

Tecnologías 5G. Visiones.

Visión de la Industria

1 Objeto

Las visiones de la 5G son un compendio de visiones de los diferentes agentes del ecosistema de los servicios móviles (todavía denominado telefonía móvil), agrupados en tres bloques¹: Industria, Operadores e Instituciones.

Es importante notar que la recopilación de referencias, si bien exhaustiva, no es completa ya que se pretende recoger, en base a visiones particulares, visiones generales. Por lo que pueden faltar referencias de algunas de las empresas, entidades e instituciones citadas o no mencionadas, para poder obtener la visión particular de cualquiera de ellas.

La Industria la forman los fabricantes de las redes móviles, tanto de equipos como de terminales. Así, son representantes de esta industria los fabricantes de redes: Ericsson, Nokia, Huawei, Qualcomm, etc. También los fabricantes de terminales: Apple, Samsung, etc.

En este documento, en versión de 2016, se incluyen, de manera cronológica, la visión de cada una de estas empresas acerca de lo que será la tecnología 5G, y un resumen a modo de conclusión que podría representar la visión conjunta de la industria.

2 Ericsson

Siendo Ericsson el principal fabricante de equipos y sistemas para redes móviles, es normal que también haya dado su visión de la 5G desde hace ya algunos años. A continuación y de manera cronológica, se incluyen sus declaraciones, informes y estudios relacionados con la 5G.

- Enero/2013. Aunque no se refiere realmente a la 5G, en el documento NETWORKED SOCIETY ESSENTIALS² se van desgranando los requisitos de una sociedad conectada, bajo el lema “When one person connects, their world changes. With everything connected, our world changes”. En este sentido, los requisitos indicados serían los de,
 - Empoderar a las personas: CONNECT TO LEARN, BANKING THE UNBANKED, CLASSROOM DISRUPTION,.
 - Dirigir negocios y emprendedores: MOBILE CONNECTIVITY ON THE HIGH SEAS, FLEXIBLE CHARGING PUTS ELECTRIC CARS IN THE FAST LANE, M2M CONNECTIVITY BOOSTS BUSINESS, THE DIGITAL MUSIC REVOLUTION.
 - Transformar la sociedad: REDEFINING CITY LIFE, TRANSFORMING PUBLIC SAFETY.

Aunque muchos de los requisitos de una Sociedad Conectada se pueden llevar a cabo con la 3G y 4G, se presupone que, por su larga duración y algunos usos como el M2M, también la 5G deberá participar en el cumplimiento de estos requisitos.

¹ Se recomienda leer los documentos en este orden.

² <http://www.ericsson.com/res/docs/2013/networked-society-essentials-booklet.pdf>

- Junio/2013. En el documento “5G RADIO ACCESS”³ pasa revista a las tecnologías de acceso radio 2G/3G/4G y plantea la 5G para 2020 no como una nueva tecnología que reemplaza las anteriores sino como una evolución de las mismas, complementadas con nuevas tecnologías de acceso para determinados casos de uso y/o escenarios.

Se identifican los desafíos para la 5G, ver Figura 1, en 2020 y mas allá, tanto para la conexión de personas como de objetos y máquinas.

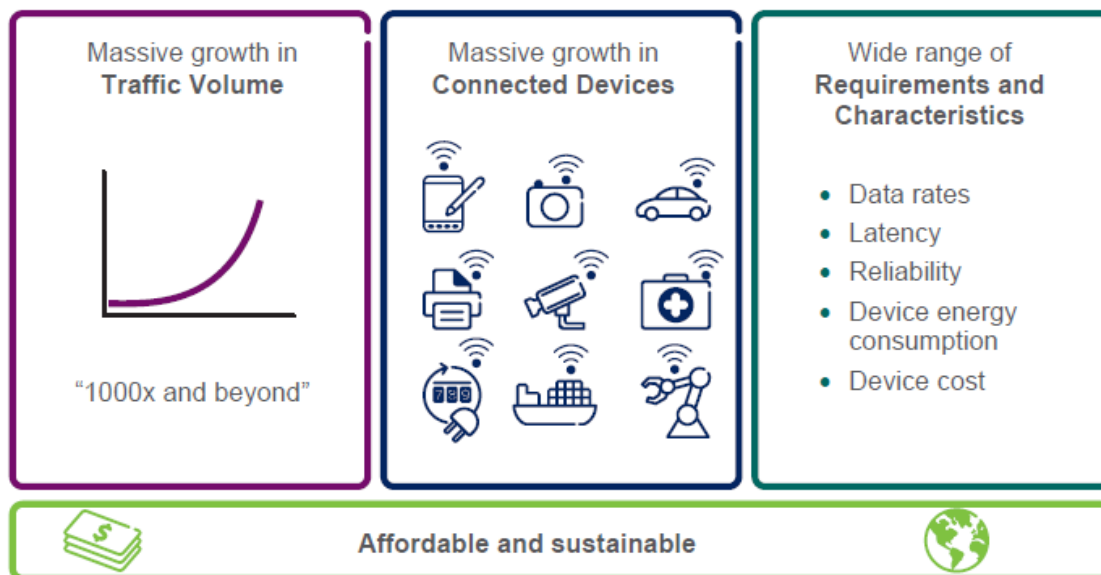


Figura 1. Desafíos para la 5G en 2020 (Ericsson)

Y se identifican las capacidades de los accesos radio de la 5G para una gran variedad de escenarios de despliegue, ver Figura 2.

- Very high mobile-broadband service level everywhere.
- Ultra-high traffic capacity and data rates
- Huge numbers of low-power machine-type communication devices
- Proximal communication, device-to-device (D2D)
- Ultra-reliable communication
- Energy efficiency and sustainability
- New spectrum assignments

3

www.climateactionprogramme.org/images/uploads/documents/Sustainability_and_energy_efficiency_-_5G_radio_access.pdf

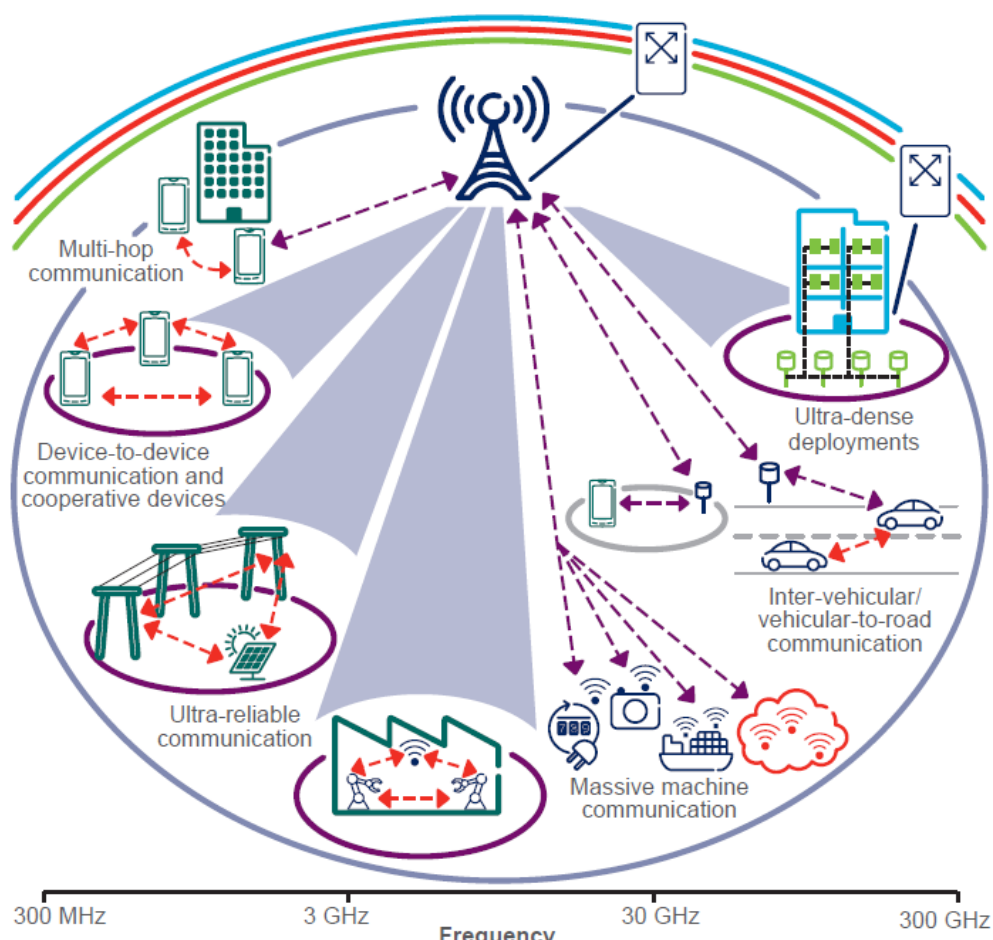


Figura 2. Escenarios de despliegue para las tecnologías de acceso para la 5G (Ericsson)

- Junio/2014. En la presentación “5G”⁴, Ericsson, que es el coordinador del proyecto Metis, aparte de los requisitos y capacidades anteriores para que la 5G sea un pilar de la Sociedad Conectada, ya asume los objetivos de este proyecto Metis para la 5G y para 2020, ver Figura 3.

Es importante señalar la llamada de Ericsson a una normalización global, como la ocurrida en 4G/LTE, con todos sus organismos involucrados, ver Figura 4.

También en esta presentación se anuncia que Ericsson ha alcanzado una velocidad de descarga de 5Gbps en 15 GHz.

⁴ <http://www.ericsson.com/res/docs/2014/5g-rev-a-external.pdf>

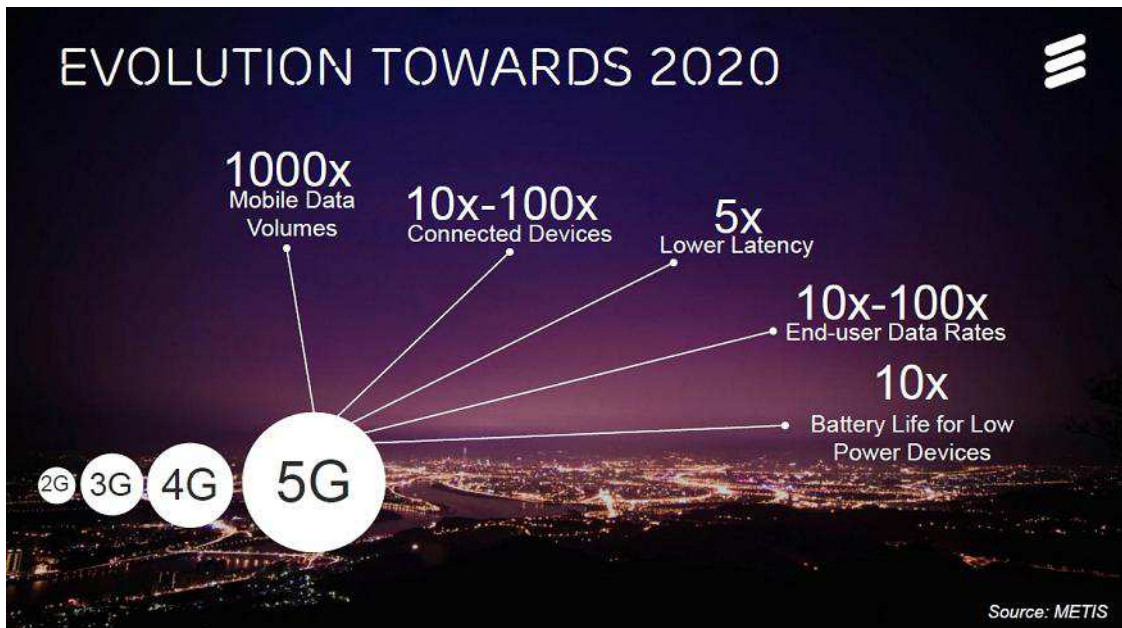


Figura 3. Objetivos de 5G (Ericsson)



Figura 4. 5G como estándar global (Ericsson)

- Junio/2014. En el artículo “5G radio access” de Ericsson Review⁵, vuelve a destacar los requisitos y capacidades anteriores ya de una manera mas estructurada, como se muestra en la Figura 5.

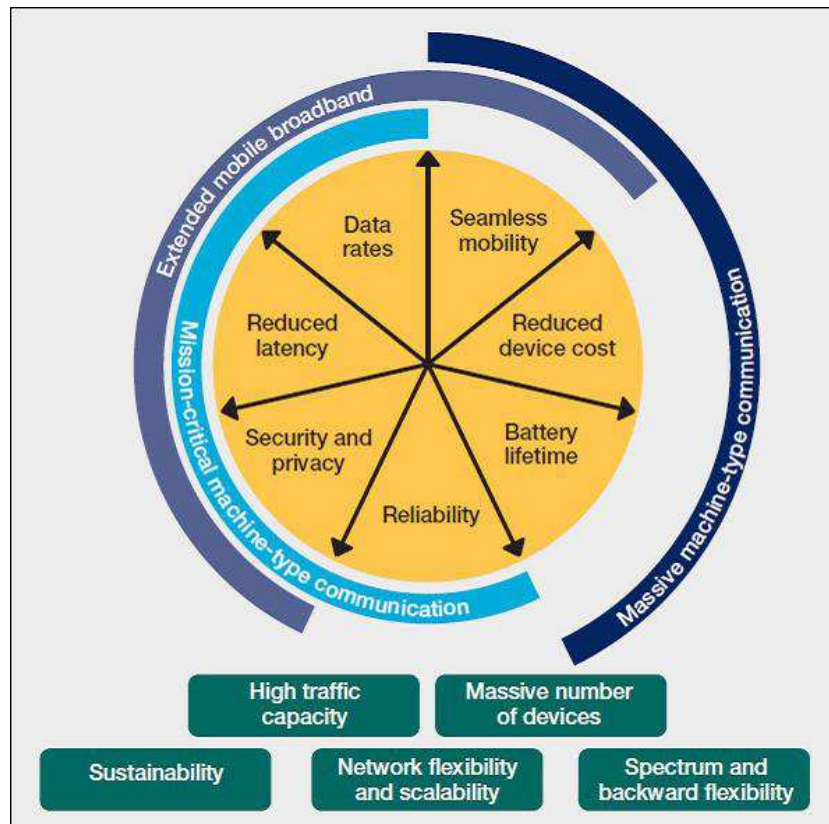


Figura 5. Casos de uso y sus correspondientes desafíos (Ericsson)

Y también introduce una arquitectura 5G de alto nivel, ver Figura 6, incluyendo el acceso radio y el núcleo de red, para soportar comunicaciones 5G, comunicaciones fijas y comunicaciones de otras generaciones anteriores.

⁵ http://www.ericsson.com/res/thecompany/docs/publications/ericsson_review/2014/er-5g-radio-access.pdf

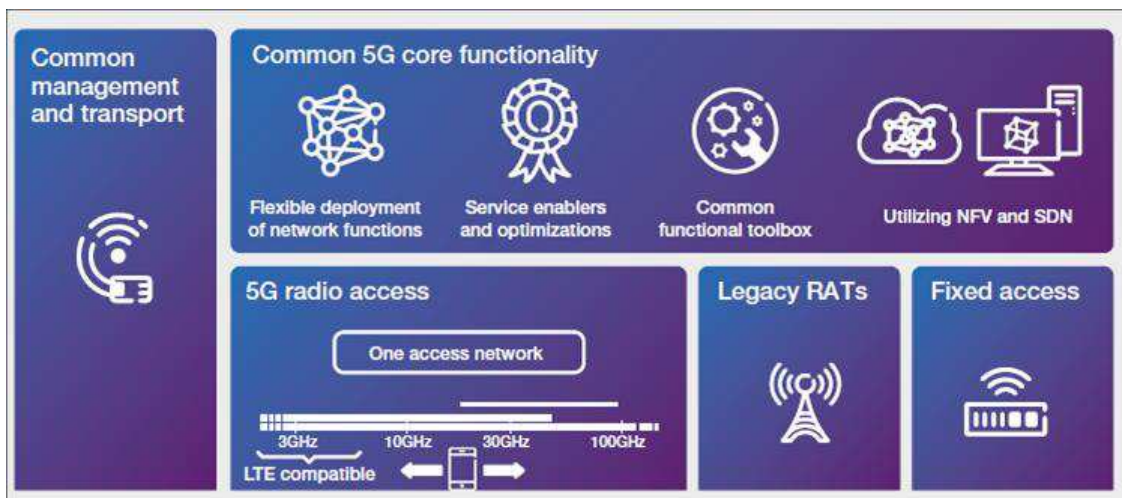


Figura 6. Arquitectura de alto nivel (Ericsson)

- Octubre/2014. En el documento de divulgación “5G: what is it for?”⁶, Ericsson se dedica a profundizar en las aplicaciones, especialmente las nuevas aplicaciones: coche conectado, maquinaria, medios de comunicación, etc., o sea, un mundo en donde todo está conectado, ver Figura 7.

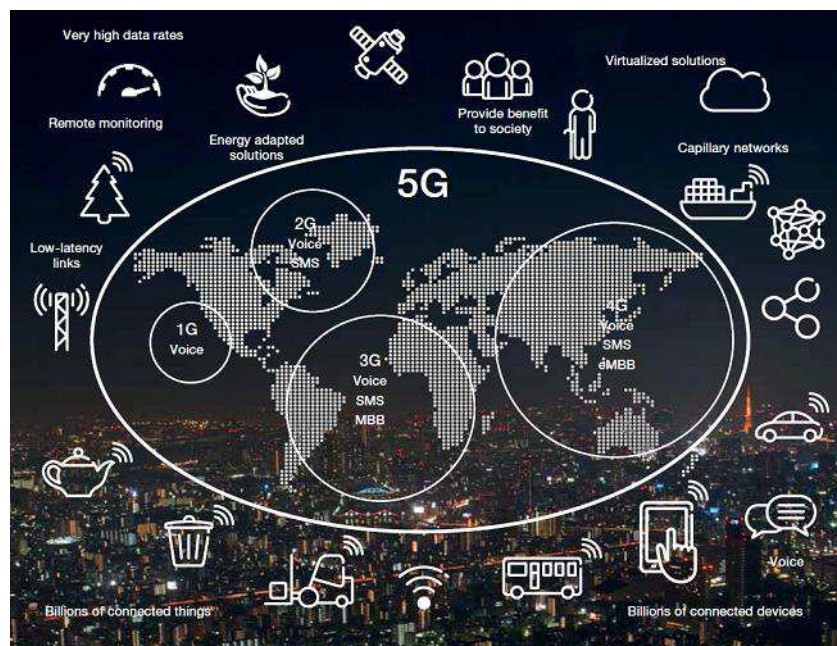


Figura 7. El mundo conectado (Ericsson)

⁶ <http://www.ericsson.com/res/docs/2014/5g-what-is-it-for.pdf>

- Octubre/2014. En el documento “5G: what is it?”⁷, complementario del anterior, Ericsson vuelve a definir 5G como un cambio de mentalidad, mas que una tecnología, como base de la Sociedad Conectada. Incluye los requisitos y desafíos anteriores, pero también y en los aspectos tecnológicos, incluye:
 - Altos niveles de abstracción, incidiendo en los aspectos de redes definidas por software, SDN, y la virtualización de funciones de red, NFV.
 - Adecuación a las aplicaciones, pasando del modelo “one-size-fits-all” a un modelo “one-model-per-use case”.
 - Redes autoorganizadas, SON. Tecnología actual que se desarrollará mucho más, aplicándola no solo a los elementos físicos de una red (las estaciones base), sino por ejemplo al balance entre tecnologías de acceso en un entorno multitecnología, y para dirigir el tráfico y permitir la asignación dinámica de espectro.
 - Capilaridad. Se utilizarán redes capilares con tecnología radio de corto alcance para facilitar una conectividad local a un grupo de dispositivos con un concentrador (gateway), que a su vez los conectará a la red global. En claro ejemplo de la voluntad de incluir los objetos y las máquinas.
- Enero/2015. En el documento “5G Systems”⁸, Ericsson vuelve a presentar el objeto de la 5G de manera mas estructurada, conforme se muestra en la Figura 8.

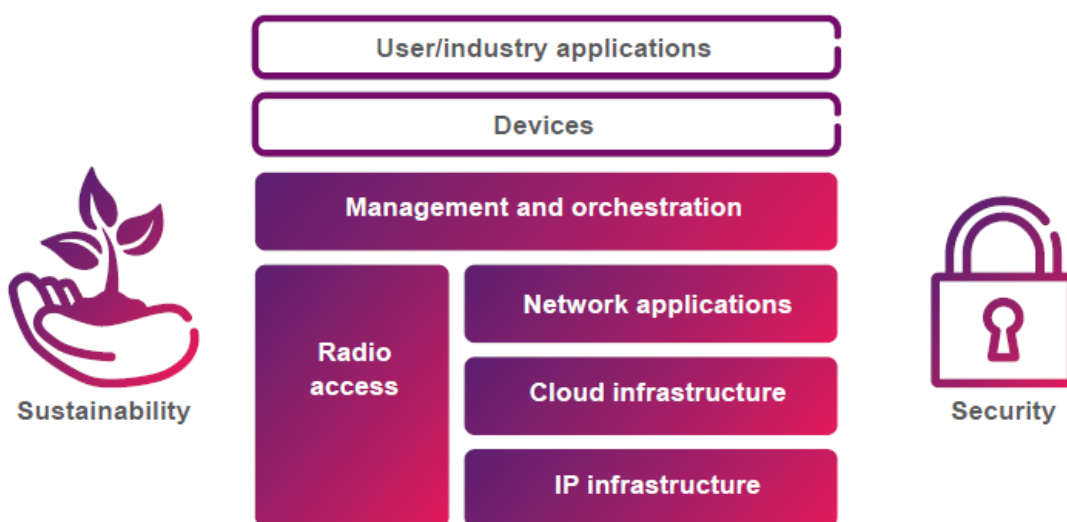


Figura 8. Objeto de la 5G (Ericsson)

También presenta la manera de desarrollar servicios en base a rodajas o rebanadas de red (network slices), conforme se muestra en la Figura 9, desarrollando el concepto ya introducido de “one-model-per-use case”, mediante las técnicas SDN y NFV. Como ejemplos de rebanadas de red, incluye los siguientes:

⁷ <http://www.ericsson.com/res/docs/2014/5g-what-is-it.pdf>

⁸ <http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/what-is-a-5g-system.pdf>

- SMART METER SERVICE
- SENSOR UTILITY SERVICE
- MEDIA SERVICE
- CAPACITY/COVERAGE ON DEMAND.

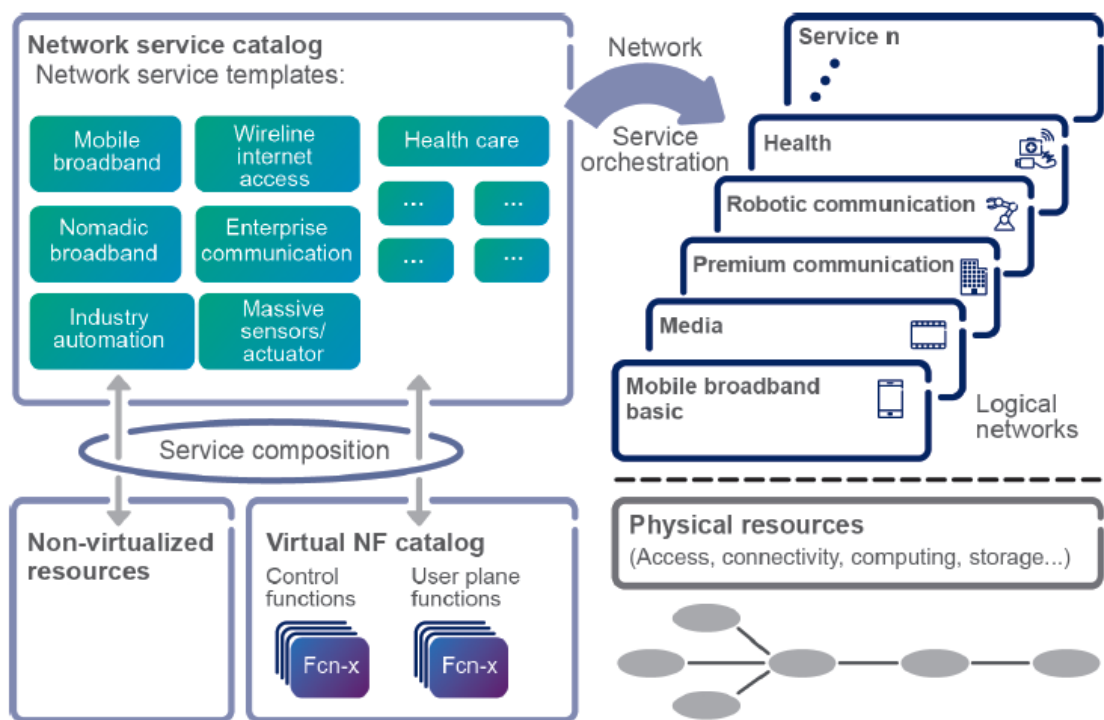


Figura 9. Desarrollo de servicios mediante rodajas de red (Ericsson)

También identifica los facilitadores para llevar a cabo este tipo de servicios en rodajas de red, que, además de los SDN y NFV, incluye el acceso radio, los dispositivos, la seguridad e2e (ver Figura 10), la gestión y orquestación (ver Figura 11), la gestión de la energía y la robustez (resilience).

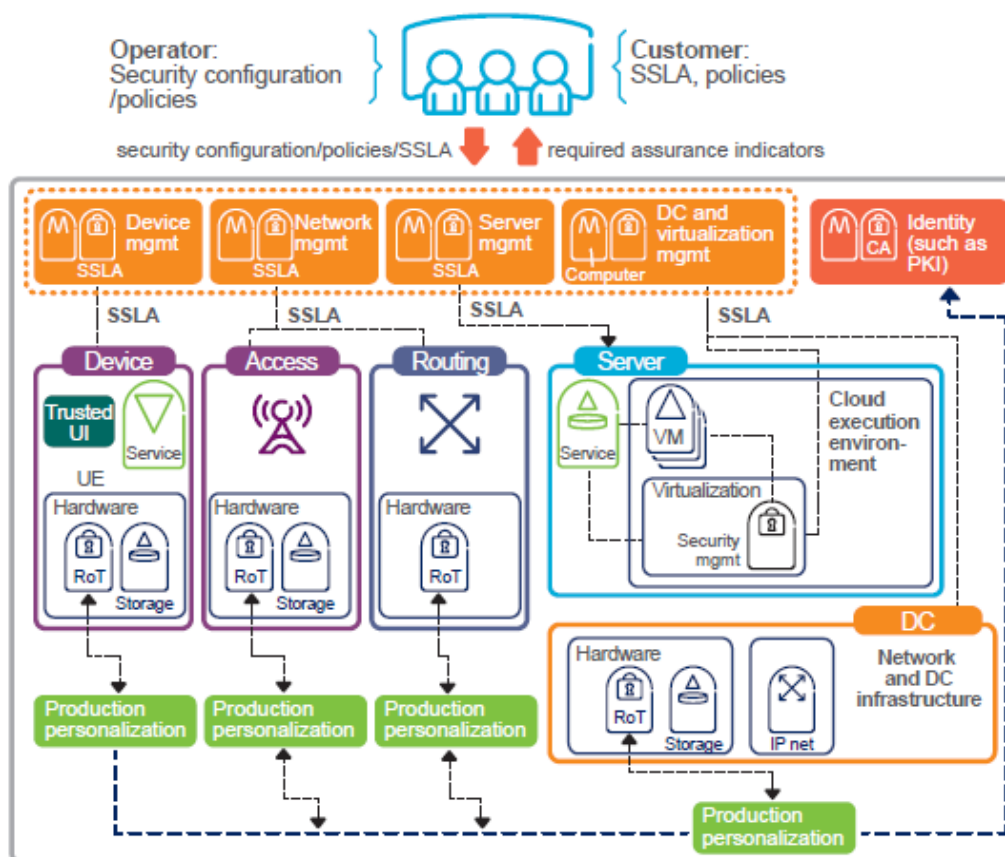


Figura 10. Seguridad en los sistemas 5G (Ericsson)

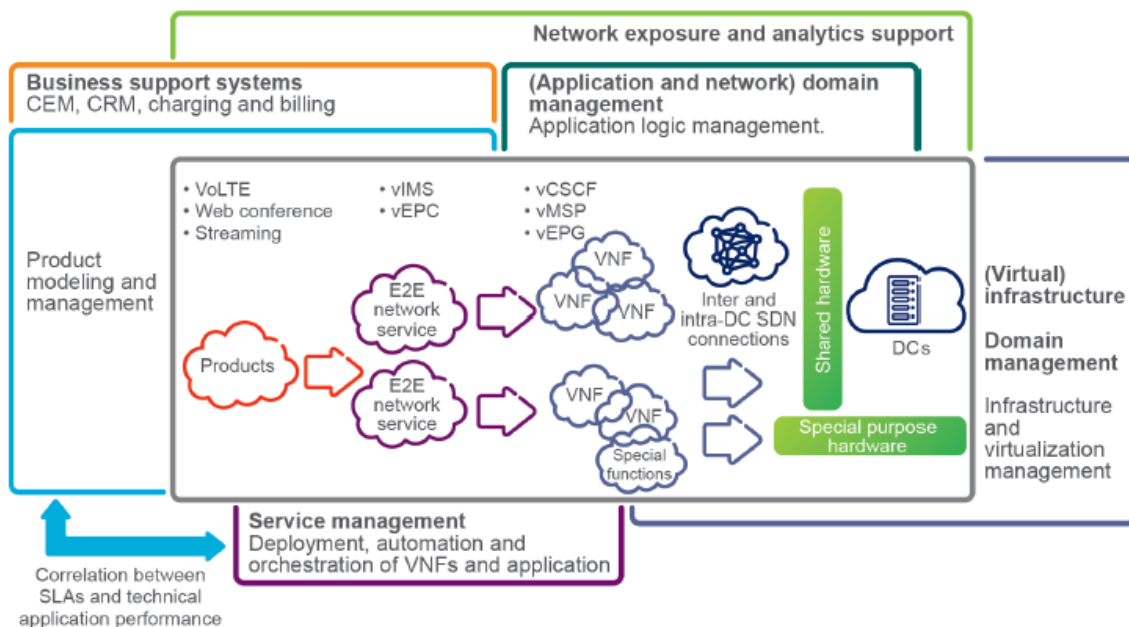


Figura 11. Panorama de la gestión (Ericsson)

También detalla los requisitos algunas aplicaciones como la de las comunicaciones maquina a maquina, machine-type communication (MTC), distinguiendo rodajas de red para:

- MTC masiva
 - MTC crítica, para aplicaciones en tiempo real, con muy baja latencia y alta fiabilidad
 - Maquinaria remota
 - ITS para transporte inteligente en ciudades inteligentes
- Febrero/2015. En el documento “5G RADIO ACCESS”⁹, Ericsson ya sí tiene identificados los requisitos y capacidades de la 5G. Así, se indica que:

“To enable connectivity for a wide range of new applications and use cases, the capabilities of 5G wireless access must extend far beyond previous generations of mobile communication. Examples of these capabilities include very high achievable data rates, very low latency, ultra-high reliability, and the possibility to handle extreme device densities, and will be realized by the continued development of LTE in combination with new radio-access technologies. Key technology components include extension to higher frequency bands, advanced multi-antenna transmission, lean design, user/control separation, flexible spectrum usage, complementary device-to-device communication, and backhaul/access integration”

Lo que da lugar a una definición más clara de lo que se considera la 5G, siempre como un componente de la Sociedad Conectada y una evolución de la LTE complementada con nuevas tecnologías, ver Figura 12.

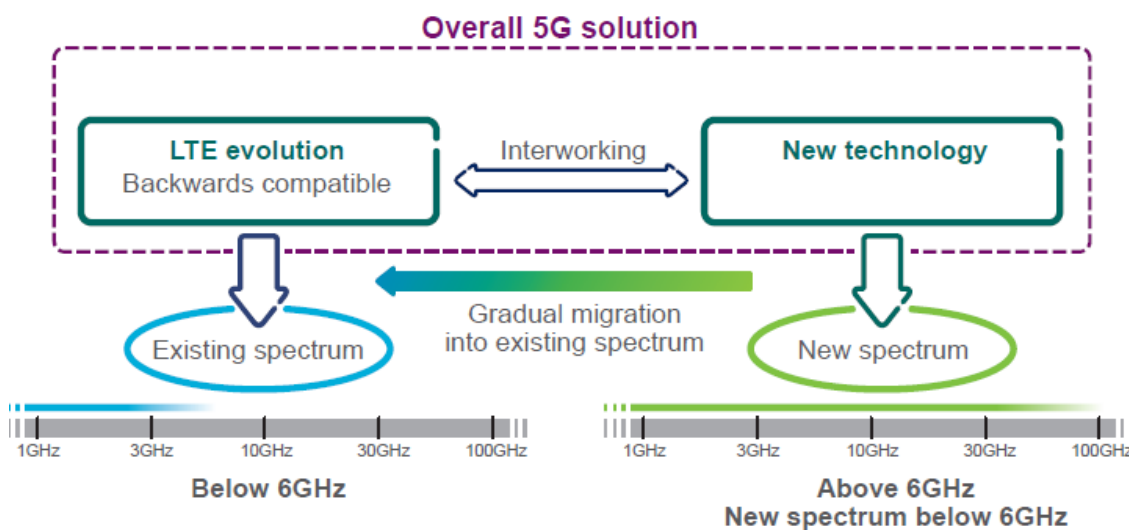


Figura 12. Tecnología de acceso 5G (Ericsson)

También se identifican más concretamente los requisitos y las capacidades de la 5G, que pueden resumirse en las siguientes:

⁹ <http://www.ericsson.com/res/docs/whitepapers/wp-5g.pdf>

- MASSIVE SYSTEM CAPACITY
- VERY HIGH DATA RATES EVERYWHERE
- VERY LOW LATENCY
- ULTRA-HIGH RELIABILITY AND AVAILABILITY
- VERY LOW DEVICE COST AND ENERGY CONSUMPTION
- HIGH NETWORK ENERGY PERFORMANCE

Dentro de las nuevas aplicaciones de la 5G y que pilota los requisitos y capacidades incluye como fundamental las comunicaciones con máquinas y objetos, que se ha venido en llamar Internet de las cosas IoT, en contraste con las generaciones anteriores, que estaban centradas en comunicaciones personales. En la Figura 13 puede verse la visión de este tipo de comunicaciones en la 5G.

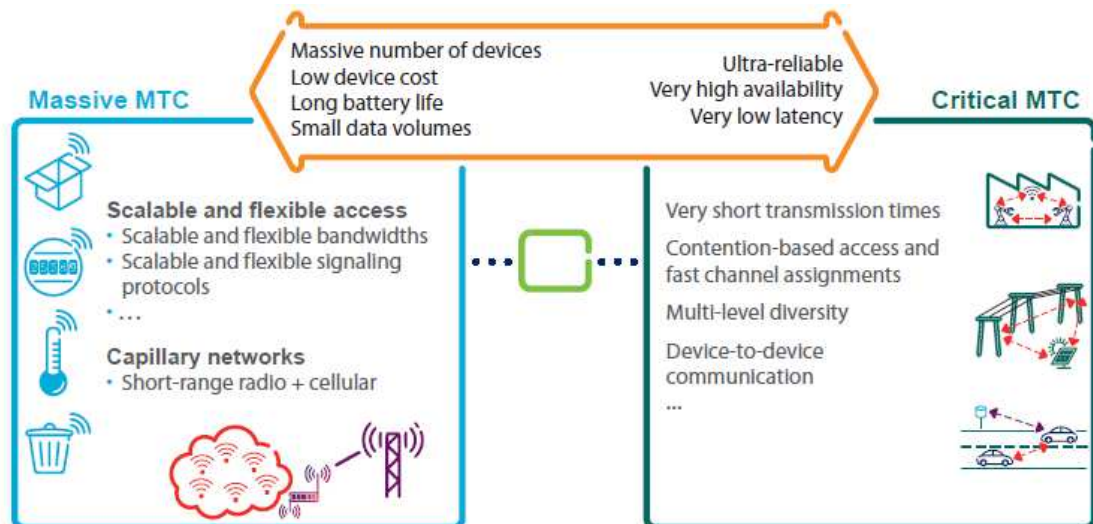


Figura 13. Comunicaciones entre máquinas y objetos (Ericsson)

En relación al espectro utilizable por la 5G incluirá además las nuevas bandas por debajo de 6GHz identificadas por encima de los 6GHz en la CMR19.

Finalmente, identifica unos nuevos componentes tecnológicos para la 5G, que son:

- MULTI-ANTENNA TRANSMISSION
- ULTRA-LEAN DESIGN
- USER/CONTROL SEPARATION
- FLEXIBLE SPECTRUM USAGE
- FLEXIBLE DUPLEX

- DIRECT DEVICE-TO-DEVICE COMMUNICATION
- ACCESS/BACKHAUL INTEGRATION
- Julio/2015. En documento “5g Use Cases”¹⁰, describe 5 casos de uso de la 5G, concretamente los siguientes. Para cada uno identifica los subcasos de uso, los beneficios, las áreas de oportunidad, los potenciales usuarios y los facilitadores tecnológicos, en términos del acceso radio, del núcleo de red y de los aspectos de gestión y orquestación.
 - BROADBAND EXPERIENCE EVERYWHERE, ANYTIME
 - SMART VEHICLES, TRANSPORT & INFRASTRUCTURE
 - INTERACTION HUMAN-IOT
 - MEDIA EVERYWHERE
 - CRITICAL CONTROL OF REMOTE DEVICES
- Últimamente, Ericsson está firmando acuerdos con Universidades: Dresde, King College y Academias como la CAICT (China) para promover la investigación y el desarrollo conjuntos de los estándares 5G. También lidera y coordina el grupo METIS II, ha firmado un acuerdo de colaboración con SK Telecom para desplegar 5G, impulsa el proyecto de I+D 5G for Europe, colabora con LG en 5G y el internet de las cosas, con Telia Sonera Ericsson, y ha alcanzado los 25 Gbps con sus prototipos de radio 5G
- Como resumen de su visión de la 5G, se pueden citar las palabras de su presidente Hans Vestberg en el congreso MWC2015,

“The first step with 5G is evolution of 4G, so we can reuse as much [technology] as possible for much higher speeds and better latency. The second step is we want much more service aware networks, or ‘sliced’ networks, which can handle different type of use cases – everything from remote health care, automated cars, or reaching a remote place where batteries can only be replaced every five years. The network has to be smarter to give the right type of characteristics and throughput for a specific use case. For me, that is what 5G is. It will have an enormous impact for businesses and our society.”

3 Huawei

Huawei también ha publicado documentos y presentaciones acerca de su visión de la 5G. Entre ellos, se pueden destacar los siguientes:

- Noviembre/2013. En documento “5G: A Technology Visión”¹¹, Huawei resume su visión de la 5G como la que,

“5G wireless networks will support 1,000-fold gains in capacity, connections for at least 100 billion devices, and a 10 Gb/s individual user experience capable of extremely low latency and response times. Deployment of these networks will emerge between 2020 and 2030. 5G radio

¹⁰ <https://www.ericsson.com/res/docs/2015/5g-use-cases.pdf>

¹¹ <http://www.huawei.com/5gwhitepaper/>

access will be built upon both new radio access technologies (RAT) and evolved existing wireless technologies (LTE, HSPA, GSM and WiFi). Breakthroughs in wireless network innovation will also drive economic and societal growth in entirely new ways. 5G will realize networks capable of providing zero-distance connectivity between people and connected machines.”

En este sentido, asume los objetivos del proyecto Metis, del que ha formado parte. También el que habrá nuevas tecnologías y tecnologías evolucionadas de las actuales. Una progresión hacia una Sociedad Digital. Y la conexión de máquinas y objetos.

La variedad de requisitos de velocidad, latencia y distancia de los servicios para los escenarios de la 5G las expresa en un cubo “5G Hiperservice cube”, ver Figura 14.

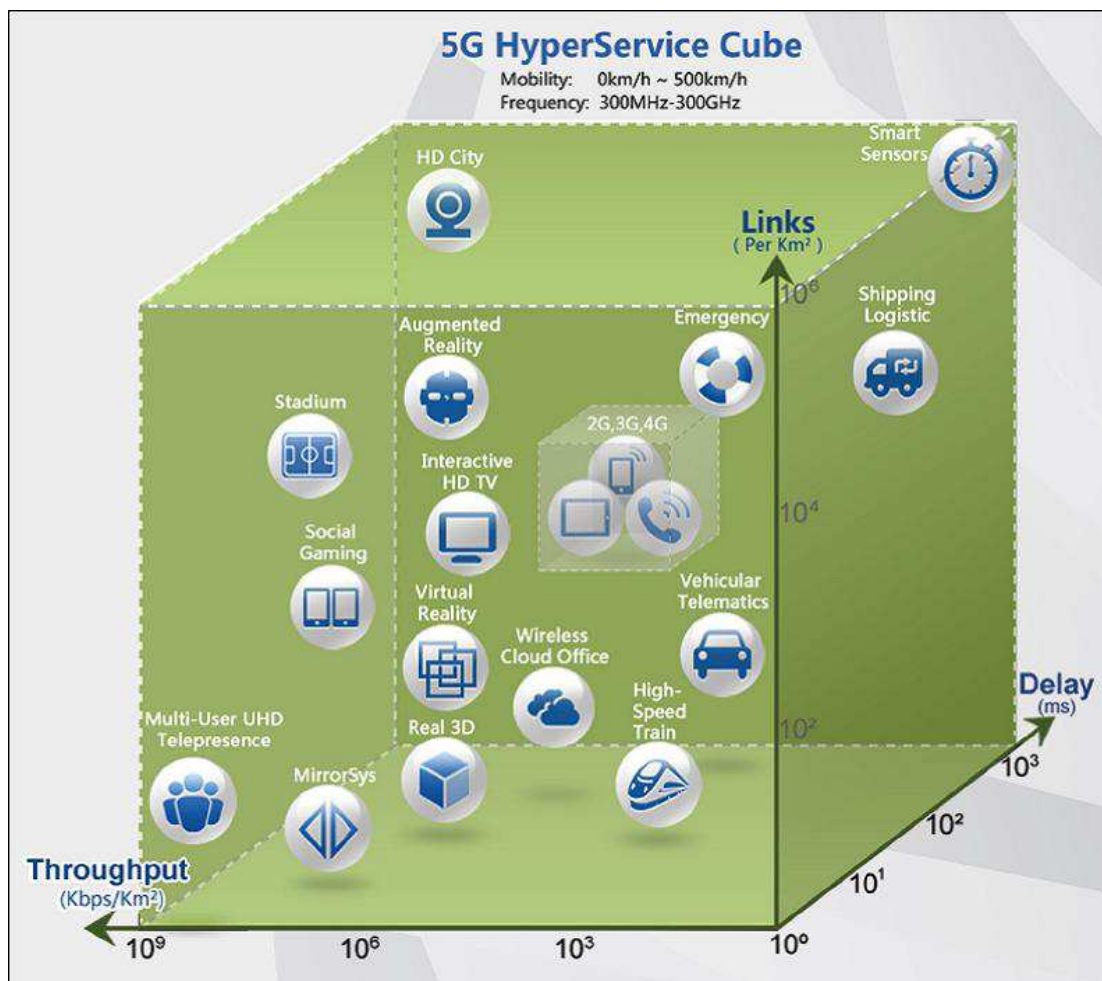


Figura 14. Requisitos de servicio por escenarios (Huawei)

En cuanto a las claves tecnológicas, indica lo siguiente:

- While previous generations of wireless networks were characterized by fixed radio parameters and spectrum blocks, 5G will allow utilization of any spectrum and any access technology for the best delivery of services.

- Air-interface and RAN systems will need to be completely redesigned to accommodate a new mobile access paradigm of massive capacity, huge numbers of connections, and ultra-fast network speeds.
- 5G will feature native support for new kinds of network deployments, including ultra-dense radio networking with self-backhauling, device- to- device communications, dynamic spectrum refarming and radio access infrastructure sharing.

Para lo que será necesario progresar en las tecnologías siguientes:

- Multiple access and advanced waveform technologies combined with advances in coding and modulation algorithms.
- Baseband and RF architecture are required to enable computationally intensive and adaptive new air interfaces. New solutions like mass-scale MIMO. A singular, integrated design for combining an unprecedented number of RF radio and antenna elements into one unit (a “Radiotenna”) will be needed to support these new air interfaces.
- Advanced RF domain processing will bring benefits to the efficient and flexible usage of spectrum; single-frequency full duplex radio technologies.
- Integrated access node and backhaul design are required to enable the very dense networking of radio nodes.
- Radio technologies for mobile devices are required to support a vast range of capabilities, from ultra-low energy sensors to ultra-fast devices with long-lasting battery life.

Pero también:

- Virtualized architectures. Radio access infrastructures based on cloud architecture technologies will provide on-demand resource processing, storage and network capacity wherever needed. Core network evolution will revolve around how to enable more flexibility for the creation of new services and new applications. Cloud computing will become the foundation of core networks.
- All-spectrum access. New designs for all-spectrum radio access nodes will require breakthroughs in fundamental radio technologies like the air interface, RAN, radio frequency transceiver and devices, Figura 15.

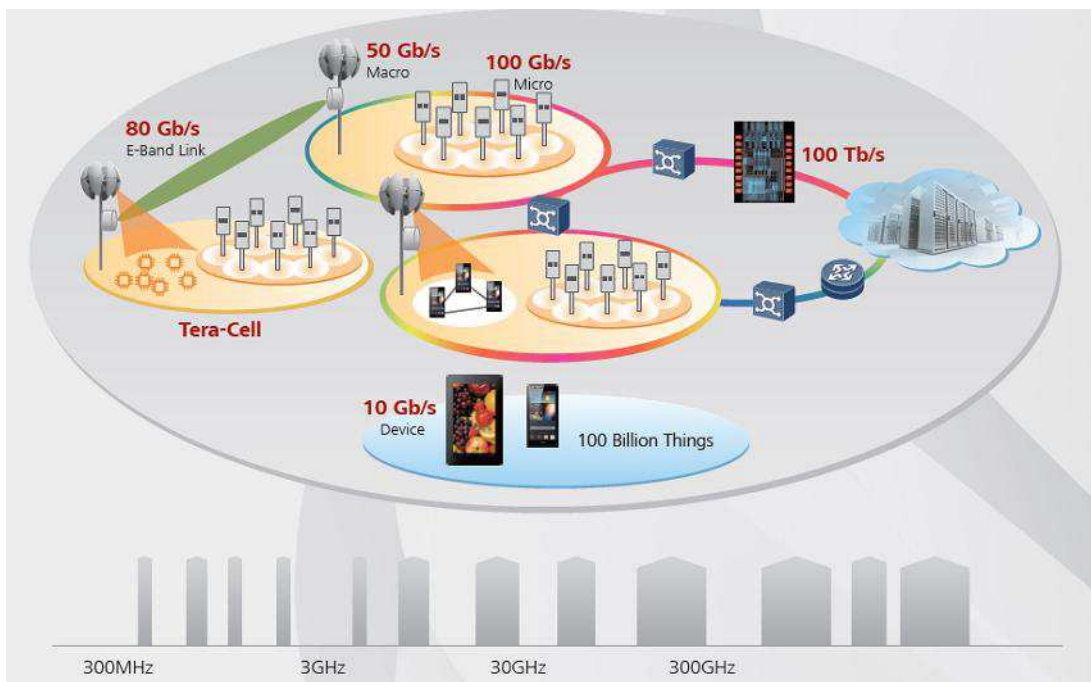


Figura 15. RAN de todo espectro (Huawei)

También establece una ruta temporal para la 5G, ver Figura 16.

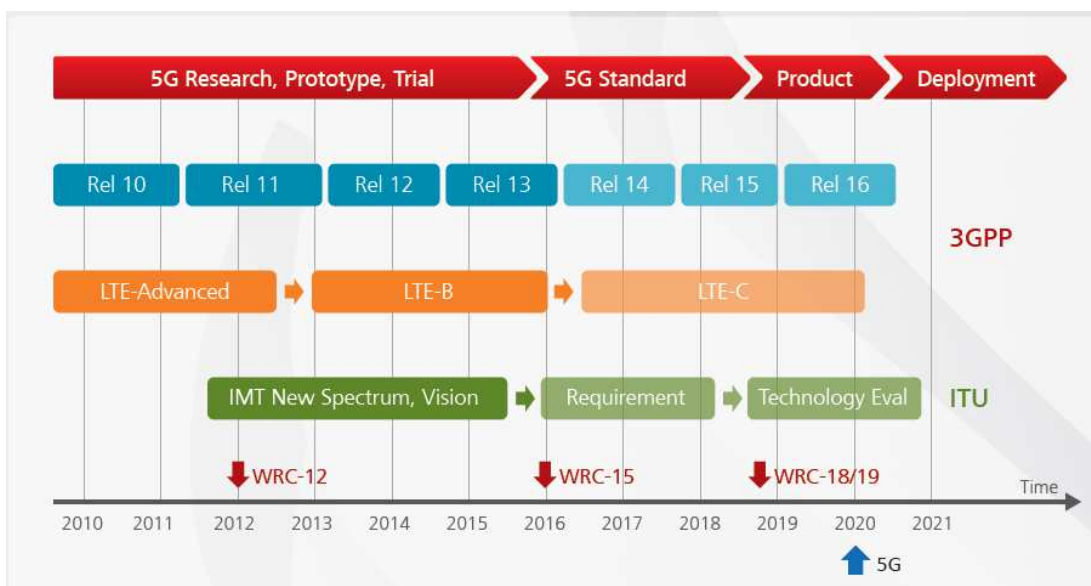


Figura 16. Roadmap de la 5G (Huawei)

Finalmente, apuesta por la colaboración internacional para el desarrollo de los estándares necesarios.

- Octubre/2014. En noticia "Huawei pushes the concept of 4.5G"¹², propone una generación intermedia, 4,5G, sin concretar demasiado, ver Figura 17, y que parece mas bien una necesidad de monetizar LTE.

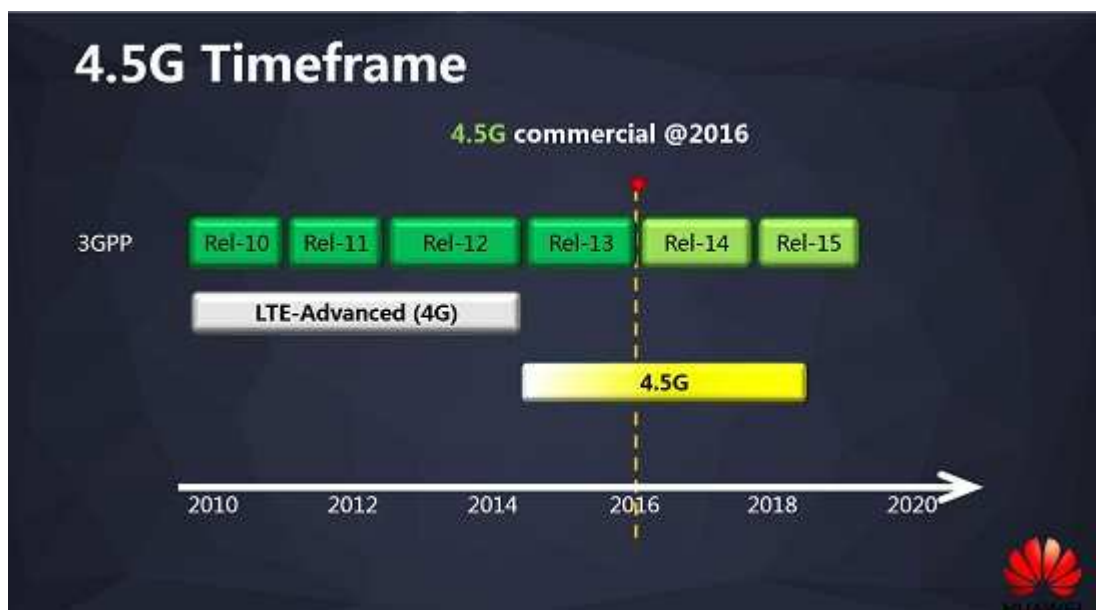
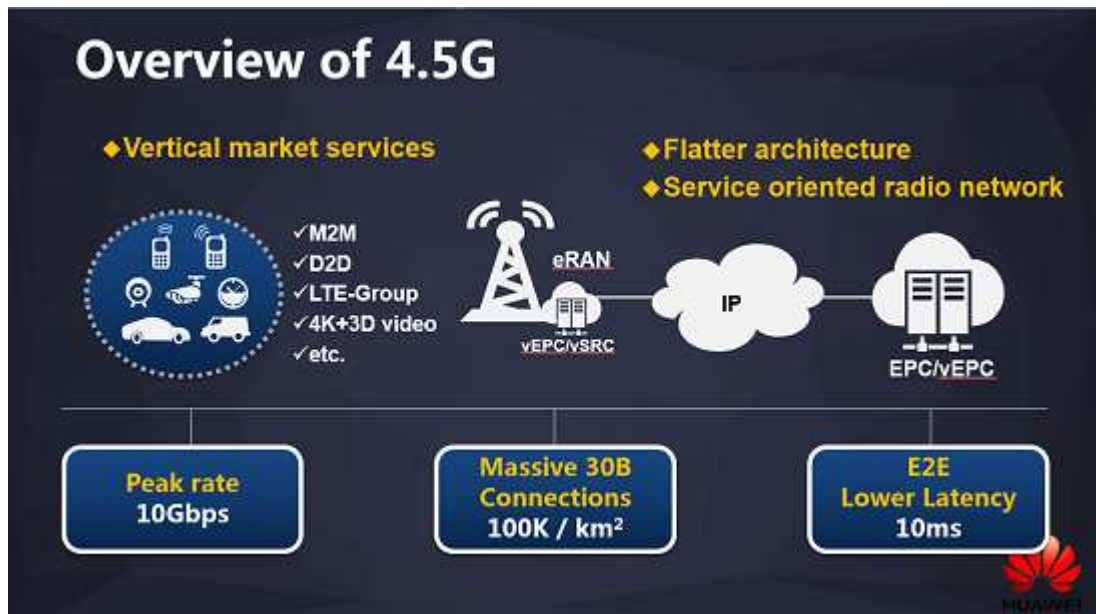


Figura 17. Generación 4,5 G (Huawei)

¹² <http://www.mobileworldlive.com/huawei-pushes-concept-4-5g>

- Abril/2015. En noticia “Huawei sees 5G as revolution, not evolution”¹³, aclara que los avances sobre LTE no son 5G, sino 4,5G. Y que se esperan pilotos precomerciales de 5G para 2017/2018.
- Abril/2015. En documento “5G: New Air Interface and Radio Access Virtualization”¹⁴ confirma la visión anterior en cuanto a los objetivos del Metis y recalca los aspectos siguientes:
 - Una nueva interfaz radio con nuevas bandas de frecuencias, ver Figura 18, que consiste en componentes y mecanismos tales como: adaptive waveform, adaptive protocols, adaptive frame structure, adaptive coding and modulation family and adaptive multiple access schemes. Con estos componentes y mecanismos, la interfaz de radio es capaz de acomodarse a la futura diversidad de servicios, bandas de frecuencias y niveles de tráfico, ver Figura 19.

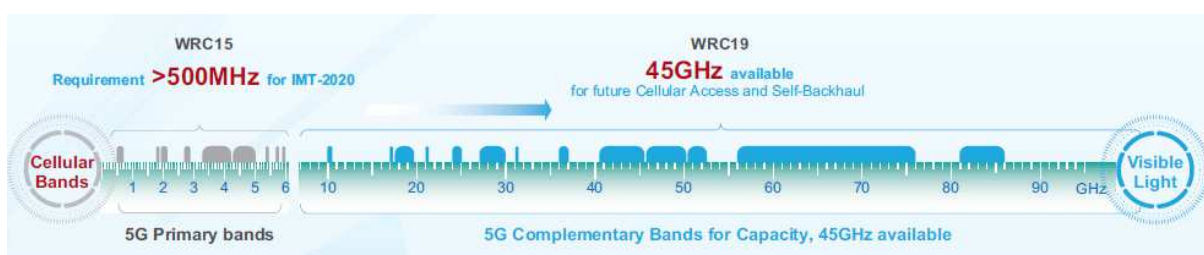


Figura 18. 5G will Aggregate Sub 6GHz and the Bands above 6GHz (Huawei)



Figura 19. Componentes de una nueva interfaz de radio (Huawei)

- Virtualización del acceso radio, para facilitar la densificación de la red, introduciendo el concepto de célula virtual, que elimina las fronteras entre células, ver Figura 20. Facilitando la optimización del acceso en función de cada dispositivo y la asistencia desde la red de la cooperación entre dispositivos, D2D.
- Febrero/2016. En el MWC16, Huawei anuncia soluciones de 4,5 G, como avanzadilla para la 5G. Se trata de las estaciones base GigaRadio, de reducido tamaño pero capaces de proporcionar un mayor rendimiento y una instalación sencilla; y nuevas Small Cells para un despliegue masivo.

¹³ <http://www.mobileworldlive.com/5g-will-revolution-evolution-huawei-exec>

¹⁴ http://www.huawei.com/minisite/has2015/img/5g_radio_whitepaper.pdf

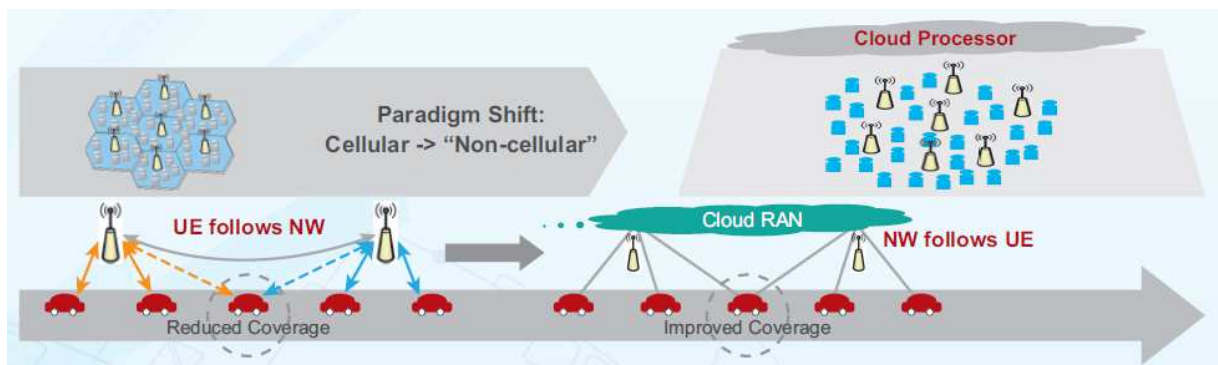


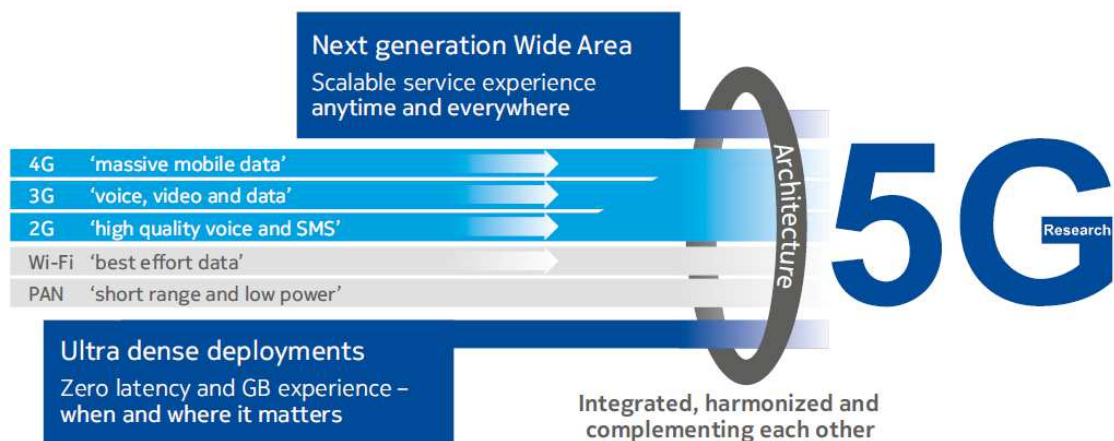
Figura 20. Eliminación de fronteras entre células (Huawei)

4 Nokia Networks

Nokia Networks ha participado en proyectos de 5G, como 5G PPP y el proyecto METIS. Por lo que su visión de la 5G debería ser bastante clara. Se puede encontrar toda la documentación 5G en su web¹⁵, de la que se pueden destacar los siguientes documentos y/o noticias:

- Julio/2014. En documento "5G use cases and requirements", Nokia resume su visión de la 5G así,

Nokia, along with other industry partners, believes that communications and control beyond 2020 will involve a combination of existing and evolving systems. This includes existing systems like LTE-Advanced and Wi-Fi, coupled with new, revolutionary technologies designed to meet new requirements, such as virtually zero latency to support tactile¹⁶ Internet, machine control or augmented reality. 5G will be the set of technical components and systems needed to handle these requirements and overcome the "limits" of current systems. (ver Figura 21)



¹⁵ <http://networks.nokia.com/innovation/5g>

¹⁶ The 'tactile interaction' stands for the increasing use of touch interfaces, where a delay requirement as low as one millisecond can sometimes be observed.

Figura 21. 5G como integración de existentes y nuevas tecnologías (Nokia)

Los casos de uso se muestran en la Figura 22, y se destacan los siguientes: Mobile broadband, Automotive, Smart Society, Smart grids, Health, Industrial, Logistics / freight Trucking.

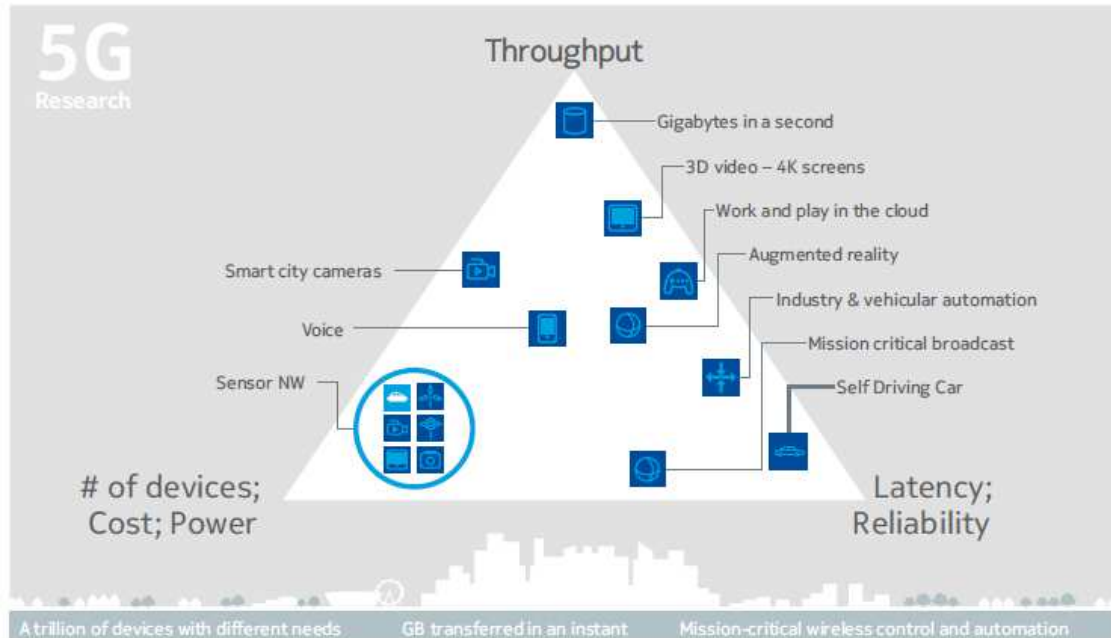


Figura 22. Casos de uso y requisitos (Nokia)

Finalmente y en cuanto diseño se destacan los de flexibilidad y fiabilidad; y en cuanto a requisitos, se adoptan los del proyecto Metis.

- Julio/2014. En documento “looking ahead to 5G”, Nokia explica como construir “a virtual zero latency gigabit experience”, destacando las tres areas clave para el desarrollo de la 5G: More spectrum must be pressed into service, Networks will become much denser with many more cells, Raising the overall performance of networks; que desarrolla a continuación.
- Enero/2015. En documento “5G Radio Access”, Nokia explica los aspectos del diseño radio, que son:
 - Aumentar la capacidad de la red, en base a una masiva densificación de microcélulas, a una mayor cantidad de espectro disponible y a una mayor eficiencia espectral. En relación a la cantidad de espectro disponible, ver Figura 23.

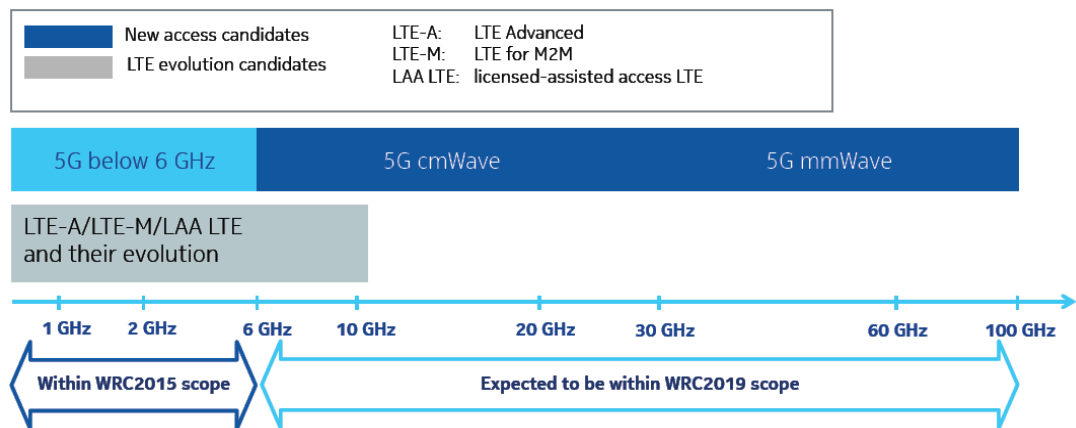


Figura 23. Espectro disponible (Nokia)

- Latencia. La latencia de la 4G/LTE es menor a la de 3G, pero todavía superior al cable/fibra. Una manera de reducirla consiste en utilizar TDD flexible, ver Figura 24.

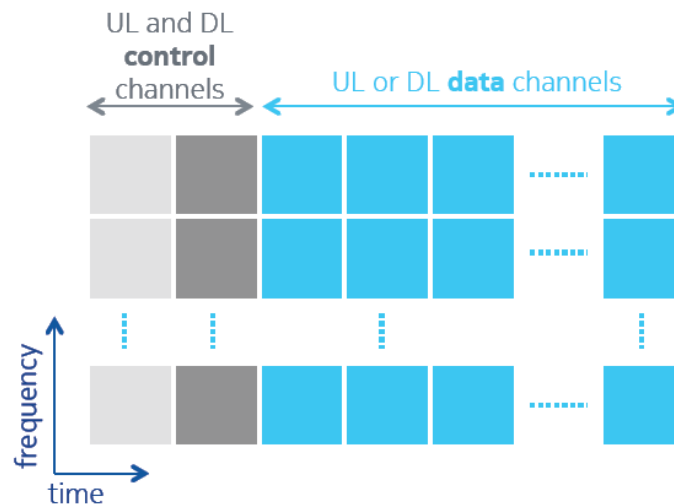


Figura 24. Estructura de un TDD flexible (Nokia)

- Eficiencia energética.
- Integración de sistemas en múltiples capas, ver Figura 25.

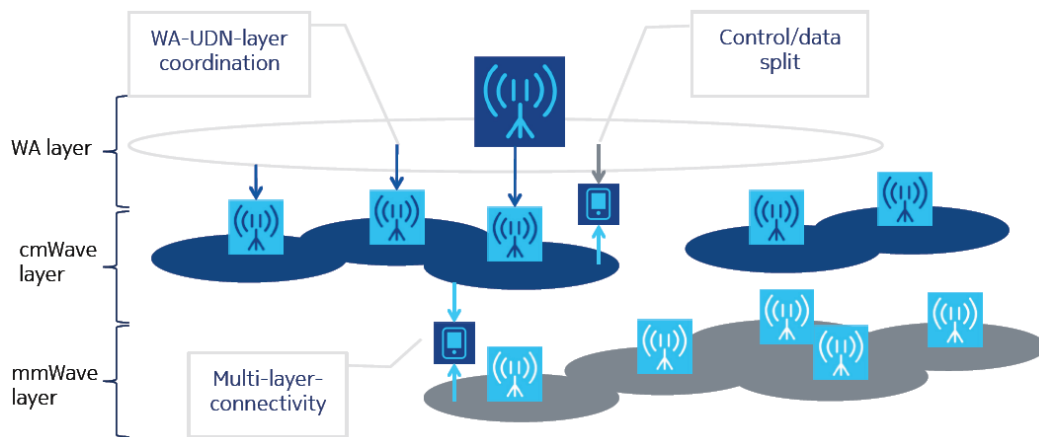


Figura 25. Red 5G multicapa (Nokia)

- Mayo/2015. En el documento “Ten key rules of 5G deployment”, Nokia explica como conseguir una capacidad de red de 1 Tbit/s/km² en 2030, conforme los objetivos del proyecto Metis. Para ello y en base a estudios de despliegue denso en Madrid y Tokyo han concluido con las 10 claves siguientes:
 - LTE Advanced can provide the required capacity of tens of Gb/s/km² for 2020 and beyond.
 - 1 GHz of aggregated spectrum is required to provide the capacity and cell edge data rates by 2030.
 - A 5G small cells deployment in the 6-30 GHz band (cmWave) with a 500 MHz carrier bandwidth can provide hundreds of Gb/s/km² for 2025 and beyond.
 - A 5G small cells deployment in up to 100 GHz bands (mmWave) with 2 GHz carrier bandwidth can provide several Tb/s/km² for 2030 and beyond.
 - mmWave radio can further provide backhaul to small cells in a mesh configuration with a maximum of two hops.
 - Very large antenna arrays can be used to effectively compensate for the higher path loss at higher frequency bands.
 - For both the cmWave and mmWave deployments, an inter-site distance of 75-100 m can provide full coverage and satisfy the required capacity, depending on the environment.
 - A 5G wide-area solution is needed to provide the required coverage and cell edge data rates for 2030.
 - Dedicated indoor small cell deployments are needed to satisfy indoor capacity requirements beyond 2020.
 - Multi-connectivity between LTE Advanced, cmWave and mmWave boosts cell edge performance significantly and can lower the required density for small cell deployment.
- Octubre/2015. En el documento “5G - a System of Systems”, responde a la cuestión: ‘can the current Evolved Packet Core (EPC)/ System Architecture Evolution (SAE) efficiently support

the services of the 5G era?’ The answer is clearly no. Existing LTE and EPC architecture is not able to support low latency services, for example, especially when they also need full mobility. In addition, the explosion of mobile broadband and massive deployment of for machine-type communication (MTC) - also known as Internet of Things (IoT) - will drive network complexity and related costs. This can endanger a sustainable business. While it may be straightforward to build a separate system for each of these requirements and use cases, the real challenge is to develop 5G as a single system of systems that can meet all these requirements invisibly from the user’s perspective. Therefore, 5G is much more than a new radio system and will require an overhaul in the network to keep complexity and cost manageable. The total cost of ownership is reduced by using resources much more efficiently. Full flexibility and programmability are achieved by the underlying principles of cloud, virtualization - referred to as network function virtualization (NFV) - and software defined networking (SDN).

- Las nuevas funcionalidades de la arquitectura multi-servicio programmable son las que se muestran en la Figura 26.

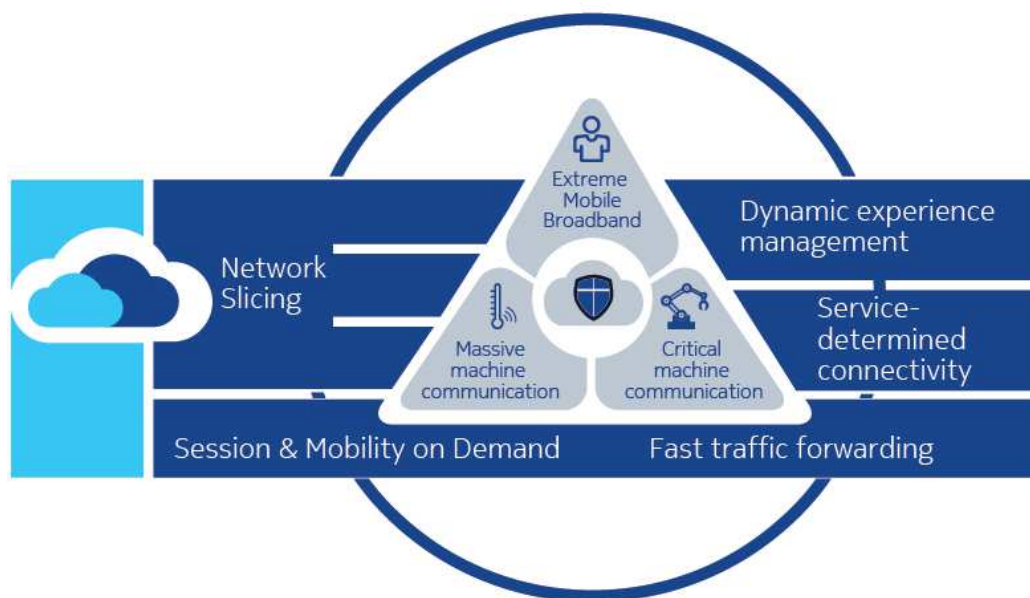


Figura 26. Nuevas funcionalidades de la arquitectura 5G (Nokia)

- Aproximación por fases. Nokia prevé dos fases para desplegar esta arquitectura 5G, ver Figura 27 y su roadmap en la Figura 28.

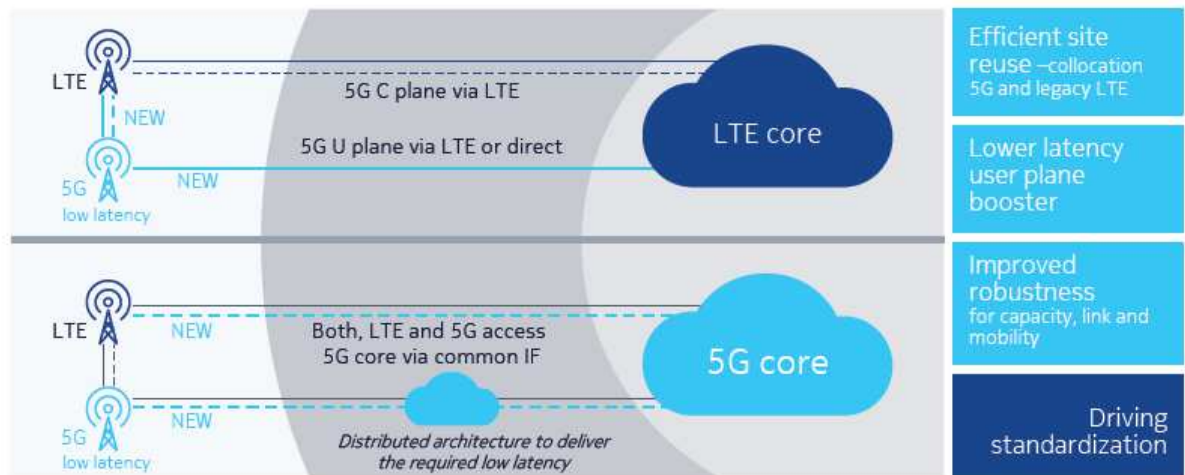


Figura 27. Desarrollo por fases (Nokia)

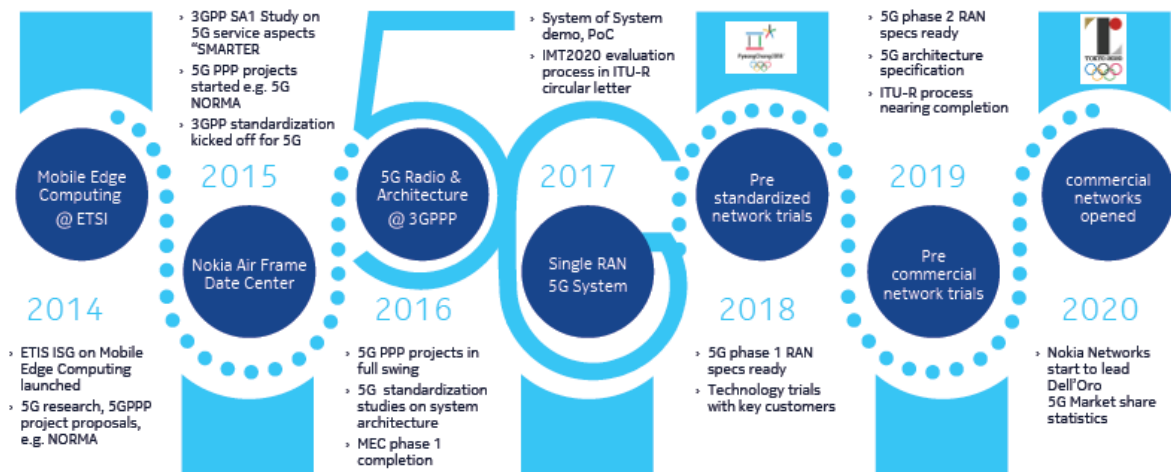


Figura 28. Roadmap hacia un Sistema de Sistemas (Nokia)

- Febrero/2016. En documento "5G masterplan – five keys to create the new Communications era" resume esta transformación hacia esta nueva era, ver Figura 29.

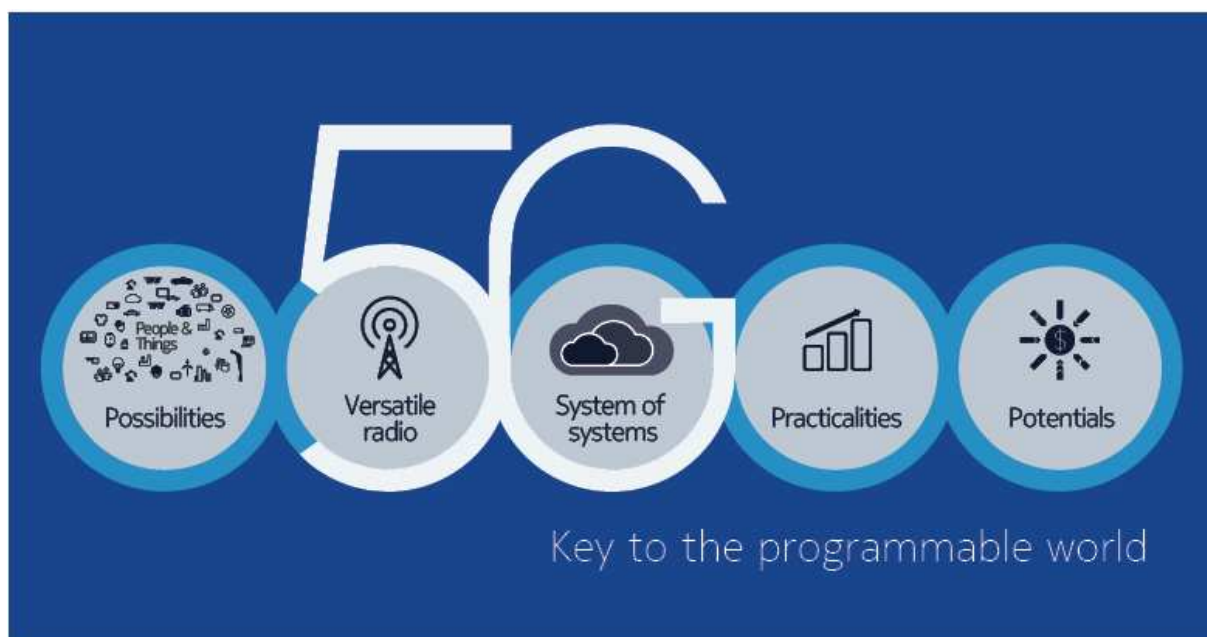


Figura 29. Las 5 claves de la transformación (Nokia)

5 Alcatel-Lucent

Alcatel-Lucent ha estado involucrado en el proyecto Metis y ha publicado diversos documentos. Se pueden destacar:

- Febrero/2015. En documento “Blending Wi-Fi and cellular. Introducing Wireless Unified Networks”¹⁷ apuesta por combinar el Wifi y el celular con el Wifi boost: The Wi-Fi boost enables mobile devices (UEs) to utilize both 3G/4G (W-CDMA/LTE/LTE-U1) and Wi-Fi technologies in combination for an improved end-user experience. Combining cellular and Wi-Fi enables increased capacity, range, peak rates, and provides a more constant end-user experience regardless of proximity to the access point (AP).
- Marzo/2015. En una reciente declaración “AlcaLu sees “technology push” as 5G hype driver; regrets 4.5G moniker”¹⁸, indica que la visión actual de la 5G es tecnológica y está promovida por los institutos y centros de investigación, más que dejar al mercado que tire de ella. También dice que los operadores ven dos caminos para llegar a ella, el primero por la ultra banda ancha móvil y el segundo para conectar máquinas y cosas, IoT, con una infinidad de dispositivos que apenas requieren banda ancha. Acerca de la 4,5G, indica que no es mas que una denominación de lo que va mas allá de LTE-A, después de la Release 12 del 3GPP.
- Marzo/2015. En un reciente documento “5G is coming. Are you prepared?”, Alcatel-Lucent presenta su visión sobre la 5G, de la que dice:

¹⁷ <https://www.alcatel-lucent.com/solutions/wireless-unified-networks>

¹⁸ <http://www.mobileworldlive.com/alcalu-sees-technology-push-5g-hype-driver-regrets-4-5g-moniker>

"With the anticipated growth of Internet of Things (IoT) during the next few years, there will be more users, more devices and a more diverse range of device types than ever before. Additionally, other new services and applications will require reduced latency, improved reliability, longer battery life for devices and more consistent user bit rates. 4G LTE, with all its evolution, will not be enough to handle this new wave of heterogeneous data traffic".

La primera característica de la 5G se podría denominar "Mas de todo" (More of everything), indicando la necesidad de mayor velocidad, mayor número de dispositivos, etc. alineándose con los objetivos de Metis.

Después, analiza el porqué la 4G no es suficiente. Fue diseñada para los teléfonos inteligentes (smart phones) y para mejorar la experiencia de uso de Internet. Y todavía va a evolucionar mucho en los próximos 10 años, con tecnologías tales como,

- LTE radio interface improvements, such as 3D Multiple Input Multiple Output (MIMO) and wider Carrier Aggregation (CA)
- Deployment of LTE carriers in unlicensed and shared spectrum
- Heterogeneous Network (HetNet) improvement with Dual Connectivity (DC) and Coordinated MultiPoint (CoMP)
- Enhanced interworking solutions for Multiple Radio Access Technologies (Multi-RAT), especially between LTE and WLAN
- Improved coverage with in-band support for machine-type devices

Al mismo tiempo, la 4G evolucionará en topologías y tecnologías de plataformas de red tales como,

- Network Function Virtualization (NFV) and Software Defined Network (SDN)
- New forms of interworking based on multi-connectivity solutions such as IP binding and Multipath Transmission Control Protocol (MPTCP)
- Virtualized RAN (vRAN), a concept developed by Alcatel-Lucent introducing a new "local node" hosting centralized baseband processing and RAN optimization features

Entonces, se pregunta ¿No sería suficiente con evolucionar LTE? La respuesta es simple y es que determinados requisitos y desafíos no se cubren con la evolución de LTE. Algunos de ellos son:

- Advanced mission critical services and immersive virtual reality will eventually require extremely low end-to-end service latency of less than 1 millisecond. This will challenge the basis of the LTE framework and the hybrid retransmission approach used to handle error correction which effectively limits latency to approximately 10 milliseconds.
- With wide spread adoption of IoT devices, the RAN will need to handle extreme device connection density, up to 200,000 devices per km². Because LTE is connection-oriented, the signalling overhead will become a major issue as soon as the device density increases. What is required is a connectionless service.
- Desire by mobile operators to offer a more consistent Quality of Experience (QoE) rather than simply promoting raw peak bit rates will push the RAN to support a more flexible optimization for a more uniform delivered bit rate.

- The need to optimize the radio interface to simultaneously meet a wider range of use cases will drive the need for a more adaptable radio and core network solution than LTE/EPC.
- Ongoing traffic growth in high density zones will eventually exceed what can be supported in the spectrum bands in which LTE was designed to operate, leading to a need for new radio access technologies optimized for new spectrum bands above 20 GHz.
- Need to evolve the security infrastructure to handle a significantly large number of attached devices will encourage the adoption of more distributed solutions based on chain of trust using verifiable credentials.

Sobre estos supuestos, la visión de la 5G de Alcatel-Lucent se basa en cuatro características:

- Service driven. Because of the many types of devices connecting to the network and the many uses of mobile broadband, 5G will have many new use cases –each with its own set of requirements. For example the use case, “Massive Internet of Things”, will require connectionless service provision, while a “Mission Critical” use case will require low latency and high reliability services.
- Evolutionary. 5G is expected to start being deployed in 2020. By this time, the penetration of smart phones in developed markets will have stabilized. New connections will mostly be for second and third personal devices along with machines and sensors leading to a rise in short bursty traffic. This rise will burden the LTE network with increased signalling traffic. At this point, ongoing capacity demands in dense urban areas and continued IoT traffic growth will demand higher capacity and a more efficient and cost-effective solution than that offered by any further evolution of the LTE network. As 5G is deployed, operators will also maintain access to their 4G LTE capacity by using carrier aggregation and dual connectivity between 5G and 4G carriers, minimize the need for inter-generational handovers. This represents a paradigm shift in the mobile industry as it will be the first time a new generation will be designed to reuse rather than replace the capacity of the previous generation. La Figura 30 muestra como la 4G evoluciona a la 5G.
- Federated radio access. 5G radio access will be federated. This means that low and high band 5G radio technologies will be combined with existing LTE and WLAN capacity using carrier aggregation and dual connectivity. Tabla 1 shows how 5G low and high band carriers deployed across macro and small cells can be combined with LTE and WLAN to offer a federated access solution.

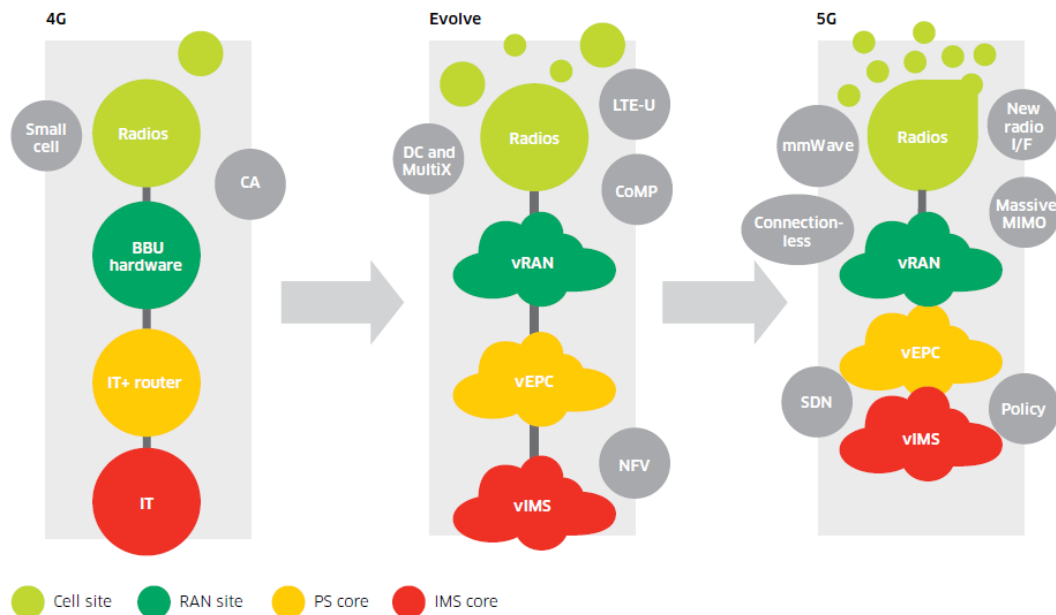


Figura 30. Evolución de la 4G a la 5G (Alcatel-Lucent)

CARRIER	DEPLOYMENT	5G USERS	4G USERS
5G in bands under 6 GHz	Macro and small cell	Coverage Connectionless service Low latency service Wide-area capacity	—
5G in bands above 20 GHz	Small cell	Local area capacity Extreme low latency	—
LTE in bands under 6 GHz	Macro and small cell	Wide-area capacity	Coverage Capacity
WLAN	Small cell	Local area capacity	Local area capacity

Tabla 1. Solución de accesos federados (Alcatel-Lucent)

On the macro layer, low band 5G and 4G carriers will be used together. 5G devices will use a 5G carrier as their primary and connectionless service bearer and any other 5G or 4G carriers as secondary resources for connection-oriented service. Legacy 4G devices will continue to use LTE carriers.

On the small cell layer, a mixture of low and high band 5G carriers, 4G carriers and WLAN will be used together. 5G devices will use a low band carrier from either a macro cell, if available, or small cell for primary and connectionless service bearer and any other available low and high band 5G or 4G carriers and WLAN as secondary resources for connection-oriented service. Figura 31 shows how 5G low and high band carriers deployed across macro and small cells can be combined with LTE and WLAN to offer a federated access solution.

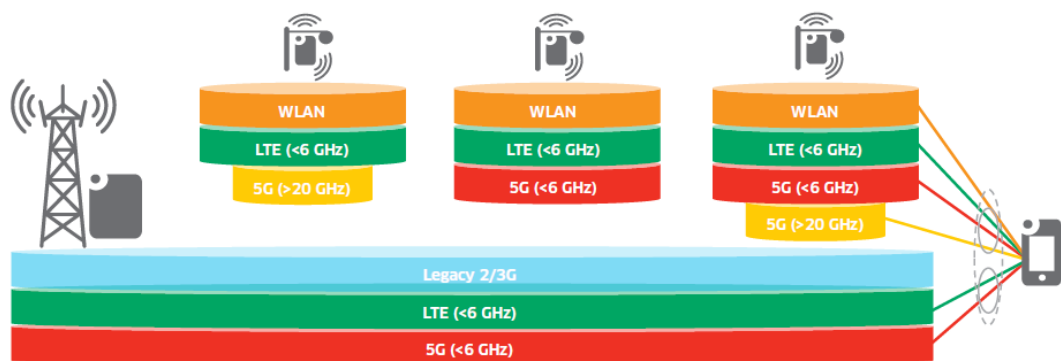


Figura 31. Acceso federado utilizando bandas y generaciones (Alcatel-Lucent)

- Programmable policy-based networking. In order to provide the flexibility to program the network to support the range of required 5G use cases, the 5G network requires a tighter coupling of wireless control, networking control and policy-based service management. This will be accomplished by using NFV and SDN to enable the 4G packet core, mobility controller (MME) and policy management functions (e.g. Policy and Charging Rules Function (PCRF) and Access Network Discovery and Selection Function (ANDSF)) to evolve into a truly flexible and configurable solution. Such a solution will allow operators to rapidly deploy innovative services and network solutions that are optimized to specific 5G use cases, environments, device types and end user needs. Figura 32.

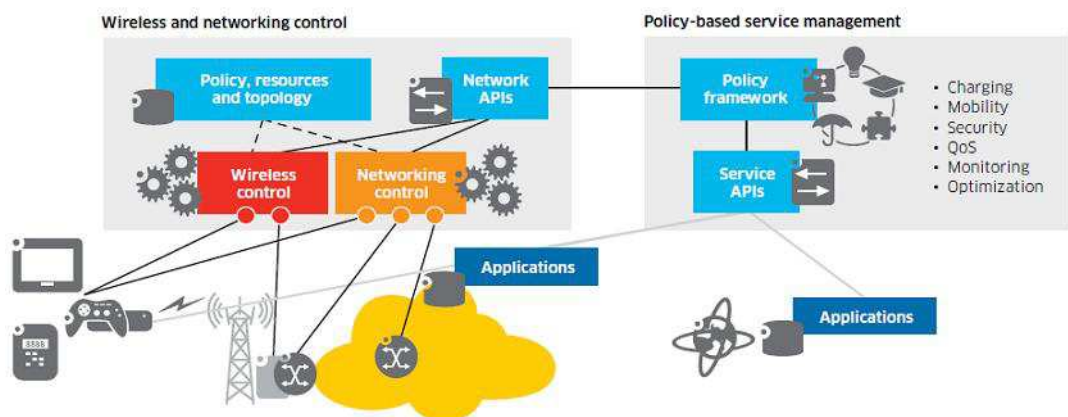


Figura 32. Marco de programación de políticas de redes (Alcatel-Lucent)

En cuanto al roadmap de estándares, propone el de la Tabla 2.

YEAR	ITU-R	3GPP	MNOS
2015	IMT-2020 vision WRC-15	Requirements	Requirements (NGMN)
2016		Requirements Study items (Rel-14)	
2017	Call for radio technologies	Architecture evolution Radio technology selection	
2018	Start of evaluation process	Stage 2 (Rel-15) ITU-R submission	Technology trials
2019	WRC-19	Stage 3 (Rel-15)	Limited customer trials (Korea)
2020	IMT-2020 recommendations	5G enhancements (Rel-16)	Start of commercial service (Japan, Korea)
2021			Wider deployment (USA, Europe)
2022			mmWave carriers on small cells

Tabla 2. Desarrollo de estándares para la 5G (Alcatel-Lucent)

Finalmente, indica que la 5G no es un destino, sino un viaje.

- Mayo/2015. En documento de Bell Labs con Arthur D Little “Reshaping the future with NFV and SDN”¹⁹ se resalta la importancia de la virtualización de red NFV y de la red definida por software SDN al objeto de construir la arquitectura de futuro. Se destaca:
 - La participación de operadores y organismos de estandarización en el desarrollo de NFV y SDN, ver Figura 33.

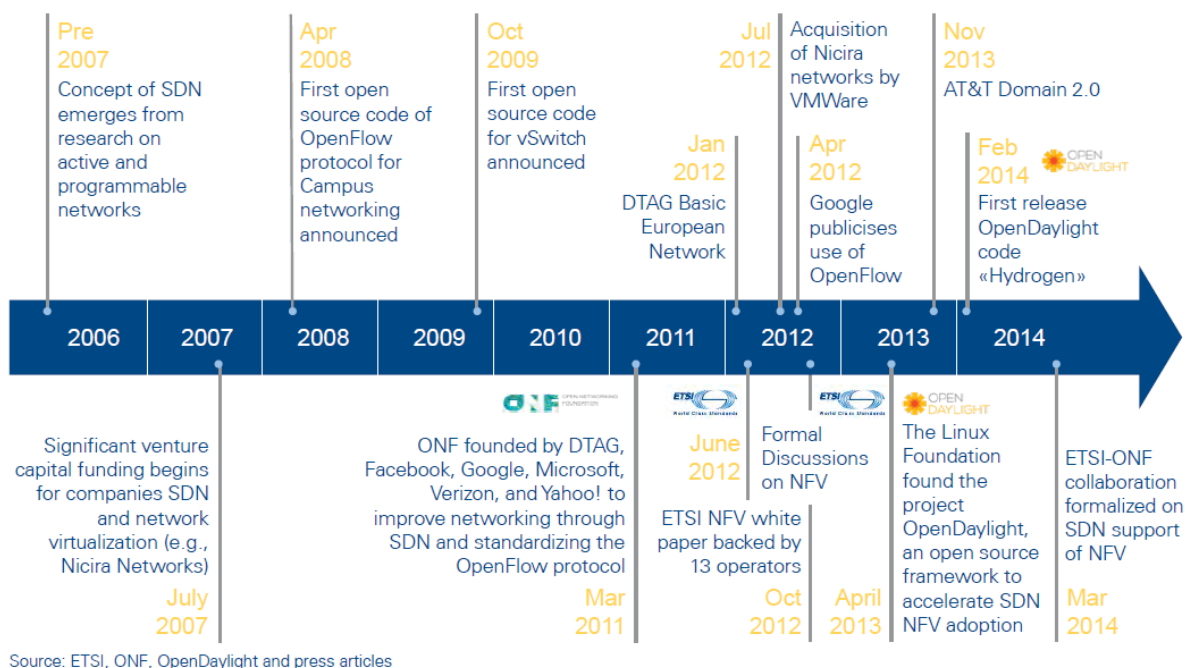


Figura 33. Participación en el desarrollo de NFV y SDN (Alcatel-Lucent)

¹⁹ http://www.adlittle.com/downloads/tx_adlreports/ADL_BellLabs_2015_Reshapingthefuture.pdf

- La arquitectura de red de un operador con NFV y SDN, ver Figura 34.

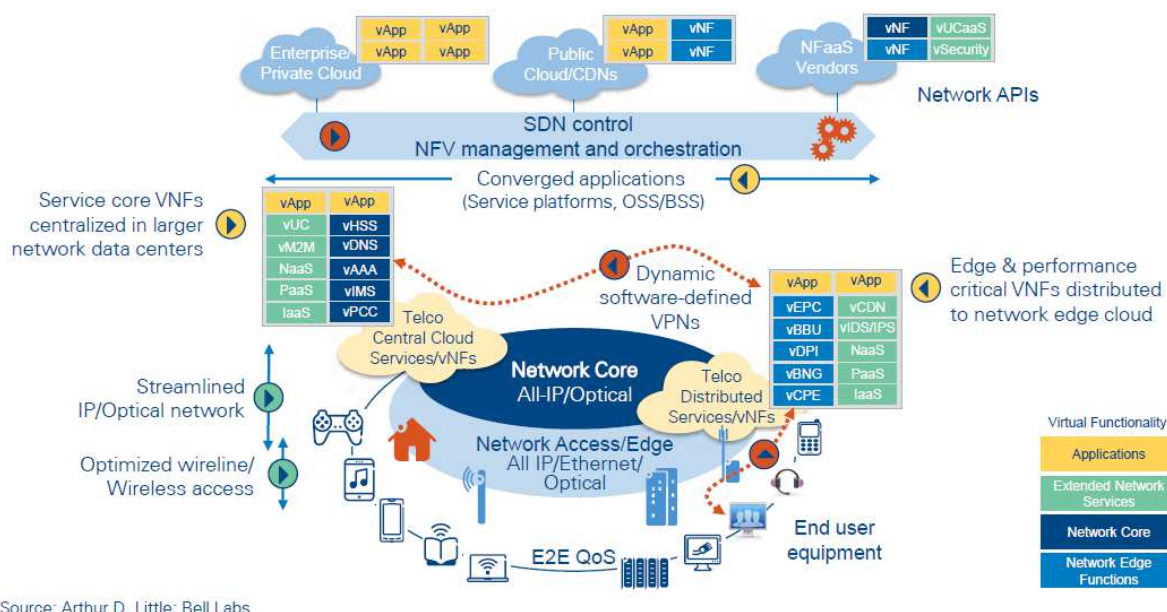


Figura 34. Arquitectura de red con NFV y SDN (Alcatel-Lucent)

- En noticia de Junio/2015 se indica que Alcatel-Lucent y KT suministrarán redes móviles 5G del futuro. Esta colaboración tecnológica avanza en el desarrollo del 5G en Corea del Sur con pruebas iniciales centradas en redes RAN virtualizadas.

6 ZTE

ZTE también tiene publicado documentos y noticias acerca de su visión sobre la 5G. Estas son:

- Febrero/2014. En documento "5G Driving the convergence on the physical and digital worlds"²⁰, ZTE indica varias claves para el desarrollo de la 5G. En concreto:

Tres dimensiones van a dirigir su desarrollo: Mas espectro, mas eficiencia y mas emplazamientos, ver Figura 35. Y dentro de ellas, uno de los mas importantes será el Acceso radio en la Nube, ver Figura 36.

- Junio/2014. En noticia sobre "ZTE pushes for "dynamic" 5G architecture"²¹, ZTE propone una nueva arquitectura de acceso basada en un mesh dinámico y un backhaul IP. Porque dice que en 5G habrá muchos tipos de estaciones base, que necesitan una coordinación horizontal mayor que la que se utiliza en 4G, y por ello se requiere una red mesh dinámica de estaciones base.

²⁰ <http://www.zte.com.cn/en/products/bearer/201402/P020140221415329571322.pdf>

²¹ <http://www.mobileworldlive.com/zte-pushes-dynamic-5g-architecture>

- Febrero/2015. En entrevista "Q&A: ZTE's Chief Scientist on What to Expect From 5G Networks"²² se indica que de la 5G se espera: una mayor capacidad y el desarrollo de los dispositivos vestibles (wearables).

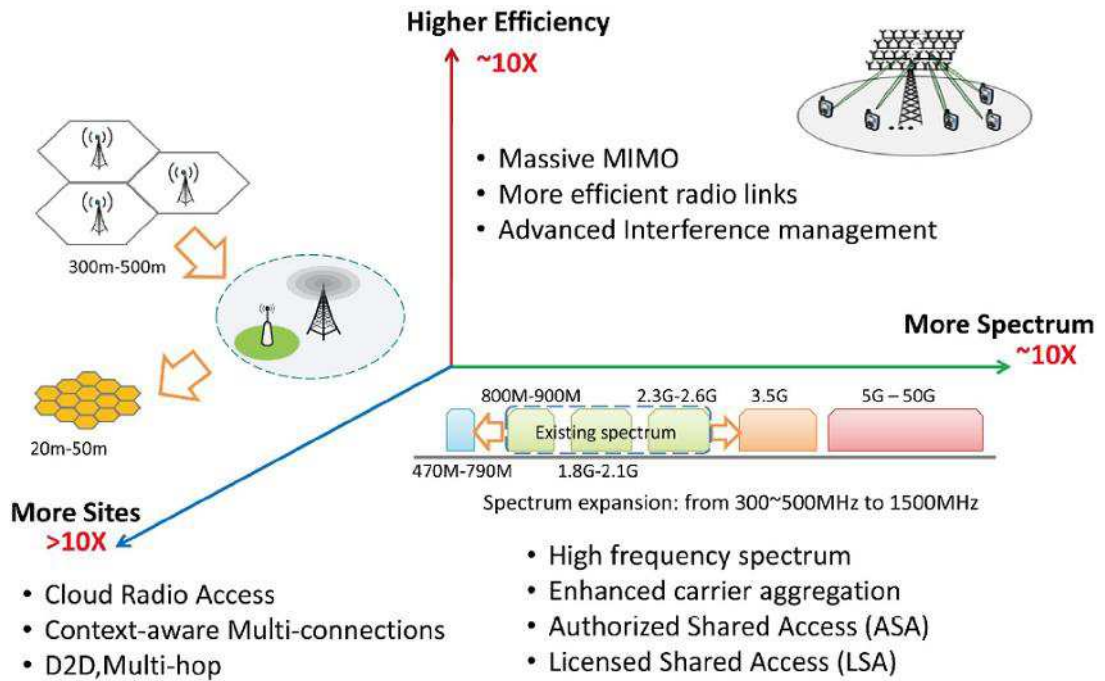


Figura 35. Dimensiones de la 5G (ZTE)

²² <http://blogs.wsj.com/digits/2015/02/16/0216zteinterview/>

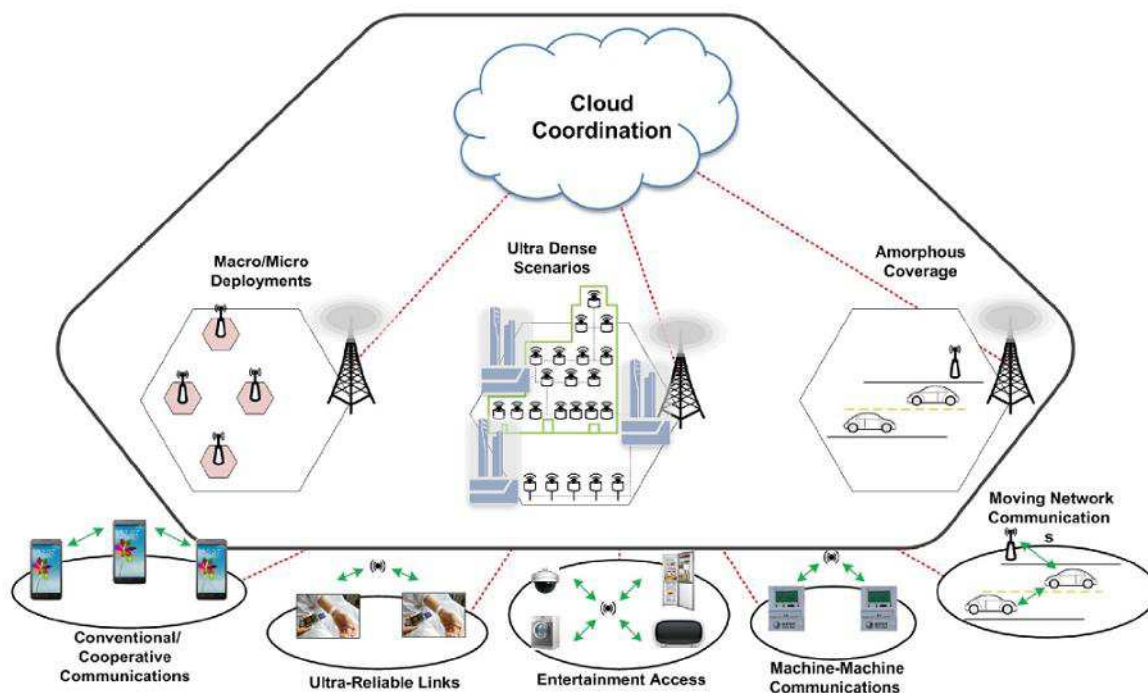


Figura 36. Acceso radio en la Nube (ZTE)

- Marzo/2015. La revista ZTE Communications dedica un número especial a “5G Wireless: Technology, Standard and Practice”²³, donde incluye seis artículos en dos grupos, el primero de tres sobre aspectos generales y el otro de tres sobre nuevos algoritmos y análisis teóricos relacionados con la 5G.

7 Samsung

Samsung, como nuevo fabricante de redes móviles, también está inmerso en desarrollar su propia visión de la 5G. Así, ha publicado las siguientes noticias y documentos:

- Octubre/2014. En la noticia “Samsung stakes claim on 5G speed record”²⁴ ha alcanzado una velocidad de descarga en fijo y móvil (100 km/h) de 7,5 Gbps y 1,2 Gbps, respectivamente, en la banda de 28GHz.
- Febrero/2015. En la noticia “Samsung Demonstrates a Trio of 5G Technology Candidates at MWC 2015”²⁵, donde se identifican tres tecnologías para la 5G:
 - mmWave Wireless Backhaul en 60 GHz

²³ <http://www.en.zte.com.cn/endata/magazine/ztecommunications/2015/1/>

²⁴ <http://www.mobileworldlive.com/samsung-boasts-5g-speed-record>

²⁵ <http://www.samsung.com/global/business/networks/insights/news/samsung-demonstrates-a-trio-of-5g-technology-candidates-at-mwc-2015>

- Full Dimension Multiple Input Multiple Output (FD-MIMO)
- mmWave Mobile Radio Access
- Febrero/2015. Documento “5G Visión”²⁶ del dpto de I+D sobre su visión de la 5G, sobre el que se puede resaltar lo siguiente:
 - Comienzo de una nueva era en relación a los dispositivos conectados y velocidades de transmisión.
 - En cuanto a servicios y aplicaciones, ver Figura 37, Internet de las cosas IoT se desarrollará con la 5G, con sus aplicaciones de Smart Home, Fitness & Healthcare, Smart Store, Smart Office, Connected Car. También Immersive Multimedia Experience con videos en UHD. Todo en la nube. Y aplicaciones de control remoto de máquinas.



Figura 37. Nuevos servicios y aplicaciones (Samsung)

- En cuanto a requisitos, propone 7 indicadores KPI para distinguir la 5G de la 4G, ver Figura 38.

²⁶ <http://www.samsung.com/global/business-images/insights/2015/Samsung-5G-Vision-0.pdf>

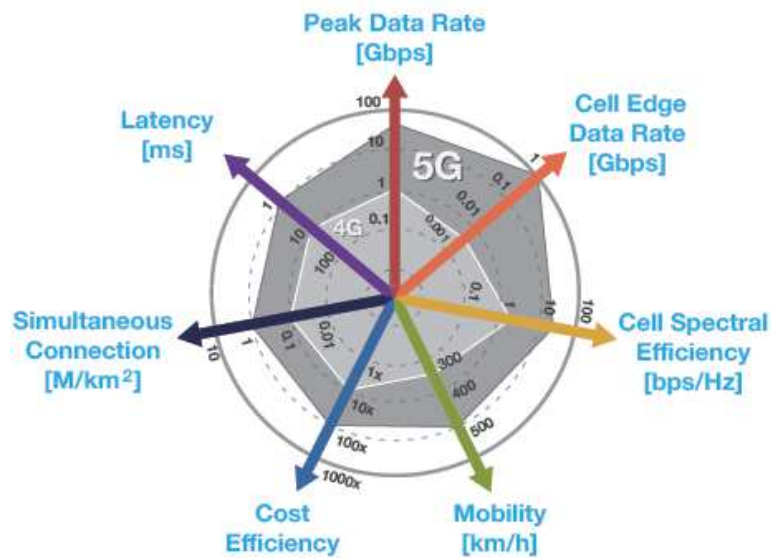


Figura 38. Indicadores de la 5G (Samsung)

- En cuanto a tecnologías habilitadoras para facilitar la consecución de estos KPI, propone las de la Figura 39.

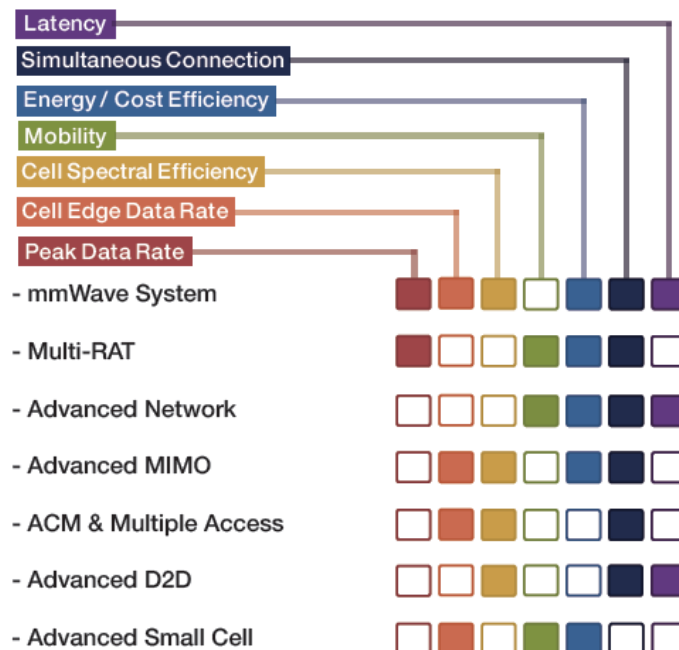


Figura 39. Tecnologías habilitadoras (Samsung)

- En cuanto a los escenarios de despliegue (ver Figura 40): Despliegue superpuesto (overlaid) con la 4G, primero en frecuencias altas (banda de 5 GHz no licenciada y bandas >6 GHz).

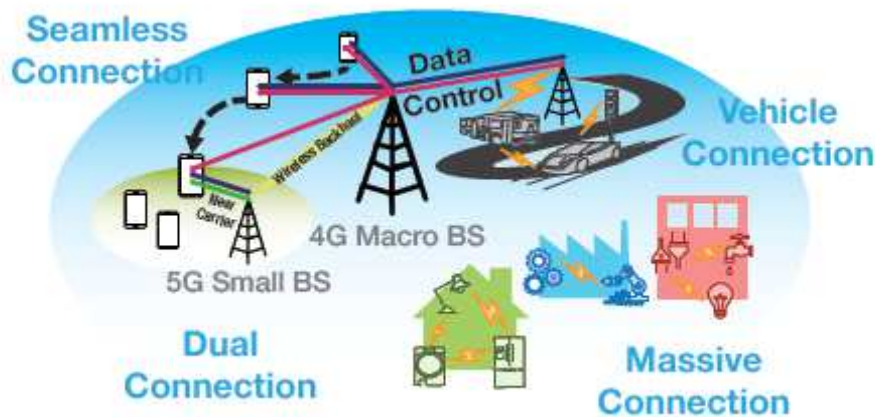


Figura 40. Escenarios de despliegue (Samsung)

- Finalmente y en cuanto a desarrollo de estándares (ver Figura 41), propone una actividad paralela ITU-R y 3GPP, relacionadas con las CMR15 y CMR19.

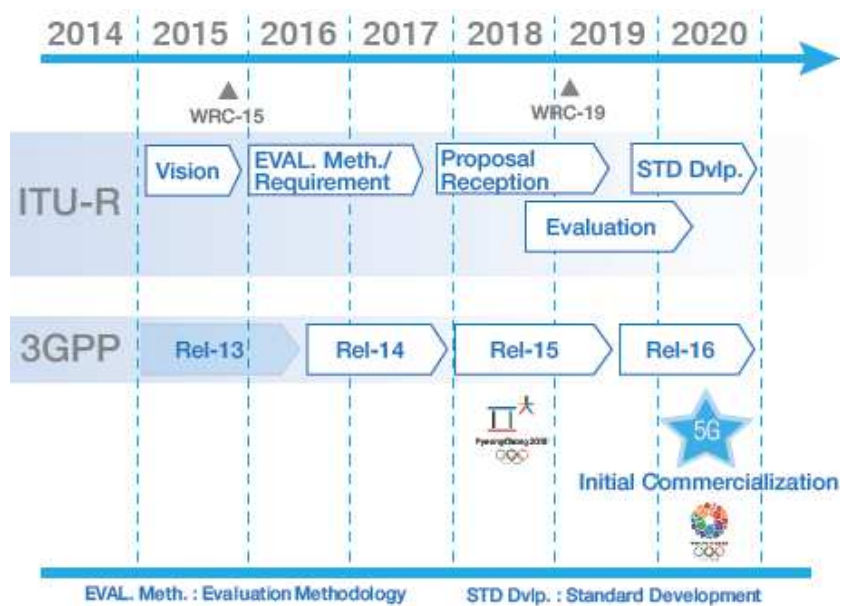


Figura 41. Desarrollo de estándares (Samsung)

8 Qualcomm

Qualcomm ha publicado tres documentos acerca de su visión sobre la 5G.

- Noviembre/2014. En documento "Qualcomm's 5G vision"²⁷ indica lo siguiente:

²⁷ <https://www.qualcomm.com/invention/technologies/5g>

- Que la 5G debe ser un ecosistema apropiado para facilitar nuevos servicios, para empoderar nuevas experiencias de usuario y para conectar nuevas industrias y dispositivos. Para lo que son necesarios los requisitos de: escalabilidad y adaptabilidad para conectar cualquier cosa con extremas diferencias en sus requisitos, diseño centrado en el usuario y disponer de plataformas unificadas.
- Y una conectividad simultánea 4G/5G/Wifi, ver Figura 42.

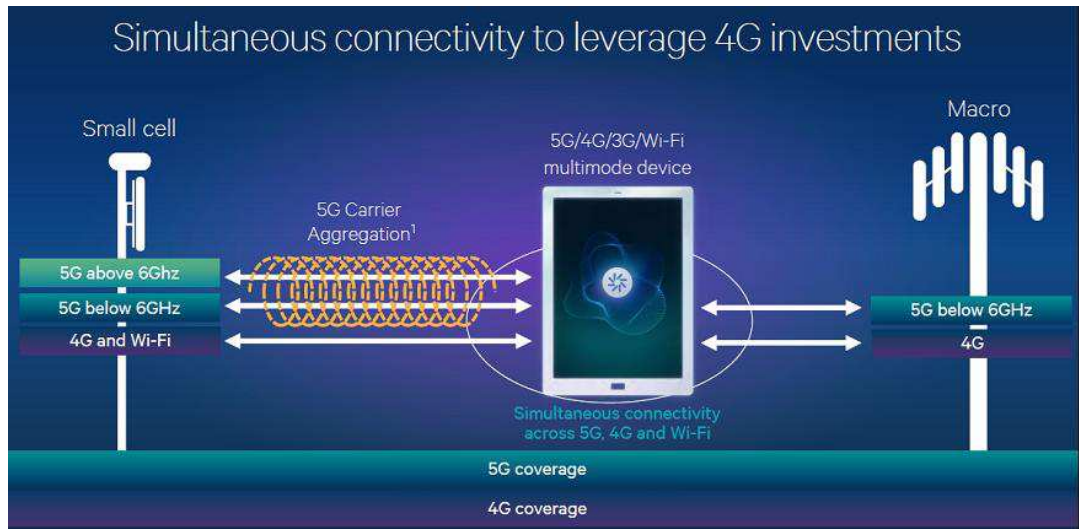


Figura 42. Conectividad simultánea (Qualcomm)

- Noviembre/2015. En documento "Building a unified 5G platform"²⁸ indica que,
 - Se necesita una plataforma unificada para conectarlo "todo", y que debe ser escalable para tener en cuenta requisitos extremos, ver Figura 43.
 - En paralelo, deben evolucionar los estándares actuales, pasando por LTE Advanced Pro.
 - Esta plataforma también requiere un diseño de sistema end to end flexible, aprovechándose de la multiconectividad de las redes actuales (ver Figura 44), simplificando los despliegues (ver Figura 45) y expandiendo la multiconectividad a repetidores y dispositivos (ver Figura 46).

²⁸ <https://www.qualcomm.com/invention/technologies/5g/platform>

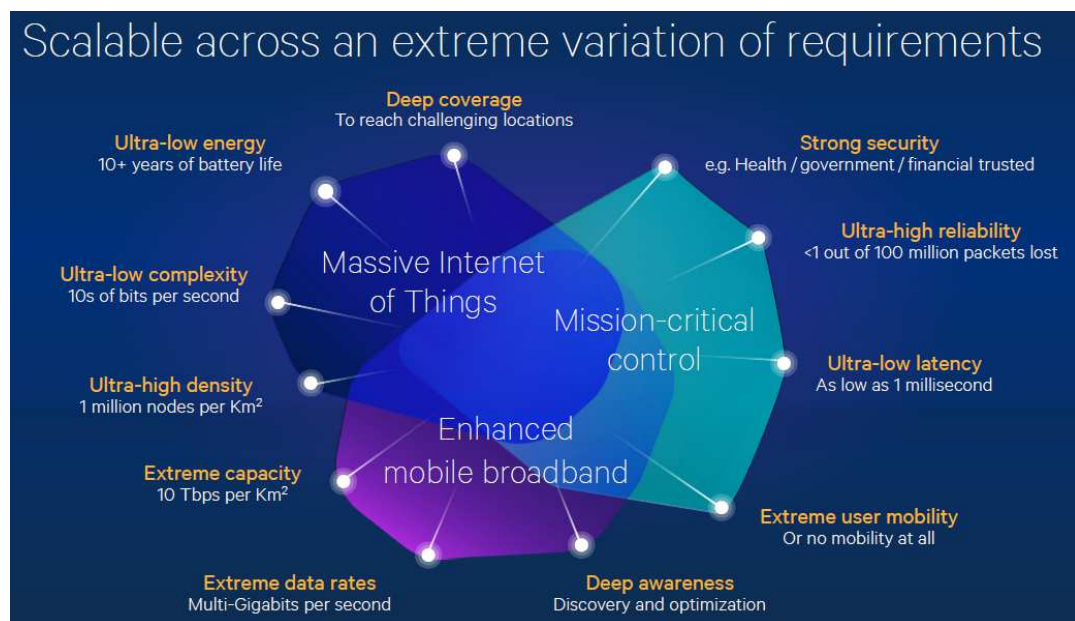


Figura 43. Plataforma escalable (Qualcomm)

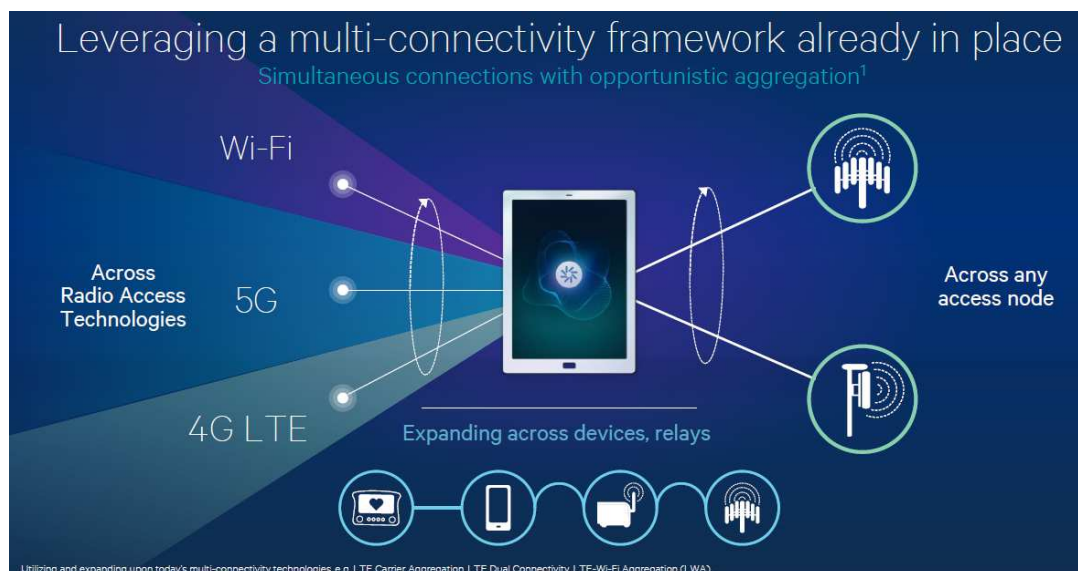


Figura 44. Multiconectividad actual (Qualcomm)

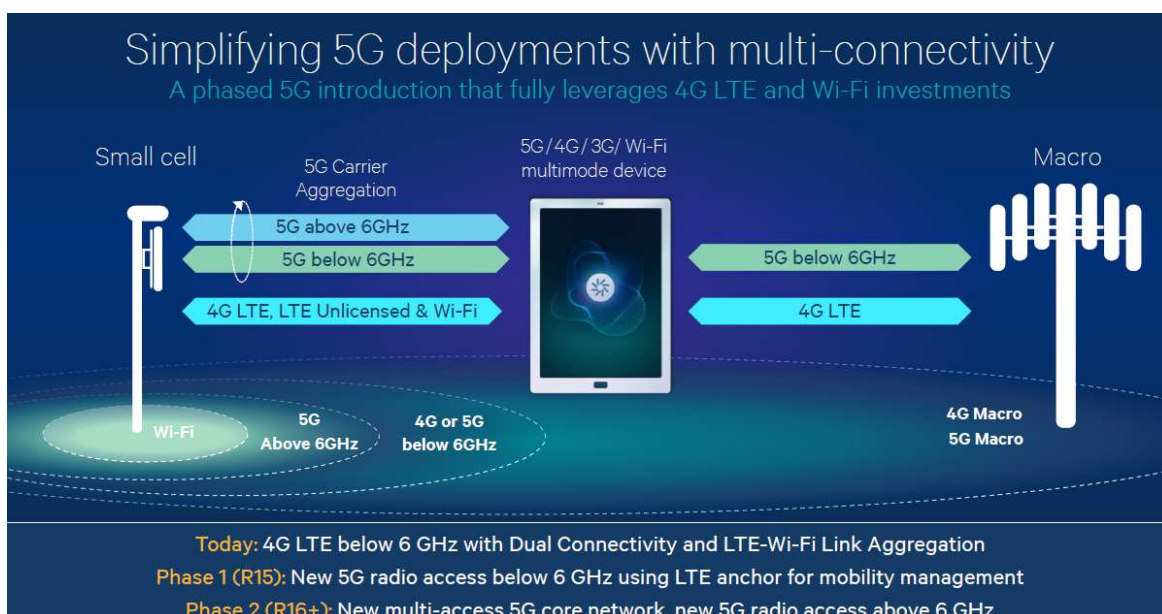


Figura 45. Simplificando los despliegues (Qualcomm)

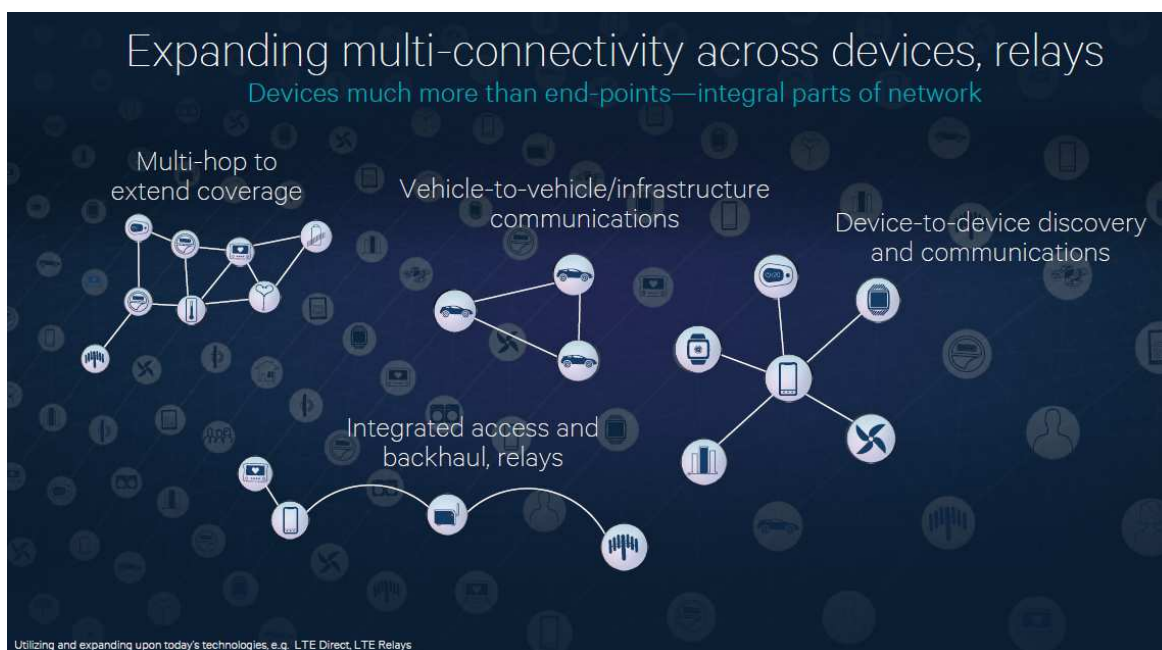


Figura 46. Expandiendo la multiconectividad (Qualcomm)

- Noviembre/2015. En documento "The 5G Unified Air Interface"²⁹ indica que debe ser escalable para requisitos extremos, optimizando los esquemas de modulación y acceso múltiple para diferentes casos de uso, con un marco flexible de multiplexación de servicios y avanzadas tecnologías de radio. En concreto:

²⁹ <https://www.qualcomm.com/news/onq/2015/11/11/designing-5g-unified-air-interface>

- Esquemas de modulación y acceso múltiple. La familia de modulaciones OFDM es la mas adecuada para satisfacer los requisitos de la 5G. Además, permite mejoras. Se están considerando múltiples soluciones, pero según Qualcomm la más óptima es la CP-OFDM y la SC-OFDM. También se están considerando múltiples esquemas de acceso múltiple para diferentes casos de uso, pero según Qualcomm la solución óptima de modulación y acceso múltiple se muestra en la Figura 47.

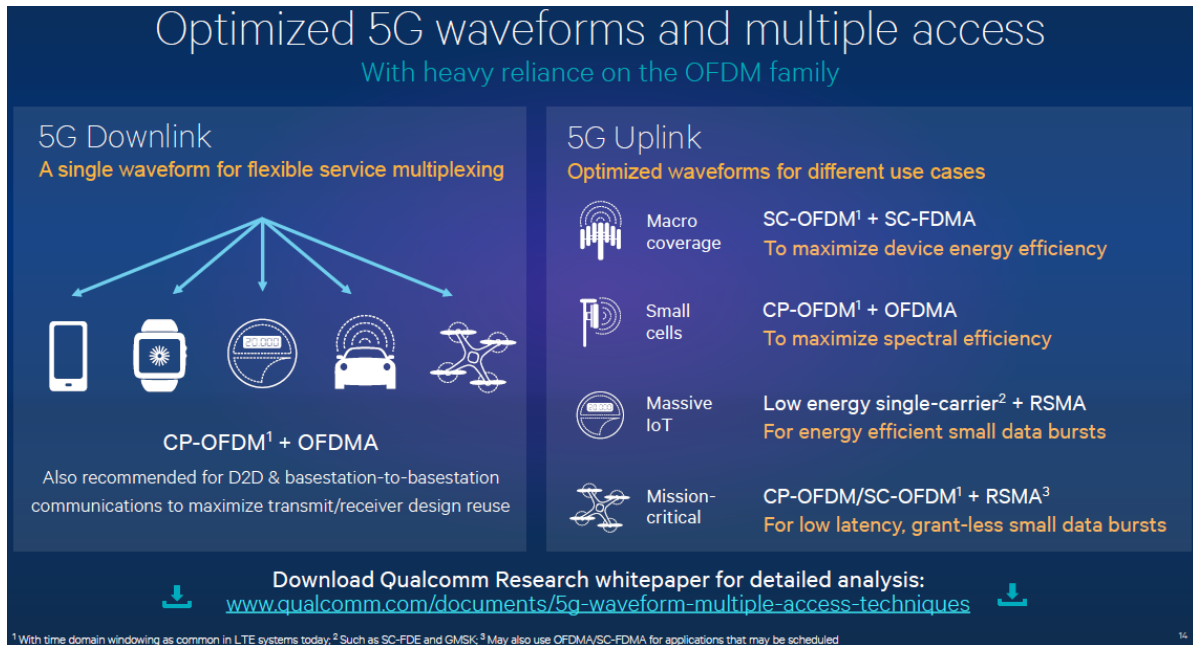


Figura 47. Solución óptima de modulación y acceso múltiple.

- Marco flexible de multiplexado de servicios. Unificando los diseños entre tipos de licencia de espectro y bandas de frecuencias. Combinando banda ancha y estrecha, tipo de licencia y duplexación (TDD o FDD). Para acomodar cualquier multiplexado de servicios actuales y futuros (ver Figura 48).

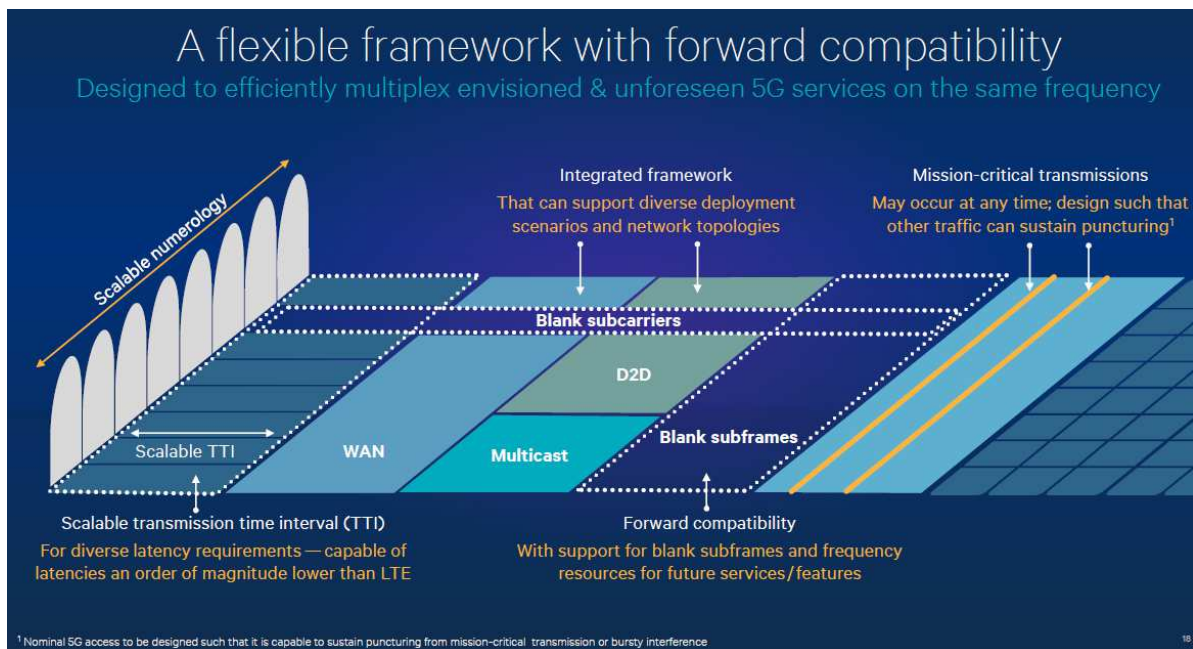


Figura 48. Multiplado de servicios (Qualcomm)

- Incorporación nativa de tecnologías avanzadas de radio. Incorporando MIMO masivo a 4GHz se pueden reutilizar los emplazamientos existentes. Incorporando bandas milimétricas (>6 GHz) para banda ancha. Y haciendo el mejor uso del espectro asignado (ver Figura 49)

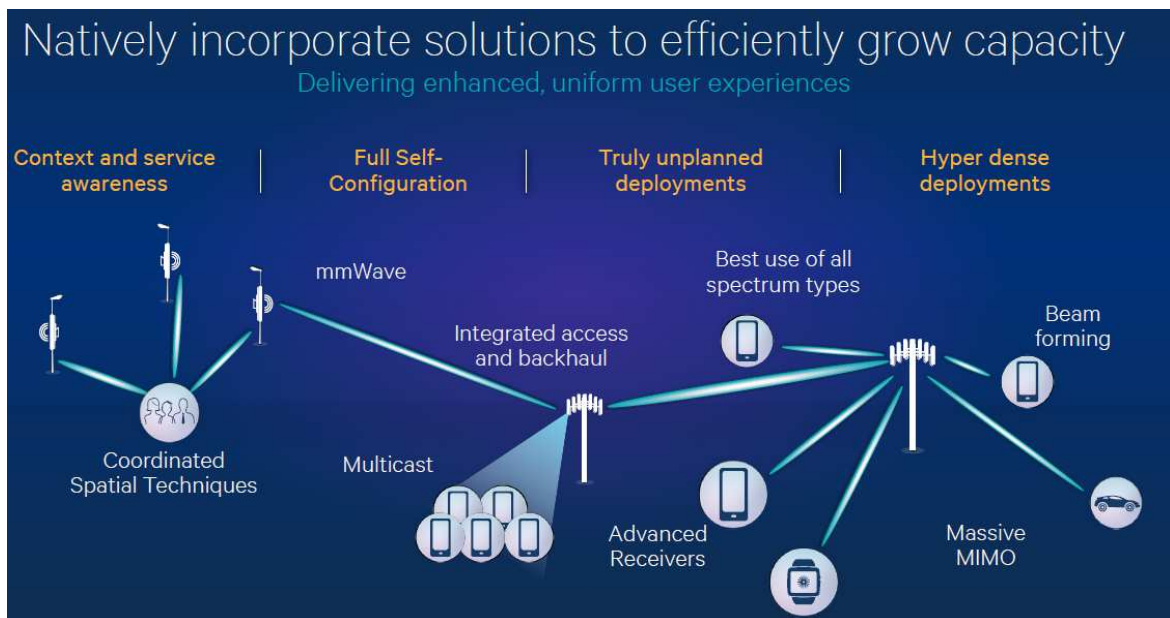


Figura 49. Incorporando soluciones nativas (Qualcomm)

9 Intel

Intel introduce su propia visión de la 5G en el documento “5g: a network transformation imperative”³⁰, donde señala los aspectos siguientes:

- Una total coincidencia en los parámetros, habilitadores, casos de uso y servicios con Metis, GSMA y organismos de normalización.
- También, que las redes 5G estarán definidas por software, utilizando SDN y NFV.
- Que se puede acelerar esta transformación de red utilizando la filosofía de sistemas abiertos.
- Y que Intel está colaborando con NTT Docomo, con SK Telecom y con Verizon en diversos aspectos de la 5G.

10 Global mobile Suppliers Association, GSA

Por su parte, la GSA (<http://gsacom.com/>), asociación que agrupa a los principales fabricantes de infraestructura, ha publicado algunos documentos de consenso entre sus asociados, sobre lo que debería ser la 5G. Se pueden destacar dos documentos:

- Noviembre/2015. Documento “5G: CONSENSUS INSIGHTS FROM GSA EXECUTIVE MEMBERS”³¹, donde los miembros de la GSA han expresado su opinión acerca de los factores (drivers) que definen la 5GM y que se muestra en la Figura 50. Pero su definición es todavía difícil, ver Figura 51.

³⁰ <http://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/white-papers/5g-a-network-transformation-imperative.pdf>

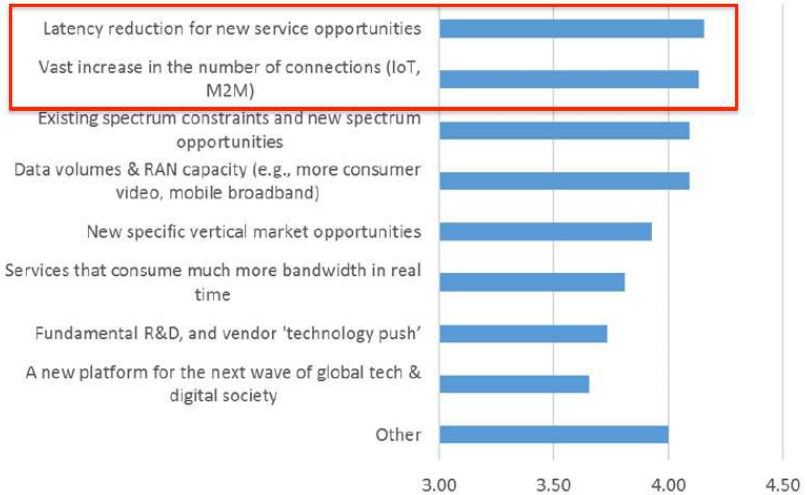
³¹ <http://es.slideshare.net/GSAslideshare/5g-consensus-insights-from-gsa-executive-members-gsa-november-4-2015>

LOW LATENCY AND IoT WILL BE IMPORTANT



Rate the following drivers of 5G development (5 = extremely important)

- Latency and number of connections top the list 5G of drivers ...
- ... but finding spectrum and providing for enhance mobile broadband are not far behind



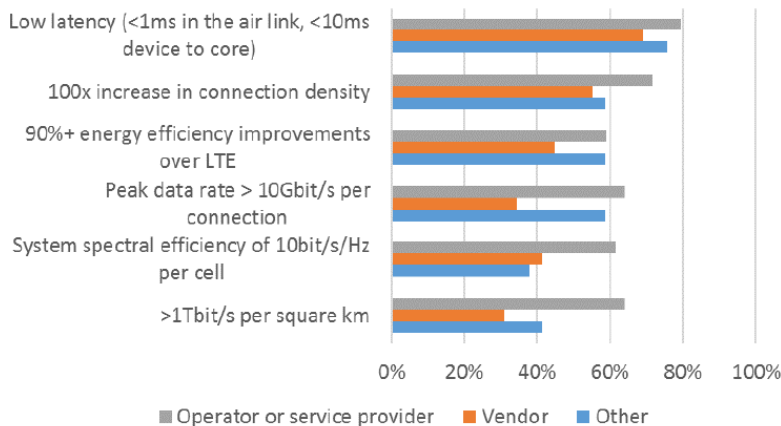
© 2015 Global mobile Suppliers Association

Figura 50. Importancia de los factores que definen la 5G (GSA)

DEFINING 5G IS DIFFICULT



"Which of the following you would regard as essential before a network should be considered to be a 5G network. Choose all that apply."



© 2015 Global mobile Suppliers Association

- Many in the industry think 5G will achieve more ambitious values for latency, energy and perhaps other parameters

Figura 51. Definición de la 5G (GSA)

- Noviembre/2015. Documento “The Road to 5G: Drivers, Applications, Requirements and Technical Development”³², que recoge las visiones de Ericsson, Huawei y Qualcomm y que ya han sido presentadas en los apartados correspondientes.

11 Fabricantes de terminales

La única noticia sobre fabricantes de terminales se refiere a Apple, y es que en se ha sumado al consorcio NGMN³³ para contribuir a los requisitos e2e.

12 Conclusiones de la Industria

Se incluye en este apartado lo que podría denominarse una visión común de la Industria acerca de la 5G, en base a diferentes aspectos (de mercado, tecnológicos, etc.) que se han ido presentando a lo largo del documento.

1. Lema/reclamo. En la 2G el lema era la Voz digital y el ámbito paneuropeo (CEPT/ETSI). En la 3G el lema eran los Datos y el ámbito era universal (ITU-R y 3GPP). En la 4G el lema es Multimedia y los Smart Phones. En la 5G aparecen lemas como Sociedad Conectada, Sociedad Digital, Mundo Digital, etc. para “conectar todo, no solo a las personas, sino también a lo que rodea y utilizan las personas”; y que se reflejan en la Figura 1y Figura 8.
2. Casos de uso. Aparecen nuevos casos de uso, como las máquinas, los objetos, los vehículos, los servicios de misión crítica, etc. y que se reflejan en la Figura 5, Figura 7 y Figura 37.
3. Requisitos. La variedad de usos actuales y nuevos implican también unos requisitos también muy variables, difíciles de definir, Figura 51; pero que ya están perfectamente consolidados en el proyecto Metis y que se reflejan en la Figura 3, Figura 14, Figura 22, Figura 35, Figura 38 y Figura 50. Estos usos requieren nuevos tipos de comunicaciones, como con los objetos y máquinas, Figura 13, y unas claves de transformación, Figura 29.
4. Arquitecturas. Para estos requisitos, la arquitectura de red debe evolucionar pasando del modelo “one-size-fits-all” a un modelo “one-model-per-use case”, utilizando rodajas de red, Figura 6 y Figura 9; aumentando la seguridad, Figura 10; la facilidad de gestión, Figura 11; con nuevas funcionalidades, Figura 26; un desarrollo por fases, Figura 27 y Figura 28; configurando una red multicapas con redes de acceso federadas , Figura 25 y Figura 31; evolucionando la arquitectura LTE, Figura 30; programando políticas de redes, Figura 32 y construyendo una plataforma escalable, Figura 43.
5. Tecnologías. Parece claro que la 5G será un compendio de tecnologías existentes y nuevas, Figura 21.
 - Núcleo de red. Con tecnologías evolucionadas de plataformas de red tales como: Network Function Virtualization (NFV) y Software Defined Network (SDN), Figura 33 y Figura 34.
 - Acceso radio. Con nuevas bandas de frecuencias, Figura 12, Figura 15, Figura 18 y Figura 23; nuevos escenarios de despliegue, Figura 2, Tabla 1, Figura 19, Figura 36, ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia., Figura 40 y Figura 45; nuevos

³² http://www.huawei.com/minisite/5g/img/GSA_the_Road_to_5G.pdf

³³ <http://www.fiercewireless.com/tech/story/apple-jumps-5g-development-ngmn/2014-09-28>

requisitos y soluciones, Figura 20, Figura 24, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, Figura 39, Figura 47, Figura 48 y Figura 49; y una conectividad simultánea, Figura 42, Figura 44 y Figura 46.

6. Plazo de desarrollo e implantación. La Industria considera la 5G como un estándar global, Figura 4; y sitúa su desarrollo en el ITU-R y 3GPP a partir de 2015/2015 en la WRC15 y Release 14, respectivamente, para iniciar su comercialización en 2020, Figura 16, Tabla 2 y Figura 41.