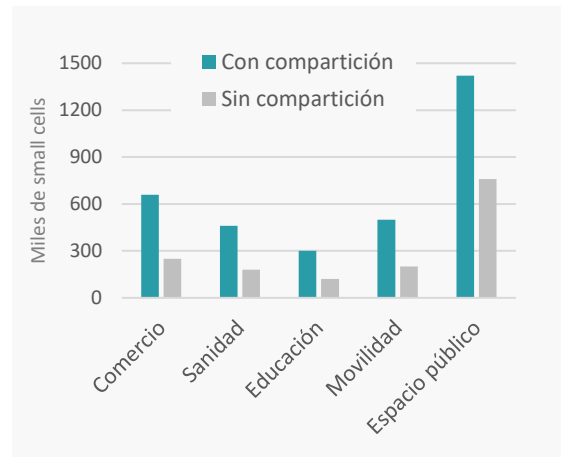


Figura 37. La compartición de red permitirá un mayor despliegue de small cells, con entre 2 a 3 veces más antenas en los sectores analizados. Esto permitirá una cobertura ubicua, garantizando un buen nivel de servicio. Fuente: Small Cell Forum [9].

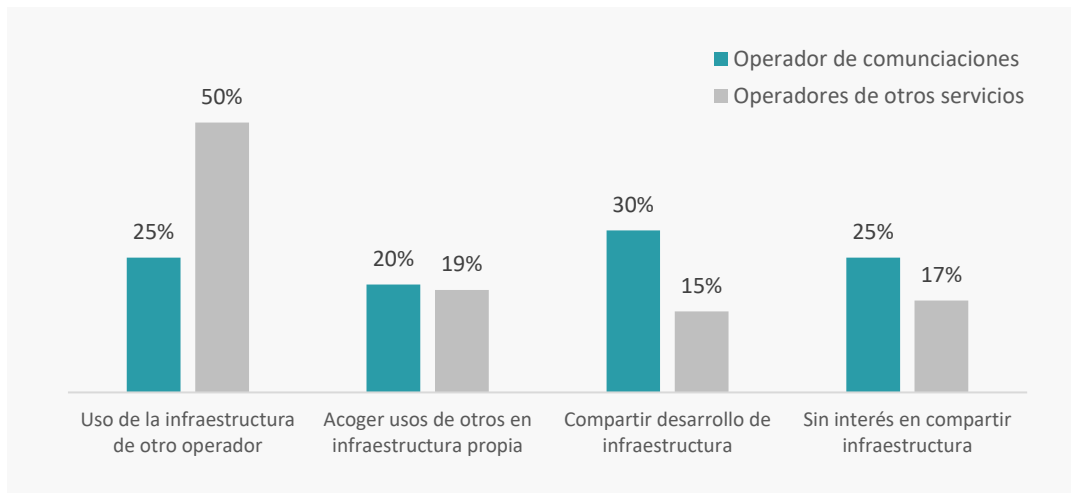


Figura 36. Respuestas de los principales operadores del mundo acerca de su interés de compartir infraestructura. El 75% de los operadores móviles se muestra favorable ante algún tipo de compartición, por un 83% de operadores de otro tipo. Fuente: Small Cell Forum [9].

Así, el despliegue de una red compartida reportaría múltiples beneficios, más allá de la mejora en costes, calidad y continuidad de la cobertura. Por un lado, permitiría un uso más racional del espacio público, al requerir de menos emplazamientos para colocar antenas, y disminuir el número de obras civiles a acometer. Por otro, reduciría el número de intermediarios con los que se ha de relacionar la administración a la hora de obtener licencias para instalar nuevas antenas.

Fruto de los beneficios en términos de reducción de costes en infraestructura, se espera que los operadores tiendan a un modelo de compartición para el despliegue de la red 5G. Para promover esta compartición, las administraciones locales deben

utilizar su competencia en la ordenación del espacio público para incentivar las iniciativas que utilicen una misma infraestructura entre varios operadores (equipamiento multi-operador). Pero para ello, necesitan contar con herramientas que las empoderen para instar a este modelo.

A pesar de las ventajas presentadas, este tipo de modelo plantea una serie de preguntas que se tendrán que resolver a la hora de diseñar las estrategias de compartición/colaboración y los equipos de la red. Algunas de las pruebas piloto de 5G se centran en resolver estas cuestiones, como por ejemplo el proyecto 5G City que se desarrolla en las ciudades de Barcelona, Lucca y Bristol.

Algunas de las cuestiones planteadas durante las entrevistas son:

- El dimensionamiento de las antenas. Las prestaciones de las antenas dependerán de los servicios que se quieran ofrecer. Por ello y para un correcto dimensionamiento, se requerirá planificar bien los requisitos de cada ubicación. Este es un punto crucial ya que todo el despliegue de *Small Cells*, y el consecuente ahorro de costes, se realizará en base a esta planificación. Además, un punto muy importante a tener en cuenta aquí, será analizar la compatibilidad de las frecuencias de las que disponga cada operador en cada zona concreta para garantizar la interoperabilidad.
- El modelo de negocio de los operadores de las antenas compartidas. Los operadores quieren pagar en función del tráfico de datos, pero las antenas estarán dimensionadas para picos de capacidad por encima del consumo real. Para que la compartición funcione, deberá consensarse un precio por el uso de las antenas que satisfaga a operadores de antena y de telecomunicaciones por igual.
- La gestión de datos mediante una red compartida. En caso de compartición, los operadores manejarán datos de sus clientes a

través de un tercer actor, por lo que querrán garantías respecto a la privacidad y protección de los datos de sus clientes.

- Diferenciación en la calidad del servicio. Los operadores podrán diferenciarse en función del segmento de red que hayan pactado con el operador de la antena. No obstante, habrá que regular cómo se otorgan estos segmentos para evitar que se convierta en una barrera de entrada a nuevos actores.
- Interferencias entre las señales radiantes. Habrá que garantizar que los equipos cuenten con tecnología que impida que la señal de los diferentes operadores (que operan a diferentes frecuencias) interfiera entre ellos, perjudicando el nivel de calidad del servicio.

La compartición de la red se puede realizar mediante dos fórmulas distintas, bien sea mediante acuerdos directos entre los operadores o mediante la participación de un operador neutro mayorista que gestione la infraestructura y la ofrezca de manera neutra a los operadores minoristas. Cada modelo tiene sus propias características, pero en cualquier caso comparten las ventajas y retos expuestos para el modelo de red compartida.

Modelo de red compartida entre operadores		
	Ventajas, oportunidades	Inconvenientes, retos
Para el territorio	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor extensión del despliegue de antenas a lo largo del territorio, garantizando una cobertura ubicua sin interrupciones • Servicios de mayor calidad para los usuarios • Reducción de la densificación de antenas en el espacio público 	
Para los operadores	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del coste de despliegue • Una mayor extensión de la red a lo largo del territorio permite llegar a una mayor cantidad de clientes 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionado de los equipos y reducción de interferencias • Modelo de negocio de la compartición de red • Gestión y protección de los datos de los operadores • Diferenciación en la calidad del servicio

Tabla 3. Ventajas, oportunidades, inconvenientes y retos del modelo de red individual para cada operador.



3.3.1. Red compartida mediante acuerdos entre operadores

Los acuerdos directos entre operadores pueden resultar beneficiosos cuando las estrategias de despliegue de las partes involucradas estén alineadas. En caso de que los objetivos de los operadores no coincidan, o uno tenga un volumen de tráfico de datos superior al otro, los pactos se vuelven inestables. Por ello, los acuerdos entre operadores funcionan mejor a nivel local que a nivel global.

Las administraciones y la mayoría de entidades del sector TIC entrevistadas creen que uno de los aspectos negativos de los acuerdos entre operadores de gran entidad, es que suelen traducirse en una barrera de entrada para empresas operadoras de menor volumen, que estén considerando construir servicios sobre la red. Esto limitaría la capacidad de que aparezcan nuevos casos de uso que aprovechen la tecnología 5G, al mismo tiempo que restringe el acceso de entidades innovadoras a la red.

Los operadores de telefonía también suelen recelar de este modelo de compartición, al percibir que, dando acceso a su infraestructura a terceros, habilitan la entrada de nuevos competidores en el mercado¹³. A pesar de ello, la alta inversión que

Desventajas del modelo de acuerdos entre operadores:

- Los acuerdos no suelen ser “globales”, dependen mucho de la estrategia concreta de cada operador y que éstas se alineen.
- Son inestables cuando un operador tiene mayor tráfico que otro.
- Preocupación por facilitar el acceso a nuevas ubicaciones a la competencia con las inversiones propias.

requiere el despliegue de nueva infraestructura les obliga a optar cada vez más por este modelo, económicamente más sostenible.

Acuerdos entre operadores en el despliegue surcoreano

En abril de 2018 el Ministerio de Ciencia de Corea del Sur comunicó que los operadores móviles del país desplegarían la futura red 5G del país de forma conjunta, para posteriormente compartir su explotación. Con este acuerdo, se espera que los operadores se ahorren entre 0,4 y 1 billones de won surcoreanos en los siguientes 10 años (equivalentes a 310-780 millones de euros según el cambio a fecha de diciembre 2018) [32]. Este ahorro, que se espera que repercuta en precios más competitivos para los clientes, proviene de una mayor eficiencia en las inversiones (y de antenas) y un menor gasto en publicidad. En este sentido, con el 4G los operadores invirtieron millones en anunciar mejor cobertura sobre sus competidores; un esfuerzo que no resultará con la futura red 5G compartida [33].

¹³ “There’s no commercial Benefit to the first mover. All the first mover does is open the door to their competitors. So there are no first movers” Nick Johnson, fundador y CTO de ip.access. Fuente: Small Cells Everywhere [19].



3.3.2. Red compartida mediante operador neutro¹⁶

En este modelo, un tercer agente -conocido como operador neutro mayorista- se encargaría de gestionar la red de infraestructura física, ofreciendo sus servicios a los operadores de manera neutra y no discriminatoria. La red puede ser de su propiedad, o ser propiedad de un tercero, que ha cedido su gestión al operador neutro.

A pesar del limitado uso de este modelo en el actual mercado de telecomunicaciones en Europa, numerosos estudios apuntan a un aumento de su aplicación debido al cambio de estrategia de los operadores, que están más enfocados en ampliar su oferta de servicios propios sobre la red.

Al delegar la gestión de la infraestructura a un tercer agente, los operadores obtienen una serie de beneficios:

- Ahorran costes de suministro eléctrico, mantenimiento y seguridad.
- Dejan de tener que buscar emplazamientos para las antenas y de negociar con la administración local para la obtención de permisos para operar en espacio público.

Según un estudio de BCG [10], las ubicaciones gestionadas por operadores neutros aumentarán su cuota en los siguientes años en detrimento de las

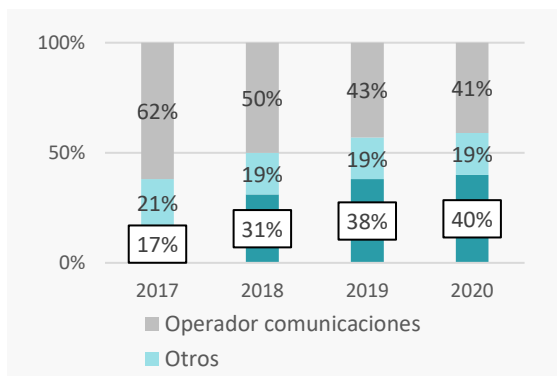


Figura 40. Tenencia de las ubicaciones de infraestructuras de telecomunicaciones en Europa. Los datos de 2018 en adelante son estimaciones. Fuente: BCG [10].

ubicaciones en propiedad de los propios operadores, gracias a la mejora de eficiencia que éstos generan.

La gestión de la infraestructura de telecomunicaciones por parte de un operador neutro permite además otra serie de mejoras:

- Un auge de la figura del operador neutro podría favorecer la llegada del 5G a los entornos menos densos, dónde los operadores no se plantean invertir. De esta manera se reduciría la brecha digital entre territorios.
- En los entornos más densos, la figura del operador neutro podría favorecer la llegada del 5G, ya que podría facilitar una densificación de la red de manera ordenada y coordinada.
- La condición de agente neutro, le habilitaría a gestionar la red de forma no discriminatoria, facilitando el acceso a la red en igualdad de condiciones a cualquier operador interesado. Esto permitiría una mayor innovación, al incentivar que cualquier empresa pueda probar y ofrecer directamente productos nuevos con componente 5G. Ello podría cobrar una especial relevancia en un futuro escenario de aparición de numerosos verticales y de despliegue masivo de dispositivos IoT.

No obstante, los agentes entrevistados coinciden en que el principal reto al que se enfrentarán los operadores neutros será el de dimensionar y ubicar bien su infraestructura para cubrir las demandas de capacidad y cobertura de sus clientes. Para ello necesitan no sólo conocer bien las necesidades actuales y futuras de cada emplazamiento y evitar que una antena quede infra dimensionada, sino la colaboración de la administración y del conjunto de actores del territorio, si quieren impulsar y lograr la aceptación de este modelo.

¹⁶ El nuevo Código Europeo de Comunicaciones Electrónicas (EECC) aprobado por el Parlamento Europeo en noviembre de 2018, reconoce en su artículo 80 el papel que los “operadores mayoristas de la red” (wholesale only) pueden jugar en el despliegue de las redes de nueva generación y en la disminución de las barreras de entrada a nuevos “jugadores” con el consiguiente aumento de la competencia entre proveedores de servicio a los clientes finales.



Puntos fuertes del modelo de operador neutro:

- Menor barrera de entrada para nuevos actores/proveedores de servicios de telecomunicaciones, favoreciendo la innovación.
- Reducción de la brecha digital, al llevar las inversiones a ubicaciones a las que los operadores de telefonía no se plantean ubicar.
- Los operadores liberan capital de la red y lo pueden invertir en servicios directos para sus clientes. Además, dejan de preocuparse por la ubicación de sus antenas, seguridad, mantenimiento y suministro.

Retos del modelo de operador neutro:

- Dimensionar y emplazar adecuadamente las antenas para cubrir las necesidades de cobertura de los operadores.

Red de small cells neutra para el sistema de transporte londinense




Con el objetivo de mejorar el servicio del transporte público, la agencia reguladora del transporte de Londres (*Transport for London*) ha abierto un concurso para licitar la construcción de una red de small cells para dar cobertura a sus usuarios. En esta licitación se explicita que el ganador habrá de ofrecer su infraestructura de forma neutra a los operadores móviles. De esta forma, se permite que todos los operadores puedan ofrecer servicio a sus clientes y se evitan redundancias en la red en un espacio confinado como son los túneles del metro. En este caso, las small cells ofrecerán cobertura 4G en el momento de su despliegue, pero estarán preparadas para hacer el salto hacia el 5G cuando la tecnología esté disponible [34].



A continuación, se incluye una tabla, que resume el posicionamiento de cada grupo de interés entrevistado respecto al modelo de compartición, así como sus retos y oportunidades.

Grupo de interés	Posicionamiento sobre el modelo de compartición	Retos y oportunidades del modelo de compartición
 <p>Admin. General y autónoma</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La administración es partidaria de la compartición de emplazamientos en aras de la racionalización, sin limitar la competencia. • Consideran que se puede favorecer el cambio de modelo de negocio de los operadores hacia la compartición de servicios, con la integración de un modelo de operador neutro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar un modelo que favorezca el despliegue y minimice el impacto de la densificación. • Algunos actores creen que el operador neutro sólo es viable en entornos donde se requieran nuevas coberturas (no en los emplazamientos actuales).
 <p>Ayuntamientos y entidades municipales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los ayuntamientos aluden a la mala experiencia del despliegue de la fibra: poco planificado, desordenado y con excesivas atribuciones por parte de los operadores. • Existe una cierta preocupación respecto al silencio de los operadores y a la falta de herramientas legislativas que atribuyan a la administración local la capacidad de actuar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apostar por un modelo de compartición mediante un operador neutro, que permitiría un despliegue más ordenado, eficiente y disponer de un único interlocutor. • Utilizar las herramientas de gestión municipal para ordenar el despliegue de antenas en el espacio público.
 <p>Entidades sociales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Las entidades sociales defienden un modelo de despliegue con el mínimo impacto posible en el territorio. • Consideran que la administración debe tener un papel esencial en la ordenación y el control del despliegue de la nueva red 	<ul style="list-style-type: none"> • Definir una planificación desde una visión pública e integral.
 <p>Entidades de promoción e investigación del sector TIC</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En general, las entidades TIC aprueban las ventajas del modelo de compartición y abogan por la racionalización del despliegue. • Consideran necesario disminuir las barreras de entrada a otros proveedores de servicios digitales, para que cualquier actor pueda desplegar infraestructura acorde a sus necesidades. • Existe cierta reticencia hacia el modelo de operador neutro, aceptando que tiene sentido sobre el papel, pero es de aplicación compleja. Se cita el fracaso del modelo en otros despliegues. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la posibilidad real del modelo compartido a partir del análisis del interés y las condiciones atractivas para los operadores de telefonía respecto a una compartición. • Reclamar que la administración se posicione sobre el modelo neutro (activo o pasivo).



Grupo de interés	Posicionamiento sobre el modelo de compartición	Retos y oportunidades del modelo de compartición
 <p>Operadores de infraestructura</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los operadores de infraestructura defienden un modelo racionalizado, compartido y gestionado mediante la figura del operador neutro. • No obstante, no creen que el operador neutro deba tener naturaleza pública. 	<ul style="list-style-type: none"> • Visualizar las ventajas del modelo compartido desde el punto de la eficiencia en costes y en ocupación del espacio y externalidades. • Promover el papel de operador neutro sobre la base de la especialización en la cadena y la interlocución única con la administración.
 <p>Proveedores de equipos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los proveedores de equipos consideran que es necesaria la colaboración de todos los actores del ecosistema para conseguir un despliegue racionalizado. La alineación y coordinación son claves para un despliegue efectivo en España. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar que el modelo de implantación no obstaculice el desarrollo de la tecnología y los servicios.
 <p>Operadores de telefonía</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los operadores de telefonía creen que el despliegue debe realizarse de manera económicamente sostenible. Por ello son partidarios a la compartición. • No obstante, creen que el nivel de compartición ya es alto y se preguntan hasta qué punto sería sostenible/eficiente que un operador externo controlara la compartición. 	<ul style="list-style-type: none"> • Luchar por los emplazamientos puede ser contraproducente. • Apostar por un modelo de compartición gestionado por un tercero puede no ser eficiente.

4. INTEGRACIÓN EN EL TERRITORIO

4.1. Despliegue e integración de las antenas en el territorio

El despliegue de las nuevas infraestructuras del 5G sobre el territorio dependerá de la demanda que estimen los operadores para cada ubicación, que a su vez determinará la tipología de antena a emplear. Se espera que en los entornos de alta demanda se necesite una densa red de *small cells*, capaces de dar un servicio de calidad e ininterrumpido a los usuarios; mientras que, en zonas de menor densidad digital, es posible que

una *macro cell* pueda cubrir una gran extensión con las mismas garantías.

En la práctica, esto implica que el despliegue de 5G será diferente en entornos urbanos, habitualmente más densos (en los que aplica la proporción de 4-10 nuevas antenas *small cells* por cada antena macro actual), respecto a entornos periurbanos o rurales, menos concurridos.

4.1.1. Retos del despliegue en entornos urbanos

El gran protagonista en el despliegue de la quinta generación de tecnologías de telefonía móvil serán las *small cells*. Este tipo de antena se caracteriza por sus reducidas dimensiones y por su poca potencia. El uso de frecuencias altas (en un primer momento, de la banda 3,4-3,8 GHz) hace que puedan ofrecer una conexión de gran capacidad y máximas prestaciones, a costa de un menor radio de alcance. El resultado, en la práctica, es una importante densificación de micro antenas en el territorio, convirtiendo su

despliegue en el mayor reto para operadores y administraciones.

El despliegue y densificación requeridos por las *small cells* tienen una serie de implicaciones en el territorio, principalmente en relación a su ubicación e integración con el entorno, que preocupan a las administraciones públicas y al tejido social.

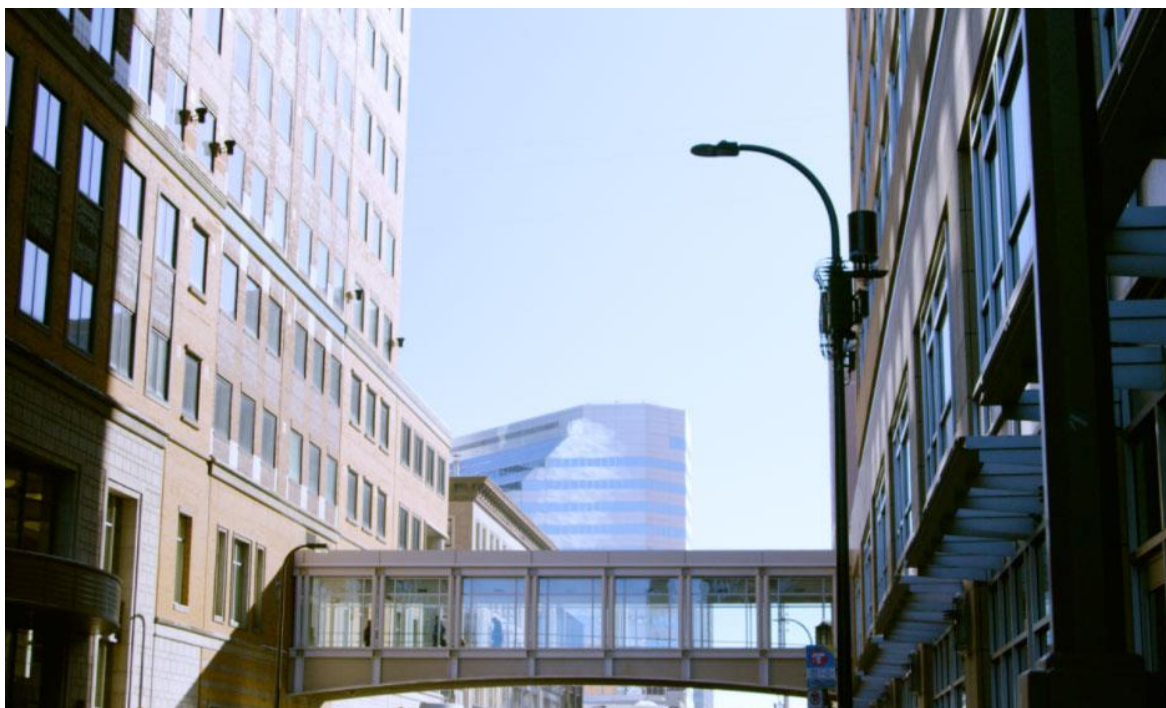


Figura 41. Instalación de una antena *small cell* sobre una farola en entorno urbano. Fuente: CTIA.

Ubicación de las antenas

El menor radio de alcance de las *small cells* y la mayor fragilidad de la señal emitida a altas frecuencias (vulnerable a las atenuaciones por obstáculos físicos como las paredes de los edificios o a la vegetación) obliga a que el despliegue de estas antenas se haga lo más cercano al usuario como sea posible.

Este requerimiento implica que las *small cells* hayan de colocarse a nivel de calle. Para lograr esto, los operadores han de cambiar la tipología de ubicaciones que emplean:

- Hasta ahora, en despliegues en entornos urbanos las antenas se emplazaban en dominio privado, principalmente en los tejados de los edificios.
- Con el paso a *small cells*, este modelo queda obsoleto. Por un lado, por la distancia hasta los usuarios, que hace que estas ubicaciones sean inviables si se quiere lograr una línea de visión ininterrumpida con los usuarios. Por otro, porque un mayor despliegue de antenas hace

que una negociación individual con cada comunidad de vecinos en que se quiera colocar una antena sea inviable en plazos (ralentizaría el despliegue de antenas) y costes (el precio del alquiler de estas ubicaciones es elevado).

La combinación de la necesidad de una línea de visión despejada e ininterrumpida y de una negociación ágil y con una menor cantidad de interlocutores hace que el dominio público sea el más adecuado para sustentar el despliegue de las *small cells*. De esta manera, las antenas estarán al mismo nivel que los usuarios (a nivel de calle) y los operadores sólo deberían dirigirse a un interlocutor, el ayuntamiento de cada municipio (según la legislación actual).

No obstante, las administraciones insisten en la necesidad de que las *small cells* se adapten al mobiliario urbano actual, como por ejemplo farolas, semáforos, marquesinas de autobuses, pozos de registro o armarios eléctricos, si el despliegue se realiza en el dominio público.

Integración de las antenas en su entorno

La adecuación del mobiliario urbano cobra especial relevancia en el despliegue de las antenas *small cells*, especialmente si se quiere disminuir el impacto visual de la densificación en el espacio público y evitar que ésta pueda generar una respuesta negativa por parte de la sociedad.

En este sentido, los agentes entrevistados coinciden en la necesidad de que los operadores de telefonía, los proveedores de infraestructura y los entes locales racionalicen el despliegue, colaborando para lograr la integración y mimetización de las antenas en el espacio público y facilitando la compartición de mobiliario urbano.

Para lograr esta integración, destacan dos estrategias:

- Diseñar el mobiliario urbano del futuro pensando en los requisitos de espacio y suministro (de energía y conexión a la red troncal) de las antenas. Esto permitirá que las ciudades incorporen conectividad 5G de manera imperceptible para sus usuarios y garantizará una mayor seguridad a las antenas, que estarán menos expuestas a posibles robos o inclemencias meteorológicas.



Figura 42. Farolas diseñadas para incorporar un equipo *small cell* en su interior; en este caso, la antena está totalmente integrada con el mobiliario urbano, y en consecuencia lo estará también con su entorno. Fuente: Ericsson.

- Colocar las nuevas antenas sobre el mobiliario urbano existente, no diseñado para integrarlas en su propia estructura. Para esto, se requiere enganchar los equipos mediante correas a la estructura del mobiliario urbano. Se trataría de la opción visualmente más intrusiva, pero el reducido tamaño de los equipos permitiría que pasaran relativamente desapercibidos (siendo muy similares a las antenas Wi-Fi públicas actuales), en especial si se adaptara su color o forma. Esta opción, sería la más sencilla y económica en un primer momento.

A pesar de que los operadores prevén un despliegue inicial basado en los mismos emplazamientos utilizados hasta ahora (entorno privado), administraciones y entidades TIC ya planean que las primeras antenas *small cells* se coloquen sobre el mobiliario urbano actual (opción 2), y que sean progresivamente adaptadas con las renovaciones de mobiliario urbano.

Las administraciones coinciden en que la integración visual de las antenas con su entorno es especialmente relevante en entornos estéticos y sensibles, como los centros históricos, para los que ya se dispone de regulaciones especialmente estrictas sobre contaminación visual. La integración en infraestructuras nuevas o en fase de diseño, en cambio, es más sencilla.



Figura 43. *Small Cells* instaladas en un báculo de iluminación no adaptado para esta clase de equipos.

Espaciado y emplazamientos de las antenas

Según un estudio de McKinsey de ámbito europeo [11], las ubicaciones con densidades de tráfico de datos muy elevadas tienen radios de alcance de menos de 200 metros. Debido al empleo de mayores frecuencias –requeridas por el 5G en entornos urbanos y densos– las entidades de investigación esperan que esta distancia se reduzca a los 100 metros.

En España, las dos principales ciudades españolas, (Madrid y Barcelona actualmente) registran densidades de tráfico de aproximadamente 0,1 y 0,25 PB/km², con una previsión para 2025 de 0,6 y 1,8 PB/km² respectivamente según este mismo estudio. Sus administraciones ya prevén que la

densificación en estos espacios será todo un reto en estas ciudades, aunque afirman que de momento no han tenido presiones por parte de los operadores de telefonía en este sentido.

El espaciado entre antenas ha de garantizar por un lado la suficiente capacidad de la red, así como su ubicuidad y continuidad a lo largo del territorio. Esta premisa debe incluir espacios en los que actualmente se dispone de poca conectividad, como son los aparcamientos subterráneos. De otra manera no se podrían ofrecer algunos de los nuevos servicios asociados al 5G, como por ejemplo el vehículo conectado en el caso del aparcamiento subterráneo.

4.1.2. En entornos periurbanos o rurales

El despliegue de antenas en entornos menos densos se realizará con *macro cells*, capaces de ofrecer cobertura en una extensión amplia de territorio. Por lo tanto, el despliegue del 5G en estos entornos no diferirá mucho del despliegue anterior de infraestructura 4G.

Las entidades municipales creen que el principal reto será garantizar la cobertura continua a lo largo del territorio y combatir la brecha digital.

Para luchar contra ello, serán imprescindibles las iniciativas públicas para dar conectividad de banda ancha a aquellas zonas que no disponen, como por ejemplo el plan 300x100 del Gobierno español, con el que se quiere extender la red de fibra óptica a todo el territorio, especialmente en zonas rurales. Las entidades confían en que esta ampliación de la red de fibra óptica servirá como base para la llegada del 5G a estos entornos poco densos.



Figura 44. Macro cell en un entorno poco denso, con el objetivo de dar cobertura a una amplia extensión de territorio.

4.2. Procedimientos para el despliegue

Con La ley General de Telecomunicaciones vigente, los operadores tienen muchas facilidades para desplegar infraestructura en dominio privado.

El despliegue del 4G se ha realizado principalmente en dominio privado, siendo suficiente para ello la emisión de una declaración responsable que indique que los equipos e instalación de los operadores se ajustan a la normativa. Este procedimiento ha dejado sin garantías a los ayuntamientos, que no han podido oponerse a un despliegue masivo de equipamiento en el ámbito privado, a favor de la aceleración en el despliegue de la cuarta tecnología móvil, que ha acortado sus plazos de implementación y reducido su burocracia.

La necesaria densificación de antenas 5G y su necesario paso al dominio público puede reforzar la capacidad de los ayuntamientos para influir en el despliegue de la infraestructura, favoreciendo esquemas más eficientes que aceleren el despliegue y disponibilidad del nuevo estándar. No obstante, la Nueva Ley de Telecomunicaciones debería reforzar sus competencias, si se quiere obtener un despliegue racionalizado y en armonía con el entorno.

4.2.1. El papel de la administración local en el despliegue

Para poder emplazar sus equipos en dominio público, los operadores deberán obtener una licencia de uso de los ayuntamientos, administración competente en la ordenación del espacio público.

El otorgamiento de estas licencias facilitará que los ayuntamientos puedan ordenar y regular diferentes aspectos del despliegue de las nuevas *small cells*:

Características de los equipos

Los grupos de interés entrevistados consideran que se podrían definir o limitar las características de los dispositivos para adaptar su mimetización con el entorno, siempre que se garantice el funcionamiento adecuado de los equipos. Se enumeran dos ejemplos:

- Dimensiones y medidas de mimetización. Podría definirse cómo se colocan las antenas en

el mobiliario urbano (como un añadido con correas o de forma integrada), sus dimensiones máximas permitidas, o incluso su color.

- Sonoridad. La regulación del ruido que se permite por antena, podría lograr una mimetización más completa. Para ello se puede exigir el posible uso de membranas protectoras.

Ubicación y espaciado de los equipos

También se considera que los ayuntamientos podrán contribuir en el diseño del modelo de implantación de la red a lo largo del término municipal en función de sus características. Por ejemplo, pidiendo mayores espaciados para equipos más radiantes cerca de equipamientos sensibles, como son guarderías, escuelas u hospitales. También podrán plantear soluciones para cerrar la brecha digital entre diferentes áreas del municipio. A continuación, se exponen dos ejemplos fruto de las entrevistas realizadas:

- La licitación de “paquetes únicos”, que combinen ubicaciones densas y rentables con ubicaciones menos densas (y, por ende, atractivas). De esta manera se alentaría a que los operadores no sólo efectuaran el despliegue en entornos rentables. En municipios pequeños (poco densos, y por lo tanto de bajo atractivo para los operadores), una licitación de estas características podría ser liderada por una entidad supramunicipal (como por ejemplo una diputación). De esta manera,

esta entidad podría ofrecer ubicaciones menos densas en municipios pequeños junto con espacios densos de otros municipios en el mismo paquete.

- Identificación de zonas de poca cobertura, con el fin de indicar cuáles son las zonas con mayor demanda de conectividad, y trabajar juntamente con los operadores para mejorarla. La identificación podría realizarse mediante el compendio de impresiones y/o reclamaciones de los ciudadanos.

A su vez, para incentivar la ubicuidad de las comunicaciones y minimizar la brecha digital, los ayuntamientos podrían ofrecer bonificaciones en las tasas cobradas bajo ciertas condiciones deseables, como por ejemplo la compartición de la infraestructura o la utilización de equipos de menores dimensiones, más eficientes energéticamente, etc.

Compensación por el uso del dominio público

De las entrevistas también se desprende la posibilidad de que los ayuntamientos consideren pedir compensaciones a cambio de la ocupación por parte de un privado de espacio de dominio público.

- Las tasas cobradas podrían cubrir diferentes aspectos del mobiliario urbano: tasa por instalación de equipos, por generación de actividad económica sobre dominio público, por inspecciones, por mantenimiento, o hasta para garantizar el desmantelamiento de la infraestructura en caso de que el operador quiera retirarse de la ubicación.

- El ayuntamiento podría, por otro lado, negociar con el operador un precio específico para la prestación de servicios públicos o en ramas específicas de la administración, como pueden ser escuelas, hospitales, bibliotecas o sedes del ayuntamiento.
- También se podría considerar para las antenas integradas en el mobiliario urbano (como las farolas de la Figura 42), su explotación vía concesión. Los operadores asumirían el coste de la nueva infraestructura a cambio de la explotación de las antenas durante un periodo predeterminado.



Armonización de las licitaciones municipales

Por otro lado, y como principal reto considerado del despliegue, los operadores inciden en la necesidad de armonizar los procedimientos municipales para simplificar y reducir los plazos de los trámites administrativos necesarios para instalar una antena en dominio público.

Esta demanda de armonización constituye un debate abierto entre ayuntamientos (que no quieren perder sus competencias en materia de ordenación de su espacio público) y operadores (que quieren las mayores facilidades para desplegar y operar sus antenas).

La resolución de este debate es de especial importancia, al ser uno de los elementos que puede obstaculizar o dinamizar el despliegue de infraestructura 5G y restar competitividad digital a los territorios.

Con relación al futuro despliegue de las *small cells* y consiguiente densificación de las redes, fundamentalmente, en las áreas urbanas, la Comisión Europea ha realizado una consulta pública durante los primeros meses de 2019 con el fin de establecer recomendaciones que permitan un despliegue acelerado y ordenado de las nuevas infraestructuras [36].

Asimismo, habrá que seguir las regulaciones que la nueva Ley General de Telecomunicaciones pueda establecer con el fin de alinearse con el nuevo Código Europeo de Comunicaciones Electrónicas, cuyo artículo 57 se refiere en concreto a las condiciones de despliegue de las *small cells* y al requerimiento de favorecer un despliegue “administrativamente sencillo y simple”.

Un escenario de procedimientos heterogéneos entre municipios supondría mayores tiempos de negociación con cada uno de los operadores y mayores costes a la hora de adaptar sus equipos a sus exigencias. Según un estudio de Accenture, la eliminación de procesos de aprobación para determinados dispositivos (sustituyéndolos por declaraciones responsables) lograría un ahorro en los plazos de despliegue y en los costes de certificación de los equipos, valorados en 1.560 millones de dólares. Se libera así capital para el despliegue de 55.000 nuevas *small cells* y la creación de 17.000 nuevos empleos [18].

Otro de los aspectos que los operadores quisieran armonizar es el de los plazos totales de aprobación de una nueva instalación, así como los costes totales que los ayuntamientos les pueden exigir en compensación por el uso de su dominio público. Hay ejemplos de legislación que limitan ambos aspectos, como la *STREAMLINE Small Cell Development Act de Estados Unidos*, que limita el plazo de aprobación de la instalación de *small cells* (que determina que en caso de no resolverse las solicitudes entre 60 y 150 días, éstas se dan automáticamente por aprobadas) así como el coste por uso de dominio público (que lo iguala al coste real que supone el uso del mobiliario urbano para actividades de comunicaciones inalámbricas para los ayuntamientos).

La armonización de los procedimientos, la reducción de los plazos de aprobación y la limitación de los costes aplicables por uso de dominio público, permitirían un proceso de aprobación más eficiente, escalable y económico, facilitando el despliegue de nueva infraestructura 5G.

Asimismo, y como corroboran distintos estudios [18], la implementación de estas medidas permitiría que en el año 2025 se efectúe un despliegue de *small cells* poco más de 2 veces superior al que se efectuaría sin su aplicación. Con el objetivo de encontrar una solución consensuada y a medio camino entre las voluntades de los ayuntamientos y los operadores, algunas entidades proponen una normativa armonizada y variable según las características de las antenas.

La actual Ley General de Telecomunicaciones prevé que, en los despliegues en dominio privado, los operadores sólo deban entregar una declaración responsable para iniciar la instalación de una antena. En esta declaración se comprometen a que sus equipos cumplen con los requisitos indicados en la legislación, limitando el margen de actuación a la administración. Los operadores querían replicar este modelo en el dominio público, mientras que los ayuntamientos son reticentes, al considerar que deberían retener sus competencias por ser concedores de la realidad del territorio.



Por todo ello, una nueva normativa debería ofrecer procedimientos de validación más eficientes y permisivos para cierto tipo de antenas (por ejemplo, de dimensiones reducidas o baja potencia). El estado de Virginia (EEUU), por ejemplo, ha implementado una normativa en que las antenas de menos de cierta altura y/o con uso compartido entre varios operadores tienen un permiso especial que les exenta de cumplir ciertos requisitos y procesos administrativos.

Las administraciones estatales o regionales podrían asimismo redactar una guía sobre cómo realizar la implementación de antenas en dominio público, en la que se indicaran valores máximos a cobrar por el uso de mobiliario urbano y recomendaciones acerca de dimensiones, potencia, sonoridad y espaciado de las antenas para lograr un equilibrio óptimo entre servicio de cobertura 5G y un menor impacto sobre los ciudadanos.

En este sentido, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) de los Estados Unidos -que

regula las comunicaciones interestatales e internacionales por radio, televisión, cable, satélite y cable en los 50 estados- promueve la infraestructura 5G a escala estatal con un plan que pretende acelerar la implementación de banda ancha inalámbrica mediante la eliminación de barreras a la inversión en infraestructura [35].

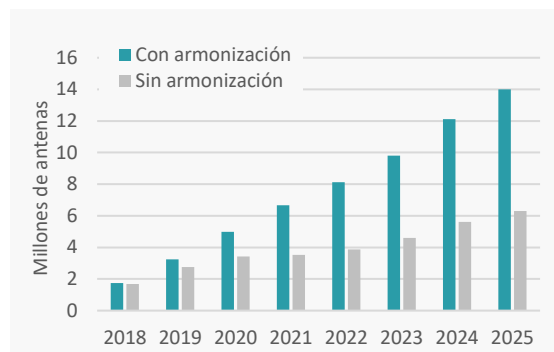


Figura 45. Evolución del despliegue de small cells en entornos densos según las condiciones normativas del despliegue (con y sin armonización de los procedimientos, en verde y gris respectivamente). Fuente: Small Cell Forum [18]

4.2.2. Preparación del espacio público para el despliegue

Independientemente de la armonización de los procedimientos de las diferentes administraciones locales o de su política de ordenación de las antenas 5G, los consistorios también deben considerar adoptar otras medidas que faciliten el despliegue de la red en sus términos municipales. A continuación, se detallan algunos ejemplos surgidos de las entrevistas realizadas con los agentes.

- Mantener un inventario de las redes de servicio del municipio, especialmente de red de fibra óptica y de red de alimentación eléctrica, necesarias para alimentar a las antenas. De esta manera, los ayuntamientos podrían indicar a los operadores las redes disponibles en cada ubicación, para facilitar su acceso.
- En el caso de que la conexión de las antenas a la red troncal se realice mediante fibra óptica, será necesario aumentar la capilaridad de estas redes para que lleguen al mobiliario urbano.
- Planificar el sistema de acoplamiento de las antenas en el mobiliario urbano. El municipio debe empezar a pensar cómo incorporar al mobiliario urbano de la ciudad las antenas 5G. Los requerimientos del diseño seleccionado podrían incorporarse en futuras licitaciones de mobiliario urbano del municipio, ya sea como condición necesaria u ofreciendo

bonificaciones para aquellas empresas que lo implementen.

- Planificar e identificar las ubicaciones y mobiliario urbano óptimos para que los operadores desplieguen sus antenas, representando estas ubicaciones y sus características (tipo de mobiliario urbano, dimensiones, etc.) en un portal web que oriente a los agentes responsables del despliegue.
- Una vez se reciba el interés por alguna ubicación, preparar una licitación para su uso, notificándola en el portal web. De esta manera, se notificaría a las demás entidades que pudieran estar interesadas en participar (como es el caso de otros operadores, tanto neutros de infraestructura como de comunicaciones móviles). Una vez asignada una licitación, debería reflejarse también en el portal web, destacando las ubicaciones en las que haya acuerdos entre varios actores. De esta manera, se facilita a futuros operadores las ubicaciones óptimas en las que instalarse.



4.3. Comunicación del despliegue

Para lograr la integración de la tecnología 5G con su entorno, se requiere tanto de la mimetización de sus antenas como de su aceptación por parte de la opinión pública. Este último punto ha sido una fuente de sensibilidad social histórica y recurrente en los últimos despliegues de estaciones de comunicaciones inalámbricas. Los motivos son el impacto visual que generan y la posible afectación a la salud de las emisiones radioeléctricas que emiten. Los actores entrevistados esperan que estas preocupaciones no resueltas vuelvan a aflorar en el despliegue del 5G, y por lo tanto requerirán ser abordadas a medida que instale la nueva infraestructura.

La posible afectación sobre la salud es el tema que más preocupa a las entidades sociales y que más concienciación requiere. El principal elemento para gestionarlo es efectuar un plan de comunicación transparente, veraz y actualizado de las actividades de despliegue y de las características de las nuevas estaciones. Sólo así se logrará superar la desinformación que pueda generarse en torno al despliegue del 5G.

Los expertos señalan en que los principales factores que inciden en el campo electromagnético emitido por las estaciones de telefonía son la posición respecto a la antena, el número de estaciones en un emplazamiento y la potencia emitida. Su efecto e intensidad están condicionados principalmente por la relación entre la potencia que debe emitir el terminal y la distancia a la que se encuentra la antena más próxima.

Por ello, resulta imprescindible garantizar la transparencia y el cumplimiento de la regulación

electromagnética a los usuarios, realizando un despliegue ordenado que permita diseñar la ubicación y la distribución de las estaciones con una visión global. Esto será especialmente importante en aquellas zonas urbanas con más densidad de usuarios y mayores requerimientos de la nueva tecnología. En este sentido se deben considerar dos elementos básicos:

- Para poder garantizar un despliegue con criterios de optimización de la red, será necesario establecer un diálogo permanente entre las administraciones y los operadores de infraestructura, especialmente en las zonas más densas. Contar con la figura de un operador de infraestructura especializado, encargado de la racionalización de la red y de la validación del cumplimiento de la regulación, puede ser una buena medida para llevar a cabo este diálogo y mantener una interlocución directa con la administración.
- Ofrecer un portal web con la ubicación y características de éstas. Actualmente el Ministerio ya ofrece un mapa en internet de estas características, aunque las entidades sociales creen que su información debería ser mejorada, especialmente:
 - En cuanto a su actualización (hay estaciones que no aparecen en el mapa).
 - Integrando en un mismo mapa la ubicación de las estaciones y el valor del campo electromagnético, medidos por estaciones de monitorización de radiofrecuencias.

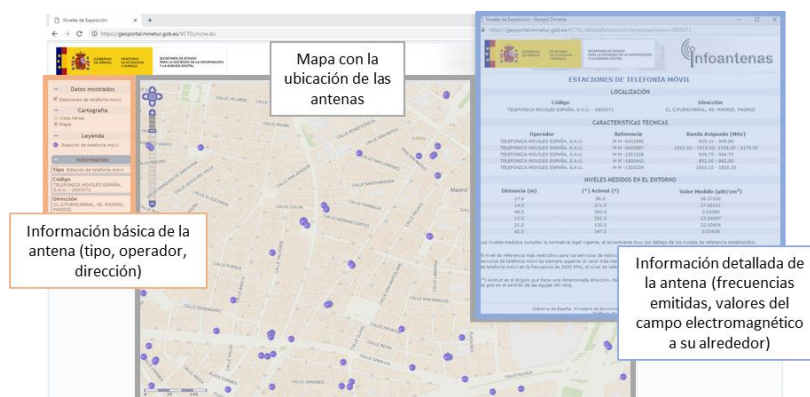


Figura 46. Captura de pantalla del portal del Ministerio con la ubicación y características de las antenas de telefonía. Fuente: Ministerio de Economía y Empresa.

Buena práctica impulsada por la administración: Governança Radioelèctrica

El proyecto *Governança Radioelèctrica* es una iniciativa de la Generalitat de Catalunya con el objetivo de mejorar la información que tiene la ciudadanía acerca de las emisiones de campo electromagnético causadas por las comunicaciones inalámbricas (entre las que se incluyen las de telefonía móvil) y sus valores en el entorno.

Desarrollo del proyecto

Este proyecto tiene sus antecedentes en 2005, año en que la Generalitat creó una red de sensores para medir los valores del campo electromagnético en la vía pública, conocido como SMRF (*Sistema de Monitorització de RadioFreqüència*).

Cuatro años más tarde (2009) y tras una resolución del Parlamento Europeo que reaccionaba ante la inquietud ciudadana que suponía el despliegue de antenas de móviles, el gobierno catalán se propuso impulsar un proyecto en este sentido. El año 2010 firmó un acuerdo con la Comisión Europea para el desarrollo del proyecto *Governança Radioelèctrica* en el periodo 2010-2015 que buscaba ofrecer a la ciudadanía la mayor información posible sobre los campos electromagnéticos.

Una vez finalizado el periodo acordado con Europa, la Generalitat ha dado continuidad por su cuenta al proyecto, hasta día de hoy

Características

El proyecto aportó 100 equipos de monitorización permanentes a la red SMRF, elevando el total a poco más de 300 antenas repartidas entre 184 municipios catalanes. De forma adicional, el proyecto cuenta con 50 equipos portátiles, que se usan para comprobar los niveles en municipios que detectan una creciente preocupación social ante la instalación de nuevas antenas.

Los equipos de la red SMRF tienen la capacidad de medir diferentes rangos de frecuencias. En el informe de resultados del año 2017, se indica que el 84% de los equipos están preparados para medir frecuencias de bandas asociadas a servicios de telefonía móvil (bandas 900 MHz, 1,8 GHz y 2,1 GHz, asociadas principalmente a servicios 2G y 3G, no tanto a 4G), un 14% a frecuencias entre los 100 KHz y los 8 GHz (captando la totalidad del espectro usado para servicios de telefonía) y el restante a frecuencias bajas.

Además de la infraestructura física, el proyecto también incluye una página web para dar soporte y transmitir los resultados de la red de monitorización. De forma complementaria, también se incluye información divulgativa sobre el campo electromagnético, el funcionamiento de la telefonía móvil, la normativa vigente en materia de radiofrecuencias y los principales estudios relacionados con el impacto de la exposición al campo electromagnético.

Resultados y retos futuros

Las mediciones de las estaciones ofrecen resultados en continuo, que se pueden consultar en el portal web. De forma adicional, la Generalitat publica de forma anual un informe con el seguimiento de los datos registrados por las estaciones. En el último informe (Generalitat de Catalunya [20]) se constata que no hay ningún punto en que se supere la normativa acerca de niveles de campo electromagnético, y que en general los valores registrados se encuentran lejos de este límite. Como dato interesante, los valores más altos captados por las estaciones de espectro ancho (100 KHz – 8 GHz) son las que se encuentran cerca de antenas de radio y TDT, no de telefonía móvil. También se constata que desde el año 2013, el nivel del campo electromagnético ha aumentado un 20%.

De cara al futuro, la Generalitat espera poder actualizar las estaciones de frecuencias de telefonía a frecuencias del espectro ancho (100 KHz – 8 GHz), con el objetivo de caracterizar de forma más precisa el incremento del campo electromagnético de las bandas 800 MHz y 2,6 GHz (4G).



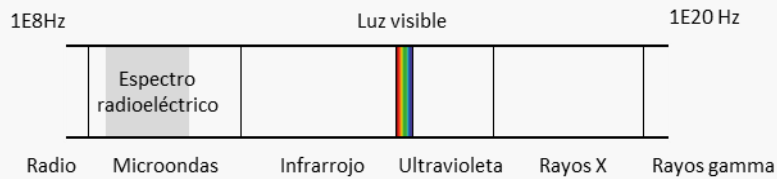
Determinación del límite del campo electromagnético permitido

La radiación puede ser de dos tipos en función de la energía que transporta la onda. Y se refiere a si esta energía es suficiente o no como para producir la ruptura de enlaces químicos¹⁷:

- La radiación ionizante puede provocar la ruptura de los enlaces de las células, afectar el ADN genético y son peligrosas. Aunque el umbral para producir esta ruptura depende de la molécula involucrada, por lo general se considera radiación ionizante a aquella cuya frecuencia es superior a 10^{15} Hz, es decir, a la parte del espectro correspondiente a la radiación ultravioleta, rayos X y rayos gamma.
- Las radiaciones no ionizantes, como las que se utilizan en telefonía móvil y otros sistemas de comunicación, no tienen energía suficiente como para romper los enlaces celulares y por esta razón es altamente improbable que causen efectos irreversibles sobre la salud.

El límite impuesto a la exposición de campo electromagnético por frecuencias móviles se calcula aplicando un factor de seguridad de 50 al límite inferior de frecuencias que causa el primer efecto dañino en el cuerpo humano (definido como el momento en que tras 15min de exposición el tejido se calienta 1°C). En las mediciones en la vía pública se registran valores muy inferiores a este límite, del orden del 1-5%.




Con este límite se garantiza que resulte muy improbable que los campos electromagnéticos medidos por debajo sean perjudiciales según la evidencia científica.






¹⁷ Definiciones extraídas de la página web del Comité Científico Asesor en Radiofrecuencias y Salud (CCARS)



A continuación, se incluye una tabla, que resume el posicionamiento de cada grupo de interés entrevistado respecto a la integración de las nuevas infraestructuras en el territorio, así como sus retos y oportunidades

Grupo de interés	Posicionamiento sobre el modelo de compartición	Retos y oportunidades del modelo de compartición
 Admin. General y autonómica	<ul style="list-style-type: none"> Las administraciones creen que es clave garantizar la cobertura y la integración en el territorio. Existe preocupación sobre el gran volumen de inversiones necesarias en la instalación de fibra hasta la antena. 	<ul style="list-style-type: none"> Potenciar el despliegue de la red 5G Desarrollar las competencias de las administraciones para conseguir un despliegue equilibrado e integrado en el territorio.
 Ayuntamientos y entidades municipales	<ul style="list-style-type: none"> Las administraciones locales deben tener un papel clave y activo en la ordenación de las infraestructuras. Se deben establecer requisitos técnicos para los operadores responsables del despliegue de forma que se respete el espacio público, el resto de usos y se dé una cobertura homogénea. 	<ul style="list-style-type: none"> Ordenar y gestionar el despliegue del 5G en la ciudad. Conocer los requisitos técnicos y físicos de los equipos Evitar los impactos en el patrimonio (por ejemplo, en los centros históricos protegidos). Establecer mecanismos de concesión de la ocupación de mobiliario urbano y espacio público Paliar la brecha digital mediante un despliegue integral que compense zonas con alta rentabilidad y otras con menos.
 Entidades sociales	<ul style="list-style-type: none"> Las entidades vecinales son reticentes a la instalación de más antenas en la ciudad. Se debe asegurar la compatibilidad con los vecinos y con la integración en el entorno. 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar un modelo transparente de implantación bajo tutela de la administración y participación social Establecer criterios urbanísticos y ambientales Visualizar la ubicación de las antenas y monitorizar el estado actual de la red.
 Entidades de promoción e investigación del sector TIC	<ul style="list-style-type: none"> Las entidades de promoción e investigación del sector TIC creen que se debe asegurar un despliegue efectivo con un papel determinante del sector público como facilitador de la implantación y garante de la integración. 	<ul style="list-style-type: none"> Adaptar la legislación para ofrecer herramientas a los municipios y poder racionalizar el despliegue del 5G. Estudiar instrumentos para incentivar la compartición y coinversión de las infraestructuras de forma que todos los agentes beneficiados contribuyan a su despliegue. Despejar las incertidumbres sobre el papel que debe adoptar la administración local respecto a la actividad de los operadores en dominio público Localizar los puntos de demanda de cobertura en los municipios, como elemento clave para asegurar una conectividad total.



Grupo de interés	Posicionamiento sobre el modelo de compartición	Retos y oportunidades del modelo de compartición
 <p>Operadores de infraestructura</p>	<ul style="list-style-type: none"> Los operadores de infraestructura creen que la integración en el territorio se verá favorecida mediante la compartición. 	<ul style="list-style-type: none"> Promover un modelo integral que garantice el servicio de las infraestructuras y el menor impacto en el entorno Armonizar las normativas entre territorios.
 <p>Proveedores de equipos</p>	<ul style="list-style-type: none"> Los proveedores opinan que existen soluciones técnicas para mimetizar los equipos en el entorno. 	<ul style="list-style-type: none"> Disponer de un marco normativo y de un procedimiento claro que agilice la implantación de las infraestructuras y equipos.
 <p>Operadores de telefonía</p>	<ul style="list-style-type: none"> Los operadores de telefonía prevén realizar un despliegue muy pausado en función del tráfico. Se prevé un despliegue inicial basado en <i>macro cells</i>, en los mismos emplazamientos utilizados hasta ahora (entorno privado). No prevén por el momento una densificación en la vía pública. 	<ul style="list-style-type: none"> Disponer de un marco normativo y de un procedimiento que agilice la implantación de las infraestructuras y equipos.

5. CRITERIOS A CONSIDERAR EN EL DESPLIEGUE

Para dar respuesta a los retos y expectativas identificados a lo largo del trabajo, y considerando las entrevistas realizadas a los distintos grupos de interés del ecosistema de las telecomunicaciones, se proponen los siguientes criterios para tener en cuenta durante el despliegue de la tecnología 5G.

Estos criterios se exponen a continuación basándose en cuatro ámbitos de trabajo diferenciados: Territorio y ciudad, Gestión e implantación, Tecnología y servicios y Sostenibilidad del modelo.
















Eje	Criterios a considerar en el despliegue del 5G
1 Territorio y ciudad	1.1. Mínima ocupación en el espacio
	1.2. Mejora de los servicios públicos y urbanos
	1.3. Competitividad e impacto económico
	1.4. Oportunidad de proyección de la ciudad
	1.5. Equilibrio territorial
2 Gestión e implantación	2.1. Fomentar la coinversión y garantizar la libre competencia
	2.2. Compartición de red o infraestructura
	2.3. Planificación y modelo integral: un esfuerzo a largo plazo
	2.4. Resolución de requerimientos técnicos
3 Tecnología y servicios	3.1. Desarrollar los retos tecnológicos del 5G
	3.2. Importancia de la I+D para potenciar la tecnología
	3.3. Encaje entre el desarrollo de la tecnología y las expectativas de la ciudadanía
4 Sostenibilidad del modelo	4.1. Combatir la brecha digital
	4.2. Divulgación y conocimiento de la tecnología
	4.3. Participación de la ciudadanía y grupos de interés del ámbito social
	4.4. Conocimiento sobre sus efectos
	4.5. Datos, privacidad y seguridad digital

A continuación, se describe cada criterio y se identifican los agentes implicados y la capacidad de acción de cada uno de ellos durante el despliegue.



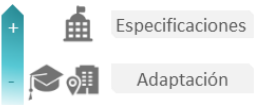

LEYENDA		
	Administración General y autonómica	
	Ayuntamientos y entidades municipales	
	Entidades Sociales	
		Operadores de infraestructura
		Operadores de telefonía
		Ecosistema privado
		Proveedores de equipos

















Eje	Criterios a considerar en el despliegue del 5G	Agentes implicados y capacidad de acción
1 Territorio y ciudad	<p>1.1. Mínima ocupación en el espacio</p> <p>El despliegue del 5G requerirá distintas actuaciones en el territorio para garantizar sus funcionalidades, que cambiarán la fisonomía de las ciudades. Entre ellas destacan la adecuación de las estaciones base, la densificación de la red en las zonas de alta demanda - mediante la instalación de <i>small cells</i>, de dimensiones reducidas- y la instalación de centros de <i>edge computing</i> que incorporen la capacidad de procesar los datos. Para minimizar la ocupación del espacio y ampliar su aceptación, se hace necesario minimizar al máximo los nuevos componentes del 5G, compartiendo infraestructuras y haciendo partícipes a todos los agentes implicados en el proceso, desde operadores a gestores municipales.</p>	 <ul style="list-style-type: none">  Legislación  Planificación  Despliegue  Participación
	<p>1.2. Mejora de los servicios públicos y urbanos</p> <p>La quinta generación móvil supone una nueva evolución, que permitirá hiperconectar personas y objetos en movilidad con baja latencia. Se prevé que el 5G auspicie la ya iniciada cuarta revolución industrial y que evolucione hacia nuevos usos y aplicaciones en estos momentos inimaginables hasta el pleno desarrollo de la tecnología. Los desarrolladores y los municipios deben proponerse que la conectividad sea una realidad al servicio de la sociedad digital, aprovechando las funcionalidades de la tecnología para aplicarlas a la gestión urbana y mejorar el día a día de la ciudadanía. Se prevé que las innovaciones más destacadas afecten a cuatro sectores a corto plazo: energía, transporte, seguridad y salud. Desde redes inteligentes de energía que permitirán alcanzar la sostenibilidad en el suministro, pasando por la llegada de vehículos autónomos y de soluciones de movilidad inteligentes que optimicen sus rutas, la mejora de la toma de decisiones en seguridad, hasta las distintas soluciones de <i>e-health</i> que afectarán el modelo sanitario actual (por ejemplo, a través de las operaciones a distancia o las herramientas virtuales de tratamiento).</p>	 <ul style="list-style-type: none">  Impulso  Investigación y desarrollo  Soporte
	<p>1.3. Competitividad e impacto económico</p> <p>Las administraciones tienen la oportunidad de posicionarse en esta revolución tecnológica y promocionar el 5G como un elemento de competitividad para el territorio y su tejido empresarial. En este sentido, el Gobierno y las Administraciones Autonómicas ya han mostrado el respaldo a la nueva tecnología, así como su interés por el despliegue mediante las distintas iniciativas públicas abiertas para ello. La administración debe continuar fomentando las inversiones por parte de los distintos actores del ecosistema sin priorizar la recaptación fiscal, como ha ocurrido en otros países de Europa, si quiere participar en esta revolución tecnológica. Solo así el 5G será tractor de aceleración en el recorrido digital de las empresas.</p>	 <ul style="list-style-type: none">  Impulso  Inversión  Ordenación






Eje	Criterios a considerar en el despliegue del 5G	Agentes implicados y capacidad de acción
<p>1 Territorio y ciudad</p>	<p>1.4. Oportunidad de proyección de la ciudad El impacto de la nueva tecnología en el PIB es incuestionable y las transformaciones que vivirán empresas y ciudades serán graduales pero profundas. Además de estos impactos contables, el 5G deviene una oportunidad para posicionar las ciudades como líderes globales de la transformación digital. Es imprescindible así que las administraciones locales cuenten con una estrategia de despliegue de la infraestructura y que conciencien a empresas, entidades y ciudadanía de las posibilidades que ofrece la quinta tecnología móvil, que debe ser vista como una oportunidad de ciudades y zonas rurales para proyectarse como impulsores y facilitadores del 5G.</p> <p>1.5. Equilibrio territorial Se espera que el 5G garantice la ubicuidad de la red y por tanto la cobertura continua en todo el territorio. No obstante, uno de los retos es la dinamización de los territorios con menor demanda: zonas rurales y de periferia urbana. Para hacer realidad la reducción de la brecha digital entre territorios, las administraciones deben establecer herramientas que garanticen la cobertura homogénea de la red: buscando la máxima eficiencia de las infraestructuras (por ejemplo, con la compartición) o bien diseñando modelos de despliegue integrales a través de pliegos que compensen las inversiones en zonas rentables (de alta densidad) con zonas no tan rentables (de baja densidad).</p>	
<p>2 Gestión e implantación</p>	<p>2.1. Fomentar la coinversión y garantizar la libre competencia Los operadores de telefonía móvil deberán asumir unos altos costes de inversión iniciales en infraestructura para dar respuesta a las necesidades y previsiones de despliegue de la nueva generación 5G. Según la Comisión Europea se estiman por encima de los 500.000M€. Para asegurar el despliegue, la administración debe hacer un esfuerzo para alentar la coinversión a largo plazo de compañías privadas para que entren en la sociedad del gigabyte, asegurando a su vez la libre competencia del sector. La modificación del Código de Comunicaciones Electrónicas, aprobada en noviembre de 2018 por el Parlamento Europeo, ha dado un primer paso para flexibilizar las reglas de competencia en las nuevas redes de muy alta capacidad en que participen varios operadores, en aras a estimular la inversión y garantizar un servicio de alta calidad. En cualquier caso, deberá hacerse seguimiento de este cambio.</p>	



Eje	Criterios a considerar en el despliegue del 5G	Agentes implicados y capacidad de acción
2 Gestión e implantación	<p>2.2. Compartición de red o infraestructura</p> <p>Los estudios pronostican y aconsejan el uso compartido de redes en la era del 5G como medio de eficiencia en la implantación territorial y minimización de externalidades. Los operadores de telecomunicaciones empiezan a considerar cada vez más el modelo de compartición (principalmente, en zonas rurales) para optimizar la elevada inversión inicial requerida. La administración, se plantea exigir acuerdos de compartición para garantizar la ubicuidad de cobertura de la red y limitar la densificación mediante redes concurrentes. Al mismo tiempo, la industria se posiciona a favor del uso compartido de redes para dar cobertura ellos mismos a nuevos modelos de negocio. En este sentido, los operadores neutros tienen la oportunidad de liderar el modelo de gestión de infraestructuras multi-operador.</p>	 <ul style="list-style-type: none"> Legislación Planificación Acuerdos de compartición
	<p>2.3. Planificación y modelo integral: un esfuerzo a largo plazo</p> <p>La administración debe asegurar un despliegue seguro, capilar y efectivo de las nuevas redes, y para ello, debe, además de impulsar la adopción de estándares y promocionar el ecosistema, aprobar una regulación facilitadora para el despliegue. En primer lugar, respecto a las competencias de la administración local, que debe adoptar un papel activo en la planificación del modelo de despliegue. En segundo lugar, en relación al proceso administrativo poniendo en marcha procedimientos ágiles y homogéneos que establezcan de manera clara los requerimientos de tipo urbanístico para hacer efectivo el despliegue.</p>	 <ul style="list-style-type: none"> Legislación Planificación Acuerdos Participación
	<p>2.4. Resolución de requerimientos técnicos</p> <p>La falta de madurez de la tecnología hace que, a día de hoy, queden sin resolver distintos aspectos técnicos para planificar una implantación ordenada de la red 5G. Los expertos apuntan, en particular, los siguientes factores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La especificación de las exigencias de procesamiento de los nuevos equipos y en particular, de las <i>small cells</i>, que requerirán de un seguimiento. Tanto respecto a su consumo energético como a las emisiones electromagnéticas emitidas en el entorno. - El reto de la última milla del 5G, o de cómo garantizar la velocidad, el alcance y la calidad de los servicios hasta los hogares y/o el usuario final. Los primeros expertos apuntan al <i>Fixed Wireless Access (FWA)</i>, un enlace de comunicaciones inalámbricas de última milla, como solución para optimizar los costes de llegada al usuario final. 	 <ul style="list-style-type: none"> Especificaciones Adaptación
	<ul style="list-style-type: none"> - El encaje del <i>network slicing</i> con el principio de <i>neutralidad de la red</i>, garantizado a nivel comunitario. El 5G abre la posibilidad de segmentar virtualmente la red y construir subredes con el fin de proporcionar una conectividad más ajustada a necesidades concretas (servicios de emergencia, etc.). No obstante, la administración deberá revisar el marco normativo si considera que los proveedores deben poder discriminar por servicio o uso. 	 <ul style="list-style-type: none"> Legislación Nuevos modelos de negocio

Eje	Criterios a considerar en el despliegue del 5G	Agentes implicados y capacidad de acción
<p style="text-align: center;">3 Tecnología y servicios</p>	<p>3.1. Desarrollar los retos tecnológicos del 5G</p> <p>Los actores entrevistados coinciden al afirmar que el 5G no alcanzará una madurez tecnológica suficiente hasta, al menos, 2021. Los operadores de equipo están pendientes de que se cierren las especificaciones de la nueva tecnología para desarrollar la versión final de los primeros dispositivos que ofrecerán 5G en 2019. Se trata no obstante de una tecnología precomercial que deberá actualizarse en los próximos años y ofrecer respuestas claras a retos no resueltos, como la forma de los dispositivos, su autonomía mediante el desarrollo de nuevas baterías o los hándicaps operativos de una posible compartición activa.</p> <p>3.2. Importancia de la I+D para potenciar la tecnología</p> <p>En paralelo al necesario rol de la administración por establecer reglas que impulsen la inversión privada en el despliegue de infraestructura y desarrollo del 5G, resulta indispensable que los principales <i>players</i> del ecosistema (fabricantes, empresas de automoción, de servicios financieros, pero también usuarios) investiguen y colaboren para desarrollar y desbloquear nuevos servicios y aplicaciones para la industria y sus clientes. El mercado es el mejor posicionado para impulsar la innovación y garantizar la explosión de actividades relacionadas con la nueva tecnología y la digitalización, hasta ahora inimaginables. En este sentido, los laboratorios o los <i>sandbox</i> son espacios cada vez más utilizados por sector público o privado para llevar a cabo las pruebas de estas nuevas aplicaciones.</p> <p>3.3. Encaje entre el desarrollo de la tecnología y las expectativas de la ciudadanía</p> <p>Las funcionalidades del 5G son infinitas, no obstante, su éxito dependerá de que el despliegue se haga en el momento adecuado y en las condiciones necesarias que requiere la nueva red de telefonía móvil. En este sentido, es indispensable que los usuarios perciban la importancia y las funcionalidades de la tecnología para que su desarrollo sea pleno.</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 20px;">  <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;"> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; background-color: #f9f9f9;">Especificaciones</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; background-color: #f9f9f9;">Investigación y desarrollo</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; background-color: #f9f9f9;">Financiación</div> </div> </div> </div> <div style="margin-bottom: 20px;">  <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;"> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; background-color: #f9f9f9;">Investigación y desarrollo</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; background-color: #f9f9f9;">Concienciación Recursos</div> </div> </div> </div> <div>  <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; background-color: #f9f9f9;">Concienciación</div> </div> </div> </div>
<p style="text-align: center;">4 Sostenibilidad del modelo</p>	<p>4.1. Combatir la brecha digital</p> <p>El desarrollo de las nuevas tecnologías siempre puede producir desigualdades en el acceso por parte de los distintos segmentos de la población. Más allá del desequilibrio territorial, el desarrollo del 5G debe acompañarse de medidas para combatir la brecha digital de tipo social.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Razones sociales: se vinculan con el acceso más limitado a las nuevas tecnologías de las clases más desfavorecidas - Razones culturales: relacionan el uso de internet y el nivel de formación de la población - Razones económicas: explicadas por el alto coste que puede suponer el acceso a la nueva tecnología - Razones de edad: dejan patente la resistencia de una parte de las personas mayores a los cambios y al desarrollo tecnológico. 	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 20px;">  <div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 10px;"> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; background-color: #f9f9f9;">Recursos</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; background-color: #f9f9f9;">Concienciación</div> </div> </div> </div> <div>  <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; background-color: #f9f9f9;">Concienciación</div> </div> </div> </div>



Eje	Criterios a considerar en el despliegue del 5G	Agentes implicados y capacidad de acción
<p style="text-align: center;">4</p> <p style="text-align: center;">Sostenibilidad del modelo</p>	<p>4.2. Divulgación y conocimiento de la tecnología</p> <p>Los expertos coinciden al afirmar que el desarrollo pleno de la tecnología dependerá del uso y de las aplicaciones que le den los usuarios. En este sentido, deviene indispensable que la administración promocióne las funcionalidades de la nueva tecnología móvil y conciencie a los usuarios sobre la disrupción que conllevará en el conjunto de la sociedad.</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1219 439 1410 506">Recursos Concienciación
	<p>4.3. Participación de la ciudadanía y grupos de interés del ámbito social</p> <p>Paralelamente a la tarea de divulgación y conocimiento de la tecnología por parte de las administraciones, se deben crear espacios de participación operativa, consultiva, generadora de criterio y de consenso a partir de la visión del despliegue de la nueva tecnología. Debe potenciarse una participación orientada a hacer y a definir criterios, y para evitar el bloqueo de proyectos relacionados con la el despliegue de la tecnología y hacerlos más competitivos socialmente.</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1219 685 1410 752">Recursos <li data-bbox="1219 775 1410 842">Inclusión
	<p>4.4. Conocimiento sobre sus efectos</p> <p>La evolución de la tecnología basada en ondas electromagnéticas, como la telefonía móvil, ha venido históricamente acompañada de una preocupación social, relacionada con el temor de los posibles riesgos sobre la salud y de los campos electromagnéticos de la red. El despliegue del 5G no es una excepción, y así lo demuestra la progresiva aparición de plataformas y debates sociales. Para contener estos temores, resulta indispensable incentivar la investigación y la divulgación de los datos científicos disponibles, así como iniciar otras acciones de concienciación y transparencia.</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1219 1133 1410 1200">Divulgación <li data-bbox="1177 1211 1410 1323">  <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1219 1223 1410 1290">Recursos y concienciación
	<p>4.5. Datos, privacidad y seguridad digital</p> <p>Finalmente, entre los retos tecnológicos y normativos, deberán resolverse las incógnitas que surgen de la virtualización de la red. Resulta indispensable que el mercado asegure espacios seguros, que garanticen la privacidad de los usuarios y de sus datos. En este sentido, la Administración deberá trabajar no solo en impulsar un marco de derechos digitales claro, que garantice la neutralidad de la red y la protección de sus usuarios, sino también que los proveedores de servicios y tecnología dispongan de soluciones digitales ciberseguras.</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1219 1514 1410 1581">Legislación y seguimiento <li data-bbox="1219 1603 1410 1671">Protección <li data-bbox="1219 1671 1410 1738">Concienciación

CONCLUSIONES

La quinta generación móvil supone una evolución disruptiva, que va más allá del cambio tecnológico suscitado por generaciones anteriores. La llegada del 5G no solo evolucionará la conexión, permitiendo manejar grandes volúmenes de datos de manera ultra segura, con baja latencia y en tiempo real, sino que impulsará la transformación digital, más allá de las comunicaciones móviles.

Se espera que el desarrollo de servicios basados en la nube transforme los procesos industriales y el actual modelo productivo, impulsando la creación de nuevos sectores y auspiciando un auge de la economía global, que podría alcanzar los 1.080 B€ mundialmente en 2026, y 24.300 M€ en España.

Su despliegue se anuncia para 2020, y si bien el conjunto de agentes coincide en que su madurez tecnológica y comercial se prevé al menos en cinco años, resulta indispensable hasta entonces considerar no sólo los requerimientos técnicos de despliegue de la nueva tecnología, sino también considerar su encaje e integración en el conjunto del territorio español.

Para la elaboración de este documento se ha tenido en cuenta la valoración de más de 30 agentes del ecosistema 5G involucrados de forma directa e indirecta en el despliegue de la tecnología, a través de entrevistas en profundidad.

Mapa de agentes del ecosistema 5G en España

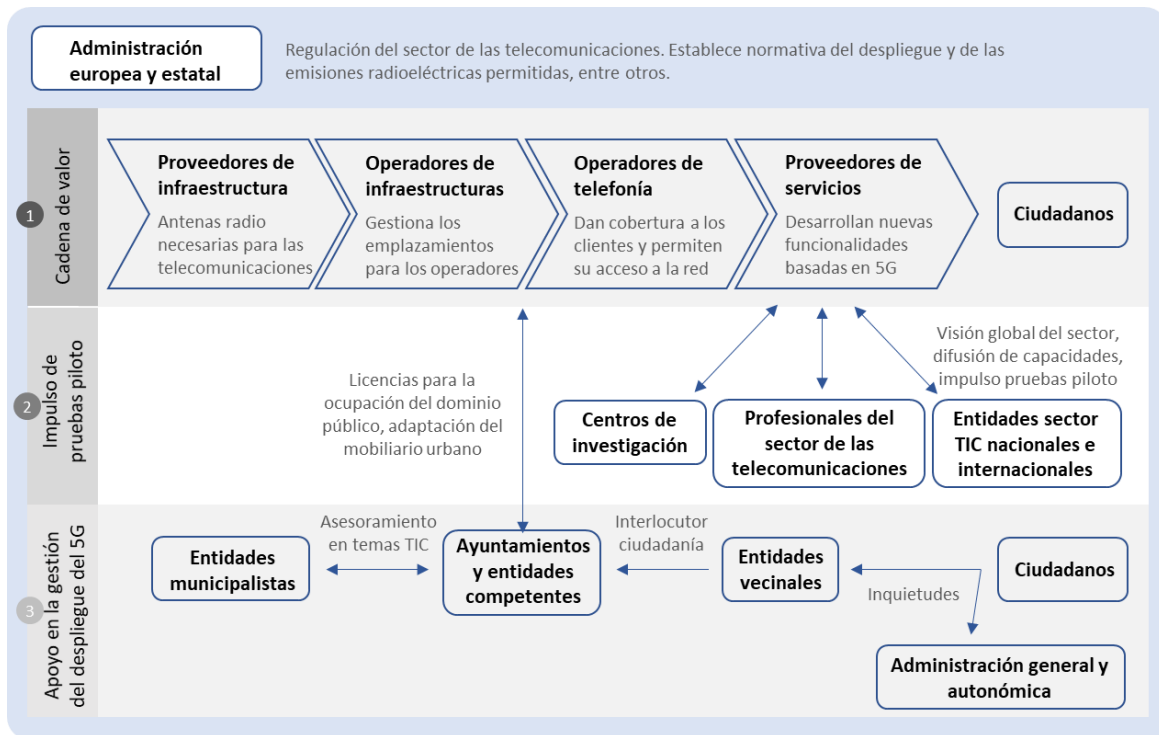


Figura 47. Actores implicados en la legislación y despliegue del 5G desde la perspectiva de negocio, según su grado de internacionalización (eje vertical) y su grado de materialización del despliegue (eje horizontal). Fuente: Elaboración propia



A lo largo del documento, los más de treinta actores del ecosistema entrevistados han identificado palancas o ventajas competitivas del territorio en la implantación de la tecnología, así como factores

limitadores que deben resolverse si se quiere obtener una consolidación masiva y sostenible del 5G

Palancas para el despliegue de la tecnología

Entre los factores de impulso de la quinta tecnología móvil, los distintos actores entrevistados han destacado algunas de las principales palancas para el despliegue de esta tecnología en España. De ahí, se han identificado principalmente siete que se resumen a continuación:

1. Amplio despliegue de fibra óptica

El amplio despliegue de fibra óptica del que se dispone actualmente en España, es uno de los principales factores que más se ha destacado como palanca para el desarrollo de la red 5G. Se trata de una clara ventaja competitiva que dispone el país, que minimizará el impacto en el territorio del despliegue respecto otras regiones europeas.

2. Apuesta de las administraciones por liderar el 5G

Por su lado, las administraciones públicas a escala europea, estatal, regional y local están alineadas en la apuesta firme por el desarrollo de la tecnología. En particular desde el Gobierno español se ha señalado que el 5G es una de las “grandes prioridades” del país. La constitución de una oficina de seguimiento del plan 5G, la presente actualización de la Ley de Telecomunicaciones y la promoción de proyectos piloto y su financiación demuestran el compromiso de la Administración Central para impulsar el nuevo estándar.

3. Colaboración creciente entre distintos actores

Cada vez aparecen más eventos y pruebas piloto en distintos lugares del territorio relacionados con la nueva tecnología. Esto es posible gracias a la colaboración que se produce entre distintos actores del sector público y privado. Por el momento en la mayoría de los casos estas iniciativas están lideradas por el sector público.

4. Soporte de las industrias verticales

Sin embargo, a medida que evoluciona la tecnología cada vez son más los agentes del sector privado que invierten en las nuevas oportunidades que puede ofrecer esta tecnología. La paralela inversión e interés de las industrias verticales y los crecientes

PRINCIPALES PALANCAS DETECTADAS

- 1 *Amplio despliegue de fibra óptica*
- 2 *Apuesta de las administraciones por liderar el 5G*
- 3 *Colaboración creciente entre distintos actores*
- 4 *Soporte de las industrias verticales*
- 5 *Ubicuidad de las comunicaciones*
- 6 *Expectativas de nuevos servicios innovadores*
- 7 *Necesario para la competitividad del territorio*

acuerdos de colaboración entre agentes estratégicos del ecosistema se constituyen como importantes palancas de un despliegue esperado ya por la mayoría de las industrias digitalizadas.

5. Ubicuidad de las comunicaciones

Además, el uso de la tecnología móvil se ha intensificado a nivel global y ha penetrado en todas las capas de la sociedad, experimentando una tasa de crecimiento anual siempre superior a la del año anterior desde sus inicios.

6. Expectativas de nuevos servicios innovadores

Los usuarios van adaptando y absorbiendo las nuevas aplicaciones y servicios que ofrece la tecnología, y asumen que va a seguir evolucionando con un catálogo innovador de servicios cada vez más amplio y con mejores prestaciones. En este sentido, el despliegue de la nueva tecnología 5G deviene una necesidad para seguir dando respuesta a las expectativas de los usuarios.

7. Necesario para la competitividad del territorio

Si en general las administraciones públicas coinciden en la necesidad de apostar por el despliegue del 5G es porque aquellos que se encargan de tomar decisiones políticas son conscientes de la capacidad dinamizadora de la economía, la atraktividad y la competitividad que puede aportar la tecnología en su territorio

Barreras para el despliegue de la tecnología

1. Desinformación de usuarios finales

Por el momento, los usuarios mayoritariamente obtienen la información sobre la tecnología 5G en forma de noticias y artículos a través de la prensa. Sin embargo, aún no se percibe el impacto, las posibilidades y las funcionalidades que puede aportar el despliegue de la tecnología en los próximos años.

2. Poca madurez de la tecnología

Relacionado con el punto anterior, en estos momentos la tecnología 5G se encuentra en una fase embrionaria. Para la implantación ordenada de la red 5G primero se deben resolver distintos aspectos técnicos y administrativos. Luego, la madurez de la tecnología 5G evolucionará en la medida que se produzca un despliegue amplio de la infraestructura 5G y una comercialización masiva de elementos compatibles con los requerimientos de la tecnología (smartphones, coches, sensores IoT, etc.).

3. Coste de la implantación

La incertidumbre sobre el coste real que puede suponer el despliegue y la implantación de la tecnología y la preocupación de los inversores por encontrar un modelo de negocio que lo monetice también son algunas de las principales barreras que destacan la mayoría de los entrevistados.

4. Ocupación del espacio urbano y densificación

La ocupación del espacio urbano será uno de los efectos más visibles del despliegue de la tecnología. En este sentido existe un gran consenso en que la densificación se debe producir de un modo racional y ordenado, compartiendo infraestructuras y haciendo partícipes a todos los agentes implicados.

5. Complejidades administrativas

Aunque no haya un marco regulatorio y competencial claro ni homogéneo en los aspectos relacionados con la implantación de la

PRINCIPALES BARRERAS DETECTADAS

1	Desinformación de usuarios finales
2	Poca madurez de la tecnología
3	Coste de la implantación
4	Ocupación del espacio urbano y densificación
5	Complejidades administrativas
6	Limitaciones del espectro
7	Seguridad y privacidad

infraestructura 5G, las distintas administraciones públicas deberán tener un papel activo en la ordenación éstas. Deberán establecer requisitos técnicos para los operadores responsables del despliegue de forma que se respete el espacio público y se de una cobertura homogénea. En este sentido la figura de un interlocutor único entre administraciones y operadores de infraestructuras puede contribuir a minimizar esta barrera.

6. Limitaciones del espectro

En las comunicaciones inalámbricas, incluida la telefonía móvil, el espectro de frecuencias es el medio con el que se transmite la información entre el usuario final y la red. La limitación de bandas de frecuencia contiguas disponibles, debido a la saturación del espectro por otros usos radioeléctricos preexistentes (tecnología 2G, 3G y 4G, Televisión Digital Terrestre, etc.) y el elevado grado de demanda de bandas por parte de múltiples actores del ecosistema del 5G, pueden ser una barrera para el despliegue óptimo de la tecnología 5G.

7. Seguridad y privacidad

Entre los retos tecnológicos y normativos, deberán resolverse las incógnitas que surgen de la virtualización de la red. Resulta indispensable que todos los agentes implicados aseguren espacios ciberseguros, que garanticen la privacidad de los usuarios y sus datos.



El éxito del despliegue de la futura red 5G vendrá condicionada en gran medida por el rol que tomen los distintos agentes involucrados de forma directa o indirecta. La planificación, el diseño, la ejecución, el despliegue y el mantenimiento de la red 5G requiere de la participación de las administraciones públicas -generales, regionales y locales-, entidades sociales, entidades de promoción e investigación del sector TIC, operadores de infraestructura y telefonía y proveedores de equipos.

En este documento se han analizado los principales retos del despliegue de la tecnología y las expectativas de los principales agentes públicos y privados del ecosistema de las telecomunicaciones -identificadas a través de entrevistas en

profundidad. En este sentido, se han descrito los principales criterios a considerar en el despliegue del 5G y la capacidad de acción de los agentes del ecosistema implicados. Los criterios identificados están clasificados según 4 ejes: Territorio y ciudad, Gestión e implementación, Tecnología y servicios y Sostenibilidad del modelo, tal como muestra la Figura 47.

Se requiere la implicación de todos los actores para afrontar los retos del despliegue de la tecnología 5G en nuestro territorio durante los próximos años. Sin embargo, por encima de todo se requiere que la ciudadanía, el sector público y el sector privado vean la utilidad y se den cuenta de la necesidad de apostar por esta tecnología

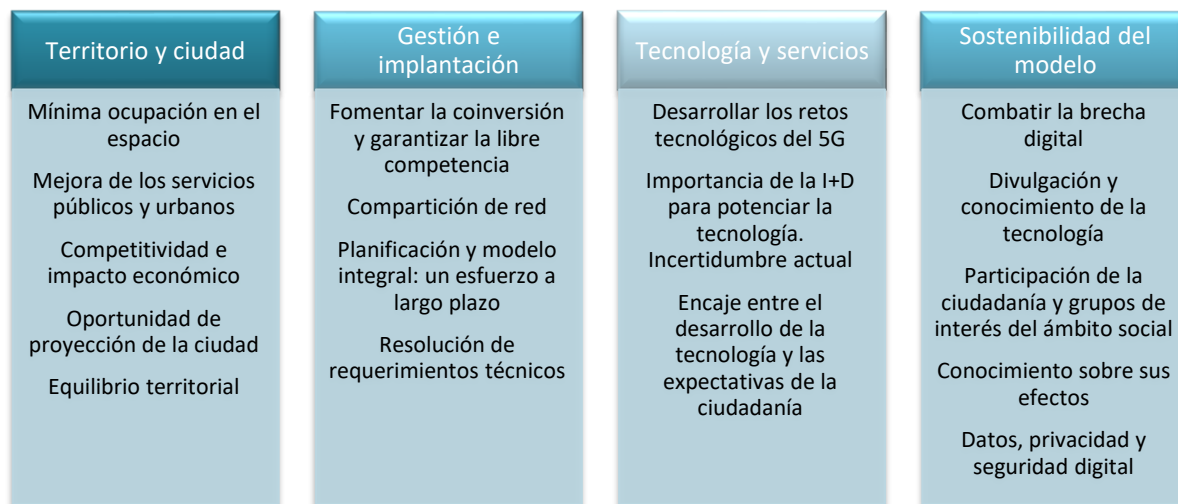


Figura 48. Criterios a considerar en el despliegue del 5G según cuatro ejes

ANEXO 1: ACTORES DEL DESPLIEGUE 5G

En las páginas siguientes se caracteriza y se describen los principales actores del ecosistema 5G desde la perspectiva de negocio implicados en el despliegue de la tecnología.

La caracterización de los distintos actores no es exhaustiva y sigue el esquema de la Figura 47 presentada en el apartado 2.4 -Ecosistema del despliegue 5G- de éste documento.

El modelo se muestra en la Figura 48 y caracteriza a los distintos actores del ecosistema 5G según dos variables: Por un lado, el eje vertical muestra el grado de internacionalización de los organismos y las compañías. Y por el otro, el eje horizontal indica el grado de materialización del despliegue, es decir según si los actores se encargan principalmente de gestionar y legislar sobre la nueva tecnología, o bien si ya participan en pruebas piloto y en el despliegue real de la tecnología.

1. Organismos reguladores

1.1. A escala europea



La 5G Infrastructure Public Private Partnership (5GPPP) es una iniciativa conjunta entre la Comisión Europea y la industria europea de las TIC (fabricantes de TIC, operadores de telecomunicaciones, proveedores de servicios, PYMEs e instituciones investigadoras).

El desafío para la 5G PPP es asegurar el liderazgo de Europa en las áreas donde es particularmente fuerte o donde hay potencial para crear nuevos mercados; como ciudades inteligentes, e-health, transporte inteligente, educación o entretenimiento y medios de comunicación. Esta iniciativa pretende reforzar la industria europea para competir con éxito en los mercados globales y abrir nuevas oportunidades de innovación. El principal reto de la organización es crear una plataforma que ayude a alcanzar el objetivo común de mantener y fortalecer el liderazgo tecnológico europeo a escala global.

Actualmente la 5GPPP se encuentra en su segunda fase de desarrollo. El pasado junio de 2017 en la

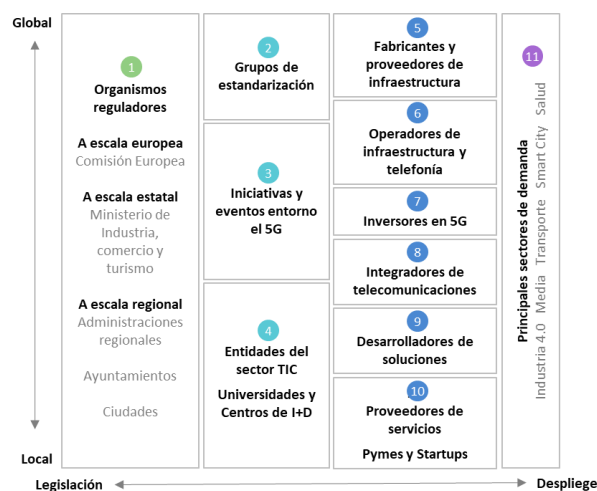


Figura 49. Actores implicados en la legislación y despliegue de la tecnología 5G, según su grado de internacionalización (eje vertical) y su grado de materialización del despliegue (eje horizontal). Fuente: Elaboración propia

primera fase se lanzaron 21 nuevos proyectos. En esta segunda fase está previsto que empezará a entregar soluciones, arquitecturas, tecnologías y estándares para las infraestructuras de comunicación de la próxima década.



La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés) es un organismo de las Naciones Unidas (ONU) cuyo propósito es coordinar las operaciones y servicios de telecomunicaciones en todo el mundo. La ITU consta de tres secciones: (1) ITU-R, Radiocomunicaciones, (2) ITU-T, Normalización de las telecomunicaciones y (3) ITU-D, Desarrollo de las telecomunicaciones. La sección (1) de Radiocomunicaciones (ITU-R) es la que regula y garantiza un uso óptimo, justo y racional del espectro de radiofrecuencia a escala europea.



Las actividades de la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT, por sus siglas en inglés) incluyen la cooperación en cuestiones de normalización



comercial, operativa, reglamentaria y técnica. Este organismo dispone del Comité de Comunicaciones Electrónicas (CEE) que considera y desarrolla políticas sobre actividades de comunicaciones electrónicas en el contexto europeo, teniendo en cuenta las legislaciones y regulaciones europeas e internacionales.

1.2. A escala estatal



SECRETARÍA DE ESTADO PARA EL AVANCE DIGITAL

La Secretaría de Estado para la Sociedad de la Información y la Agenda Digital ha desarrollado el Plan Nacional 5G para el periodo 2018-2020, enmarcado dentro de la "Estrategia Digital para una España Inteligente". Este plan pretende actuar como una palanca clave para el desarrollo de ecosistemas 4.0. Y, además, pretende impulsar una implantación temprana de las redes 5G en España y el desarrollo de la I+D+i en este ámbito. La hoja de ruta 5G prevista desde 2017 es la siguiente:

AÑO	ACTUACIONES
2017	- Consulta Pública Plan 5G y Banda 700 MHz - Plan Nacional 5G - Oficina Técnica del Plan
2018	- Licitación de primeras bandas de frecuencias (Banda 3,6- 3,8 GHz según Orden ETU/531/2018) - Convocatoria de pilotos y acciones I+D+i - Publicación Hoja de Ruta banda 700 MHz
2019	- Desarrollo proyectos piloto y casos de uso - Proceso de liberación de segundo dividendo digital - Evaluación de medio plazo y posibles nuevas acciones
2020	- Despliegue de Redes 5G



DIRECCIÓN GENERAL DE TELECOMUNICACIONES Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

La Dirección General de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información es un órgano de gestión de la Secretaría de Estado para el Avance Digital del Ministerio de Economía y Empresa. Sus funciones se regulan en el artículo 9 del Real Decreto 1046/2018:12. Entre ellas están la ordenación, promoción y desarrollo de las telecomunicaciones y las tecnologías de la información, y la participación en los organismos y grupos de trabajo internacionales de

telecomunicaciones. Además, se ocupa de la elaboración y propuesta de normativa referente a la ordenación y regulación del sector de las telecomunicaciones y las tecnologías de la información, así como de la normativa técnica referente a la regulación de los sistemas de radiodifusión y televisión, cualquiera que sea su soporte técnico.

1.3. A escala regional



FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE MUNICIPIOS Y PROVINCIAS

La Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) es la Asociación de Entidades Locales de ámbito estatal con mayor implantación, que agrupa Ayuntamientos, Diputaciones, Consejos y Cabildos Insulares -en total 7.324- que representan más del 90% de los Gobiernos Locales españoles.

Estas entidades municipalistas que agrupan a una gran cantidad de administraciones, pueden tener un rol importante en el despliegue de la tecnología 5G en el territorio español, dado que:

- Tienen capacidad para crear espacios de puesta en común para compartir experiencias y buenas prácticas entre administraciones locales y regionales.
- Pueden establecer protocolos, planes de acción y recomendaciones para homogeneizar regulaciones en distintos municipios.
- Pueden desarrollar tareas de resolución de dudas y asesoramiento en aspectos relacionados con el despliegue de la tecnología 5G.
- Pueden aportar una mejora en la eficiencia y la gestión de los recursos, especialmente en aquellos municipios más pequeños que no disponen de áreas específicas en el ámbito de las telecomunicaciones.



AYUNTAMIENTOS

Los ayuntamientos son la administración pública más cercana a la población y a las empresas y por tanto la que dispone de una información más profunda de la realidad del territorio. En este sentido, los consistorios pueden jugar un papel importante para contribuir en el éxito del despliegue de la tecnología 5G en España durante los próximos años.

El grado de intensidad en la intervención y en la necesidad de regulación, que requerirá el despliegue de la tecnología, por parte de los

ayuntamientos, dependerá principalmente de parámetros demográficos del municipio. Es decir, aquellos municipios más urbanos, con una gran concentración de viviendas y habitantes, tendrán que diseñar una estrategia de gestión y despliegue de la tecnología 5G en sus centros urbanos mucho más activa que los municipios más rurales, con núcleos urbanos pequeños y diseminados por el territorio.

Existen distintas formas de intervenir en la regulación del 5G por parte de municipios, que van desde la elaboración de ordenanzas municipales que regulen el despliegue de la tecnología, hasta la creación de entidades y consorcios destinados a promover pruebas piloto para el desarrollo de la tecnología (por ejemplo, en aspectos relacionados con la movilidad o las Smart cities).

2. Grupos de estandarización



El Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP) reúne a siete Organizaciones de Desarrollo de Estándares de telecomunicaciones (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA, TTC), conocidas como "Socios Organizacionales" y proporciona a sus miembros un entorno estable para producir informes y especificaciones que definen las tecnologías 3GPP. El proyecto 3GPP cubre las tecnologías de redes de telecomunicaciones móviles, incluido el acceso por radio, y proporciona especificaciones completas del sistema. Las especificaciones también proporcionan enlaces para el acceso sin radio a la red central y para el funcionamiento con redes Wi-Fi.



El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI, por sus siglas en inglés), es una organización sin ánimo de lucro, que produce estándares aplicables a nivel mundial para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Esto incluye las tecnologías fijas, móvil, de radio, convergente, de transmisión e Internet. Estos estándares permiten el funcionamiento de las tecnologías en las que se basan las empresas y la sociedad. El ETSI está formado por más de 800 organizaciones miembros en todo el mundo, procedentes de 66 países y cinco continentes. Entre los miembros se incluyen las empresas líderes del

mundo y las organizaciones innovadoras de investigación y desarrollo.



El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, por sus siglas en inglés) es una asociación profesional de escala internacional dedicada a promover la innovación tecnológica y la excelencia. El IEEE cubre áreas de tecnología que van desde sistemas aeroespaciales, computadoras y telecomunicaciones hasta ingeniería biomédica, energía eléctrica y electrónica de consumo. En relación a la tecnología 5G agrupa a múltiples actores de todo el mundo para que se unan y colaboren para permitir la transformación del 5G en todos los aspectos de la conectividad actual y futura.



El Grupo de trabajo de ingeniería de Internet (IETF, por sus siglas en inglés) es una gran comunidad internacional abierta de diseñadores de redes, operadores, proveedores e investigadores interesados en la evolución de la arquitectura de Internet y el buen funcionamiento de Internet. Está abierto a cualquier empresa o persona interesada. Todos los participantes y gerentes son voluntarios, aunque su trabajo generalmente es financiado por sus empleadores o patrocinadores.



El Grupo de trabajo de investigación de Internet (IRTF) se centra en temas de investigación relacionados con Internet a largo plazo. Mientras que la organización paralela, el Grupo de trabajo de ingeniería de Internet (IETF), se centra en temas de ingeniería y elaboración de estándares a más corto plazo. La IRTF promueve la investigación para la evolución de Internet mediante la creación de grupos de investigación que trabajan en temas relacionados con los protocolos, aplicaciones, arquitectura y tecnología de Internet.



Como se ha comentado en el apartado de organismos reguladores, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) es el organismo especializado de las Naciones Unidas (ONU) para las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Una de las tres secciones de la ITU es la de la estandarización de las



telecomunicaciones. Su principal función es la de formular recomendaciones para estandarizar las operaciones de telecomunicaciones en todo el mundo. La ITU asigna el espectro radioeléctrico global y las órbitas satelitales y desarrolla estándares técnicos que garantizan la interconexión correcta entre redes y tecnologías.



IMT 2020

El IMT 2020 (International Mobile Communication 2020) surge de un grupo temático del ITU. Fue creado en mayo de 2015 para analizar cómo interactuarán las tecnologías 5G emergentes en las redes futuras, como estudio preliminar sobre las innovaciones de red necesarias para soportar el desarrollo de sistemas 5G.

En diciembre de 2015, se prolongó la duración de vida del Grupo Temático. El nuevo mandato insta al grupo a implicar a las comunidades de fuente abierta. De esta forma se pretende influir y aprovechar su labor y presentarles los desafíos que deben superar los actores de las telecomunicaciones para el desarrollo del ecosistema 5G.



NGMN

La Alianza de Redes Móviles de Nueva Generación (Next Generation Mobile Networks) impulsa y guía el desarrollo de la futura tecnología de banda ancha móvil con un fuerte enfoque en el 5G. Su principal reto es expandir la experiencia de las comunicaciones mediante una plataforma de entrega integrada. Esta plataforma debe ofrecer servicios de banda ancha móvil asequible para el usuario final, con un enfoque particular en 5G mientras acelera el desarrollo de LTE-Advanced y su ecosistema.



ONF

La Open Networking Foundation (ONF) es una organización sin ánimo de lucro, financiada por empresas como Deutsche Telekom, Facebook, Google, Microsoft, Verizon y Yahoo! destinado a promover la creación de sinergias a través de redes definidas por software (software-defined networking, SDN) y estandarizar protocolos y tecnologías relacionadas.

El grupo de establecimiento de estándares y de promoción de redes SDN, se formó asumiendo que la computación en la nube desdibujará las distinciones entre computadoras y redes. La iniciativa está destinada a acelerar la innovación a través de simples cambios de software en redes de telecomunicaciones, redes inalámbricas, centros de datos y otras áreas de redes.

3. Iniciativas y eventos entorno el 5G



Global5G.org es una nueva acción de coordinación y soporte de la Fase 2 de 5GPPP con el papel específico de ayudar a fortalecer el vínculo entre las industrias verticales, la estandarización y la investigación, a medida que surgen requisitos de diferentes casos de uso de la industria vertical. Global5G.org es una nueva acción de coordinación y soporte de la Fase 2 de 5GPPP con el papel específico de ayudar a fortalecer el vínculo entre las industrias verticales, la estandarización y la investigación, a medida que surgen requisitos de diferentes casos de uso de la industria vertical. Esta iniciativa también desempeñará un papel importante en el apoyo al fomento del consenso sobre la estandarización y armonización de políticas y regulaciones en toda la UE.



El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, por sus siglas en inglés) celebra el segundo Foro Anual IEEE 5G World del 30 de septiembre al 2 de octubre de 2019 en Dresde, Alemania. Este evento está diseñado para examinar innovaciones clave críticas de 5G en tecnologías que alterarán el espacio de investigación y aplicación del futuro.

El Foro Mundial atraerá a profesionales de la industria, investigadores e instituciones académicas, reguladores gubernamentales y ejecutivos del sector público para escuchar a expertos de la industria, compartir las mejores prácticas y las lecciones aprendidas, conocer las últimas investigaciones, las nuevas iniciativas de desarrollo de estándares, las innovaciones y las experiencias de primera mano con respecto a la creación de prototipos y ofertas iniciales de servicio. El foro ofrece una oportunidad para mostrar sus productos y aplicaciones a una audiencia comprometida, y proporciona una plataforma para que pueda llegar a cientos de responsables en la toma de decisiones clave involucrados en 5G [12].





MOBILE WORLD CONGRESS

MWC Barcelona (Mobile World Congress) es el evento móvil más grande del mundo, que reúne las últimas innovaciones y la tecnología más avanzada de más de 2.400 compañías líderes, con un programa de conferencias altamente calificado que reúne a los visionarios de hoy para explorar los temas más importantes que influyen a la industria.

El evento también presenta amplias oportunidades de aprendizaje de docenas de programas dirigidos por socios, seminarios de GSMA, cumbres, entre otras actividades. Además, el congreso, celebrado en Barcelona desde 2006, va adquiriendo mayor importancia y repercusión mediática año tras año y supone una importante fuente de ingresos para el país.

108.000 Directivos asistentes 13.000 Puestos de trabajo temporales 470.000 M € De impacto económico



5G FORUM

El 5GForum celebrado en abril de 2018 fue el primer encuentro multidisciplinar en torno a la tecnología 5G que se celebra en España. Presidentes, directivos, políticos, técnicos, catedráticos y expertos de toda España se citaron en Málaga para abordar los avances del 5G e intercambiar conocimientos de las aplicaciones prácticas en torno a esta tecnología [13]



LABORATORIO THE THINX

El laboratorio ThinX 5GBarcelona es un espacio abierto para que empresas y personas puedan testear sus ideas en diferentes redes de IoT de acuerdo con sus necesidades; probar conceptos y construir prototipos iniciales que puedan llegar al mercado. Va especialmente dirigido a startups, donde éstas pueden experimentar y compartir conocimientos relacionados con la innovación en materia de tecnología 5G, adelantándose así a la llegada de la quinta generación de redes móviles.

4. Entidades del sector TIC y centros tecnológicos

4.1. Entidades del sector TIC en el campo del 5G



OBSERVATORIO NACIONAL DEL 5G

El Ministerio de Economía y Empresa, a través de la Secretaría de Estado para el Avance Digital, la entidad pública Red.es y la fundación Mobile World Capital Barcelona (MWCcapital) han firmado un acuerdo para la creación del Observatorio Nacional de 5G. El observatorio tendrá sede compartida en las instalaciones de la MWCcapital en Barcelona y Madrid y cuenta con un presupuesto inicial de 1,5 millones de euros durante los próximos tres años.

A través de este observatorio se permitirá complementar y asistir las actividades puestas en marcha por la oficina técnica del Plan Nacional de 5G, que tiene como objetivo el desarrollo de redes y servicios 5G.

De este modo, el observatorio contribuye a la estandarización y la innovación, la alineación de estrategias y la compartición de conocimiento entorno a la tecnología móvil 5G en todo el territorio nacional. Entre otras actividades, el ente creará estudios e informes relacionados con la tecnología 5G, sus nuevos usos y su impacto potencial en la sociedad y la economía, así como incentivará la colaboración público-privada y del sector investigador.

digital.es DIGITALES

DigitalES es la Asociación Española para la Digitalización e integra las principales empresas del sector de la tecnología e innovación digital en España. El objetivo de DigitalES es impulsar la transformación digital global y real de ciudadanos, empresas y administración pública, contribuyendo así al crecimiento económico y social del país.



AMETIC

Es la patronal representante del sector de la industria tecnológica digital en España. Sus asociados son empresas de todos los tamaños e incluyen grandes empresas globales de IT, telecomunicaciones, electrónica, servicios y contenidos digitales, empresas líderes en transformación digital, así como, asociaciones del sector.





colegio oficial
ingenieros
de telecomunicación

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN

El COIT es una Corporación de Derecho Público, de ámbito estatal, con personalidad jurídica propia formada por profesionales que trabajan por y para los Ingenieros de Telecomunicación, defendiendo sus derechos y generando oportunidades. Los objetivos fundamentales son: ordenar el ejercicio de la profesión y representarla de forma exclusiva ante la sociedad; defender los intereses profesionales de los colegiados; e impulsar al progreso y disposición de las técnicas propias de la profesión.

El Colegio desempeña una labor de colaboración con Universidades, Ayuntamientos, CC.AA, Administración del Estado, y resto de empresas y agentes del sector con el objetivo de ser útiles y aportar conocimientos profesionales y experiencia al conjunto de la sociedad



5G BARCELONA

5G Barcelona es una alianza estratégica entre el sector público y la empresa privada. Esta iniciativa nace con la intención de sumar esfuerzos públicos y privados, aglutinando diversos actores y ámbitos de conocimiento provenientes de administraciones públicas, centros de investigación y tecnológicos, proveedores de servicios y productos y operadores.

5G Barcelona está abierta a la participación de todas aquellas organizaciones que se quieran adherir para compartir conocimiento y recursos. Contará con 5 nodos repartidos por la ciudad de Barcelona, a los que se añadirán más hasta llegar a un despliegue del 20% del territorio en 2020.

Ofrece diferentes servicios: Laboratorio y *testbeds*, espacio de *networking*, desarrollo de proyectos alineados con los retos estratégicos, formación en conocimientos 5G y participación en convocatorias públicas 5G a nivel europeo, español o catalán.



5G STONIC

5TONIC es un laboratorio abierto de investigación e innovación enfocado en las tecnologías 5G fundado por Telefónica y IMDEA Networks en Madrid.

El objetivo de 5TONIC es crear un entorno abierto global, donde los miembros de la industria y la academia trabajen juntos en proyectos específicos de investigación e innovación, relacionados con las

tecnologías 5G, con el objetivo de impulsar la tecnología y las empresas innovadoras. El laboratorio promueve el desarrollo de proyectos conjuntos y emprendimientos empresariales, foros de discusión, eventos y sitios de conferencias en un entorno internacional.

4.2. Centros tecnológicos y de I+D



I2CAT

La Fundación i2cat es un centro de desarrollo e investigación sin ánimo de lucro, que impulsa actividades de I+D+i en el ámbito de arquitecturas, aplicaciones y servicios de Internet avanzada. El centro apuesta por un nuevo modelo de innovación basado en la colaboración entre las empresas, las administraciones públicas, el mundo académico y los usuarios

i2cat tiene experiencia en múltiples proyectos de I+D+i a nivel nacional e internacional, liderando líneas de investigación en arquitecturas de redes fijas y móviles, redes de sensores inalámbricas y tecnologías multimedia basadas en contenido, con el objetivo de desarrollar nuevos productos, servicios y aplicaciones en los campos de la eHealth, Smart Cities & Smart Regiones, Advanced Manufacturing y Culture/Creativity



IMDEA NETWORKS

IMDEA es un marco institucional promovido por el gobierno de la Comunidad Autónoma de Madrid para realizar investigación de excelencia y llevar a cabo transferencia de tecnología al sector industrial para mejorar su competitividad. La iniciativa IMDEA se compone de siete institutos de investigación independientes en diferentes áreas estratégicas. Una de ellas es IMDEA Networks, que identifica y aborda retos científico-técnicos en la ingeniería de comunicaciones y redes de ordenadores. También tiene como objetivo desarrollar estos resultados por medio de implementaciones prácticas.



CENTRO TECNOLÓGICO DE
TELECOMUNICACIONES DE
CATALUÑA

El Centro Tecnológico de Telecomunicaciones de Cataluña (CTTC) es una institución de investigación sin ánimo de lucro resultado de una iniciativa



pública de la Generalitat de Catalunya. Las actividades de investigación en el CTTC, tanto fundamentales como aplicadas, se centran principalmente en las tecnologías relacionadas con las capas de enlace de datos y de red de los sistemas de comunicación.

En septiembre de 2018, la 5G Infrastructure Association (5G IA) -la organización responsable de representar a la parte privada del 5GPPP- llevó a cabo una elección de los miembros de su Junta y el CTTC fue reelegido. El CTTC ha sido miembro del 5G IA desde 2013 y, en el contexto de estas elecciones recientes, ha sido elegido como el único miembro académico asociado de la Junta del 5G IA por segunda vez consecutiva. Además, CTTC también ha sido reelegido miembro de la Junta de Asociación entre el 5G IA y la Comisión Europea.



**COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR
EN RADIOFRECUENCIAS Y
SALUD**

EL CCARS es un comité pluridisciplinar en el que están representadas las especialidades que contribuyen a formar consenso científico sobre la naturaleza de las radiofrecuencias y sus efectos biológicos. El Comité está formado por especialistas en aquellos campos de la biología y la medicina que se han relacionado más con los posibles efectos de las radiofrecuencias sobre la salud.

5. Inversores en 5G

5.1. A escala europea



Las principales inversiones por parte del sector público a escala europea provienen de iniciativas promovidas desde el 5GPPP. Como se ha explicado anteriormente el 5GPPP es una iniciativa conjunta entre la Comisión Europea y la industria de las TIC europea.

El objetivo de 5G PPP es asegurar el liderazgo de Europa en las áreas donde Europa es fuerte o donde existe la posibilidad de crear nuevos mercados como ciudades inteligentes, salud electrónica, transporte inteligente, educación o entretenimiento y medios de comunicación. En esta línea, la Comisión Europea está invirtiendo 700 millones de euros para que la industria pueda aprovechar esta inversión y multiplicarla para poder repensar la infraestructura actual y crear la próxima generación de redes y servicios de comunicación.

La iniciativa 5G PPP reforzará la industria europea para competir con éxito en los mercados globales y abrir nuevas oportunidades de innovación. También ofrecerá soluciones, arquitecturas, tecnologías y estándares para las nuevas infraestructuras de comunicaciones necesarias de la próxima década.

Actualmente ya hay múltiples proyectos piloto que se están llevando a cabo en distintas ciudades europeas relacionados con el despliegue de la tecnología 5G. Algunos de ellos se muestran en la Figura 50.

5.2. A escala nacional y regional



A escala nacional y regional existen multitud de administraciones, organismos y entidades públicas y privadas que están invirtiendo en el despliegue de la tecnología 5G, en muchos casos, en forma de proyectos piloto. A nivel español Red.es es el principal organismo encargado de ejecutar el despliegue de los planes de la Agenda Digital para España. Su principal objetivo consiste en trabajar por la convergencia digital con Europa para mejorar los servicios públicos y desarrollar la economía digital.

Red.es es una entidad pública empresarial del Ministerio de Economía y Empresa que depende de la Secretaría de Estado para el Avance Digital. Esta entidad desarrolla programas de impulso de la economía digital, la innovación, el emprendimiento, la formación para jóvenes y profesionales y el apoyo a las PYME mediante el fomento de un uso eficiente e intensivo de las TIC. También despliega programas de implantación tecnológica en los servicios públicos de la Administración –especialmente en Sanidad, Justicia y Educación–, y trabaja para el desarrollo de las Ciudades e Islas Inteligentes.

Muchos de los proyectos que se ejecutan desde Red.es se realizan gracias a la financiación de la Unión Europea, a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y del Fondo Social Europeo (FSE).

Las convocatorias para impulsar el desarrollo de proyectos piloto de tecnología 5G o el impulso de ciudades e islas inteligentes, que ejecuta Red.es, se enmarcan en el Plan Nacional 5G y en el Plan Nacional de Territorios Inteligentes, ambos impulsados por el Ministerio de Economía y Empresa.





- | | | |
|---|---|--|
| <p>Proyecto: 5GCAR (Coche autónomo)
 Stakeholders: Volvo, PSA y Bosch</p> <p>1 Conectividad de red V2X de extremo a extremo para servicios V2X altamente confiables y de baja latencia</p> | <p>Proyecto: 5GTANGO (Servicios digitales)
 Stakeholders: Nurogames</p> <p>7 La aplicación de medios inmersivos muestra un valor agregado de la capacidad de programación de la red de servicios 5G, pruebas automáticas y orquestación de NFV</p> | <p>Proyecto: 5G-Picture (Industria)
 Stakeholders: FGC Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya y Comsa Industrial</p> <p>15 Adopción de la arquitectura RAN desagregada 5G (DA-RAN) para la demostración de servicios ferroviarios 5G en un banco de pruebas de ferrocarril real</p> |
| <p>Proyecto: 5GCity (Smart City)
 Stakeholders: Ayuntamientos de Barcelona, Bristol y Lucca y CELLNEX</p> <p>2 Plataforma de radio y nube distribuida para municipios y propietarios de infraestructura que actúan como anfitriones neutrales de 5G</p> | <p>Proyecto: 5G Transformer (Transporte)
 Stakeholders: CRF y SAMUR</p> <p>8 Transformando la red de transporte móvil en una plataforma de computación y transporte móvil (MTP) que lleva el "Red Slicing" a las redes de transporte móvil</p> | <p>Proyecto: NGPaaS (Industria)
 Stakeholders: Vertical M2M y Virtual Open Systems</p> <p>14 Plataforma de IoT "Build-to-order" como servicio: Aislamiento de dos dispositivos (Salud vs Temperatura) usando un solo componente de puerta de enlace de IoT virtual</p> |
| <p>Proyecto: IoRL (Smart City)
 Stakeholders: BRE, Issy Media y Ferrovial</p> <p>3 Ofrecen servicios de ancho de banda muy alto, baja latencia y ubicación</p> | <p>Proyecto: 5G MoNArch (Industria)
 Stakeholders: Hamburg Port Authority y Turin Palazzo Madama</p> <p>9 Arquitectura flexible, adaptable y programable para 5G en dos bancos de pruebas: Hamburgo para la resistencia de la red y Turin para la elasticidad de los recursos</p> | <p>Proyecto: 5GESSENCE (Seguridad pública)
 Stakeholders: Thales Communications & Security SAS</p> <p>16 Demuestra y evalúa la red de células pequeñas multitenant integrada en la nube que se puede personalizar verticalmente</p> |
| <p>Proyecto: 5G-Xcast (Servicios digitales)
 Stakeholders: BBC, EBU y LiveU</p> <p>4 Arquitectura 5G de red para la entrega inmersiva de medios a gran escala</p> | <p>Proyecto: NRG-5 (Industria)
 Stakeholders: Ineo Energy & Systems, Romgaz, Emotion and ASM Terni</p> <p>10 Smart Energy-as-a-Service: hace que la operación y administración de las infraestructuras de comunicaciones y energía sea más fácil, más segura y más resistente</p> | <p>Proyecto: MATILDA (Seguridad pública)
 Stakeholders: ININ Internet Institute</p> <p>15 Respuesta de emergencia habilitada con 5G para monitoreo de intervención en tiempo real y protección de infraestructura crítica</p> |
| <p>Proyecto: 5G ESSENCE (Servicios digitales)
 Stakeholders: Smart Mobile Labs GmbH</p> <p>5 5G Edge aceleración de la red para un estadio</p> | <p>Proyecto: 5GTANGO (Industria)
 Stakeholders: Weidmüller</p> <p>11 Fabricación inteligente que muestra el valor agregado de la capacidad de programación de la red de servicio 5G, las pruebas automáticas y la orquestación NFV</p> | |
| <p>Proyecto: 5G-MEDIA (Servicios digitales)
 Stakeholders: CERTH / ITI, IRT y RTVE</p> <p>6 Aplicaciones tele-inmersivas, contribución móvil, producción remota e inteligente en radiodifusión</p> | <p>Proyecto: VirtuWind (Industria)
 Stakeholders: Siemens Wind Power</p> <p>17 SDN / NFV para reducir CAPEX / OPEX en la infraestructura de red de control en un parque de energía eólica operacional</p> | |

Figura 50. Proyectos pilotos 5G en Europa en el marco del programa H2020 del 5GPPP. Fuente: Elaboración propia a partir de The European 5G Annual Journal 2018 (5GPPP) [23]



6. Proveedores de equipos 5G

El mercado de proveedores de red y componentes 5G a nivel mundial está muy concentrado en pocas compañías globales de origen mayoritariamente norte-europeo, chino y norteamericano. La mayoría de estas compañías ya están realizando ensayos y pruebas piloto para el despliegue del 5G [14]:

ERICSSON ERICSSON

Ericsson por su parte ha realizado más de 15 pruebas piloto con 20 operadores distintos en todo el mundo sobre 5G. Entre ellas, destaca la llevada a cabo con T-Mobile para desarrollar un sistema pre-estándar 5G para ensayos de laboratorio y de campo en Estados Unidos. También ha llegado a un acuerdo con Cisco e Intel para fabricar lo que será el primer *router* 5G. La compañía, que según anunció comenzará a desplegar redes 5G en 30 ciudades de los EEUU, prevé que se pueda dar servicio a más de 150 millones de usuarios a finales de 2021.

HUAWEI HUAWEI

La china Huawei, de cara a tomar posiciones y anticipándose al despliegue del 5G, ha sido la impulsora del denominado 4.5G, una generación intermedia que permite multiplicar por diez las velocidades de la actual red y con la que ya se han conseguido conexiones de 1 Gbps. Íntimamente relacionado a esta tecnología surge el denominado Internet de las Cosas de Banda Estrecha (NB-IoT, por sus siglas en inglés), que utiliza frecuencias que ofrecen menos interferencias y una mayor cobertura en interiores y mejorando considerablemente la duración de las baterías.

NOKIA NOKIA

Nokia tiene previstas inversiones de 350 millones de dólares para liderar el 5G y el IoT. La compañía finlandesa lanzó AirScale, una plataforma diseñada para conectar una amplia gama de dispositivos, desde coches, hogares inteligentes, ciudades o teléfonos. Nokia ya está efectuando pruebas piloto, como la que ha realizado junto a la operadora coreana SKT en la que se han conseguido descargas de 19,1 Gbps. Además, en algunos casos ya ha establecido acuerdos con operadores de todo el mundo como China Mobile, NTT DOCOMO, Corea Telecom, SK Telecom and Deutsche Telekom para el desarrollo del 5G.

En estos momentos Ericsson, Huawei, Nokia y ZTE son las principales empresas proveedoras y creadoras de infraestructuras de red 5G. Qualcomm, Samsung e Intel destacan en la producción de chips de comunicaciones 5G.

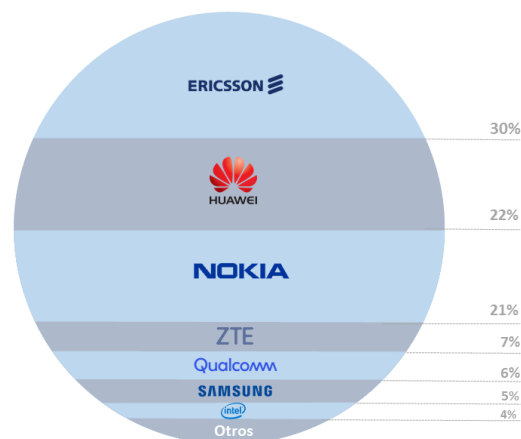


Figura 51. Distribución del mercado de proveedores de red y componentes 5G. Fuente: ACCIÓ en base Reuters i Viavi [16]

7. Operadores de infraestructura y telefonía

La compartición de infraestructuras entre operadores ya sea emplazamientos de red, equipamiento físico de soporte (mástiles y torres), elementos de red (equipos, incluidas antenas) o incluso el uso de las frecuencias, puede reducir significativamente los costes de despliegue. Esta reducción de costes se puede producir principalmente en zonas aisladas poco pobladas o en lugares donde ya existe un número elevado de infraestructuras instaladas, como es el centro de las grandes ciudades.

En este sentido existen múltiples actores implicados en el despliegue eficiente de las infraestructuras de comunicación.

Desde la Secretaría de Estado para el Avance Digital, se considera que uno de los principios de la Ley General de Telecomunicaciones es el de promover la inversión eficiente en materia de infraestructuras. Esto incluye, cuando procede, la competencia basada en infraestructuras, fomentando la innovación y teniendo debidamente en cuenta los riesgos en que incurren las empresas inversoras.



Este organismo establece que, para conseguir esa eficiencia, se puede fomentar la co-ubicación o el uso compartido de elementos de redes públicas de comunicaciones electrónicas y recursos asociados.

Con el fin de promover la compartición de la propiedad tanto pública como privada, la Ley General de Telecomunicaciones propone a los operadores que realicen acuerdos voluntarios entre ellos o con la ayuda de las propias administraciones públicas afectadas por el despliegue. En este último caso, el fomento de dichas medidas es algo muy positivo, especialmente cuando el Ayuntamiento es la Administración Pública implicada.

Sin embargo, dicho fomento no es sinónimo de que las Administraciones Públicas deban establecer obligaciones de compartición o ubicación compartida a los operadores de telecomunicación. No obstante, sí que pueden identificar motivos en los que cabría imponer obligaciones de compartición o ubicación compartida, para solicitar un inicio de procedimiento de obligación de compartición o de ubicación a la Dirección General de Telecomunicaciones y Tecnologías de la información.

Los motivos que podrían motivar el establecimiento de obligaciones de compartición o ubicación compartida pueden ser en pro del medio ambiente, la salud pública, la seguridad pública y/o la ordenación urbana y territorial

Una vez que una Administración Pública haya identificado estos casos, puede instar a la Dirección General de Telecomunicaciones y Tecnologías de la información el inicio de un procedimiento de obligación de compartición o de ubicación compartida de infraestructuras de redes de comunicaciones electrónicas. Este procedimiento aún debe ser regulado por Real Decreto, en el cual se identificarán aquellas situaciones bajo las que procede imponer estas condiciones.

7.1. Operadores de telefonía

Los operadores de telefonía seguirán desempeñando un papel central en el ecosistema 5G, gestionando no solo los paquetes de datos y voz para los clientes finales, sino también el desarrollo de nuevos casos de uso y modelos de negocio asociados a los mismos.

Como se explica en el punto 10 (Proveedores de servicios) la nueva generación móvil puede representar para los operadores de telefonía inalámbrica un paso más en su evolución estratégica, al pasar de proveedores de

conectividad de alta velocidad a convertirse en facilitadores de los ecosistemas de próxima generación y proveedores de servicios de valor añadido. Lo podrán hacer de forma independiente o a través de colaboraciones entre diferentes agentes de la cadena de valor.

Aparecen, por tanto, nuevas oportunidades de negocio para los operadores. Sobre todo, para aquellos que sean capaces de ofrecer valor a los usuarios finales y a potenciales clientes empresariales, incluidas las PYMEs y 'Start-ups'.

A diferencia de los proveedores de equipos, el mercado de operadores de telefonía está más segmentado a escala nacional. La mayoría de los operadores, especialmente los más grandes, están realizando pruebas piloto de la tecnología 5G en muchos países.



7.2. Operadores de infraestructura

OPERADORES DE TELEFONÍA Y A LA VEZ DE INFRAESTRUCTURA

Actualmente existen operadores de telefonía que también disponen de infraestructura de telecomunicaciones propia. Estas compañías, que compiten por los mismos clientes, firman numerosos acuerdos para compartir ubicaciones de antenas y compartir la red fija de fibra óptica.

Con la llegada del 5G, la industria móvil está empezando a darse cuenta de que será imprescindible un modelo de compartición para muchos operadores, con un modelo más eficiente que el actual, que permita optimizar las elevadas inversiones que se requieren.



OPERADORES INDEPENDIENTES

Para asegurar el éxito del despliegue de la tecnología 5G, será necesaria una gestión eficiente e inteligente de las infraestructuras, sobre todo en los entornos urbanos. En este sentido los operadores independientes -también llamados operadores neutros- de infraestructuras, como Cellnex Telecom apuestan por un modelo de gestión y compartición de infraestructuras.

Este modelo puede aportar valor a los ciudadanos, las administraciones y a todos los actores de la cadena de valor en diferentes aspectos:

- ✓ Racionalidad económica en el despliegue
- ✓ Optimización de la gestión de la red
- ✓ Optimización de trámites administrativos
- ✓ Aceleración del despliegue
- ✓ Menor impacto ambiental
- ✓ Optimización del consumo energético.

En este sentido, las infraestructuras de titularidad pública serán clave en el despliegue de las redes 5G y por ello se considera que será fundamental eliminar las barreras de acceso para su utilización. Además, también será clave fomentar la compartición y considerar la intermediación entre gestores especializados.

También se considera que las medidas para facilitar el uso de estas infraestructuras deberían contemplarse desde una óptica nacional para ser aplicadas por parte de cualquier entidad pública o privada que gestione estos activos. De este modo, el acceso y actividades necesarias en vía pública para el despliegue de *small cells* debería tener una tramitación y respuesta rápida por parte de las entidades públicas. Además, deberían establecerse criterios de racionalización, de minimización del impacto en el espacio público y de compartición, y asegurar su cumplimiento.

Para ello, los operadores neutros en el mercado mayorista pueden ser unos facilitadores de este proceso, con garantías y acordes a las necesidades de los ciudadanos, las administraciones y el mercado.

8. Integradores de telecomunicaciones

Los operadores de telefonía requieren de un agente que sea capaz de ordenar todo el ecosistema nuevo que se genera en el horizonte del 5G y paquetizarlo para que el mismo operador sea capaz de proporcionar los servicios de telecomunicaciones a los clientes.

Es decir, necesita agentes que comprendan la información desestructurada, con un alto volumen de datos y con capacidad de procesarla en tiempo real. Esto incluye fuentes de datos a usar, mecanismos de almacenamiento, tratamiento, visualización, así como servicios de implantación y posterior mantenimiento y operación de plataformas virtuales.

Además, de proporcionar todo lo anterior, las compañías integradoras de telecomunicaciones, complementariamente, pueden proveer del hardware y la infraestructura asociadas. También pueden ofrecer soluciones paquetizadas para sectores concretos, o perfiles específicos en formato de asistencia técnica o, en el otro extremo, capacidades en formato *as a Service* en pago por uso. Las grandes compañías integradoras que operan en el mercado español con mayor volumen de facturación son las que se muestran a continuación:



9. Compañías desarrolladoras de soluciones

El despliegue de la tecnología 5G además de habilitar un mayor volumen de datos, también incrementará la interacción entre éstos. Los desarrolladores de soluciones aportan servicios relacionados con la eficiencia y la flexibilidad de las redes. También implementan aplicaciones que permiten mejoras en la toma de decisiones y una mayor posibilidad de comunicación de los

ciudadanos, organizaciones y administraciones con su entorno.

En este grupo se pueden encontrar una gran cantidad de empresas que ofrecen soluciones IT. El tamaño de estas empresas puede ser desde grandes compañías multinacionales hasta PYMES, microempresas y start-ups.



10. Proveedores de servicios

Los operadores más grandes se están moviendo más allá de sus negocios tradicionales de telecomunicaciones (móviles y fijos) para explorar nuevas fuentes de ingresos en un panorama competitivo que cambia rápidamente.

En estos momentos los principales factores impulsores del sector de las TIC predominantes para los operadores son: la convergencia que se está produciendo entre las telecomunicaciones y los medios, el auge del IoT y la evolución hacia un ecosistema digital más amplio.

Esto contribuye a la aparición de un nuevo modelo que facilitará asociaciones que podrán establecerse a través de múltiples capas de servicios, como el uso compartido de la infraestructura, la gestión de las capacidades de red o una mayor oferta de modelos 'as a Services' (XaaS). En una primera clasificación podemos hablar de proveedores de servicios de red (NSP) orientados a ofrecer nuevas variantes de formatos 'as a Services' tales como:

- ✓ Infraestructura como servicio (IaaS)
- ✓ Plataforma como servicio (PaaS)
- ✓ Red como servicio (NaaS)

A continuación, se muestran algunos ejemplos de los últimos movimientos que han realizado las grandes compañías multinacionales [15]:



AT&T

En los EE.UU. AT&T está tomando una posición de liderazgo en la industria de medios y entretenimiento. En 2017 obtenía el 26% de sus ingresos de DirecTV. Esta cifra podría llegar a ser de casi el 40% después de la adquisición de Time Warner (2018).

verizon ✓ Verizon también ha realizado una serie de adquisiciones en varias áreas -medios digitales y publicidad (Yahoo y AOL), IoT (telemática y ciudades inteligentes) y redes de fibra óptica- antes de la era 5G.



Varios operadores, como Turkcell en Turquía y SK Telecom, Singtel y NTT DoCoMo en Asia, también están apuntando al mayor espacio digital para el consumidor al ofrecer una gama de servicios y contenidos digitales que incluyen fintech (tecnología financiera), e-commerce, contenidos, marketing digital o soluciones en identidad y seguridad. Por ejemplo, Turkcell obtiene casi el 20% de sus ingresos nacionales en los servicios digitales, mientras que Smart Life representa el 10% de los ingresos de NTT DoCoMo (ambos al tercer trimestre de 2017).

Si bien las telecomunicaciones seguirán siendo la fuente de ingresos dominante para los operadores, estas empresas ofrecen nuevas fuentes de ingresos y agregan capacidades de negocios en el espacio digital.



11. Principales sectores verticales interesados

Todo indica que el 5G impulsará la transformación de toda la economía digital y en este escenario son muchos los interesados en tener un papel protagonista. Los operadores y los fabricantes de red ya han empezado a mostrar interés en este sentido, pero no serán los únicos. Se observa que

otros sectores verticales se están moviendo rápido y comienzan a

organizarse en ecosistemas que esperan poder beneficiarse también del 5G.

A continuación, se muestran los cinco sectores con una mayor proliferación de casos de uso en sus verticales y con un gran potencial de demanda a corto y largo plazo [16]:



REFERENCIAS

- [1] P.A. Nooren. 5G and Net Neutrality: a functional analysis to feed the policy discussion. 2018 [En línea]: <https://publications.tno.nl/publication/34626427/NhaOCU/TNO-2018-R10394.pdf>
- [2] Kathrein USA. Antenna Innovations Imperative to Realize the Promise of 5G (YouTube). 2017 [En línea]: https://www.youtube.com/watch?time_continue=293&v=yUAiRTvs3SQ
- [3] El País. Las telecos tejen una red de acuerdos para la cobertura total de fibra. 2018 [En línea]: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2018/09/07/companias/1536342206_535885.html
- [4] Ericsson. The 5G Business Potential. 2017 [En línea]: <https://www.ericsson.com/en/networks/trending/insights-and-reports/the-5g-business-potential>
- [5] European Commission. Identification and quantification of key socio-economic data to support strategic planning for the introduction of 5G in Europe. 2016 [En línea]: https://connectcentre.ie/wp-content/uploads/2016/10/EC-Study_5G-in-Europe.pdf
- [6] CNMC. CNMC Data, Informe anual 2017. 2017 [En línea]: http://data.cnmc.es/datagraph/jsp/inf_anual.jsp
- [7] Ministerio de Economía y Empresa. Consulta del Registro Público de Concesiones de Redes Móviles. 2018 [En línea]: https://sedeaplicaciones.minetur.gob.es/setsi_regconcesiones
- [8] McKinsey&Company. Network sharing and 5G: A turning point for lone riders. 2018 [En línea]: <https://www.mckinsey.com/industries/telecommunications/our-insights/network-sharing-and-5g-a-turning-point-for-lone-riders>
- [9] Small Cell Forum. Market drivers for multi-operator small cells. 2016 [En línea]: http://scf.io/en/documents/017_-_R6_-_Multi-Operator_Market_Drivers.php
- [10] BCG. A playbook for accelerating 5G in Europe. 2018 [En línea]: http://image-src.bcg.com/Images/BCG-A-Playbook-for-Accelerating-5G-in-Europe-Sep-2018_tcm9-202394.pdf
- [11] McKinsey&Company. The road to 5G: The inevitable growth of infrastructure cost. 2018 [En línea]: <https://www.mckinsey.com/industries/telecommunications/our-insights/the-road-to-5g-the-inevitable-growth-of-infrastructure-cost>
- [12] IEEE 5G World Forum. The flagship event of the IEEE Future Networks Initiative. 2018 [En línea]: <https://futurenetworks.ieee.org/home/sitemap/9-about>
- [13] 5G Forum. Málaga se convierte en la capital nacional de la tecnología 5G. 2018 [En línea]: <https://www.5gforum.es/malaga-se-convierte-en-la-capital-nacional-de-la-tecnologia-5g/>
- [14] EVOCA. El impacto del 5G. 2018 [En línea]: <http://evocaimagen.com/el-impacto-del-5g/>
- [15] GSMA. The Mobile Economy 2018. 2018 [En línea]: <https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2018/02/The-Mobile-Economy-Global-2018.pdf>



- [16] ACCIÓ, Generalitat de Catalunya. El 5G a Catalunya: Informe tecnològic. 2018 [En línea]: https://www.accio.gencat.cat/web/.content/bancconeixement/documents/informes_sectorials/informe-tecnologic-5G-oct18.pdf
- [17] Ericsson. Ericsson Mobility Report. 2017 [En línea]: <https://www.ericsson.com/assets/local/mobility-report/documents/2017/ericsson-mobility-report-november-2017-middle-east-and-africa.pdf>
- [18] Small Cell Forum. Small cell siting challenges and recommendations. 2018 [En línea]: <https://scf.io/en/documents/195 - Small cell siting challenges and recommendations.php>
- [19] N. Johnson. Multi-Operator Small Cells: the Network of Today for the Customer of Tomorrow. 2015 [En línea]: <https://www.ipaccess.com/newsrelease/257/Multi-Operator+Small+Cells%3A+the+Network+of+Today+for+the+Customer+of+Tomorrow>
- [20] Generalitat de Catalunya. Informe anual 2017 del nivell d'exposició a camps electromagnètics de radiofreqüència a Catalunya. 2018 [En línea]: <http://politiquesdigitals.gencat.cat/web/.content/Telecomunicacions/governanca/estudis/2017-Informe-Anual-CAT-vfinal.pdf>
- [21] Digital Catapult. The UK 5G Ecosystem. 2018 [En línea]: https://assets.ctfassets.net/nubxhjiwc091/2aeGqIM3q4m4WW48y6gkOm/c2bc6003c6a0446e38086912f3f58d04/DC_5gMapping_Final_Final_Forweb_Single_.pdf
- [22] Secretaria de Estado para el Avance Digital. Pilotos 5G. 2018 [En línea]: <https://www.red.es/redes/es/actualidad/magazin-en-red/redes-selecciona-dos-proyectos-piloto-para-el-desarrollo-del-5g-en>
- [23] 5GPPP. European Annual Journal 2018. 2018 [En línea]: <https://bscw.5g-ppp.eu/pub/bscw.cgi/d257916/Euro%205G%20Annual%20Journal%202018-v1.1.pdf>
- [24] European Commission. 5G Observatory Quarterly Report 1. 2018 [En línea]: https://5gobservatory.eu/PDF/80082-5G-Observatory-Quarterly-report_1.pdf
- [25] Expansión. Orange y Vodafone perfilan una alianza en la red 4G para hacer frente a Telefónica. 2015 [En línea]: <https://www.expansion.com/empresas/2015/04/02/551d7e69ca4741b9358b458a.html>
- [26] El Mundo. Movistar y Yoigo compartirán el 4G y darán servicios conjuntos de fijo y móvil. 2013 [En línea]: <https://www.elmundo.es/elmundo/2013/08/01/economia/1375365345.html>
- [27] Xatakamovil. MásMóvil llega a un acuerdo de co-inversión con Orange para cubrir un millón de hogares con fibra. 2016 [En línea]: <https://www.xatakamovil.com/omvs/masmovil-llega-a-un-acuerdo-de-co-inversion-con-orange-para-cubrir-un-millon-de-hogares-con-fibra>
- [28] Xatakamovil. MásMóvil confirma que Yoigo tendrá la cobertura de Orange a partir de 2017. 2016 [En línea]: <https://www.xatakamovil.com/yoigo/masmovil-confirma-que-yoigo-tendra-la-cobertura-de-orange-a-partir-de-2017>



- [29] Ministerio de Economía y Empresa. Nota informativa sobre la subasta del espectro banda 3600-3800 MHz. 2018 [En línea]:
<http://www.mineco.gob.es/portal/site/mineco/menuitem.ac30f9268750bd56a0b0240e026041a0/?vgnextoid=b476beb7ae7a4610VgnVCM1000001d04140aRCRD&vgnextchannel=67f3a570b4ee3610VgnVCM1000001d04140aRCRD>
- [30] Broad Band Now. 5G Small Cell Deployment: Every Current State Law. 2018 [En línea]:
<https://broadbandnow.com/report/5g-small-cell-deployment-state-laws/>
- [31] Generalitat de Catalunya. Jornada La tecnologia 5G i el seu impacte a les ciutats. 2018 [En línea]:
http://smartcatalonia.gencat.cat/ca/detalls/activitatagenda/tecnologia_5g_impacte_ciutats
- [32] Yonhap News. Mobile carriers to share burden in building 5G network infrastructure. 2018 [En línea]:
<https://en.yna.co.kr/view/AEN20180410009600320>
- [33] B. Korea. South Korean Telecom Companies to Share 5G Facilities and Equipment. 2018 [En línea]:
<http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=21584>
- [34] CBR. London Underground Kicks Off 4G Tender Process. 2018 [En línea]:
<https://www.cbronline.com/news/underground-fibre-4g>
- [35] Federal Communications Commission. Accelerating Wireless Broadband Deployment by Removing Barriers to Infrastructure Investment. 2018 [En línea]:
<https://www.fcc.gov/document/fcc-facilitates-wireless-infrastructure-deployment-5g>
- [36] Comisión Europea. Public Consultation on the light deployment regime for small-area wireless access points. 2019 [En línea]:
<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/public-consultation-light-deployment-regime-small-area-wireless-access-points>



GLOSARIO

Ancho de banda. Cantidad de datos disponibles en una red. Se mide en unidades de cantidad de datos entre tiempo (Kb/s, Mb/s, Gb/s).

- Ancho de banda “amplio”. Permite envío de grandes cantidades de datos.
- Ancho de banda estrecho. Permite el envío de poca cantidad de datos.

Edge Computing. Red de malla de micro centros de datos que permite que los datos producidos se procesen más cerca de donde se generen, en lugar de empujarlos a un centro de datos central. La computación local permite no solo mejoras en tiempo (casi en tiempo real), sino también en costes y seguridad.

IoT (Internet of Things). Dispositivos capaces de conectarse a la red, como por ejemplo sensores inteligentes.

Latencia. Tiempo que tarda un paquete de datos en transmitirse dentro de la red. Se mide en unidades de tiempo (habitualmente milisegundos).

Macro Cell. Torres de telefonía similares a la usadas en las redes 4G actuales, que deberán adaptarse para la nueva tecnología 5G. Su utilidad es garantizar la cobertura en extensiones amplias de terreno. Se calcula que las macro celdas pueden dar cobertura hasta distancias de 20km.

Network Slicing: Hace referencia a la posibilidad de segmentar la red, para crear subredes, con el fin de proporcionar una conectividad ajustada a necesidades concretas.

Neutralidad de la red: Principio por el cual los proveedores de servicios de internet y los gobiernos deben tratar a todo tráfico de datos que transita por la red de igual forma indiscriminadamente, sin cobrar a los usuarios una tarifa dependiendo del contenido, página web, plataforma o aplicación a la que accedan.

Small Cells. Pequeños puntos de acceso móvil, tanto en tamaño como en potencia emitida, que se utilizarán en espacios con alta demanda para complementar las antenas macro y ofrecer una mayor capacidad y calidad del servicio. El rango típico de cobertura de las *small cells* es de pocas centenas de metros. Se estima que, en zonas densas y concurridas, se requerirán entre 4 y 10 antenas *small cells* para igualar la cobertura de una antena macro actual.

UIT. La Unión Internacional de Telecomunicaciones es el organismo especializado en telecomunicaciones de la ONU, encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

3GPP. El Proyecto de Asociación de Tercera Generación (*3rd Generation Party Project*) es una colaboración de un grupo de asociaciones de telecomunicaciones cuyo objetivo inicial fue asentar las especificaciones del 3G. En la actualidad, está trabajando en los estándares del 5G.



Institut  Cerdà

www.icerda.org

 @InstitutCerdà  InstitutCerdà

Numància 185 08034 Barcelona Tel 932802323

Diego de León, 30 28006 Madrid Tel 915 639 572

Antonio Bellet 143, oficina 511. Providencia. Santiago de Chile