

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/303962862>

# El camino hacia la tecnología 5G

Article · January 2016

CITATIONS

0

READS

1,387

2 authors:



[Oscar Salamanca](#)

Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín, URBE

3 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE



[Jackson González](#)

Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín, URBE

2 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE



## EL CAMINO HACIA LA TECNOLOGÍA 5G

(The road towards to 5G technology)

Recibido: 09/07/2015 Aprobado: 28/01/2016

**González, Jackson**

Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín, URBE, Venezuela

[jakson2003@gmail.com](mailto:jakson2003@gmail.com)

**Salamanca, Oscar**

Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín, URBE, Venezuela

[osalamanca@gmail.com](mailto:osalamanca@gmail.com)

### RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito evaluar los componentes claves en el desarrollo, desde años recientes hasta la actualidad y con vista a la mitad de la década venidera en cuanto a todo aquello que se prevé, traerá consigo significantes avances que apoyarán la vía a la implantación integral y definitiva para el año 2020 como es la tecnología de quinta generación de las redes móviles. A su vez, luego de citar una introducción informativa, se encontrarán bases teóricas que dan lugar al lector para un entendimiento de los términos claves y las tecnologías de fondo que las involucran. Se aplicaron técnicas de investigación de fuentes provenientes de organismos que representan una autoridad reconocida por muchos entes y operadores que ven a futuro la manera de implementar en base de sus propias características en el mercado donde funcionan. Además, debido a la naturaleza de este tipo de investigación, se basa en pronosticar a cuenta de las opiniones de diversos autores, cuyos aportes suelen estar fundamentadas en las ventajas inminentes que se asoman en el mundo de las telecomunicaciones móviles de uso denso, masivo y de alto rendimiento, y todas sus repercusiones en los diferentes entrelazados de los ámbitos de nuestras sociedades, que a medida que transcurren las generaciones parecen ser mucho más dependientes de los mismos.

**Palabras claves:** telecomunicaciones, celular, rendimiento, quinta generación, redes.

### ABSTRACT

The present investigation has as an objective to assess the key components in the development from recent years, to the present and overlooking half of the next decade in terms of all that is anticipated that will bring significant advances to support the way for a comprehensive implementation at the year 2020 the fifth-generation technology of mobile networks. In turn, after citing an informative introduction, it is presented several theoretical foundations that lead the reader to an understanding of the key terms and technologies that will be involved in a thorough understanding of the topic. Investigation techniques from authorities recognized as relevant by many, see how to implement it in the future based on

their own characteristics in the market where they work is applied. It is because of the nature of this type of research, based on forecast to account the views of various authors, whose contributions are often based on the impending advantages that look at the world of mobile telecommunications as a dense, with massive use and high performance, and all its implications in different linked areas of our societies with each passing generations seem to be much more dependent on them.

**Keywords:** telecommunications, mobile, performance, fifth-generation networks.

## INTRODUCCIÓN

Desde inicios de la existencia de las comunicaciones en el mundo, han venido cambiando de acuerdo a las necesidades de las generaciones de la población, conllevando a nuevas formas de evolución de las telecomunicaciones que generan cambios en los actuales paradigmas. Por consiguiente, se desarrollan paralelamente innovaciones tanto del hardware como del software de los componentes que intervienen en este tipo de tecnologías.

En este sentido, es imperativo conocer que a lo largo de los años estos grandes cambios en la plataforma de comunicación incrementarán abruptamente el tráfico en las redes interconectadas, considerando una alta demanda en la versatilidad, escalabilidad y adaptabilidad. Asimismo, habrá mayor cantidad de dispositivos conectados, mayor latencia, alto consumo de batería que influyen directamente en el marco tecnológico, ya que de no aplicarse correctivos a estos controles servirán para crear una inestabilidad en las comunicaciones e incluso verse comprometida toda la arquitectura de este tipo de redes, por lo tanto, se proponen nuevos desafíos que permitan mitigar estos riesgos con el objetivo de mejorar la calidad de servicio de los usuarios.

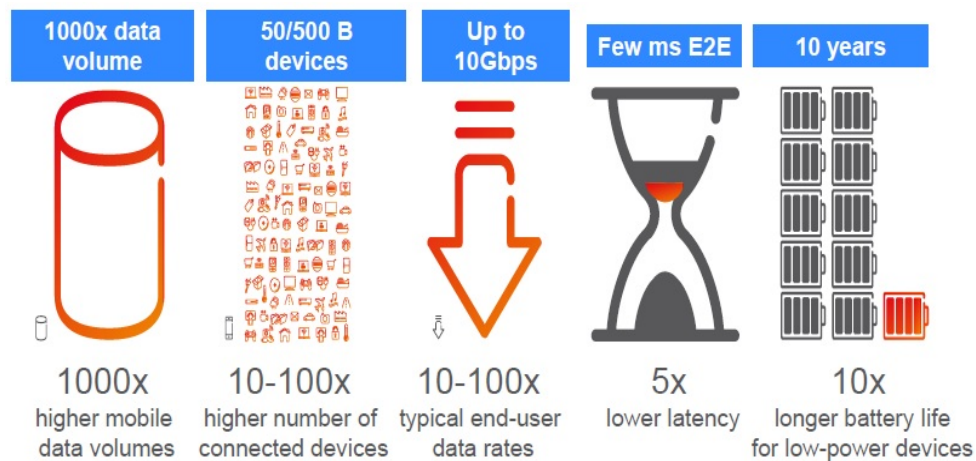
Del mismo modo, es importante conocer que este tipo de tecnología es conocida como "Internet de las Cosas" (IoT), basada en las comunicaciones de quinta generación o 5G, que comprende el siguiente capítulo de redes de telecomunicaciones diseñadas para encontrar configuraciones más avanzadas y complejas, que sirvan para establecer un mejor rendimiento en los requerimientos de la sociedad, presentando una nueva forma tanto en el pensamiento como los componentes que la conforman. La tecnología 5G proveerá acceso ilimitado a la información, así como disponibilidad de compartirla en cualquier parte, a cualquier hora, por cualquier persona o cosa, para el beneficio de la sociedad, según Ericsson (2014).

De acuerdo a lo planteado anteriormente, gobiernos de los países de la Unión Europea como Alemania, Inglaterra, empresas de tecnología como Samsung Electronics, NTTD o como, Alcatel, Nokia, entre otras, han realizado grandes inversiones en pruebas de laboratorio para obtener datos claves que sirvan de aporte para poner en práctica esta tecnología. En este orden de ideas, se establecieron alianzas estratégicas entre operadoras telefónicas, empresas de telecomunicaciones y universidades de diversos países, con la finalidad del intercambio de información en base a los resultados obtenidos, en las pruebas tanto de hardware como software; entre algunos proyectos se encuentran NGMN Alliance, iJOIN, Mobile Cloud Networking, 5GNOW, y uno de los más destacados es METIS2020 (Mobile and wireless communications Enablers for the Twenty-twenty

Information Society).

Las organizaciones mencionadas enfatizan la importancia de cumplir con los desafíos como en la duración de la batería de los dispositivos, velocidad en la transmisión de los datos, menor latencia, dispositivos conectados, alto volumen de datos móviles; por medio de la creación de nuevos mecanismos que ayuden a solventar estos retos. Según METIS (2015) los niveles de rendimiento estimado para esta tecnología es que el volumen del tráfico sea 1000 veces mayor al actual, 10 billones de dispositivos conectados, 10 a 100 veces más las tasas alcanzables de datos de los usuarios, reducción en la latencia hasta un factor de cinco veces al actual, integridad de los datos, 10 veces la vida de la batería, tal como se muestra en la figura 1.

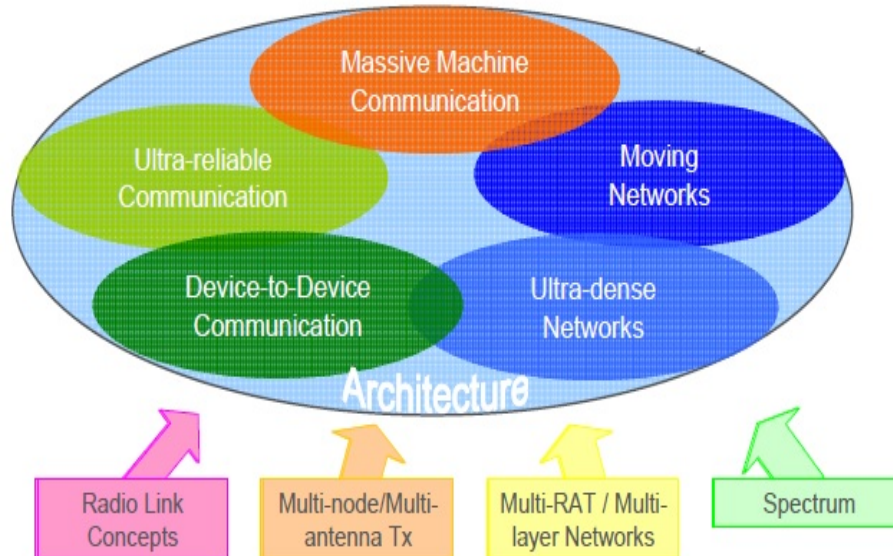
**Figura 1. Desafíos de la Tecnología 5G**



**Fuente:** "Challenges and Scenarios of the fifth Generation (5G) Wireless Communications System" (2013).

Por otro lado, los problemas desde la perspectiva de los usuarios finales se presentan en los siguientes escenarios según Osseiran (2013); redes en movimiento, redes ultra densas, comunicación de dispositivos a dispositivos (D2D), comunicaciones ultra confiables y comunicación masiva de máquinas; y como las soluciones se plasman en tópicos horizontales y componentes tecnológicos entre los que se encuentran: conceptos de radio enlace, múltiples antenas, múltiples capas de redes y espectro, donde se ilustran en la figura 2.

**Figura 2. Expectativas de la Tecnología 5G**



**Fuente:** "Challenges and Scenarios of the fifth Generation (5G) Wireless Communications System" (2013).

Para los autores de este artículo, la tecnología 5G es la conexión dinámica existente entre todos los componentes que la conforman, ofreciendo diversidad de servicios y soluciones en redes heterogéneas, por medio de canales de transmisión desarrollados para tal fin. El propósito del presente trabajo consiste en conocer cuáles son los elementos que participan en esta nueva generación de telecomunicaciones y cómo influirán en la vida cotidiana de las personas. Desde el punto de vista teórico se enfocará en estudios de expertos en el área de comunicaciones, donde se compararán sus experiencias con el objetivo de profundizar los conocimientos en este tema.

## MÉTODO Y DESARROLLO

Se requieren muchos pasos para lograr alcanzar la visión del futuro que se contempla; que va desde un punto de vista general hasta la perspectiva del usuario final. Sin embargo, luego de cinco años desde que se introdujo esta visión, se están comenzando a presenciar algunos aspectos de la misma, bien sea como algunos servicios en la vida cotidiana en países desarrollados o se está investigando intensamente en todo el mundo. Existe una gran necesidad de establecer un marco metodológico adecuado con políticas de investigaciones comunes y complementarias, donde los objetivos y estrategias sean el resultado de integrar y optimizar un camino que influya en los futuros estándares.

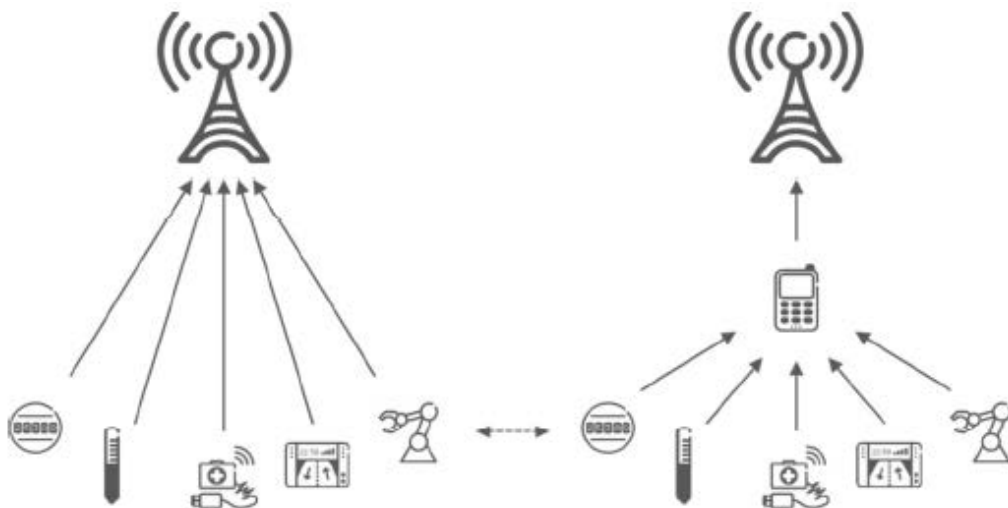
Proyectos como METIS 2020, 5G PPP, ZTE, IEEE, entre otros, proponen un esquema a seguir para desarrollar la tecnología 5G, donde primero se establece una exploración de escenarios, requerimientos e indicadores claves de rendimiento (kpis) hasta el año 2015 cuando se expusieron en el congreso mundial de radiocomunicaciones patrocinado por la

Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU). Para el período comprendido desde el año 2016 hasta el año 2019, se pauta la creación de estándares y prototipos por parte de los entes, organizaciones e instituciones por medio del intercambio de los resultados obtenidos en sus respectivos proyectos. Para finalizar, desde el año 2020 en adelante, se tiene previsto las pruebas y desarrollo comercial de esta tecnología.

Por otra parte, con relación a la fundamentación teórica, se plantea una coherencia a los postulados de la tecnología 5G, donde se espera que las comunicaciones 5G estén caracterizadas por numerosos dispositivos y redes interconectadas, y se incremente el tráfico de los datos en comparación al actual. Las redes heterogéneas serán una característica del mundo emergente, como el uso de celdas de varios tamaños y puntos de acceso con diferentes propiedades y tecnologías necesarias con el fin de cumplir con los requisitos de 5G, para aumentar la capacidad y rendimiento con un retardo reducido.

Por consiguiente, existen una serie de problemas que enfrentará esta tecnología como lo son las redes en movimiento, redes ultra densas, comunicación de dispositivos a dispositivos (D2D), comunicaciones ultra confiables y comunicación masiva de máquinas. Según Tullberg y otros (2014) primeramente, las redes en movimiento (MN), es un cambio de paradigma, ya que un nodo (dispositivo móvil, vehículo u otro) o un grupo de nodos que pueden formar una red móvil que se comunica con su entorno, es decir, un dispositivo servirá como fuente de comunicación a otros dispositivos que se encuentren alrededor de él, con la finalidad de mejorar y ampliar potencialmente la cobertura en grandes poblaciones, manteniendo la calidad de servicio a los usuarios finales, como se ilustra en la figura 3.

**Figura 3. Redes en Movimiento**



**Fuente:** "Towards the METIS 5G Concept" (2014).

Asimismo, las Redes Ultra Densas (UDN) abordan una alta demanda de tráfico a través de la densificación de la infraestructura, con la finalidad de aumentar la eficiencia



energética de radio enlaces y permitir un mejor aprovechamiento del espectro, aun cuando generan como desafío la interferencia y el costo por cada nodo de acceso. Además, la Comunicación de Dispositivos a Dispositivos (D2D) se refiere a la conexión entre dispositivos a través de cualquier infraestructura de red, controlando los recursos de radio acceso y los enlaces directos para minimizar la interferencia resultante, y proveer un modo de comunicación alternativo, con el objetivo de incrementar la conectividad y utilización del espectro y área de cobertura.

Adicionalmente, según Osseiran y otros (2014) las Comunicaciones Ultra Confiables (URC), permitirán un alto grado de disponibilidad para ofrecer soluciones con escalabilidad y rentabilidad a redes que soporten servicios con requerimientos extremos en disponibilidad y fiabilidad. Finalmente, la Comunicación Masiva de Máquinas (MMC), proporcionará soluciones de conectividad escalables para billones de redes y dispositivos, vitales para el futuro móvil y sistemas de comunicación inalámbrica que desviarán totalmente el actual paradigma de comunicación céntrica humana. Todos estos componentes se detallan mejor en la figura 4.

**Figura 4. Desafíos**



**Fuente:** "5G Vision", European Commission, 5G-PPP (2015).

## COMPONENTES

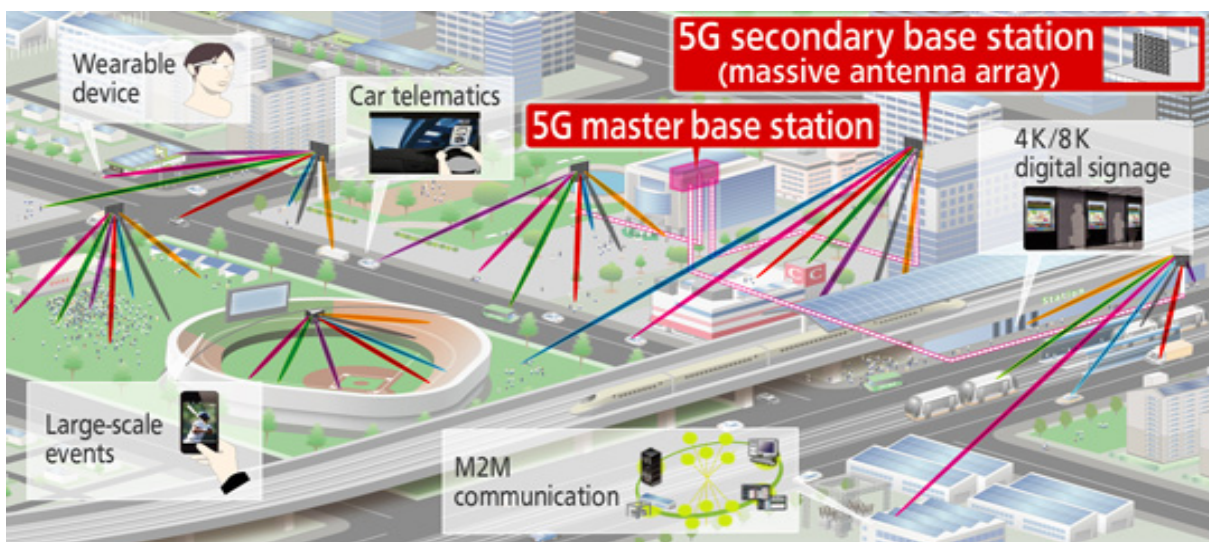
Al hablar de tecnologías 5G nos referimos a una red de telefonía móvil universal súper eficiente atenta a la demanda, y donde los recursos son optimizados continuamente para ofrecer un rendimiento suficiente, con el fin de que los usuarios perciban una conexión a una red con infinito ancho de banda. Además, el rendimiento de velocidad de datos se ha optimizado por medio de los diversos componentes presentes en la nueva evolución, que manejan una baja latencia necesaria para que las aplicaciones que interactúan, se conviertan en una unificación de términos, el cual hace referencia a la nomenclatura llamada internet de las cosas.

Esta tecnología es una revolución en la eficiencia, entregando más y mejores redes para un mejor rendimiento a un menor costo de inversión. La importancia de los diversos componentes presentes dentro de la llamada revolución de la conectividad de muchos a muchos, es la esencia central para que toda esta arquitectura de soluciones pueda funcionar y ofrecer lo que promete ser, destacando los siguientes componentes:

### TRANSMISIÓN DE MULTI-ANTENNA

La transmisión de múltiples antenas ya desempeña un papel importante para las generaciones actuales de comunicaciones móviles y jugará un rol aún más importante en la era 5G. Especialmente para operar a frecuencias más altas, el uso de múltiples antenas para formación de haz en el transmisor y/o sitio receptor es un componente crítico para contrarrestar las peores condiciones de propagación a frecuencias más altas. Sin embargo, la formación de haz también será un componente importante para frecuencias más bajas; por ejemplo, para extender aún más la cobertura y proporcionar las tasas de datos más altas en las implementaciones de esta tecnología. En otras palabras, la transmisión de múltiples antenas o nodos, servirán como base sólida con el objetivo de aumentar el volumen de los datos 1000 veces en comparación a los actuales, así como el número de dispositivos conectados en las redes, donde se aprecia mejor en la figura 5.

**Figura 5. Múltiples Antenas**



**Fuente:** Mitsubishi Electric Corporation (2015).

### DISEÑO ULTRA DELGADO

El diseño de acceso por radio Ultra-delgado es importante para lograr una alta eficiencia en las futuras redes de acceso inalámbrico, donde el principio básico se puede expresar como: minimizar cualquier transmisión que no esté directamente relacionada con



la entrega de datos del usuario. El diseño ultra-delgado es especialmente importante para los despliegues densos con un gran número de nodos en la red y condiciones de tráfico muy variables; beneficiosas para todo tipo de implementaciones.

Al permitir que los nodos de la red entren rápidamente en estados de baja energía cuando no hay transmisión de datos de usuario, el diseño ultra-delgado es un componente importante para el rendimiento de alta energía a la red, de igual manera permitirá velocidades de datos más altas alcanzables mediante la reducción de la interferencia de las transmisiones no relacionadas con los datos de usuario.

### **SEPARACIÓN DE ACCESO Y CONTROL**

Otro principio de diseño importante para el futuro de acceso inalámbrico es desacoplar los datos del usuario y el sistema funcional de control. Este último, incluye la información, así como los procedimientos necesarios para que un dispositivo pueda acceder al sistema. Un desacoplamiento permitirá una mejor escalabilidad, por ejemplo, los datos de usuario pueden ser entregados por una densa capa de nodos de acceso, mientras la información del sistema solo se proporciona a través de una macro capa superpuesta, en la que inicialmente un dispositivo accede al sistema. Un diseño ultra-delgado combinado con la separación de acceso y control proporciona una mayor flexibilidad en términos de evolución de la RAT (Tecnología de Radio Acceso), ya que con esta separación, el plano de usuario puede evolucionar mientras se mantiene el control funcional del sistema.

### **USO DEL ESPECTRO FLEXIBLE**

Desde su creación, la comunicación móvil ha dependido del espectro con licencia en función de cada operador dentro de un área geográfica. Esto seguirá siendo la base para la comunicación móvil en la era 5G, permitiendo a los operadores proporcionar conectividad de alta calidad en un entorno sin interferencias controlada. Sin embargo, la concesión de licencias por operador del espectro se complementará con la posibilidad de operar bajo otros regímenes de espectro.

Esto puede incluir el intercambio de espectro entre un conjunto limitado de operadores, así como la operación en el espectro sin licencia. En las bandas de alta frecuencia, la atención se centrará en los anchos de banda de transmisión muy amplios, que normalmente se utilizarán para implementaciones muy densas lo que puede dar variaciones de tráfico mucho más dinámicas. Estáticamente, dividir el espectro entre diferentes operadores puede, en tales situaciones, no necesariamente conducir a la utilización del espectro más eficiente. Más bien, haciendo posible que los operadores puedan acceder conjuntamente al menos parte del espectro de una manera dinámica lo que podría conducir a la utilización del espectro global más eficiente.

### **FLEXIBLE DUPLEX**

La División de Frecuencia Dúplex (FDD) ha sido dominante desde el comienzo de la era de la comunicación móvil. Para las bandas de frecuencias más bajas, la FDD seguirá siendo el principal plan de dúplex en la era 5G. Sin embargo, para las bandas de

frecuencias más altas, especialmente por encima de 10 GHz, estarán dirigidas en los despliegues para redes densas. Además, para las variaciones dinámicas de tráfico en zonas muy densas, la capacidad para asignar dinámicamente recursos de transmisión a distintas direcciones permitirá una utilización más eficiente del espectro disponible.

### **COMUNICACIÓN DIRECTA DISPOSITIVO-A-DISPOSITIVO**

La posibilidad de que (D2D) la limitada comunicación directa de dispositivo a dispositivo ha sido recientemente introducida como una extensión de las especificaciones de LTE. En la era 5G, el apoyo a D2D como parte de la solución global de acceso inalámbrico debe ser considerado desde el principio. Esto incluye la comunicación de datos de usuario punto a punto directamente entre los dispositivos, por ejemplo, el uso de dispositivos móviles como relés para extender la cobertura de red. Comunicación D2D en el contexto de 5G debe ser una parte integral de la solución global de acceso inalámbrico en lugar de una solución independiente.

La posibilidad de comunicación directa debería ampliar las capacidades y mejorar la eficiencia global de la red de acceso inalámbrico. Además, con el fin de evitar la interferencia incontrolada a otros enlaces, la comunicación D2D debe estar bajo control de la red, especialmente importante para el caso de D2D con espectro licenciado.

### **INTEGRACION ACCESO/BACKHAUL**

El Backhaul corresponde a la porción de una red jerárquica, que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo o backbone, y las subredes en sus bordes. En este sentido, la tecnología inalámbrica se utiliza con frecuencia como parte de la solución de Backhaul, donde tales soluciones operan bajo la línea de visibilidad directa bajo las condiciones que utilizan la tecnología de radio de propiedad en las bandas de frecuencias más altas, incluyendo la banda de ondas milimétricas (MMW).

En el futuro, el enlace de acceso (estación base a dispositivo) también se extenderá a frecuencias más altas. Además, para apoyar las implementaciones de baja potencia, los Backhaul inalámbricos tendrán que extenderse a cubrir espacios sin línea de visión, en condiciones similares a los enlaces de acceso. Según Ericsson (2014) en la era 5G, el enlace de acceso inalámbrico y Backhaul inalámbrico por lo tanto no deben ser vistos como dos entidades separadas con soluciones técnicas independientes. Más bien, Backhaul y acceso deben ser vistos como una solución de acceso inalámbrico integrado capaz de utilizar la misma tecnología básica y operar bajo un espectro en común. Esto dará lugar a una utilización más eficiente del espectro global, así como la operación reducida y el esfuerzo de gestión.

### **ARQUITECTURA**

La perspectiva de METIS, la cual es un consorcio de 29 socios coordinados por Ericsson, que incluye fabricantes, operadores de telecomunicaciones, instituciones académicas, industria automotriz y un centro de investigación, donde el objetivo del

proyecto es sentar las bases para un futuro sistema de comunicaciones móviles e inalámbricas para el 2020 y más allá.

La arquitectura 5G, presenta enfoques para la descripción de la arquitectura a partir de tres puntos de vista diferentes. La vista de la arquitectura funcional, se basa en la identificación de nuevas funcionalidades de los conceptos nuevos y la descomposición funcional de los componentes tecnológicos más relevantes.

Una estructura funcional se presenta con el fin de sentar las bases para el desarrollo de nuevos esquemas 5G. Teniendo en cuenta los componentes tecnológicos más prometedores. La orquestación y control de la arquitectura lógica, muestra cómo la flexibilidad, escalabilidad y el servicio de orientación se puede realizar con el fin de configurar y poner en práctica la funcionalidad de la red.

Considerando los requisitos de los servicios de destino, casos de uso, y la infraestructura física dada, la orquestación y control arquitectura lógica, entonces se construye topologías orientadas a servicios lógicos del plano de datos y el plano de control y los mapas de estas topologías lógicas en la arquitectura de implementación funcional.

Por consiguiente, diferentes opciones de colocación en función de la red física se pueden conseguir teniendo en cuenta las clasificaciones de las funciones (es decir, funciones de control y espectros de onda ya sea síncrona o asíncrona) y los requisitos asociados definidos por la arquitectura de implementación, así como las interfaces entre la red física.

La arquitectura 5G resultante se aprovecha de forma nativa de los principios del Software de la red y la Función de Virtualización de la Red, separando claramente del control de los datos, así como, el hardware del software. Esto significa que la arquitectura 5G es extremadamente flexible y tiene la capacidad no solo para apoyar la diversidad de casos de uso, sino también para hacer potencialmente de una manera eficiente y rentable, detallado en la figura 6.

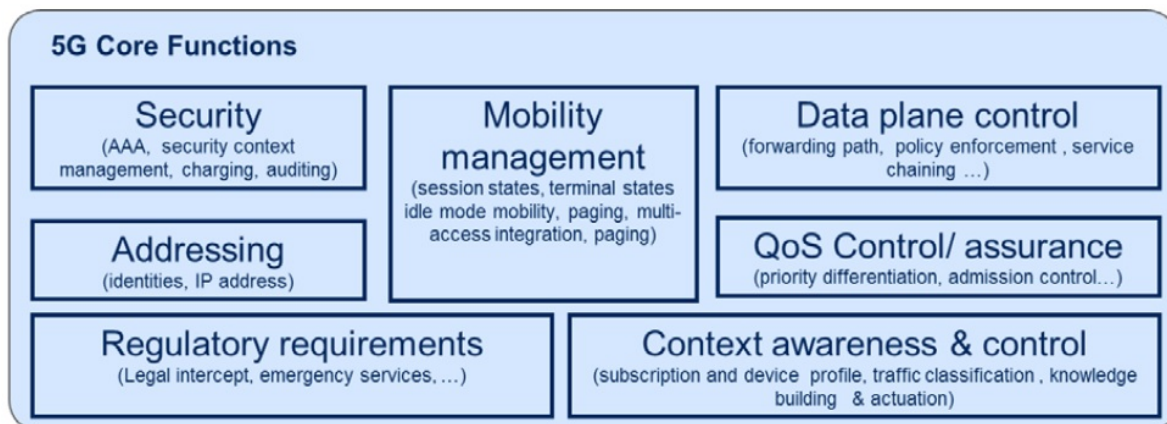
La mayoría de los elementos clave de la arquitectura significativa 5G son:

- ## NUCLEO – CORE

El procesamiento de los datos es vital en el ciclo de este tipo de tecnología, que es conocido como el núcleo, donde convergen las redes por medio de diversos dispositivos electrónicos de acuerdo al ambiente que se encuentren; generando una alta demanda de acceso a los servicios presentes según los escenarios como aplicaciones industriales, segmentos corporativos, servicios de multimedia, y gran gama de servicios aun no definidos. Por consiguiente, el núcleo es de vital importancia en estas redes y cumple con

funciones como seguridad AAA (Autenticación, autorización, contabilización), administración móvil, direccionamiento, calidad de servicio (QoS), requerimientos como servicios de emergencias, entre otras, como se refleja en la figura 7.

**Figura 7. Áreas funcionales del Núcleo**



**Fuente:** "Final report on architecture". METIS (2015).

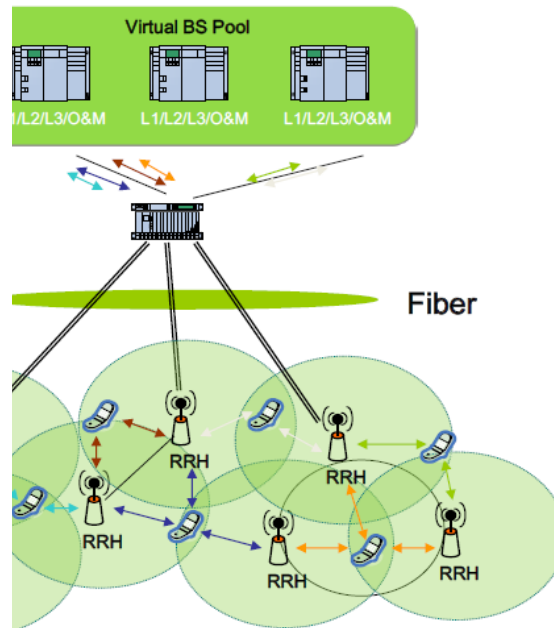
### C-RAN

Otro de los nuevos conceptos de la tecnología 5G son las redes de radio acceso en la nube o C-RAN (Cloud Radio Access Networks), que consiste en una nueva arquitectura que adicionalmente puede soportar sistemas 2G, 3G, 4G y nuevos estándares de comunicación inalámbrica. La idea principal se enfoca en el procesamiento centralizado por medio de un conjunto de servidores virtualizados a través de un gran número distribuido de nodos de radio acceso, bajo un ambiente en tiempo real basado en la nube.

Además, la arquitectura C-RAN, como se muestra en la figura 8, tiene ventajas como la actualización fácil y expansión en la capacidad de redes, soporta múltiples estándares operativos, maximiza los recursos compartidos, más conveniente hacia el soporte de múltiples celdas con procesamiento de señal colaborativo. Asimismo, la China Mobile Research (2013) incluye beneficios como la simplificación y mejora la velocidad del proceso de negociación, reduce la construcción de estaciones base y el costo de mantenimiento, incrementa la eficiencia en el desarrollo de redes, entre otros.



**Figura 8. Arquitectura Centralizada C-RAN**



**Fuente:** "C-RAN", China Mobile (2013).

Para los autores, Cloud-RAN es una nueva forma de radio acceso a redes distribuidas, que se encuentran conectadas por un pool virtualizado de servidores para el procesamiento de los recursos a través de medios de alta capacidad como enlaces de fibra óptica. En este sentido, este término fue desarrollado debido al incremento del flujo de datos causados por nuevos dispositivos inteligentes conectados a la red; donde la nueva tendencia serán los servicios de computación en la nube o cloud-computing, brindando una amplia gama de soluciones cumpliendo con las exigencias de los usuarios finales.

Por otro lado Boccardi y otros (2014) basado en los elementos explicados previamente, la visión de este tipo de arquitectura se enfoca en la interacción entre el humano y los dispositivos que deben permitir un gran flujo de comunicación en las redes heterogéneas, por consiguiente, los conceptos de enlace de carga, enlace de descarga y el medio que es el canal de control de datos deben ser redefinidos; todos estos componentes influyen en la dirección de las investigaciones como cambio fundamental en el diseño de las redes celulares, centralizándose en crear soluciones que servirán como base a la tecnología 5G.

## RESULTADOS – PRUEBAS DE LABORATORIO

A mediados de la presente década, en vísperas de los nuevos cambios venideros, en donde cada generación de redes móviles ha llegado al pasar cada decenio, y empezando en los años ochenta, luego con la segunda generación (2G) en la década de los noventa

la implantación del 3G a principios del nuevo milenio y el surgimiento de 4G al inicio de los 2010s, llega el momento en que las gigantes mundiales se adelantan y forman convenios y alianzas con laboratorios y entes de investigación, los cuales buscan siempre ir a la vanguardia en aras de dominar en lo posible al área del mercado en donde operan.

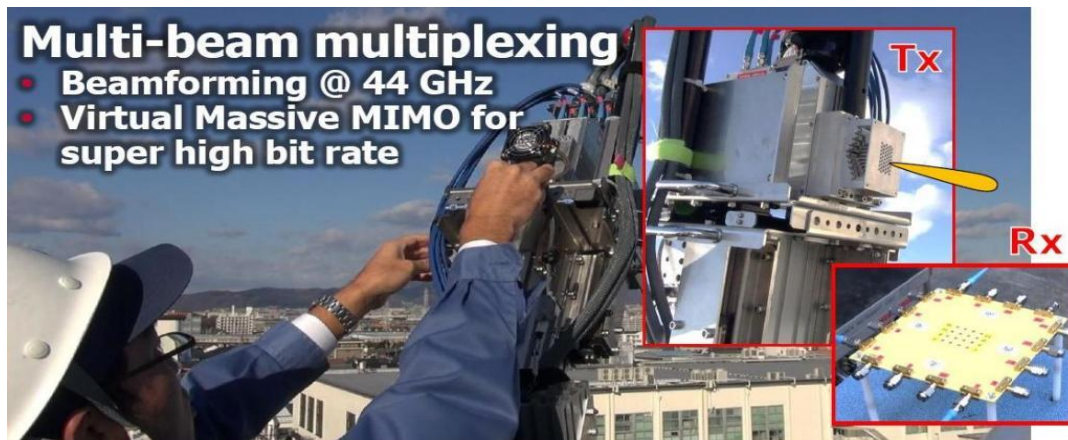
Desde esta perspectiva, una diferencia crucial de las futuras redes de quinta generación en comparación con las redes de cuarta generación ya existentes, es que el sistema debe ser diseñado desde un principio, no solo para que sea centrado en el aspecto humano, sino también para estar centrado en el tráfico entre máquinas y con diferentes demandas de servicio.

Por esto, se requiere de una intensa investigación en los campos de la superposición de múltiples transmisiones, nuevas interfaces de aire, pre-asignación inteligente de los recursos, reducción de los requisitos de sincronización y la conexión de radio en un contexto de servicios.

En atención a lo expuesto, se debe prestar especial atención al desarrollo de las técnicas de comunicación ultra-fiables (URC o Ultra-Reliable Communications), capaces de soportar nuevos servicios como Internet táctiles o comunicaciones V2X (Vehículo a Dispositivo o Infraestructura o Vehículo) para la seguridad del tráfico en los mismos.

Es así como finales del año 2014, la operadora China Mobile, aliada con la ZTE, realizó pruebas de campo con estaciones base pre-5G con tecnología de MIMO masivo. Los mismos reportaron que las pruebas excedieron las expectativas, así como la cobertura en edificios y zonas rurales; estiman que esta nueva tecnología acelerará el proceso de desarrollar comercialmente el 5G como se ilustra en la figura 9.

### Figura 9. Pruebas de Estaciones Base



**Fuente:** "Next-generation Mobile Communications System - 5G". NTT DOCOMO. GSMA Mobile World Congress (2015).

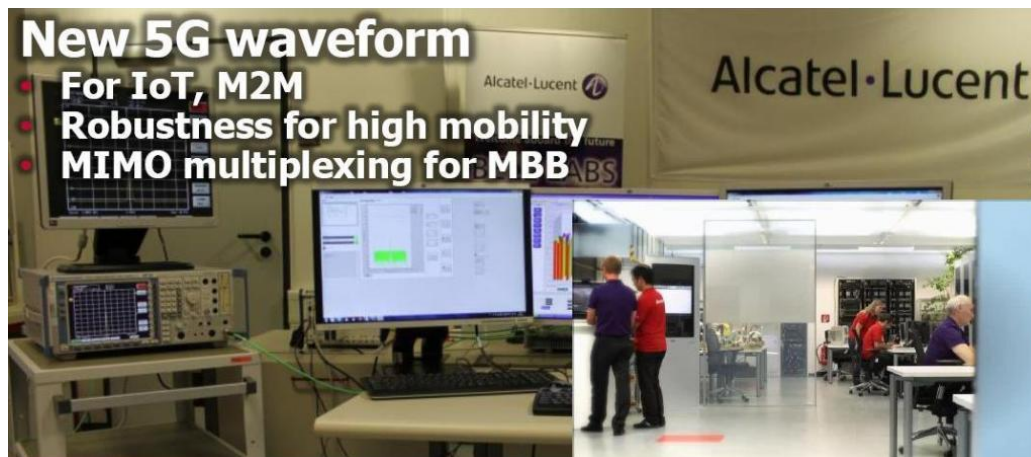
Por su parte, a mediados de 2015, investigadores de Alcatel-Lucent se dirigieron hacia Alemania para hacer sus pruebas de 5G. Los Laboratorios Bell (ente dedicado a los

procesos investigativos adscritos a la Alcatel-Lucent), y el 5G Lab de Alemania han entrado en colaboración para realizar estas pruebas. Más específicamente, las dos organizaciones desarrollarán y probarán las tecnologías que ayudarán a definir las capacidades de las redes móviles de quinta generación.

Anteriormente a esto, el Lab 5G de Alemania abre en septiembre de 2014, consistiendo de 20 profesores de la Universidad Técnica de Dresden (Technische Universität Dresden) la cual es una de las universidades líderes en Europa, con más de 500 científicos. El 5G Lab de Alemania es un consorcio de tecnología reconocido en el esfuerzo colaborativo requerido para desarrollar y repartir redes de 5G. Dicho laboratorio comprende de cuatro rutas diferentes que permite a los miembros enfocarse en áreas de interés, a su vez previendo una visión general de las redes 5G.

Como nuevo miembro de la 5G Lab Alemania, Alcatel-Lucent centrará inicialmente sus esfuerzos de investigación en el programa de conexiones inalámbricas y redes, así como en el uso de múltiples conexiones de dispositivo-hacia-radio para mejorar la fiabilidad de las comunicaciones críticas como se observa en la figura 10.

**Figura 10. Pruebas de Alcatel – Lucent**



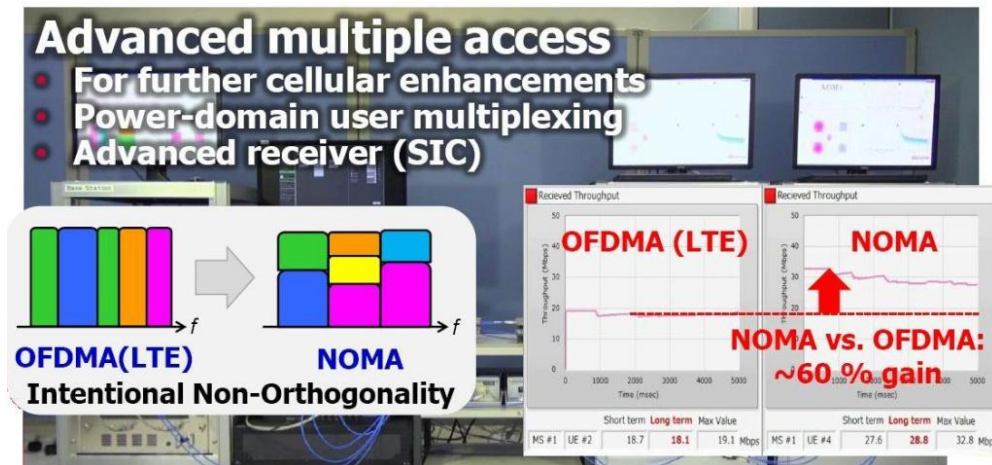
**Fuente:** "Next-generation Mobile Communications System - 5G", NTT DOCOMO. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking (2015).

Por consiguiente, los estudios investigarán cómo la capacidad y fiabilidad de la red se podrían mejorar mediante la conexión de un dispositivo como un teléfono inteligente para múltiples radios simultáneamente. Se centrará en cómo múltiples enlaces de radio 5G o una combinación de enlaces de radio 5G y 4G LTE podrían mejorar la fiabilidad de las comunicaciones que se necesiten para labores críticas, en donde una interrupción de la red causaría un fallo en operaciones, tal como para los trabajadores del transporte y socorristas de emergencia, y es aquí donde se desearía evitar a todas costas estas limitaciones.

En su parte, la recién desarrollada forma de onda para redes 5G (Bell Labs, Universal

Filtered-Orthogonal, Frequency-Division, Multiplexing o UF-OFDM) es un competidor principal para la estandarización, y permitirá un mayor rendimiento y nuevos servicios, al tiempo que aumentará dramáticamente el número de usuarios (tanto humanos como de máquinas) así como reducir la complejidad de las redes de la quinta generación, como se muestra en la figura 11.

**Figura 11. Pruebas de formas de onda**



**Fuente:** "Next-generation Mobile Communications System - 5G", NTT DOCOMO, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking (2015).

En este orden de ideas, con las de Alcatel Lucent y conocimientos de cómo hacerlo, se pueden abordar retos más relevantes en el diseño y operación de redes móviles altamente fiables. Se tiene también un proyecto en el que se dirige sobre nuevas tecnologías de acceso como una mejora del enfoque de transmisión de doble conectividad y coordinación conjunta entre múltiples tecnologías de acceso a radio para satisfacer diversos requisitos de servicio. Al igual, se está innovando en conjunto para permitir aplicaciones de baja latencia, soluciones de mayor capacidad, así como el soporte tanto para MIMO masivo al igual que un número masivo de dispositivos de máquinas conectadas.

Es así como se puede observar que tales avances, en cooperación con los diferentes institutos, siguen las tendencias de nuevas implementaciones las cuales acarrearán no solo avances tecnológicos en las plataformas y en los dispositivos que lo involucran, sino también tendrán un efecto contundente en las diversas ramificaciones que comprenden los aspectos que entrelazan las celdas asociadas a los ámbitos que se apliquen, que al fin y al cabo conforman las bases de las comunicaciones entre entes.

Por ello, los potenciales cambios a las actividades de la vida diaria, por muy irrelevantes que sean, conformarán en conjunto de vértices que revolucionarán la forma que las telecomunicaciones entre individuos, máquinas, instituciones, sociedades se llevan a cabo, con la finalidad, de permitirseles un buen uso, contribuyan a un



incremento de la calidad de vida de todos los que dependen de tales tecnologías.

### **DISCUSION - PRO Y CONTRAS DE LA ARQUITECTURA 5G**

La arquitectura 5G se prevé que traerá consigo ventajas considerables en comparación con arquitecturas anteriores, en específico desde la 4G, y estas con un ancho de banda de datos de 1 Gbps o superior, y que permita la bi-direccionalidad sea globalmente accesible, haya acceso dinámico a información, esté disponible a bajo costo, acepte una mayor densidad de agrupamiento de usuarios, traiga consigo una mayor eficiencia en el uso de energía lo cual extenderá en 10 veces la vida de la batería, tenga una baja latencia inferior o igual a 1 ms, y presente movilidad, es decir, sea lo más transparente posible al usuario.

En cuanto a posibles desventajas o contratiempos a presentarse en esta nueva arquitectura, los autores señalan hipotéticas consecuencias que se deberán tomar en cuenta en el campo tecnológico para atenuar y posiblemente erradicar dichos surgimientos, así como otras desventajas que ya son publicadas en artículos de investigación, muchos de fuentes fidedignas y organizaciones reconocidas a nivel global.

Empezando por el tema de la seguridad, como se espera un crecimiento exponencial en el número de usuarios y máquinas, host y nodos, puede crecer las vulnerabilidades así como riesgos, que deben ser analizados minuciosamente tanto por las operadoras que ofrezcan el servicio, como por desarrolladores terceros que se encarguen de robustecer las plataformas y crear los controles que permitan tanto la seguridad de la información como la garantía de preservación del servicio ante posibles ataques.

Por otro lado, y bajo otra vertiente, se podría presumir que una mayor densidad de usuarios trae consigo una mayor explotación del uso del espectro, y en una posible sobresaturación de las frecuencias en el uso de estas tecnologías así como otros avances paralelos que también la empleen, podría acarrear consecuencias negativas en cuanto al campo biológico, es decir, podría afectar de una forma ya no tan despreciable en cuanto a mediciones a los seres vivos. Es en el tema de la radiación que podría tener posibles repercusiones a un cuerpo orgánico recibir y ser afectado en base a las frecuencias el tiempo de exposición y posibles barreras que puedan atenuar, o en casos raros, incrementar los efectos del mismo.

Por este motivo, es igualmente competencia de los entes gubernamentales, así como los organismos que rigen las normas y estándares internacionales, asegurar y regular que las emisiones y consecuencias que podrían afectar a la población y a los usuarios, comprendida bajo ciertos límites mínimos que en el área de la medicina sea comprobablemente aceptable y no tenga mayores repercusiones a futuro.

Desde un punto de vista más técnico con la implantación de nuevas interfaces de aire, el cambiar las formas de ondas tendrán un impacto en las estructuras, y por consiguiente la compatibilidad con anteriores tecnologías no podrán ser garantizadas. En cuanto a las redes ultra densas, se espera que los altos costos sean un importante impedimento para el desarrollo de estas características, así como en la concentración de tráfico, donde el



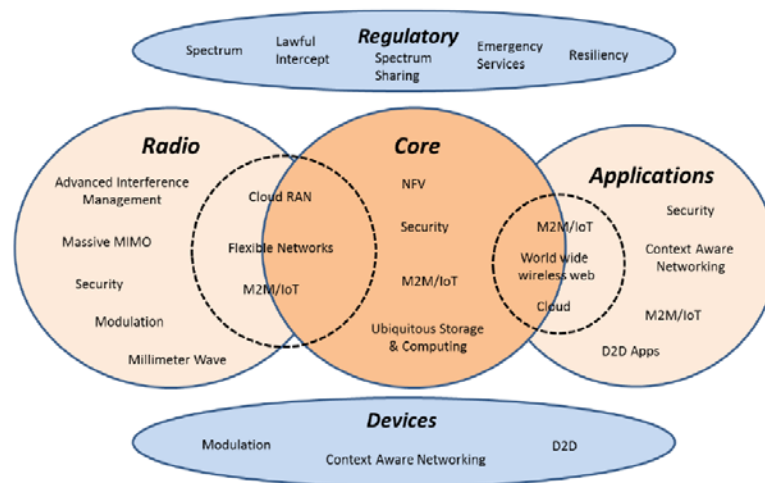
rendimiento dependerá mucho de un replay de selección apropiado.

Por otra parte, para Monserrat y otros (2015) la movilidad entre redes incrementará la complejidad en la administración entre puntos de accesos debido a lo dinámico de las redes; en cuanto al MIMO masivo, se presenta la llamada contaminación piloto. Asimismo, el rendimiento es altamente sensitivo en dicha movilidad y la subsiguiente carga de cómputos lo cual puede hacer que las soluciones multiusuario sean poco rentables.

Otro factor a considerar son los modelos de negocios que se crean en base a la interacción entre usuarios – dispositivos, donde el alcance es infinito debido a los diferentes servicios y soluciones que convergen en esta nueva tecnología; donde existe la habilidad para ofrecer y operar por distintos proveedores la capacidad de infraestructura de redes como un servicio, entre los que se encuentra XaaS (Everything-as-a-Service) que se refiere a todo como un servicio, debido a la creciente diversidad de servicios disponibles a través de Internet, fundamentado en la computación en la nube y en lugar de ser proporcionado localmente o en los actuales paradigmas.

Finalmente para los investigadores, una desventaja de la tecnología 5G será el tiempo necesario para construir un consenso y estándares en torno a las mejores prácticas y soluciones en relación a esta tecnología, aun cuando al estar totalmente en operatividad se notarán grandes cambios tanto en los procesos presentes como en la calidad de servicio que cumpla con la alta demanda por parte de los usuarios para el año 2020; donde la visión integral de los elementos que deben ser considerados en el proceso de planificación inicial para 5G, ilustrado en la figura 12.

**Figura 12. Ecosistema de 5G**



**Fuente:** "4G Americas Recommendations on 5G Requirements and Solutions". 4G Americas (2014).

## CONCLUSIONES

El camino hacia la tecnología 5G servirá como punto de partida para el desarrollo de nuevas tendencias de comunicación que servirán de base para establecer una serie de servicios dinámicos que presten soluciones a la demanda de los usuarios según el tipo de necesidad existente, como por ejemplo: banca electrónica, educación a distancia, salud electrónica, prioridad en el tráfico, entre otros, que ofrecerán un desarrollo de la vida más eficiente, confortable y seguro.

Además, debe cumplir con tres elementos de apoyo para la operatividad de esta tecnología como lo son la escalabilidad (capacidad para soportar más tráfico y millones de dispositivos interconectados), versatilidad (disponibilidad, movilidad, calidad de servicio) y eficiencia (menos consumo de energía, recursos compartidos y reducción de costos). Por otra parte, es importante considerar que los futuros usuarios de esta tecnología deben dominarla cumpliendo con los fundamentos de evolución, ya que en la actualidad las nuevas generaciones están altamente marcadas por el dominio de la tecnología sobre ellos, rompiendo los valores éticos morales de la sociedad establecida hace años.

Adicionalmente, la evolución de la tecnología 5G surge de dos factores como son la revolución y nuevas tecnologías complementarias, donde se llama revolución debido al cambio dramático de paradigmas en base a los tópicos como redes ultra densas, redes en movimiento, altas frecuencias y MIMO masivo; y las nuevas tendencias son la comunicación dispositivos a dispositivos, comunicación masiva de máquinas y comunicaciones ultra confiables.

De la misma manera, se demostró por medio de las pruebas de laboratorio por parte de especialistas en el tema que la puesta en práctica de esta nueva generación de redes cumplirá con los requerimientos y desafíos propuestos previamente por la comunidad global especializada en este ámbito, gracias al esfuerzo conjunto de organizaciones, operadoras telefónicas e instituciones universitarias e incluso gobiernos de países desarrollados.

Para finalizar, se destaca que este tipo de tecnología debe ser autosustentable para prevalecer en el tiempo gracias a la interacción de los componentes de la arquitectura 5G como son la capa de núcleo (core, servidores virtualizados), capa de distribución (C-RAN, aplicaciones) y la capa de acceso (radio acceso, dispositivos, D2D, M2M) a través de un medio bien sea cableado o interfaz aérea, exigiendo una gran capacidad del canal para soportar la transmisión de los datos, que permitan un avance tecnológico hacia la estandarización y desarrollo del producto, en este caso 5G.

## RECONOCIMIENTOS

Al excelentísimo Dr. Petar Popovski, por su valioso aporte en profundizar más en relación al proyecto METIS 2020 de la Unión Europea, y al estimado Magister Oscar Vega por su incentivo en difundir los escenarios de la tecnología 5G.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 4G Americas. (2014). "4G Americas Recommendations on 5G Requirements and Solutions" Documento en línea. Disponible en: [http://www.4gamericas.org/files/2714/1471/2645/4G\\_Americas\\_Recommendations\\_on\\_5G\\_Requirements\\_and\\_Solutions\\_10\\_14\\_2014-FINALx.pdf](http://www.4gamericas.org/files/2714/1471/2645/4G_Americas_Recommendations_on_5G_Requirements_and_Solutions_10_14_2014-FINALx.pdf). Consulta: 20/02/2014.
- Boccardi, F., Heath, R., Lozano, A., Marzetta, T. y Popovski, P. (2014) "Five Disruptive Technology Directions for 5G". Documento en línea. Disponible en: [http://cms.comsoc.org/SiteGen/Uploads/Public/Docs\\_TC\\_5GMWI/Five\\_Disruptive\\_Technology.pdf](http://cms.comsoc.org/SiteGen/Uploads/Public/Docs_TC_5GMWI/Five_Disruptive_Technology.pdf). Consulta: 16/10/2014.
- China Mobile Research Institute. (2013). "C-RAN: The Road Towards Green RAN," Documento en línea. Disponible en: [http://labs.chinamobile.com/cran/wpcontent/uploads/CRAN\\_white\\_paper\\_v2\\_5\\_EN.pdf](http://labs.chinamobile.com/cran/wpcontent/uploads/CRAN_white_paper_v2_5_EN.pdf) Consulta: 20/02/2014.
- Ericsson. (2014), "5G: What is it?" Documento en línea. Disponible en: <http://www.ericsson.com/res/docs/2014/5g-what-is-it.pdf>. Consulta: 20/02/2014.
- Ericsson. (2015). "5G Radio Access". Documento en línea: Disponible en: [http://www.ericsson.com/res/thecompany/docs/publications/ericsson\\_review/2014/er-5g-radio-access.pdf](http://www.ericsson.com/res/thecompany/docs/publications/ericsson_review/2014/er-5g-radio-access.pdf). Consulta: 20/02/2015.
- European Commission. (2015). 5G PPP, "5G Vision". Documento en línea. Disponible en: <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2015/02/5G-Vision-Brochure-v1.pdf>. Consulta: 01/02/2014.
- GSMA Mobile World Congress. (2015). "Next-generation Mobile Communications System - 5G - NTT DOCOMO". Documento en línea. Disponible en: <https://www.nttdocomo.co.jp/english/corporate/technology/rd/tech/5g/>. Consulta: 20/02/2015.
- J. Monserrat, G. Mange, V. Braun, H. Tullberg, G. Zimmermann, O. Bulakci. (2015). "METIS Research Advances towards the 5G Mobile and Wireless System Definition" Documento en línea. Disponible en: <http://jwcn.eurasipjournals.springeropen.com/articles/10.1186/s13638-015-0302-9>. Consulta: 20/02/2015.
- METIS Deliverable. (2015). "Final report on architecture". Documento en línea. Disponible en: [https://www.metis2020.com/wp-content/uploads/deliverables/METIS\\_D6.4\\_v2.pdf](https://www.metis2020.com/wp-content/uploads/deliverables/METIS_D6.4_v2.pdf). Consulta: 20/02/2015.
- METIS Deliverable. (2015). "METIS final project report". Documento en línea. Disponible en: [https://www.metis2020.com/wp-content/uploads/deliverables/METIS\\_D8.4\\_v1.pdf](https://www.metis2020.com/wp-content/uploads/deliverables/METIS_D8.4_v1.pdf). Consulta: 20/02/2015.



Mitsubishi Electric Corporation. (2015). "Mitsubishi Electric and NTT DOCOMO to Conduct 5G Trials Aimed at Supporting 5G Launch by 2020". Documento en línea. Disponible en: <http://www.mitsubishielectric.com/news/2015/pdf/0302-b.pdf>. Consulta: 20/02/2015.

Osseiran, A. (2013). "Challenges and Scenarios of the fifth Generation (5G) Wireless Communications System". Documento en línea. Disponible en: [https://www.metis2020.com/wp-content/uploads/presentations/W@kth\\_METIS\\_overview\\_scenarios\\_20131115\\_web.pdf](https://www.metis2020.com/wp-content/uploads/presentations/W@kth_METIS_overview_scenarios_20131115_web.pdf). Consulta: 20/02/2014.

Osseiran, A., Boccardi, F., Braun, V., Kusume, K., Marsch, P., Maternia, M., Queseth, O., Schellmann, M., Schotten, H., Taoka, H., Tullberg, H., Uusitalo, M., Timus, B. y Fallgren, M. (2014). "Scenarios for the 5G Mobile and Wireless Communications: the Vision of the METIS Project", Magazine IEEE. Volumen 52, número 5, (Pp. 26-35).

Tullberg, H., Li, Z., Höglund, A., Fertl, P., Gozálvez-Serrano, D., Pawlak, K., Popovski, P., Mange, G., Bulakci, O. (2014). "Towards the METIS 5G Concept. First view on Horizontal Topics Concepts", IEEE Communications Society. (Pp 1–5).