



5G: Introducción y Tecnología



Índice

1.	<i>Introducción al documento</i>	3
2.	<i>Definición de 5G</i>	5
3.	<i>Definición de conceptos básicos</i>	7
4.	<i>Características básicas</i>	11
5.	<i>Bandas de frecuencia usadas</i>	12
6.	<i>Diferencias entre 5G DSS, 5G SA y 5G NSA</i>	15
7.	<i>Tipos de comunicaciones en 5G</i>	17
8.	<i>Multi-access Edge Computing (MEC)</i>	18
9.	<i>Ciberseguridad en 5G</i>	21
10.	<i>5G en España, Europa y el mundo</i>	25
11.	<i>Beneficios de 5G</i>	27
12.	<i>5G y salud</i>	30
13.	<i>5G vs WiFi 6</i>	33
14.	<i>Dificultades y retos</i>	35
15.	<i>Reseña 6G</i>	38
16.	<i>Agradecimientos</i>	40

1. Introducción al documento

Decía el científico y divulgador Arthur C. Clarke, autor entre otras de la novela “2001: Odisea del espacio”, que *cualquier tecnología suficientemente avanzada es indistinguible de la magia*. Este bien podría ser el caso de la tecnología móvil de quinta generación (conocida por 5G) que es el objeto de esta cuidada publicación que la Asociación Española de Usuarios de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (AUTELSI) pone a su disposición. Se trata del fruto del trabajo llevado a cabo por un amplio panel de expertos extraído de entre los miembros de AUTELSI, que representan tanto al sector privado como al público y abarcan operadores de telecomunicaciones, fabricantes de equipos, empresas usuarias y organismos y administraciones públicas.

Mucho se ha escrito sobre la tecnología 5G hasta el punto de convertirla, sin duda alguna, en una de las palabras de moda. A pesar de ello, o quizás por ello, existe una considerable confusión tanto sobre las bases en la que se sustenta esta nueva generación de tecnología móvil, como sobre los casos de utilización que han posibilitado y alentado la aparición y desarrollo de la tecnología 5G. También, sobre el papel clave del 5G como tecnología habilitadora de la transformación digital de la Sociedad en su conjunto. Se dice que se trata de la quinta generación móvil para los seres humanos y la primera generación móvil para las máquinas, lo que da idea de que el 5G es más una disrupción que una mera evolución del 4G.

Esta obra que presentamos aspira a poner fin a esta confusión y pretende servir de guía a los responsables de empresas y administraciones a la hora de abordar la transformación digital en sus procesos de negocio o de servicio, cuando consideran el uso de la tecnología 5G. Para ello se ha dividido en dos partes: la primera de ellas presenta las definiciones básicas de la tecnología 5G, sus principales beneficios, los retos a los que ha de responder, las dificultades a las que previsiblemente se habrá de enfrentar para su despliegue y adopción masiva y las fases en las que se va a desplegar. También se presentan una serie de conceptos y tecnologías clave incluidas en el 5G, que avalan su carácter disruptivo.

En la segunda parte se presentan algunos de los casos de uso más relevantes en este momento, junto con ejemplos de proyectos piloto o incluso proyectos en explotación, que hacen uso de las distintas capacidades del 5G. Esto incluye tanto casos de uso horizontales como la llamada industria 4.0 o la agricultura de precisión, como otros más específicos o verticales, como su uso en la construcción, o en el sector audiovisual, por citar algunos de ellos. A continuación, se presenta información que AUTELSI considera de gran interés para los responsables de las empresas ya que se examinan las tecnologías habilitadoras utilizadas en cada caso de uso presentado y los beneficios ampliados y específicos que produce su utilización. Esto permite construir soluciones, que integran estas tecnologías bajo el paraguas 5G. Su implementación aporta la capacidad financiera y la disrupción de los modelos de negocio, que permiten prosperar a las empresas y administraciones en este nuevo entorno digital tanto a nivel individual, como a nivel de país. Estamos convencidos de que todo ello sin duda moverá a una

reflexión profunda a estos responsables sobre cómo la tecnología 5G puede ayudar a sus empresas o administraciones, de manera que continúen siendo relevantes en el nuevo contexto digital.

Somos conscientes de que existen muchos más casos de uso que los expuestos aquí y que si existe algún límite este está en nuestra capacidad de imaginar. Esperamos que esta publicación sea tan útil para los lectores como desafiante ha sido para el grupo de expertos de AUTELSI el esfuerzo de condensar de manera comprensible y práctica, lo que verdaderamente es, e implica, la tecnología 5G.

2. Definición de 5G

5G es la quinta generación de comunicaciones móviles. Este estándar es regulado por el 3GPP que es el organismo internacional que estandariza las comunicaciones móviles. El 3GPP está compuesto por diferentes asociaciones de telecomunicaciones entre los que se incluyen operadores, fabricantes de equipos de red, de terminales móviles, de chipsets, etc. Este organismo describe la normativa técnica que deben cumplir todos los equipos que intervienen en las comunicaciones móviles para proporcionar así una compatibilidad a nivel internacional.

La definición de las comunicaciones 5G, al igual que las anteriores tecnologías móviles no es algo estático, sino que evoluciona en diferentes fases con mejoras a lo largo del tiempo. Para ello, el 3GPP va publicando diferentes “releases” que son documentos de especificaciones técnicas. Una vez publicada una “release” pasa cierto tiempo hasta que se implementa en las redes y dispositivos comerciales para poder disfrutar de sus ventajas.

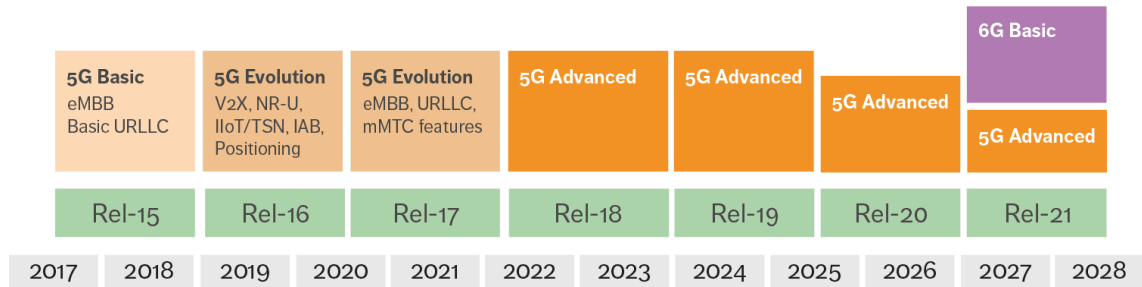
Mientras que el 3G nos permitió tener el primer acceso a internet de baja velocidad a través del móvil y 4G tener banda ancha móvil, 5G nos permite tener una tecnología inalámbrica de transmisión de datos enfocada a los casos de uso, esto es, especializada en cada tipo de conexión. Dentro de este ámbito e definen tres tipos de comunicaciones:

- **enhanced Mobile Broadband (eMBB).** Son comunicaciones que necesitan altas tasas de transmisión de datos en movilidad.
- **massive Machine Type Communications (mMTC).** Son Comunicaciones orientadas a IoT para dar conectividad a miles de dispositivos de bajo coste, bajo consumo de batería y baja transmisión de datos.
- **Ultra-Reliable Low-Latency Communications (URLLC).** Comunicaciones críticas que requieren muy alta fiabilidad y baja latencia.

La primera “release” que estandarizó el 5G fue la release 15 en 2018. Esta primera fase se centró en desarrollar la transmisión de datos a altas velocidades (comunicaciones eMBB) y en especificar un primer despliegue de 5G apoyándose en la actual red 4G en lo que se denomina 5G Non Stand Alone y que se describirá más adelante en este documento.

En 2020 se publicó la “release” 16 que incluye mejoras en la parte radio con la tecnología Massive MIMO, mejoras en las comunicaciones URLLC ofreciendo mayor fiabilidad y funcionalidades de entrega de datos garantizada en un tiempo determinado, mejoras en el consumo de batería de los dispositivos móviles optimizando los estados de bajo consumo, nuevos servicios de localización y la definición de comunicaciones directas entre dispositivos 5G mediante C-V2X (Cellular Vehicle to Everything) mediante el enlace sidelink entre otras mejoras.

Actualmente se está trabajando en la definición de la “reléase” 17 que incluye nuevas bandas de frecuencias para el uso de 5G, transmisión satelital, broadcast de señales de TV en directo o el soporte a servicios de Realidad Virtual, Aumentada o Mixta.



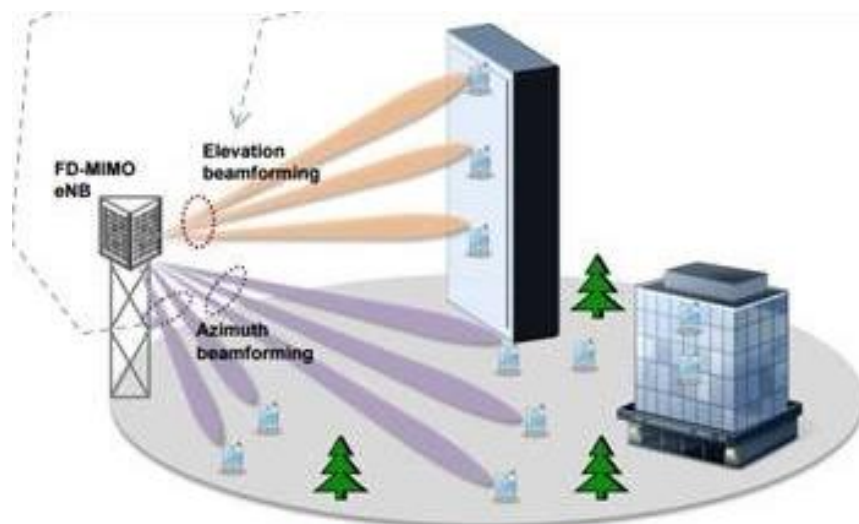
3. Definición de conceptos básicos

- **Uplink (enlace ascendente):** es el enlace radioeléctrico que mediante el uso de señales de radiofrecuencia (RF), une los elementos móviles de la comunicación, como terminales de usuario o terminales embarcados en vehículos, con la estación base, generalmente ubicada encima de edificios o en torres sobre el terreno. Se trata casi siempre del enlace más crítico ya que la potencia de transmisión y la sensibilidad del receptor son sensiblemente inferiores a la de la estación base. El enlace ascendente es el que se utiliza cuando se envía un mensaje o una fotografía por redes sociales, por ejemplo, Whatsapp.
- **Downlink (enlace descendente):** es el enlace radioeléctrico que, mediante el uso de señales de RF une la estación base con los elementos móviles de la comunicación. El enlace descendente es el que se utiliza cuando, por ejemplo, descargamos un video de Youtube en nuestro teléfono móvil.
- **Velocidad de Uplink:** es la rapidez efectiva con que se transmite la información que realmente se quiere intercambiar en el *Uplink*, descontando los errores de recepción y las retransmisiones de información, medida en bit/s o múltiplos de esta cantidad, típicamente en el estándar 5G en Megabit/s (Mbps) o Gigabit/s (Gbps) (Mega significa millones y Giga mil millones). Como el *uplink* es el enlace crítico, eso significa que generalmente la velocidad de *Uplink* es más baja que la de *downlink*, por lo que se dice que la transmisión es asimétrica (velocidades distintas en ambos sentidos).
- **Velocidad de Downlink:** es la rapidez con que se transmite la información que realmente se quiere intercambiar en el *Downlink*, descontando los errores de recepción y las retransmisiones de información. Típicamente es mayor que la velocidad de *uplink*. La velocidad se mide en unidades similares a las del caso anterior.
- **Calidad de servicio (QoS de *quality of service*, en inglés):** es un conjunto de métricas que definen el rendimiento de una red para la prestación de un determinado servicio de telecomunicación, tal cual es percibida por los usuarios de esta. Algunos de los parámetros más importantes que definen el QoS son el ancho de banda (asimilable a las velocidades de *uplink* y *downlink*), la latencia de la comunicación (asimilable de forma aproximada al retardo en la comunicación) o la fiabilidad o disponibilidad de la comunicación, entre otros.
- **Fiabilidad (o disponibilidad):** es el grado de confiabilidad que se tiene en que una conexión entre dos elementos cualesquiera de una red esté disponible y pueda establecerse la comunicación entre ellos, cuándo y cómo los usuarios de la red esperan.
- **Latencia (o retardo):** Es el tiempo total de tránsito de las señales en un circuito de transmisión desde que envía una información hasta que se recibe respuesta del otro extremo de la transmisión.
- **Beamforming (conformación del haz):** una antena activa es una antena compuesta por un número de elementos radiantes idénticos ordenados regularmente en un plano o arreglo -array- (en el ámbito del 5G al menos) y que

son alimentados cada uno de ellos de forma controlada tanto en amplitud como en el desfase entre las ondas generadas por cada uno de los elementos individuales, lo que les permite obtener patrones de distribución de la energía electromagnética radiada o recibida (conocida como directividad de la antena), con características y ganancia de energía transmitida o recibida en distintas direcciones del espacio, que no pueden ser obtenidas mediante una única antena.

Esto permite dirigir los haces de energía electromagnética emitidos o recibidos en determinadas direcciones del espacio e incluso anular determinadas direcciones en las que existe algún tipo de interferencia. De esta manera se puede incluso “seguir” a los usuarios móviles, de manera que se mejora la calidad de cada enlace individual de los usuarios, reduciendo tanto las interferencias del resto de usuarios sobre la estación base, como mejorando la velocidad del enlace tanto del ascendente como del descendente.

La siguiente figura ilustra el significado de esta definición:



- **MIMO** es el acrónimo en inglés de Múltiple entrada múltiple salida. Se refiere específicamente a la forma como son manejadas las ondas de transmisión y recepción en las antenas tanto de la estación base como del terminal móvil (aunque por sus dimensiones generalmente las posibilidades en estos son menores).

Se pueden enviar varios de flujos de datos (pueden ser de varios usuarios o la división de un flujo de datos de un usuario de alta velocidad, en varios flujos a velocidades más bajas), de forma que si se hace de una manera precisa se obtiene el equivalente a varios enlaces distintos ascendentes y descendentes que no presentan relación estadística entre ellos (incorrelados). De esta forma para los usuarios actúan como canales de comunicación independientes. A esto se le denomina multiplexación espacial.

- **MIMO masivo:** es una característica exclusiva del sistema 5G. Se trata del uso simultáneo de conformación de haz como multiplexación espacial (MIMO) y sólo se puede llevar a cabo en la estación base debido a que exige un elevado número de elementos de antena.

No obstante lo anterior, cada vez están apareciendo terminales más sofisticados que permiten implementar estas características. Permite conseguir, simultáneamente, una alta eficiencia energética, una mejora de la velocidad de transmisión y una reducción de las interferencias atendiendo simultáneamente a un elevado número de usuarios.

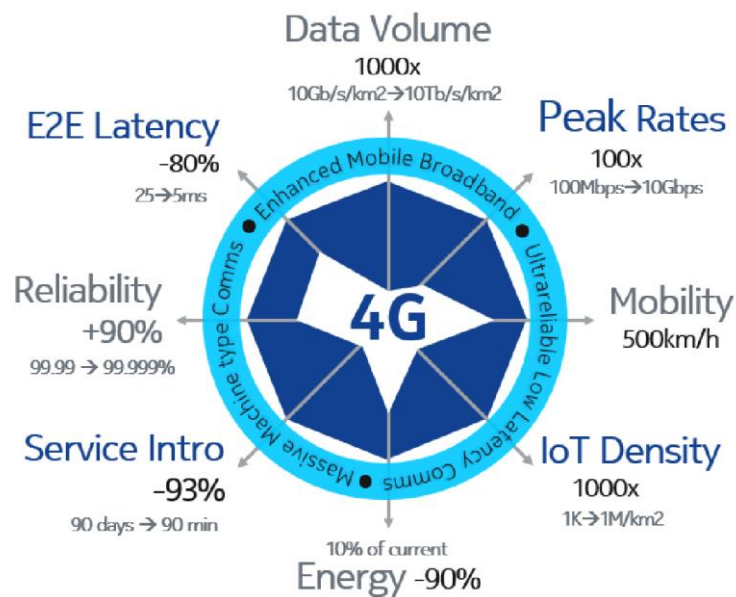
- **Edge Computing (procesamiento en el borde, “onsite” o lo más cerca posible):** es la capacidad de reducir la latencia acercando físicamente “la nube” (las aplicaciones) al usuario. 5G permite reducir drásticamente la latencia en el tramo radio. Aun así, el resto de tramos (redes de transporte y core del operador, Internet) puede introducir retardos muy relevantes. El retardo se limitará en su mayoría a la latencia del tramo radio 5G y al tiempo de procesado en el servidor “Edge”.
- **Network slicing (Segmentación de Red):** es la capacidad de crear diferentes redes virtuales sobre la misma red física con niveles de servicio adaptados a cada necesidad. Sobre una misma red física permite la flexibilidad de personalizar diferentes características de servicio (latencia, velocidad, QoS), permitiendo ofrecer nuevos servicios. La red 5G, única, se segmenta para atender diferentes casos de uso específicos: Internet de las Cosas (IoT), Banda Ancha Móvil (BAM), Comunicaciones entre vehículos (C-V2X), etc. Una empresa podrá contratar un mix de servicios con diferentes características al operador 5G.
- **IoT (Internet de las Cosas):** se entiende por IoT la conexión de un muy amplio número de dispositivos de muy bajo rendimiento: tienen pocos requerimientos de latencia, bajas velocidades y cantidades de datos a transmitir, y fuertes condicionantes en cuanto al uso de energía. Se basa en dispositivos muy limitados de muy bajo consumo.
- **Virtualización (SDN (Software Defined Networking), NFV (Network Function Virtualization)):** SDN y NFV tienen mucho potencial para mejorar el 5G de varias maneras, desde la arquitectura hasta el acceso por radio. La tecnología SDN se implementará en el acceso, el borde y núcleo. Como se ha comentado en “network slicing”, el núcleo de 5G y las redes de acceso utilizarán la división de redes para compartir una única infraestructura física entre muchas redes virtuales. Lógicamente, separará la red de modo que cada tramo proporcione una conectividad diferente y única bajo la misma infraestructura. Cada slice será capaz de acceder a diferentes tipos de recursos, ya sean físicos o virtuales (VNF) implementados en hardware genérico. SDN permitirá esta flexibilidad. También proporcionará gestión y conectividad a los dispositivos SD-WAN situados en el borde. La virtualización en el borde será uno de los componentes más importantes para 5G. La ventaja es que la 5G se diferenciará de las tecnologías móviles anteriores. Aquí, la red 5G será capaz de manejar una mezcla de diferentes servicios y dispositivos.

- **Smallcells:** son equipos de radio compactos y de pequeño tamaño. Su potencia es limitada, trabajan en bandas medias o altas y normalmente se usan para despegar cobertura en interiores (centros comerciales, aeropuertos, estadios, etc) o lugares de alta concentración exteriores en ciudades (farolas, postes, etc.)

4. Características básicas

Las principales características técnicas de 5G son:

- Velocidad de descarga de hasta 20 Gbps para, por ejemplo, visualizar vídeos 4K.
- Velocidad de subida de hasta 10 Gbps para, por ejemplo, transmisión de imágenes de TV de muy alta calidad.
- Latencia mínima de 1 ms para aplicaciones que requieran una respuesta en tiempo real.
- Disponibilidad de hasta el 99.999% del tiempo para aplicaciones críticas.
- Capacidad de volumen de datos de hasta 10 Tb/s/km² para dar cobertura en el centro de las ciudades.
- Capacidad de soportar hasta un millón de dispositivos conectados por metro cuadrado para dar conectividad a todo tipo de dispositivos IoT.
- Duración de la batería de dispositivos IoT de hasta 10 años.
- Reducción del 90% de consumo energético respecto a 4G.



5. Bandas de frecuencia usadas

El organismo encargado de identificar las bandas 5G para su uso armonizado en Europa es el Grupo de Política de Espectro Radioeléctrico (RSPG por sus siglas en inglés). En noviembre de 2016 dicho organismo identificó tres bandas de frecuencia prioritarias para el 5G en Europa, en concreto la banda de 700Mhz (entre 694-790 Mhz), la banda de 3,5Ghz (entre 3,4-3,8 Ghz) y la banda de 26Ghz (entre 24,25-27,5Ghz). Estas bandas tienen su traslación legal en España a través del denominado Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF), en las que, además, se incluyen notas técnicas de utilización de cada una de las bandas y servicios de telecomunicación previstos.

Esas bandas tienen características y usos muy diferentes que pasan a explicarse a continuación.

Banda de 700 MHz

Esta banda presenta unas condiciones de propagación excelentes, es capaz de penetrar en el interior de los edificios y presenta unas pérdidas de propagación muy bajas, por tanto, es idónea tanto para incrementar la cobertura de las redes móviles en entorno rural como para asegurar la cobertura en el interior de los edificios en el entorno urbano.

Esta banda se utilizaba con anterioridad para la difusión de la señal de TDT y fue puesta a disposición de los operadores móviles para la prestación de servicios 5G mediante lo que se llamó el segundo dividendo digital. En Julio de 2021 se produjo la subasta de esta banda y como resultado se otorgaron tres licencias de uso privativo durante un plazo de 20 años para Telefónica, Vodafone y Orange, cada uno de ellos obtuvo licencias de 2x10Mhz FDD.

La concesión de la licencia conlleva aparejada compromisos de cobertura que harán posible que para el 1 julio de 2025 haya al menos una red móvil 5G en todos los municipios mayores de 20.000 habitantes, además también cubrirá los principales aeropuertos, estaciones ferroviarias, puertos marítimos y autovías de nuestro país. Sin duda la extensión de la cobertura de los servicios 5G a los municipios con menos de 20.000 habitantes en el futuro se llevará a cabo haciendo uso de esta banda ya que es la más adecuada para los entornos rurales. Es importante destacar que, por las buenas condiciones de propagación de esta banda, existe una reserva de 2 bloques de 5 MHz para su uso por los servicios de emergencias y seguridad de los Comunidades Autónomas que precisen añadir servicios de banda ancha a sus redes actuales de banda estrecha (que sólo permiten voz y pocos datos)

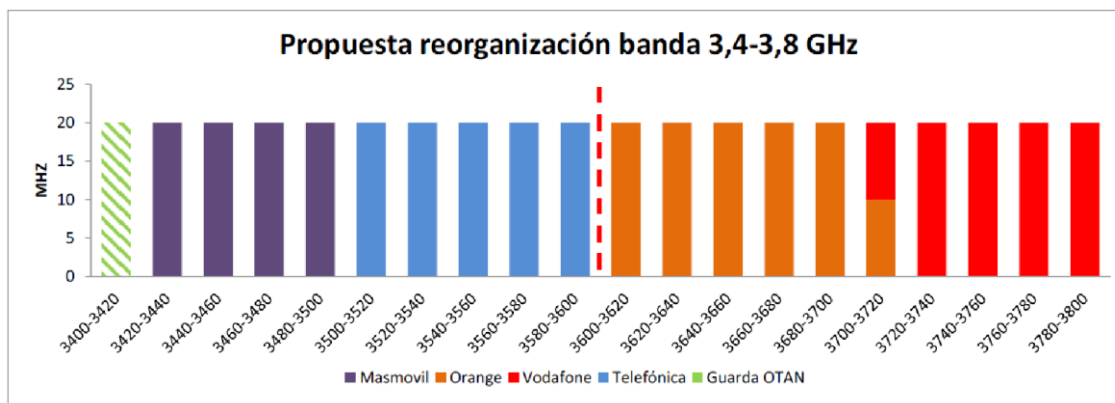
Banda de 3,5 GHz

En la banda de 3,5Ghz las pérdidas de propagación, así como la capacidad de penetración en el interior de edificios son menores en comparación con la banda de 700Mhz, a cambio el espectro disponible es mucho mayor lo que permite obtener velocidades mucho mejores que las disponibles en los servicios actuales de 3G y 4G. El estándar 5G en esta banda utiliza un sistema de acceso distinto al de la banda de

700Mhz, en lugar de separar el canal ascendente y el descendente por frecuencias portadoras distintas (FDD), en la banda de 3,5Ghz tanto el canal ascendente como el descendente utilizan la misma banda de frecuencias y los canales se separan por multiplexación en el tiempo (TDD).

Por otro lado en esta banda de 5G se permite utilizar portadoras de hasta 100Mhz que posibilitan disponer de anchos de banda de gigabit, necesarios para ciertos casos de uso, es precisamente por este motivo que es tan importante que los operadores dispongan de espectro contiguo, lo que permite ser más eficiente en la red radio y disponer de todo el espectro posible por portadora.

En Julio de 2021 los operadores con licencias en la banda de 3,5Ghz alcanzaron un acuerdo para reordenar el espectro asignado a cada uno, de forma que todos ellos disfrutaran de espectro contiguo tal como se muestra a continuación



Se puede observar que el espectro disponible por cada operador es suficiente para ofrecer servicios de gran ancho de banda, en concreto MasMovil dispone de 80Mhz, Vodafone de 90Mhz, Telefónica de 100Mhz y Orange de 110 Mhz. Por lo tanto, una vez completado el proceso de reordenación del espectro en esta banda, a lo largo de 2022 comenzará el despliegue a gran escala de las redes 5G, lo que mejorará notablemente la experiencia de uso del servicio para los usuarios finales.

Banda de 26 GHz

A pesar de que las bandas de 700Mhz y 3,5Ghz van a permitir la extensión de los servicios 5G de forma masiva, hay ciertos casos de uso para los que es preciso disponer de espectro en frecuencias más altas, en concreto en Europa se ha previsto el uso de la banda de 26Ghz, también llamada milimétrica porque sus longitudes de onda son de pocos milímetros.

Las características principales de esta banda son por un lado la gran cantidad de espectro disponible, ya que la banda dispone de un total de 3.250 Mhz, una latencia muy baja,

del orden de muy pocos milisegundos, aunque por otro lado tiene unas pérdidas de propagación muy importantes, que requieren de visibilidad directa entre el terminal y la estación radio, de forma que el alcance máximo es del orden de 100-300m en condiciones óptimas de visibilidad.

Estas características hacen que esta banda sea muy adecuada para zonas con una elevada demanda de tráfico como centros comerciales, estadios de fútbol, estaciones de tren, aeropuertos, o cualquier lugar en el que haya eventos que reúnan a una gran cantidad de personas, ya que el ancho de banda disponible puede superar varios Gbps y proporcionar una experiencia de uso muy satisfactoria para los usuarios.

Por otro lado, las pérdidas de propagación tan altas permiten una mayor reutilización de frecuencias, pudiendo por ejemplo llegar a utilizar el mismo rango de frecuencias para un uso en exteriores y otro en interiores, lo que puede permitir nuevos modelos de licenciamiento de la banda en los que puedan convivir el uso privativo de espectro para redes públicas en exteriores y el uso de la banda en interiores para redes móviles privadas de empresas con distintas aplicaciones verticales.

En enero de 2021 la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones e Infraestructuras Digitales lanzó una consulta pública para evaluar la demanda prevista en el uso de la banda milimétrica y se espera que esta banda sea licitada a lo largo de 2022.

Otras Bandas

Debido a que hasta hace muy poco no se ha licitado el espectro de la banda de 700 Mhz y hasta tampoco se había reordenado el espectro en la banda de 3,5Ghz, actualmente la mayor parte de servicios 5G se prestan en la modalidad DSS (Dynamic Spectrum Sharing), que se comenta más adelante. Para ello se hace uso de bandas asignadas inicialmente a servicios 2G, 3G o 4G. En concreto las bandas más utilizadas en la actualidad son las de 1.800 Mhz y la de 2.100 Mhz

Adicionalmente hay varias bandas que se irán sumando al espectro disponible para 5G, como puede ser la banda de 2,3Ghz, la banda de 60Ghz o la banda de 3,8-4,2Ghz sobre la que se tomará una decisión en las próximas semanas desde el Grupo Europeo de Política de Espectro Radioeléctrico. Parece claro que la demanda de futuros servicios de banda ancha o muy ancha será muy grande y es necesario habilitar nuevas porciones del espectro que permitan atender a toda esta demanda esperada.

6. Diferencias entre 5G DSS, 5G SA y 5G NSA

La infraestructura de operador en las redes móviles se divide principalmente en dos partes, la red de acceso que se compone de las estaciones base, (las antenas a las que se conecta el terminal móvil) y el core o núcleo, que se encarga de autenticar al usuario, establecer la conexión con el terminal, dar acceso a internet, a otras redes o a otros servicios adicionales contratados por el usuario.

Por otra parte, cuando el móvil se conecta a una red móvil establece dos canales lógicos, es decir, canales que no tienen existencia física real, pero que gracias al procesado preciso de la información producen la ilusión de la existencia de un canal físico. Estos dos canales permiten, por un lado, transferir y recibir los datos del usuario desde el terminal móvil a internet u otras redes (plano de usuario) y, por otro lado, que se transmitan los datos de control necesarios para la gestión de la conexión como son la búsqueda de terminales, mantenimiento de la conexión al cambiar de estación base con la que se establece comunicación, finalización de la misma, etc. (Plano de control)

5G NSA (Non Stand Alone)

5G NSA es el primer paso para migrar de la red 4G a 5G. En este caso se usa la red de acceso radio de 5G y el core y red radio de 4G. Cuando el móvil establece la conexión a través del plano de control lo hace usando la red 4G pero los datos de usuario se transmiten a través de la red 5G. De esta forma, el plano de control, donde se gestiona la conexión, se realizará a través de la red 4G y en el plano de usuario, los datos útiles se transmitirán a través de la red de acceso 5G. Así se aprovecha la capacidad de baja latencia y alta transmisión de datos de la red 5G sin tener todavía desplegada una red completa nativa 5G. Esto permite realizar una transición más paulatina, extendiendo en el tiempo las enormes inversiones implicadas en el cambio de una red 4G a 5G, aprovechando al máximo los recursos ya desplegados sobre el terreno, así como la amortización de las inversiones ya realizadas en el 4G.

Una vez desplegado el core 5G se pasará a 5G SA, las estaciones base se conectarán directamente a este core y toda la transmisión de datos (plano de usuario y control) se realizará completamente sobre 5G.

5G DSS (Dynamic Spectrum Sharing)

Otra técnica de despliegue transitoria de 5G es 5G DSS, una variante de 5G NSA. Al igual que en el caso anterior, se usa la red 4G para establecer y gestionar la conexión (plano de control) pero para la parte radio no se usa una frecuencia 5G sino que se usa una frecuencia 4G en la que una parte del espectro se dedica de forma dinámica a transmitir datos 5G. Tiene como característica principal que el despliegue por parte del operador es casi inmediato, por lo que puede empezar a cursar tráfico 5G con la infraestructura 4G aunque sea a costa de unas prestaciones más reducidas.

5G SA (Stand Alone)

Es la red 5G completa. En ella tanto los datos de usuario como de control se transmiten por la red 5G al completo. Entre otras ventajas se dispondrá de más velocidad, menor latencia y la capacidad de definir redes virtuales mediante network slicing

7. Tipos de comunicaciones en 5G

Gracias al *network slicing*, al *edge computing* y la virtualización de funciones de red, entre otras tecnologías, se pueden configurar diferentes perfiles de utilización de la red, teniendo en cuenta que favorecer algunas características de entre latencia, velocidad de transmisión, movilidad de los terminales, fiabilidad y densidad de usuarios, lleva inevitablemente a destacar significativamente unos parámetros respecto de otros, aunque siempre mejorando las prestaciones de LTE/4G. Como ya se introdujo en el apartado 2, se definen 3 grandes grupos de comunicaciones:

- **Banda ancha móvil mejorada (eMBB):** es uno de los perfiles de características técnicas previstos en 5G y el que están desplegando principalmente los operadores en la actualidad. Se caracteriza por un gran aumento de la capacidad bruta de mover información, que permite unas velocidades de conexión muy altas, hasta 10 Gbps de velocidad de pico (o 10.000 millones de bits por segundo) en determinadas situaciones en el *downlink* y con enlaces a corta distancia y 1Gbps en el *uplink*.

Ejemplos de uso sería la transmisión de videos en ambos sentidos con resolución 4K, las aplicaciones de realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR), el trabajo en la Nube de Internet en tiempo real desde terminales móviles, así como la telepresencia mediante hologramas, mejorando mucho la experiencia de interactividad del usuario.

- **Baja latencia (URLLC):** es el segundo perfil definido por 5G y que se caracteriza por la reducción drástica de la latencia y el aumento de la fiabilidad de la red que pasa respectivamente a 1-10 ms y 99,999% -útil para servicios de emergencia y críticos-, así como una velocidad ampliada de los terminales hasta 500km/h.

Ejemplos de este caso de uso son la automatización de fábricas, el control remoto de equipos y maquinaria en tiempo real, los coches autónomos y asistidos y las comunicaciones fiables de emergencias.

- **IoT (mMTC):** este es el tercer y último gran perfil de uso del 5G y se refiere a las comunicaciones masivas entre máquinas, también conocido como Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés). Sus características principales son las de permitir una gran autonomía energética de los nodos-máquina gracias a un consumo ultrabajo, así como una gran densidad de nodos llegando hasta 1 millón de nodos por Km². Eso sí, a costa de velocidades bajas menores de 1 Mbps pero en cualquier caso por encima de las redes IoT de banda estrecha existentes en la actualidad como Lora o Sigfox.

Como aplicaciones previstas que usen este perfil, podemos citar las ciudades inteligentes (*smart cities*) o la “casa conectada”, la gestión de residuos urbanos, o las flotas de vehículos, así como los sistemas de monitorización en tiempo real del inventario de fábricas o almacenes. Ya se están desplegando aplicaciones reales con este perfil de uso.

8. Multi-access Edge Computing (MEC)

El concepto de Multi-access Edge Computing (MEC) nace en respuesta a una pregunta, si un usuario móvil está utilizando una aplicación crítica en su dispositivo, ¿por qué la información se debe subir a un Centro de Proceso de Datos (CPD) en una nube (Cloud) remota para ser procesado y su resultado devuelto al mismo lugar en el que se ha originado? ¿No hay una manera más rápida y eficiente de realizar esta misma tarea? ¿No sería posible procesar esta solicitud en el punto más cercano al usuario, es decir en la red del Operador 5G?

Para responder a esta pregunta, nació el concepto de MEC en las redes 5G. Explicado en una simple frase: MEC pone el servidor de aplicaciones lo más cerca posible del usuario que necesita interactuar con esa aplicación. ¿Y qué es lo más cercano al usuario 5G? Algún punto cercano de la red del operador. De esta forma, las aplicaciones se despliegan allí donde son más eficientes y se rompe con el rígido y anterior modelo de aplicación monolítica corriendo en un CPD grande y centralizado siempre muy lejano al usuario. (NOTA. Como siempre sucede con un concepto técnico novedoso, MEC se puede implementar de diversas formas, según los criterios de los distintos fabricantes. Hay una iniciativa promovida por el ETSI, que está pugnando por imponerse como un estándar internacional).

Como ya se ha descrito en este documento, podemos considerar el término latencia como el tiempo que se tarda entre que un usuario solicita una respuesta desde su aplicación móvil, hasta que la consigue. Este tiempo se puede fragmentar “grosso modo” en dos intervalos temporales:

1. El tiempo de respuesta de la red móvil (ida y vuelta).
2. El tiempo de computación de la solicitud, su proceso y respuesta final al usuario.

Para el primer componente, el elemento diferenciador de 5G, es su bajo retardo pudiendo llegar a valores de menos de un milisegundo. **Para el segundo componente**, la idea clave no consiste en poner servidores más potentes y líneas de interconexión más veloces en un lejano CPD, quizás hospedado en otro país o continente. La idea clave es desplazar el CPD hacia el usuario. Y esto, ¿cómo se consigue? Desplegando pequeños CPDs cerca del usuario.

Desde hace años, y en la mayoría de los grandes operadores de CPD de Internet (HyperScalers como Google, MS Azure, AWS, Facebook, Alibaba y otros), se ha desplegado la arquitectura de CPDs basadas en estándares abiertos, fáciles de replicar y automatizar. Estas arquitecturas, aunque originalmente nacidas para operar en grandes CPDs, también son factibles en CPDs mucho más pequeños, que puedan desplegarse en salas de reducidas dimensiones: bien en el cliente final (On-Premises), bien dentro de la red del propio operador de 5G. A pesar de su tamaño se pueden configurar, operar, automatizar y gestionar exactamente igual que los grandes

CPDs. De esta manera, los operadores 5G tiene la opción de desplegar una red de microCPDs a lo largo y ancho de toda su red de comunicaciones y todo controlado y orquestado por la misma plataforma de gestión, Por ejemplo, muchos operadores están utilizando OpenStack que gestiona su propia infraestructura, para el despliegue y automatización de estos microCPDs y todos sus componentes: computación, almacenamiento, red y seguridad. Se puede ver como un servidor Cloud instalado en el borde de la red móvil realizando tareas que no pueden ser llevadas a cabo con la infraestructura de red tradicional. Ésta es una gran ventaja no sólo desde el punto de operativa de los administradores de red. Lo es también, y sobre todo, para los desarrolladores de nuevas aplicaciones distribuidas. Ellos tienen ahora a su disposición un mallado IP extenso que les permite llegar lo más cerca posible del usuario de la aplicación.

Las principales ventajas de usar MEC en determinadas aplicaciones son:

- Disponibilidad de recursos de procesado y almacenamiento al borde de la red.
- Reducción de la latencia al enviar los datos a un CPD cercano de la red y no a la Cloud
- Mejora de la calidad de servicio, la fiabilidad y la seguridad al no pasar los datos por Internet
- Reducción de la sobrecarga de la red, al no tener que mandar y recibir todos los datos a la Cloud. Se puede realizar una analítica en local, procesando los datos en el Edge y enviar sólo los resultados.
- Posibilidad de desarrollar aplicaciones de forma local, disponibles sólo para una zona geográfica concreta.
- Posibilidad de realizar un cacheo local para video
- Entorno distribuido, desplegando aplicaciones según la localización física de los usuarios.

¿Y cómo enlaza todo esto con el Cloud y los HyperScaler Cloud Service Providers (HCSP)?

Ya sólo nos queda dar un último paso más para tener la visión completa de un entorno 5G MEC con Cloud. Es aquí donde las redes Cloud entran a formar parte de la solución. Si el tratamiento y procesado de los datos de la aplicación se debe hacer lo más próximo posible del usuario, lo que debemos hacer es acercar el Centro de Proceso de Datos lo más posible. Es decir, debemos “romper” la aplicación en piezas individuales especializadas pero interconectadas entre sí, y que dichos componentes puedan distribuirse a lo largo de la red del operador 5G. En el mundo de las Telecomunicaciones, lo habitual ha sido siempre que los distintos operadores hayan establecido siempre alianzas con los fabricantes de equipos 5G (Ericsson, Nokia, Huawei, etc). Pero desde

hace unos años, también han entrado en juego los llamados “HyperScaler Cloud Service Providers” como Amazon Web Services, Google y Microsoft-Azure). Y esto ha sucedido precisamente para introducir en la ecuación {5G + MEC} la variable del Cloud, tanto público como privado. Gracias a estos acuerdos, el operador de red puede ofrecer sus servicios de acceso de radio 5G de baja latencia, a clientes que pueden desplegar sus aplicaciones o bien en un MEC o estar albergados en el Cloud. Es el desarrollador de aplicaciones quien elige su solución a medida; pero el acceso de todos los dispositivos inalámbricos (es decir, de las aplicaciones), es siempre vía la red 5G del operador.

Las redes 5G ya están desplegándose por todo el mundo, y cada vez con más intensidad. La opción de ofrecer servicios de computación distribuida en el acceso es una realidad cada vez más utilizada y su conexión con el mundo del Cloud es algo natural que ofrece unas enormes ventajas competitivas, tanto a los operadores 5G como a los clientes que las van a utilizar.

9. Ciberseguridad en 5G

Estas son las 5 Organizaciones de normalización relevantes para la Seguridad 5G

- **3GPP Asociación del Proyecto de 3ª Generación.** 3GPP reúne varias organizaciones regionales de desarrollo de estándares en el dominio de las telecomunicaciones para desarrollar y mantener especificaciones técnicas globales. El principal grupo de trabajo activo que aborda los problemas de seguridad y privacidad de 5G es 3GPP SA3. Es responsable de identificar los requisitos de seguridad y privacidad y definir las arquitecturas de seguridad y los protocolos asociados para abordar estos requisitos. SA3 también garantiza que estén disponibles los algoritmos criptográficos que deben ser parte de las especificaciones de seguridad 5G.
- **ETSI Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones.** El ETSI tiene varios subgrupos que abordan diversos elementos relacionados con la seguridad del sistema 5G.

NFV SEC Seguridad de Virtualización de Funciones de Red

El grupo de trabajo de NFV SEC ha estado asesorando al Grupo de especificación industrial NFV sobre cuestiones de seguridad de NFV. El enfoque principal es definir las especificaciones del token de acceso para el acceso a la interfaz de programación de aplicaciones (API).

TC CYBER Comité Técnico de Ciberseguridad

TC CYBER ha elaborado una serie de normas, informes técnicos y especificaciones que abordan la seguridad de infraestructuras, dispositivos, servicios y protocolos. Su trabajo reciente ha estado relacionado con 'ecosistema global de ciberseguridad'.

TC LI Comité Técnico para Interceptación Legal

TC LI ha estado desarrollando normas para respaldar los requisitos técnicos de aplicación de la ley. La interceptación y retención legal de los datos relacionados con las comunicaciones de las comunicaciones electrónicas son áreas clave de su trabajo.

TC ITS Comité Técnico para Sistemas de Transporte Inteligente

TC ITS se ha centrado en los aspectos de seguridad de los ITS Cooperativos (C-ITS) donde los vehículos se comunican entre sí y/o con el Infraestructura de transporte. El elemento clave del marco de seguridad ha sido el diseño e implementación de una infraestructura de gestión de seguridad. El trabajo reciente se ha relacionado con las "especificaciones de prueba de interoperabilidad para la seguridad" y las "especificaciones de prueba de conformidad para la gestión de ITS PKI (infraestructura de clave pública)"

ISG SAI Grupo de Especificación de la Industria sobre Seguridad de la Inteligencia Artificial

ETSI ISG SAI es un grupo relativamente nuevo y tiene como objetivo producir estándares técnicos para mejorar la seguridad de la IA. Las áreas clave de trabajo incluyen proteger la IA de los ataques, la mitigación contra la IA maliciosa y el uso de la IA para mejorar las medidas de seguridad.

SAGE Grupo de Expertos en algoritmos de Seguridad

ETSI SAGE ha estado desarrollando algoritmos y protocolos criptográficos específicos para la prevención del fraude, el acceso no autorizado a redes de telecomunicaciones públicas y privadas y la privacidad de los datos. El grupo ha estado colaborando con 3GPP en el desarrollo de algoritmos criptográficos para 5G 'Estudio sobre el soporte de algoritmos de 256 bits para 5G'.

- **UIT-T Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT.** Las Recomendaciones de la serie X del UIT-T abordan cuestiones de seguridad asociadas con OSI, información y redes, ciberespacio, computación en la nube y datos. ITU-T SG 17 es responsable de abordar la seguridad del sistema 5G. Las actividades del grupo relacionadas con la seguridad 5G incluyen:
 - Red definida por software (SDN).
 - Virtualización de funciones de red (NFV).
 - Internet de las Cosas (IoT).
 - Análisis de big data en servicios de internet móvil.
 - Computación en la nube.
 - Perfiles criptográficos.
- **IETF Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet.** El Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF) es un organismo de estándares de Internet y aborda áreas técnicas que cubren protocolos y arquitecturas diseñadas para admitir aplicaciones sensibles y tolerantes a retrasos, capa IP, gestión de red, enrutamiento, transporte de datos de extremo a extremo en Internet y seguridad.
- **IEEE Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.** IEEE se describe a sí mismo como un "desarrollador líder de estándares de la industria en una amplia gama de tecnologías que impulsan la funcionalidad, las capacidades y la interoperabilidad de productos y servicios, transformando la forma en que las personas viven, trabajan y se comunican".
En el contexto de las redes 5G, los estándares más relevantes desarrollados por IEEE son los de la serie 802.11 sobre Wireless LAN, siendo uno de los protocolos clave no 3GPP para el acceso a redes 5G.

Especificaciones de seguridad del 3GPP para el 5G

El documento 3GPP TS 33.501 es el que proporciona las características clave de Seguridad. La especificación define un modelo de arquitectura de alto nivel que consta de seis dominios de seguridad distribuidos en diferentes capas del sistema:

1. **Seguridad de acceso a la red:** Funciones que permiten que un terminal de usuario se autentique y acceda a la red proporcionando protección del interfaz radio.
2. **Seguridad de dominio de red:** Funciones que permiten a los nodos de la red intercambiar señales y datos de usuario de forma segura.
3. **Seguridad del dominio del usuario:** Funciones que permiten el acceso seguro del usuario a los dispositivos móviles.
4. **Seguridad de dominio de aplicación:** Funciones que permiten que las aplicaciones de dominio de usuario y proveedor intercambien mensajes de forma segura.
5. **Seguridad de dominio:** Nuevo modelo SBA (Arquitectura Basada en Servicios). Conjunto de funciones que permiten que las funciones de red de SBA se comuniquen de forma segura dentro de los dominios de servicio y otros dominios de red.
6. **Visibilidad y configurabilidad de la seguridad:** Funciones que permiten al usuario estar informado sobre qué características de seguridad están en funcionamiento o no.

Las especificaciones 5G aportan importantes mejoras en materia de seguridad, en comparación con las generaciones anteriores. Las secciones son muchas y aquí atendemos las que consideramos más importantes.

Protección SBA

La red central 5G se basa en un nuevo modelo arquitectónico, denominado SBA (Arquitectura basada en servicios). Es esencialmente un marco en el que las funcionalidades del plano de control de la red 5G y los repositorios de datos se implementan mediante un conjunto de funciones de red interconectadas. Estas funciones de red exponen su funcionalidad a través de interfaces basadas en servicios (SBI) a través de un bus de mensajes que implementa API RESTFULL sobre HTTP/2. Todas las funciones de red pueden comunicarse entre sí utilizando interacciones de solicitud/respuesta o suscripción/notificación entre consumidores y productores de servicios. Desde el punto de vista de la seguridad, esta comunicación requiere la protección de la confidencialidad y la integridad de los mensajes intercambiados, así como una fuerte autenticación y un mecanismo de autorización.

Privacidad del suscriptor

Una vulnerabilidad clave con las generaciones anteriores eran las estaciones base falsas. Las especificaciones de seguridad de 3GPP la abordan por varios

medios, el más importante es el uso de identificadores de suscripción permanentes, ocultos y temporales. El identificador permanente de suscripción 5G, único a nivel mundial, se denomina Identificador permanente de suscripción (SUPI).

Protección de los datos de usuario y de señalización

El uso de cifrado fuerte para la protección de la ruta de radio entre el equipo de usuario y la estación base no es nuevo. La novedad que viene con 5G es la protección de la integridad de los datos del plano de usuario

Protección de la instalación y configuración

Define los requisitos de cómo los sistemas de operaciones y gestión (O&M) deben instalar y configurar un Nodo de forma segura. Cómo garantizar que los cambios de software y datos estén autorizados antes de la instalación y el uso. Y obliga a que el proceso de arranque se realice en un entorno seguro.

Protección de las interfaces RAN (Radio Access Network)

5G trae el concepto de una RAN dividida en: Unidades Distribuidas (DU) y Unidades Centrales (CU). Por lo general, los DU no tienen acceso a las comunicaciones con los clientes y, por lo tanto, son adecuados para implementarse en sitios no supervisados. Por otro lado, CU realiza funciones de seguridad, termina la seguridad de AS y normalmente se implementa en sitios con acceso restringido al personal de mantenimiento. Juntos, DU y CU forman el Nodo.

N3

Las interfaces N2 y N3 son interfaces que conectan 5G-AN con AMF (Función de Acceso y Movilidad) y con UPF (Función de Plano de Usuario), respectivamente. Llevan señalización confidencial y datos del plano del usuario entre la red de acceso y el núcleo. En ambos casos, también existe el requisito de implementar la autenticación basada en certificados IPsec ESP e IKEv2.

Protección en la red o capa de transporte

las NF admitirán certificados de cliente y servidor y TLS, que está previsto que se use para la protección del transporte.

Autenticación y Autorización

La autenticación entre NF y NRF es obligatoria y se debe realizar durante el descubrimiento, el registro y la solicitud del token de acceso.

Los tokens de acceso de autorización, serán tokens web JSON como se describe en RFC 7519 y están protegidos con firmas digitales o códigos de autenticación de mensajes basado en JSON Web Signature (JWS).

10. 5G en España, Europa y el mundo

España Digital 2025, alineada con la estrategia de la unión europea, se propone como objetivo hacer de España la plataforma de pruebas y desarrollo 5G de más alta calidad en Europa con tres objetivos principales:

- Reforzar la posición de liderazgo de España en desarrollo y despliegue de redes 5G
- Desarrollar un entorno confiable para el despliegue de los servicios 5G
- Apoyar el despliegue temprano del 5G por parte de los agentes económicos, potenciando los ecosistemas desarrolladores de servicios 5G para empresas y administración

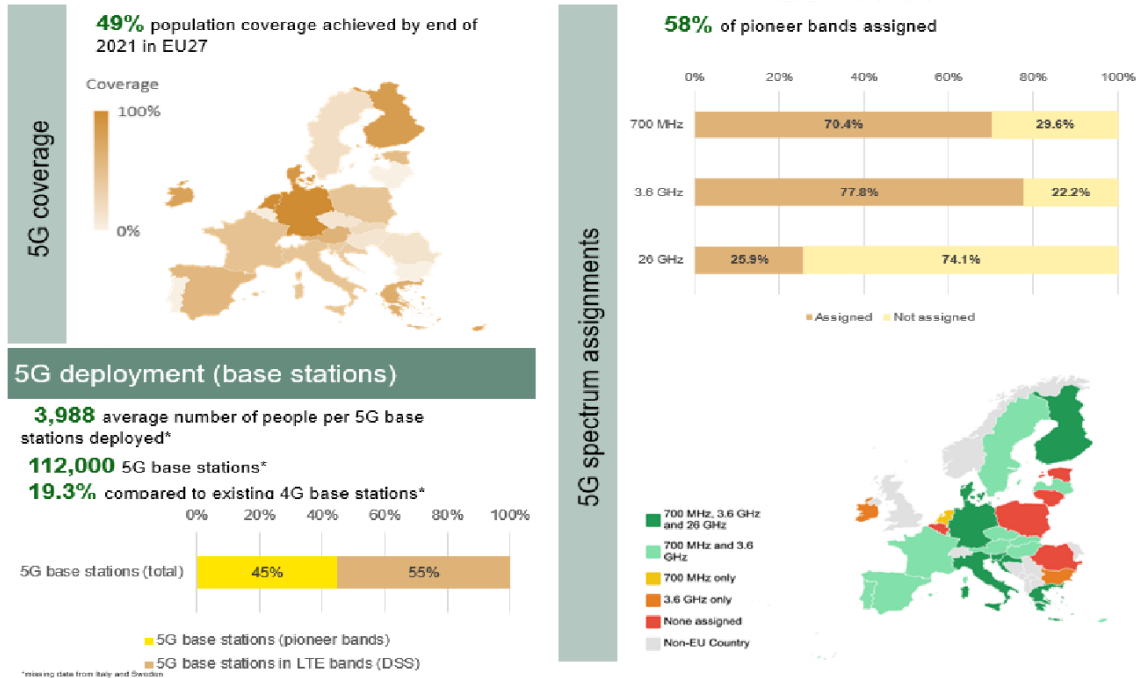
Para alcanzar estos objetivos se pusieron en marcha las siguientes medidas estratégicas:

- Liberación del segundo dividendo digital: La liberación del segundo dividendo digital en la banda de 700 MHz, utilizada para la TDT y que será utilizada para comunicaciones móviles 5G
- Asignación de las bandas de frecuencias prioritarias demandadas para 5G: bandas de uso prioritario 700 MHz, 3,6 GHz y 26 GHz.
- Pilotos 5G y nuevas medidas de impulso al despliegue y la adopción 5G: para identificar casos de uso más exitosos, modelos de negocio más rentables en el corto y medio plazo para las empresas, las nuevas posibilidades que el 5G puede traer a los servicios públicos, etc.
- Normativa para ciberseguridad 5G: elaborar conjuntamente con los Estados Miembros una caja de herramientas y de medidas comunes para mitigar los riesgos de seguridad en las redes 5G, procurando mantener un balance entre las medidas de ciberseguridad y el mantenimiento de una competencia efectiva
- Desarrollo de corredores de transporte 5G: cobertura ininterrumpida 5G en las grandes zonas urbanas y en las principales vías de comunicación: autopistas, autovías y líneas de ferrocarril
- Liderazgo en proyectos europeos de innovación en nuevas generaciones de tecnología móvil: desarrollo de infraestructuras y servicios 5G, como ciberseguridad, OpenRAN, 6G, etc. participación del ecosistema digital español en las oportunidades de financiación comunitarias para el desarrollo de 6G y se estudiarán acciones sinérgicas en los programas nacionales.

España ha liderado dentro del ámbito europeo el uso temprano de tecnologías 5G, siendo el segundo país con mayor número de pilotos y casos de uso 5G, sólo por detrás de Alemania. Durante el año 2022 la principal medida que aún debe completarse es la asignación de frecuencias en la banda de 26 Ghz que está prevista para finales de este año.

A nivel europeo, los 27 países que forman parte de la UE tienen ya servicios comerciales 5G al menos en una parte del país y se estima que un 50% de los hogares tienen ya

cobertura 5G. En el caso de España, ya tenemos cobertura en el 80% de los hogares utilizando 5G con tecnología DSS. A continuación, se muestra el cuadro de mando con los indicadores clave que se monitorizan a nivel europeo y global



A nivel global Corea del Sur lidera claramente el desarrollo de los servicios 5G, actualmente tienen un ratio de 319 personas por cada estación base, muy por delante de China con 1.531 personas y de la UE con 3.988 personas por estación base

	China	South Korea	Japan	USA	EU
5G Mode ⁶	NSA/SA	NSA/SA	NSA/SA	NSA	NSA/SA
Approximate number of 5G base stations	916,000	162,000	50,000	50,000	112,000
Population	1,402,000,000	51,780,000	125,800,000	329,500,000	447,708,000
People per base station	1531	319	2516	6590	3988
5G target bands assigned	700 MHz 2.6 GHz 3.6 GHz	3.6 GHz 28 GHz	3.6 GHz 3.6 - 4.1 GHz 4.5 GHz 28 GHz	600 MHz 2.5 GHz 3.45 - 3.55GHz 3.5 - 3.7 GHz 3.7 - 3.98 GHz 24 GHz 28 GHz 39 GHz 47 GHz	700 MHz 3.6 GHz 26 GHz
Indicative 5G subscriber numbers	166 million (China Mobile only; source: China Mobile Research Institute) 173 million (source: Ericsson 2020)	17 million (source: 5G Forum, Korea)	14.19 million (source: Japan times)	15.8 million (in Dec 2020; source: Insider Intelligence) 14 million (including Canada; source: Ericsson 2020)	8 million (source: Ericsson 2020)

11. Beneficios de 5G

La tecnología 5G llega con la promesa de cambiar la forma en la que entendíamos la tecnología móvil, incrementando los servicios actuales y extendiendo su aplicación a sectores donde hasta ahora la presencia del 4G no era tan relevante.

A la hora de analizar los beneficios que el 5G ofrece u ofrecerá, tanto a la ciudadanía como al entorno empresarial, vamos a centrarnos en 5 prestaciones avanzadas que ofrece la tecnología 5G frente a sus predecesoras. Así mismo, analizaremos cómo la llegada del 5G puede favorecer la reducción de la brecha digital del entorno rural, ayudando a evitar la despoblación de los entornos rurales, tanto por la falta de servicios de conectividad suficiente para el ocio como el teletrabajo. También puede apoyar en el entorno industrial rural por la caída de la competitividad de las empresas por la limitación de acceso a servicios y procesos basados en la conectividad a internet.

Tal y como se ha ido mencionando en puntos anteriores, podemos destacar estas 5 prestaciones de la tecnología 5G:

1. Incremento de la velocidad de transferencia de datos.
2. Drástica reducción de las latencias.
3. Capacidad para la gestión simultánea de miles de dispositivos.
4. Capacidad para realizar priorización de tráfico ya que no todo este tiene la misma importancia ni los mismos requisitos de entrega.
5. Edge computing o computación en el borde de la red cerca de donde se generan los eventos que requieren muy baja latencia.

Si nos fijamos en los **beneficios del 5G para la ciudadanía**, la llegada del 5G promete una mejora sustancial de los servicios ofrecidos, sobre todo a aquellas ubicadas en entornos rurales donde los altos costes de despliegue de las soluciones cableadas están provocando una creciente brecha digital. El importante incremento en la velocidad de transferencia de datos es uno de los principales factores que hacen del 5G un potencial sustituto de la fibra óptica como tecnología de última milla, ofreciendo una alternativa a despliegues cableados y además dando la opción de tener servicios de banda ancha ultrarrápida en movilidad.

Si a este incremento de velocidades le sumamos la reducción de latencias, obtenemos una solución que permite el uso de servicios de alta demanda de ancho de banda, superando las presentaciones que ofrece actualmente el 4G. Servicios de video en streaming (flujo audiovisual en tiempo real) así como capacidad avanzada para soluciones de teletrabajo o aplicaciones de videoconferencia, mejoran de forma sustancial gracias al 5G, aproximándose a las prestaciones que se pueden obtener con soluciones basadas en fibra óptica.

Si analizamos los potenciales beneficios de la tecnología 5G para el **entorno industrial**, son varias las ventajas adicionales a las ya mencionadas anteriormente de incremento de velocidad y reducción de latencias. La capacidad que ofrece la tecnología 5G en

cuanto al incremento drástico de la cantidad de dispositivos que pueden gestionarse simultáneamente, abre la puerta al uso masivo de soluciones IoT (Internet de las cosas o Internet of Things en inglés) basadas en tecnología 5G.

Aplicaciones multi-sensor para el control de procesos o la capacidad de control inalámbrico en tiempo real de puntos críticos de la cadena de producción, prometen una auténtica revolución en la forma en la que las empresas gestionan sus plantas productivas. La baja latencia junto con el uso del Edge Computing para agilizar el procesamiento de grandes volúmenes de datos y rápida toma de decisiones, son algunas de las prestaciones del 5G junto a la securización y la priorización de tráfico adaptada a las necesidades específicas de estos entornos (Network Slicing) que hacen posible este tipo de revolución industrial.

Así mismo, la total flexibilidad para el diseño del layout o despliegue en planta que ofrece el 5G al eliminar la necesidad de controles cableados, es algo que hasta ahora no era posible con tecnologías 4G o soluciones inalámbricas tradicionales. Alta capacidad de captura de datos, respuesta en tiempo real, versatilidad y flexibilidad de diseño/modificación de layout en planta o la securización de la información intercambiada entre dispositivos, son características del 5G que cambiarán la forma de enfocar los procesos productivos.

Igualmente, conceptos como la Agricultura Inteligente o el Smart Farming requerirán de este tipo de soluciones tecnológicas para poderse llevar a cabo. Disponer de soluciones 5G en el entorno rural permitirá a sectores tradicionales aprovechar las ventajas ofrecidas por la banda ancha ultrarrápida y la movilidad del 5G, ayudando a reducir la brecha digital y con ello ralentizar o incluso en algunos casos revertir, la creciente despoblación de los entornos rurales.

Pero el 5G no solo beneficiará a la ciudadanía y la industria de entornos rurales, también supondrá un importante impulso para las soluciones ofrecidas por las **administraciones públicas** dentro del entorno rural. Desde nuevas aplicaciones para la mejora de los servicios de teleasistencia y telemedicina, pasando por el uso de las tecnologías de video-vigilancia y control de drones en tiempo real para mejorar las actuaciones de los servicios de emergencias en rescates o gestión de incendios, hasta nuevas soluciones de vídeo en streaming para ofrecer nuevas experiencias turísticas, el 5G ofrecerá un nuevo mundo de posibilidades para mejorar los servicios ofrecidos por la administración a la ciudadanía.

Por poner algún ejemplo, la capacidad de priorización de tráfico que ofrece el 5G permitirá asegurar el tráfico de servicios de emergencias en situaciones de alta ocupación del servicio, garantizando que la comunicación de servicios de policía, servicios de emergencias o protección civil está operativa en situaciones de gran afluencia de público como pueden ser eventos o conciertos. Igualmente, algo tan simple como tener la capacidad de comunicación en tiempo real y garantizada para el control de un dron, permite crear soluciones como el guiado de brigadas en incendios, primera asistencia a accidentados, permitiendo que el dron haga de medio de comunicación

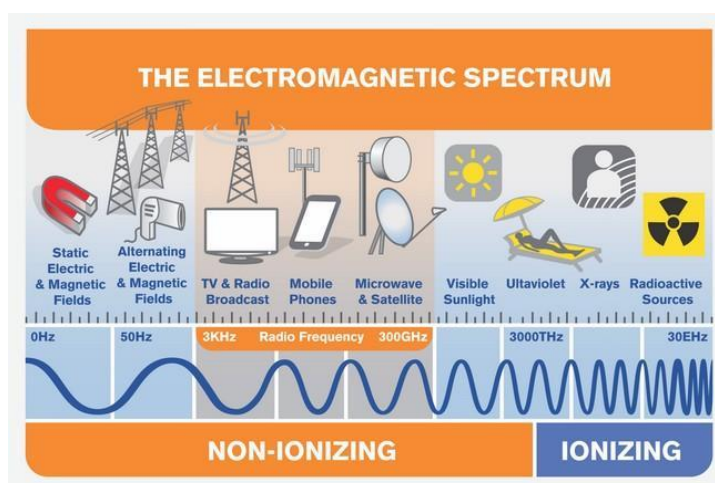
entre equipo de rescate y el/la accidentado/a mientras se consigue llegar hasta la posición del mismo, o el simple guiado del personal en búsquedas gracias a la combinación de visión infrarroja desde un dron junto a la transmisión de video de alta definición en tiempo real. Todas ellas son soluciones que con la tecnología 4G no eran posibles, y que gracias a las prestaciones que ofrecerá el 5G pasarán a ser algo tangible.

En definitiva, si bien el 5G como tecnología podría parecer una mera evolución de la tecnología 4G, presenta varios avances significativos que abre nuevas posibilidades de mejora de servicios, procesos productivos y capacidades de conectividad, algo que, por sí mismo ya es importante en entornos urbanos, pero que se presenta como una gran oportunidad para el entorno rural, permitiendo un acceso a servicios de banda ancha de última generación, así como reducir la brecha digital actual entre las ciudades y el mundo rural.

12. 5G y salud

Con la aparición del 5G se ha reabierto un debate en torno a la radiación y las comunicaciones móviles. En este apartado vamos a tratar de aclarar algunas dudas que pueden surgir sobre este tema.

Aunque 5G usa bandas que no estaban siendo usadas hasta ahora por la telefonía móvil, hay que tener en cuenta que estas bandas no difieren demasiado de las usadas por las anteriores tecnologías de telefonía móvil (2G, 3G y 4G), la TDT, el WiFi o el GPS. Estas frecuencias, que se sitúan entre los 700 MHz y los 300 GHz, son no ionizantes lo que significa que carecen de suficiente energía para descomponer el ADN y causar daños celulares. En función de cómo la radiación interactúa con la materia que le sale al paso, podemos distinguir dos tipos: ionizante y no ionizante. La primera puede llegar a romper los enlaces químicos del tejido vivo con el que interactúa. La segunda, por el contrario, de baja energía, baja frecuencia y mayor longitud de onda, no tiene la suficiente energía para conseguirlo. Las señales de radiofrecuencia en estas bandas penetran mínimamente en el cuerpo humano a muy poca profundidad por lo que estaríamos hablando de muy poca absorción en el tejido de la piel. Como hemos indicado, la mayor parte de la radiación que nos rodea es no ionizante, desde las señales de radio y televisión hasta la luz visible. También lo es la radiación de los teléfonos móviles, así como las antenas de telefonía. Por el contrario, la radiación capaz de romper enlaces moleculares es la ionizante, que es la de mayor energía y menor longitud de onda. Es liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (rayos gamma o rayos X) o partículas (partículas alfa y beta o neutrones), y su peligrosidad depende de la dosis recibida o la dosis absorbida.



En cuanto a la legislación, la normativa que regula las emisiones electromagnéticas de 5G es la misma que la que regula actualmente las emisiones en otras bandas de frecuencia. Se trata del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. Este Real Decreto, que está basado en las

recomendaciones de la Unión Europea y de la Organización Mundial de la Salud (OMS), recoge los límites de exposición obligatorios. Todas las estaciones base de telefonía en España cumplen escrupulosamente lo especificado en dicho Real Decreto, tal y como se desprende del informe que anualmente elabora el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (ahora Ministerio de Economía y Empresa) a este respecto.

Existen multitud de estudios sobre los efectos para la salud de los teléfonos móviles y las estaciones base realizados en los últimos dos o tres decenios que concluyen que no hay indicios de que los campos electromagnéticos, por debajo de los niveles especificados por los organismos internacionales, supongan un riesgo para la salud. Algunos de estos estudios son:

- **Estudio danés, de cohortes (Dinamarca, octubre 2011).** Estudio con un seguimiento de más de 350.000 personas suscriptores de telefonía móvil. Conclusión: no se observó una asociación entre el uso de teléfonos celulares y la incidencia en cánceres cerebrales de glioma, meningioma o neurona acústica, ni siquiera entre personas que habían utilizado telefonía móvil durante 13 años o más.
- **Estudio INTERPHONE (Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, 2005),** que se llevó a cabo por un consorcio investigador de 13 países. Fue un estudio de casos de control basado en cuestionarios de dos tipos de tumor cerebral. Conclusión: los análisis del estudio no revelaron aumentos estadísticamente significativos en los cánceres de cerebro o del sistema nervioso central que estén relacionado con un mayor uso de teléfonos celulares.
- **Proyecto Internacional CEM (Organización Mundial de la Salud, 2004),** llevado a cabo también por varios países, cuyo objetivo era evaluar las pruebas científicas de los posibles efectos sobre la salud de los CEM en el intervalo de frecuencia de 0 a 300 GHz, que tuvo resultados no concluyentes.

Según la Comisión Internacional de Protección de Radiación no Ionizante (ICNIRP), una organización independiente y reconocida por la OMS: "el nivel máximo de radiofrecuencia al que alguien podría estar expuesto por el 5G es tan pequeño que no se ha observado ningún aumento de temperatura hasta la fecha".

Es conocido también que 5G traerá consigo nuevas antenas y estaciones base pero hay que tener en cuenta que principalmente se van a reutilizar los emplazamientos ya existentes y tan solo en algunos casos, cuando la demanda así lo exija, se cubrirá con nuevos emplazamientos, exactamente igual que ha ocurrido con las tecnologías anteriores 4G, 3G y 2G. Hay que destacar que el propio modelo de negocio no permite la proliferación masiva de nuevos emplazamientos, por el alto coste que supone, tanto en inversión como en gestión de los nuevos emplazamientos. Hay que tener en cuenta también que el tener más estaciones base, sobre todo en lugares de mucha afluencia de

personas como centros comerciales, aeropuertos o estadios, implica que las antenas se encuentran más cerca de los usuarios con lo que el nivel de potencia con el que la estación base debe transmitir es también menor con menores niveles de exposición a la radiación teniendo además en cuenta que la intensidad se reduce exponencialmente según nos alejamos y que la radiación de un campo electromagnético muestra una reducción de la radiación del 95% a dos metros de distancia.

Tampoco hay que olvidar que las antenas de las estaciones base no son las únicas emisoras de radiación. Nuestros teléfonos también emiten radiación para establecer la conexión con la antena, y la potencia de esta radiación también variará en función de la cobertura que nos llegue. En consecuencia, cuanto mejor cobertura tengamos, la radiación del smartphone se reducirá. No obstante, como garantía, el nivel de potencia máxima con la que móvil puede emitir para limitar la radiación que absorbe un tejido vivo se encuentra al menos 50 veces por debajo de lo que se ha demostrado inocuo. Todos los fabricantes de teléfonos reflejan el máximo de radiación para cada uno de sus modelos, que se establece por el SAR (Specific Absorption Rate).

13. 5G vs WiFi 6

Un aspecto que se suele plantear a la hora de hablar de 5G es su similitud con WiFi. Ambas tecnologías inalámbricas nos permiten transmitir datos sin la necesidad de cables. ¿Cuáles son sus diferencias? Las dos tecnologías han dado un salto cualitativo en su última generación y ofrecen funciones similares. Sin embargo, no por ello estas tecnologías compiten una contra la otra, más bien debemos verlas como complementarias.

En su última versión WiFi6 (802.11ax) ha implementado diversas técnicas de procesamiento de señal que ya se venían usando en 5G (MU-MIMO, modulación OFDMA, diferentes anchos de banda de señal, scheduling avanzado, símbolos de 1024 QAM, etc) lo que hace que tenga unas prestaciones similares, aunque no iguales a 5G en cuanto a velocidad de señal, latencia, etc. Sin embargo, algunas diferencias notables se siguen manteniendo:

- **Espectro licenciado.** Una de las principales diferencias entre wifi y 5G es que wifi funciona sobre bandas de frecuencia no licenciada mientras que 5G lo hace sobre espectro licenciado (aunque el estándar también contempla hacerlo en espectro no licenciado en un futuro). Como se ha comentado en este documento, en el espectro licenciado sólo puede emitir el propietario de la licencia, en este caso el operador, mientras que en bandas no licenciadas se puede emitir siempre y cuando no se superen unos valores concretos de potencia de emisión.
- **Calidad de servicio.** Una consecuencia del punto anterior es que el espectro licenciado está libre de interferencias de otros servicios y es una de las herramientas que usa 5G para garantizar una determinada **calidad de servicio** en términos de garantizar una latencia máxima o velocidad mínima. De esta forma para aplicaciones críticas siempre será necesario el uso de 5G.
- **Cobertura en exterior.** En cuanto a disponibilidad de cobertura, 5G tendrá una cobertura casi universal en exteriores mientras que WiFi está más enfocado a la cobertura de interior como una vivienda o una oficina. En parte, esto tiene que ver con el uso de espectro licenciado que limita a las redes WiFi en cuanto a potencia de emisión y por tanto en cuanto a cobertura.
- **Cobertura en interior.** La tecnología dominante en el uso en interiores es el WiFi. Esto es debido al bajo **coste** de los chipsets WiFi, la generalización de su uso y la facilidad de integración de los Access Point para dar salida a Internet. Además, al ser zonas limitadas, se reduce el problema de interferencia. Sin embargo, en entornos complejos como fábricas u oficinas muy concurridas con multitud de dispositivos conectados de forma simultánea, se está empezando a usar **redes privadas 5G** ya que 5G soporta mejor la conexión de gran cantidad de usuarios, puede dar diferentes calidades de servicio sobre una misma red física mediante network slicing y tiene un mejor comportamiento ante múltiples reflexiones de señal en entornos con infraestructuras metálicas como puede ser el de una fábrica

Podemos concluir por tanto que el futuro de ambas tecnologías inalámbricas es la coexistencia. Las redes Wi-Fi permiten el acceso de cualquier aparato o dispositivo electrónico a Internet, pues son fáciles, simples y baratas y aportan gran velocidad. Por otra parte, las redes 5G que como hemos visto se comportan de forma diferente para cada caso de uso, revolucionarán las redes de datos, pero son más complejas y la tecnología radio a incorporar en la red y terminales más costosa.

14. Dificultades y retos

Se considera el cambio generacional al 5G, como un cambio tecnológico más disruptivo y de mayor impacto, que los cambios de generación sucedidos anteriormente. A mayores posibilidades de la tecnología, mayor es el potencial impacto; pero también, la naturaleza de ese cambio se traduce en mayores retos de todo tipo. En este sentido, a modo ilustrativo del tipo de retos a afrontar con el despliegue y adopción de 5G, aquí seleccionamos los siguientes:

- Necesidad de una **infraestructura radio mucho más capilar**.
Se necesita una mayor densidad de red para lograr la promesa de 5G tal y como se ha descrito en apartados anteriores, así como para superar las características limitantes de la propagación radio en el espectro de banda alta (cuanto mayor es la frecuencia, menor es la cobertura dada por la estación base). Por lo tanto, 5G requerirá la adición de aproximadamente tres a cuatro veces más células que 4G. Y esto se traducirá en la necesidad de un mayor caudal inversor, así como de espacio adicional en tejados, postes de luz y postes de servicios públicos, conjuntamente con los consiguientes permisos administrativos y acuerdos de propiedad/alquiler, asociados.
- Necesidad de **infundir capacidades y tecnologías provenientes del mundo IT al mundo de la telefonía móvil**, un mundo que, hasta el 5G se ha desarrollado de manera totalmente independiente al de 'la Red' (Internet).
Así, por ejemplo, se estima que España necesita tener minicentros de datos implementando nodos de "edge computing", una tecnología proveniente del mundo IT complementaria al 5G, imprescindible como vemos en otras secciones del informe, para casos de uso como el coche autónomo. Esta necesidad requerirá de un esfuerzo inversor adicional, así como del desarrollo de nuevas capacidades profesionales, con la necesaria incorporación de perfiles en los que converjan habilidades tanto del mundo de 'la red', como del mundo del 'IT en Cloud'.
- Necesidad de mayores niveles de **seguridad**, para una red más abierta que sin embargo se operará en un mundo más 'ciber-criminalizado'.
Así, por un lado, es necesaria una securización de más amplio espectro que en generaciones anteriores - si hay decenas de miles de millones de máquinas en la red, ¿cómo podemos evitar que se vean comprometidas y cómo podemos confiar en los datos que envían?
Por otro lado, 5G es la primera generación de red celular que se lanza en la era del 'ciber-crimen' global, perpetrado por sindicatos organizados e incluso estados. La naturaleza virtual del núcleo de la red 5G les da a estos atacantes nuevos puntos de entrada. En definitiva, cuanto más dependientes nos volvemos de la tecnología porque se usa en todos los niveles de nuestra Sociedad, tanto más cuidadosos y estrictos hemos de ser con su seguridad.
- Necesidad de acelerar la '**monetización**' de las inversiones, con la selección, el desarrollo e implementación de los **casos de uso más adecuados**.
En 2019, Gartner estimó que las inversiones en infraestructura de red 5G representarían a partir del 2020, más del 12 por ciento de los ingresos totales de servicios móviles de los proveedores de red. Es obvio, por tanto, que 5G debe habilitar los ingresos necesarios para recuperar dicha inversión, e incluso darle la

vuelta a la sostenida erosión de ingresos provenientes del mercado residencial, con el advenimiento de mayores ingresos procedentes del mercado empresarial, posibilitados por la adopción de casos de uso transformadores basados en tecnología 5G.

- Necesidad de priorizar el esfuerzo inversor a la denominada “**España vaciada**”. En el contexto socio-político actual, el reto inversor es todavía mayor, derivado de la necesidad de igualar la prioridad de despliegue del 5G en zonas rurales, de baja densidad poblacional, y por tanto de bajo retorno económico, con los niveles de despliegue en las grandes ciudades y polígonos industriales. En este contexto el sector público debe aportar los incentivos adecuados que corrijan los inevitables desequilibrios económicos que el sector privado no puede afrontar desde una lógica de mercado.
- Necesidad de realizar un despliegue de **red sostenible**. Nuevamente, dado el contexto socio-político actual, la sostenibilidad se ha convertido en una prioridad insoslayable. Para ello se requiere el diseño de redes 5G, con criterios de eficiencia energética desde su origen. Diversas fuentes de la industria establecen como objetivo el conseguir que en 2025 se divida por 10 la energía que necesitamos hoy para transportar 1 Gigabyte a través de las redes móviles.

Todos los retos anteriores (y otros que no hemos enumerado, pues ello iría más allá de los objetivos de este informe), están siendo abordados de manera decidida desde diferentes ámbitos de la Industria y las Administraciones Públicas. Así, nos resulta hoy mucho más fácil ser optimistas en cuanto a la resolución de todos estos retos, una vez que en el momento de escribir este informe ya se han alcanzado los siguientes hitos:

- En torno el 80% de la población española ya dispone de **cobertura 5G (parte radio)**. Según detalla el informe [El estado de las comunicaciones digitales 2020](#) realizado por la Asociación Europea de Operadores de Redes de Telecomunicaciones, España es el segundo país europeo en número de ciudades 5G, con 39 ciudades habilitadas, sólo por detrás de Reino Unido. Podemos asimismo correlacionar la consecución de este nivel de cobertura 5G, con datos de despliegue de las redes correspondientes, por parte de las operadoras españolas. De esta manera, por ejemplo, Telefónica nos indica sobre el despliegue de una red 5G compuesta por 22.000 estaciones base, habilitadas para dar servicio 5G (‘non-standalone’).
- España es el país que lidera el **pilotaje 5G**, en Europa. Nuestro país es de los países con más casos de uso 5G pilotados e implementados, superando ya con creces los 150, según fuentes de Telefónica.
- España dispondrá de los **fondos y voluntad política y administrativa favorables** para avanzar de manera todavía más ambiciosa y acelerada en el despliegue y aprovechamiento del 5G.

Así, como parte del apartado de ‘conectividad digital’ del Plan europeo de recuperación de la pandemia, del cual España será uno de los principales beneficiados, se tiene prevista una inversión de 4.000 millones de euros para extender la conectividad, acelerar el despliegue de redes 5G e impulsar un ecosistema de ciberseguridad. En España ya se ha iniciado la instanciación de estas inversiones con, por ejemplo, el lanzamiento del Programa de Universalización de

Infraestructuras Digitales para la Cohesión (Programa UNICO), dotado con 250 millones de euros, la mayor de toda la historia. El nuevo programa de extensión de banda ancha tiene como objetivo alcanzar una cobertura del 100% de la población española con redes ultrarrápidas e impulsar la cohesión territorial antes de 2025.

- Implicación de la **Industria para el abaratamiento** de las infraestructuras y dispositivos necesarios.

En este apartado, a título ilustrativo, traemos a colación el desarrollo de la alianza Open RAN, la cual ha tomado un impulso renovado a través del manifiesto suscrito por las mayores operadoras Europeas, en enero de 2021. Estas operadoras firmaron un memorando para promover el rápido desarrollo de redes globales y no fragmentadas, con el compromiso explícito a desplegarlas en sus respectivas redes nacionales tan pronto como estuvieran disponibles, motivando así a través gracias a de su poder de compra, a los fabricantes de equipamiento de red, a acelerar el desarrollo de un ecosistema Open RAN e impulsarlo en toda Europa.

Y no solo las Telecom se han comprometido con Open RAN. Así en un contexto de convergencia Red-IT, también es de valorar el compromiso de los grandes jugadores de la industria IT. En este sentido, por ejemplo, en febrero de 2021, IBM anunció la creación en España de un Centro de Excelencia de soluciones y servicios para el sector de las telecomunicaciones, especializado en Open RAN, previendo emplear a más de 500 profesionales entre desarrolladores Cloud e ingenieros de telecomunicaciones, incluyendo especialistas en diseño de radio frecuencia, en MIMO y en desarrollo Open RAN.

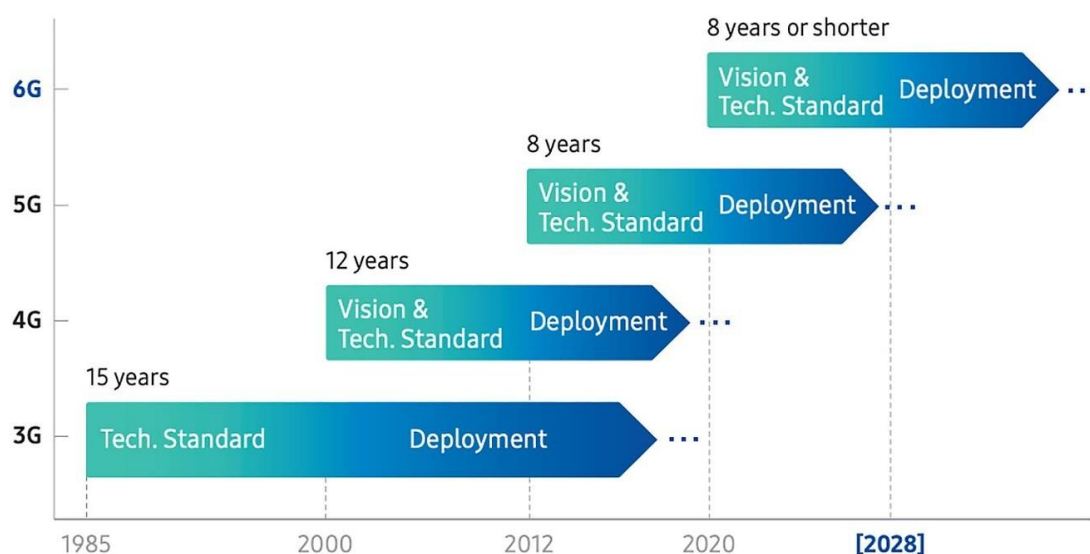
- **Foco de la Industria** en la identificación, desarrollo, implementación y adopción de **casos de uso para la monetización del 5G**.

Esta publicación es un ejemplo de la implicación de la Industria española en la aceleración de la adopción y monetización de nueva generación tecnológica que nos ocupa. Más allá de la humilde contribución de AUTELSI, podemos también citar a la Comisión Europea, cuando prevé un beneficio estimado de hasta 62.500 millones de euros anuales hasta 2025, en cuatro sectores productivos (automoción, salud, transporte y *utilities*), los cuales crecerían hasta los 113.000 millones de euros por los impactos indirectos. Esto, en España, generaría unos beneficios indirectos de 14.600 millones y una gran suma en la creación de empleo.

Con todo, hay consenso en reconocer que en 2022 viviremos el despegue acelerado y efectivo del 5G, mucho más allá del mero 'pilotaje'. Así, se podría decir que 2021 fue el año de la "prospección" y del análisis sobre el negocio que podría suponer, en el sentido de constatar la aceptación del cliente, y 2022 el año del "despertar" de nueva generación. La clave, según se ha dicho, estará en crear un ecosistema de socios, de desarrolladores y de empresas consumidoras del 5G que crean en sus posibilidades. Por lo tanto, si todos los agentes implicados nos ponemos manos a la obra, sin duda conseguiremos que el 5G sea, más pronto que tarde, una realidad transformadora del tejido empresarial de nuestro país.

15. Reseña 6G

Ha sido una constante en la historia de las comunicaciones móviles, que cuando todavía no se ha desplegado una generación de conectividad, ya se inician las prospecciones y definiciones asociadas a la generación siguiente. De esta manera, como ilustra el diagrama a continuación, aun cuando estamos al inicio del despliegue del 5G, ya se han iniciado los primeros debates y declaraciones de intenciones, conducentes a la definición del 6G.



Como también ilustra el diagrama anterior, todavía quedan años hasta que el 6G sea una realidad. En esos momentos, esperamos que muchas de las lecciones aprendidas en la adopción del 5G, serán aplicadas para una penetración más efectiva de esa nueva generación en nuestro tejido industrial. Y quizás, una publicación como la que ahora nos ocupa, será de nuevo de aplicación, pero para el 6G.

A título de pequeña reseña, en esta sección hacemos un recorrido introductorio a las características de 6G, los primeros avances de los pioneros asiáticos, la reacción de Europa y el nexo de unión entre 5G y 6G, la denominada Open-RAN.

Breve indicación de las características de 6G

Como se ha explicado en otras secciones de este informe, 5G tiene tres escenarios de aplicación: banda ancha mejorada, aplicaciones críticas e IoT masivo. Así, 6G mejoraría 5G al multiplicar las tasas de transmisión hasta 10 veces, al reducir la latencia a la décima parte y al consumir menos energía para la conexión simultánea de más dispositivos.

Para conseguir todo esto 6G trabajará en las bandas de frecuencia de terahercios. Eso implicará la necesidad de expandir el espectro hasta los 3.000 GHz, con el consiguiente reto técnico de, por ejemplo, diseñar nuevas antenas funcionales en esas nuevas altas frecuencias.

Todas estas características serán de aplicación y aprovechamiento, si realmente se vislumbran casos de uso que aprovechen estas todavía más bajas latencias y las todavía más altas velocidades de transmisión. Y parece que dichos casos de uso los encontraremos, por ejemplo, en el ámbito de la denominada Realidad Extendida. Una realidad en la que objetos digitales (o la representación de objetos físicos, como digitales), se nos presentarán ante nuestros ojos como hologramas - mientras escribimos estas líneas no podemos evitar pensar en las escenas de la saga de la Guerra de las Galaxias, en las que las que podemos ver diálogos entre personajes físicos y hologramas representando personajes realmente ubicados a años luz de la escena física. Y esas imágenes nos inspiran para imaginarnos como podrían llegar a funcionar las aplicaciones de telepresencia, en un mundo empresarial dominado por el denominado “hybrid work” un mundo de coexistencia generalizada del teletrabajo, con el trabajo presencial.

Asia toma la delantera.

Las discusiones más concretas sobre 6G han sucedido, hasta fechas más o menos recientes, en las economías del este asiático, en concreto en Corea del Sur (Samsung mediante) y China (Huawei mediante).

Así, Cuando aún no había comenzado a desplegarse el 5G, China ya empezó a hablar del 6G y de sus intenciones de tenerlo preparado para finales de la presente década. Corea del Sur fue más allá asegurando que llevaría a cabo el primer proyecto piloto de 6G en 2026.

La reacción de Europa...y de España.

Las grandes telecos europeas (incluyendo Telefónica, Vodafone y Orange) se han aliado para pedir a Europa el despliegue de redes Open RAN (O-RAN), para que gracias a la ‘democratización’ de la tecnología radio subyacente, el viejo continente pueda liderar no sólo el 5G, sino también el 6G.

Así mismo, la UE ya ha comenzado a fijar las bases para la tecnología y ha puesto en marcha un primer conjunto de proyectos 6G por valor de 60 millones de euros bajo el 5G-PPP (5G Infrastructure Public Private Partnership), de manera que se den que los primeros pasos entre 2023 y 2024, llegando a su comercialización en 2030.

España no quiere quedarse atrás y el Gobierno ya ha aprobado ayudas de casi 100 millones para el desarrollo del 5G avanzado y el 6G. Además, ha lanzado una convocatoria para la selección de proyectos de investigación e innovación relativos al 6G y alineados con la Joint Undertaking on Smart Networks and Services de la UE, la estrategia común de investigación e innovación del 6G en Europa.

16. Agradecimientos

Queremos manifestar nuestro agradecimiento a las entidades representadas en el Grupo de trabajo de Telecomunicaciones de AUTELSI; y a sus vocales, que han contribuido activamente al desarrollo y resultado positivo de esta iniciativa. En especial queremos destacar la colaboración de los siguientes integrantes:

Presidente:

Carlos Varela Ávila, Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid. Desde 2014 es el Director de Transformación Digital y Tecnología en la Dirección General de Estrategia y Desarrollo de Renfe Operadora. Anteriormente ha desempeñado distintos cargos en la organización TI de Renfe donde ha trabajado desde 1989, Entre otros: Director de producción, Director de Ingeniería de sistemas y comunicaciones, Jefe de Técnica de sistemas y Jefe de Administración de bases de datos. También en el sector de los sistemas de información ha trabajado en Serbal informática Avanzada, Computing Technology Consulting (CTC) y Rank Xerox España.

Vocales:

Ángel Álves González, Ingeniero de Telecomunicaciones con más de 10 de experiencia en el sector telco. Tras unos años trabajando en consultoría de telecomunicaciones, inició su carrera en Telefónica en el área de tecnología de radiocomunicaciones. Desde hace 6 años, lidera proyectos en el área de innovación, especialmente focalizados en desarrollar casos de uso aplicados con clientes de tecnología 5G. Colabora con diferentes universidades y organizaciones en seminarios de innovación y tecnología.

Agustín Esteve Sanjuán, Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones (UPV) e Ingeniero Superior de Telecomunicaciones (UPCT). Actualmente ejerce como arquitecto de infraestructura en Mercadona enfocado a soluciones de nube pública y privada. Anteriormente ha trabajado en la misma empresa en roles de gestión de proyectos y en diferentes fabricantes de equipos como Nortel Networks y Huawei dedicado a gestión de proyectos y servicios TIC orientados a operadores.

Santiago Ferrís Gil, ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Valencia (1999). Máster en Administración de empresas (2015) y máster en industria 4.0 (2016), ambas por PEAKS Business School y posgrado de Administración Pública Local por la Universidad de Valencia (2019). Ha pasado algo más de la mitad de sus 30 años de vida profesional en el sector privado tanto en la parte de ingeniería, como en I+D y consultoría. Desde 2007 es funcionario del Ayuntamiento de Valencia especialmente dedicado al control del despliegue de los operadores de telefonía móvil. Desde 2021 es el jefe del servicio de Telecomunicaciones de la Dirección General de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Generalitat valenciana, siendo el responsable de la red de emergencias y seguridad, de la red de transporte multiservicio y de la red de difusión audiovisual autonómica.

Pedro Galián Úbeda, Jefe de Ingeniería de Comunicaciones. Lleva más de 25 años en el mundo de Comunicaciones y Seguridad, actualmente es responsable del área de Ingeniería de Comunicaciones y Seguridad en el ámbito de los CPD y la red de datos. Su función principal es definir la estrategia de conectividad y seguridad de Renfe hacia un entorno híbrido y multicloud.

Iñigo García Bereciartua, Ingeniero de Telecomunicaciones y MBA. Ha desarrollado su carrera profesional en Ericsson y en Grupo Sermicro los últimos 25 años. En la actualidad es Delegado Norte del Grupo Sermicro, miembro del Comité de dirección del Grupo y miembro del área de proyectos e infraestructura de Telecomunicaciones del Grupo Sermicro.

Ángel García Lorenzo, Profesional (CEO) con más de 20 años en la dirección y transformación de compañías tecnológicas pertenecientes a grandes grupos empresariales como Banesto, Santander, ACS, VINCI. Con amplia experiencia en tecnologías emergentes y/o disruptivas, su perfil está especializado en la aplicación de los avances tecnológicos para construir empresas y unidades de negocio altamente competitivas. Actualmente Director de estrategia corporativa del Grupo Sermicro, formado por 5 compañías tecnológicas y de servicios que se integran en el accionariado de Grupo Cobra, líder mundial en el sector de servicios e infraestructuras con más de 36.000 empleados en 70 países.

José Luis Iglesias Martínez, Jefe de Área de Comunicaciones en Adif. Ingeniero de telecomunicación por la UPM, y máster de Dirección Estratégica Internacional (UPM) y de Sistemas de Información Aplicados a la Empresa (UPM). Anteriormente ha desarrollado su carrera profesional en diferentes ámbitos de las telecomunicaciones, cómo son la consultoría de negocio y tecnológica, planificación e ingeniería de red, diseño y despliegue de sistemas OSS/BSS, etc. en Red Eléctrica de Telecomunicaciones, Nortel Networks y Telefónica. Profesor Asociado en la UCIIIM

Jesús Izal Piñas, Ing Superior de Telecomunicaciones por la Universidad Pública de Navarra; 20 años de experiencia como gestor de proyectos de redes de telecomunicaciones de radio y fibra. Desde 2016 es Director de Telecomunicaciones en Nasertic, empresa pública del Gobierno de Navarra. Ha participado en el despliegue y evolución de la red corporativa de voz y datos del Gob Navarra y en la elaboración y ejecución del Plan Director de Banda Ancha de Navarra. Ha participado en varios proyectos relacionados con ITS.

Gorka Lasheras Arbeloa, Ing Superior de Telecomunicaciones por la Universidad Pública de Navarra con Master en Ingeniería Biomédica. Más de 15 años de experiencia en la gestión de proyectos. Desde 2017 trabaja como Especialista en Gestión de Proyectos dentro de la Dirección de Innovación y Cultura Empresarial de la empresa pública NASERTIC. Actualmente gestiona el II Plan director de Banda Ancha de Navarra.

Daniel Manzano, es Ingeniero Industrial y Máster en Ingeniería (MEng) por la Universidad Politécnica de Madrid, y cuenta con un Aerospace MBA en la EOI Business School y un Bootcamp en Innovación y Liderazgo en el Massachusetts Institute of Technology. Dedicado al desarrollo de la vertical de Industria y Agro, cuenta con experiencia previa en Airbus y Telefónica así como en la gestión de proyectos en Vodafone para la fusión con ONO. Daniel pertenece también al grupo de desarrollo de 5G para la localización y potenciación de tecnologías anexas como AR, VR, MR, robótica, drones o conducción autónoma.

Manuel Jiménez Iturbide, Desarrollador de negocio en Unisys España, compañía multinacional del sector IT y consultoría con presencia en más de 100 países. Ingeniero informático e ingeniero de telecomunicaciones por la UPM con máster de dirección comercial y marketing por la Universidad Camilo Jose Cela. Su desarrollo profesional lo ha realizado en multinacionales destacadas a nivel nacional y con un foco principal del desarrollo de negocio de servicios y productos en todas las verticales del mercado gracias a un conocimiento de las últimas tecnologías existentes.

José Antonio Otero Moreno, Ingeniero Superior de Telecomunicación (UPM) y tecnólogo. Ha desarrollado su carrera profesional en el ámbito de las redes de datos y servicios TI. Tras una etapa inicial en departamentos de tecnología de Vodafone y Jazztel, desarrollando nuevos servicios comerciales Telco, ha gestionado proyectos de innovación tecnológica en áreas de internet y de gobernanza IT, para el desarrollo y prestación de servicios en varias organizaciones. Ha cursado programa Superior de Transformación Digital y Gobernanza IT por el Instituto de Empresa, y actualmente desempeña funciones de Strategist and Portfolio Manager en el área de Soluciones de Infraestructura de NTT Data EMEAL.

Alexis Rodríguez Lorenzo, es Ingeniero Superior de Telecomunicaciones por la ETSIT de Vigo y Post-grado en Gestión Estratégica de Empresas de Telecomunicaciones por la UPM. Actualmente es *Associate Partner* en IBM Consulting, a cargo del desarrollo de negocio y acuerdos estratégicos para el sector de las Telecom en España, Portugal y Grecia. Durante sus más de 25 años de profesión, la mayoría de ellos trabajando para IBM enfocado en el sector Telecom, ha desempeñado diferentes roles comenzando como consultor de procesos de negocio e integración de sistemas, progresando en diferentes etapas hacia roles de responsabilidad en el desarrollo del negocio de IBM en España, Reino Unido y a nivel Europeo.

Juan Santiago Sánchez Sánchez, Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones por la UVA (1996), Ingeniero en Electrónica por la UEX (2005). Funcionario de la Junta de Extremadura desarrollando labores técnicas de la Red Corporativa (Seguridad en los CPD, red de datos e Internet), despliegue de la red educativa y de la Red Científico Tecnológica de la Junta de Extremadura, formando parte activa en las contrataciones con componente tecnológica (elaboración de PPT y proceso de contratación) y asesoramiento tecnológico de los distintos departamentos de esta administración.

Andrés Silvestre Benedicto, Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid. Master en Marketing y Gestión Comercial por ESIC. Una experiencia de 30 años en el sector de las Telecomunicaciones en empresas como Telettra España, Indra y British Telecom. Actualmente Responsable de Portfolio Telco en Evolutio y de Servicios para operadores

Juan Ignacio Torregrosa, Licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad de Alicante y Doctor en Ciencias Químicas por la Universidad Politécnica de Valencia. Es profesor en el Departamento de Ingeniería Química de la UPV desde el año 2000. En el periodo 2015-2021 desempeña el cargo de Director del Campus de Alcoy de la UPV. Desde mayo de 2021 ejerce el cargo de Director general para el Avance de la Sociedad Digital en la Consellería de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital

Pere Vila Fumas, Doctor en Telecomunicaciones por la Universidad Politécnica de Catalunya, Máster en Dirección de Empresas (MBA) por ESADE Barcelona. Director de Estrategia Tecnológica de la Corporación Española de Radio y Televisión (RTVE). Miembro de la Comisión Permanente del Consejo Consultivo de Telecomunicaciones (Ministerio de Ciencia y Tecnología). Actualmente preside la asociación UHD España y miembro del Consejo Asesor para la Transformación Digital.

Aprovechamos también para agradecer a Adif, la Generalitat Valenciana, IBM, Huawei, RTVE y Telefónica por su participación en el webinar en el que se presentó este estudio.