

# Instituto Federal de Telecomunicaciones

CENTRO DE ESTUDIOS



## Análisis prospectivo de la demanda de insumos como consecuencia del incremento en los servicios de Telecomunicaciones

José Luis Cuevas Ruíz

Dic 2017

Los análisis, resultados y recomendaciones expresadas en el presente reporte son responsabilidad exclusiva del autor y no necesariamente reflejan el punto de vista del Centro de Estudios ni del Instituto Federal de Telecomunicaciones.

## I **Introducción.**

No obstante que las discusiones sobre lo que deberá ser la generación 5G de comunicaciones móviles sigue abierta, la mayoría de los investigadores, empresas y reguladores del sector coinciden en prácticamente 7 características:

- Velocidad de transmisión. Se esperan velocidades promedio de 1-20 Gbps. [1]
- Baja latencia. Se espera una latencia de hasta un milisegundo; esto posibilitaría aplicaciones y usos en tiempo real.
- Ancho de banda. La tendencia a hacer uso de frecuencias por arriba de 10 GHz posibilita ofertar hasta 1000 veces más ancho de banda por unidad de área que lo que actualmente se oferta.
- Número de conexiones. Este mayor ancho de banda permitirá que cada vez dispositivos y objetos estén conectados por medio de internet.
- *Always on* (conexión a Internet siempre disponible). Disponibilidad de conexión en cualquier lugar (100% de cobertura), todo el tiempo (99.999% del tiempo).
- Consumo de energía. El consumo de energía se reduce en un 90% (sustentabilidad).
- Vida útil de la batería. Para ciertas aplicaciones, el bajo consumo energético y los algoritmos de transmisión-recepción permitirán una vida útil de la batería de hasta 10 años.

La calidad de 5G definida como AAAA (Anytime, Anywhere, Anyone, Anything) permitirá que una mayor cantidad de dispositivos estén conectados, posibilitando el desarrollo de nuevas aplicaciones; esta gran cantidad de dispositivos conectados coleccionarán una enorme cantidad de información y datos que permitirán caracterizar de una manera mucho más precisa los eventos que generaron esta información.

Los servicios proporcionados por una red de 5G no necesariamente requieren que todas las características arriba mencionadas se cumplan al 100%. Es decir, podrá haber aplicaciones que requieran un latencia muy baja, pero con poca movilidad y probablemente bajas tasas de transmisión. Las redes de 5 G no será una plataforma que brindará todas las características mencionadas en cada uno de sus enlaces, si no que será capaz de proveer las características específicas del enlace que cada una de las aplicaciones requiera, optimizando de esta manera los recursos de la red.

## II **Incremento en la oferta de servicios móviles.**

En México, al igual que en todo el mundo, la demanda de datos móviles ha ido en incremento año con año, así como el número de usuarios que solo hacen uso de servicios móviles [2]. Tabla 1 y 2. Se espera que esta tendencia continúe; además de este incremento en cantidad, también la calidad de los servicios demandados será mayor. La tendencia del número de usuarios que sólo hace uso de servicios móviles también es una tendencia mundial.

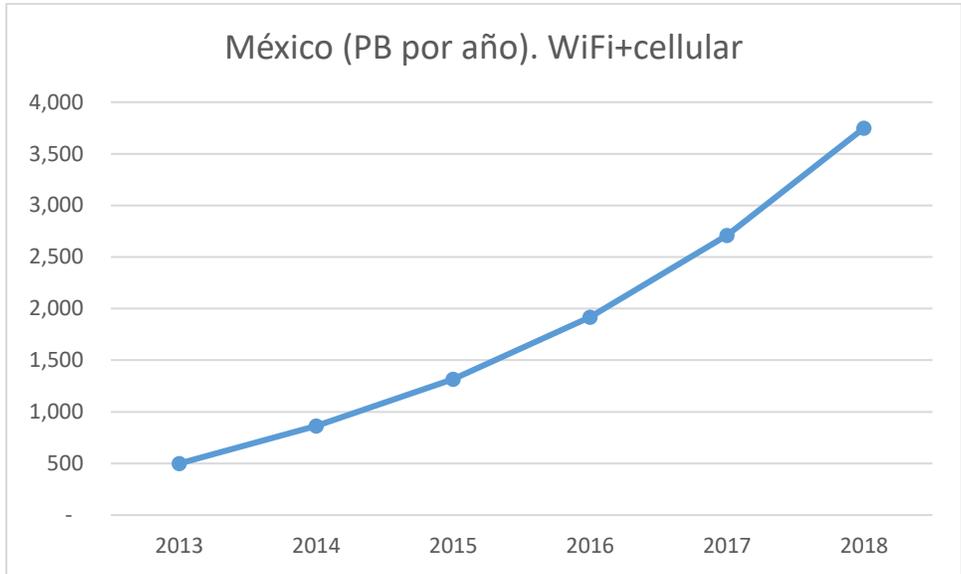


Tabla 1. Petabits consumidos por año en México. Elaboración propia con datos de [1]

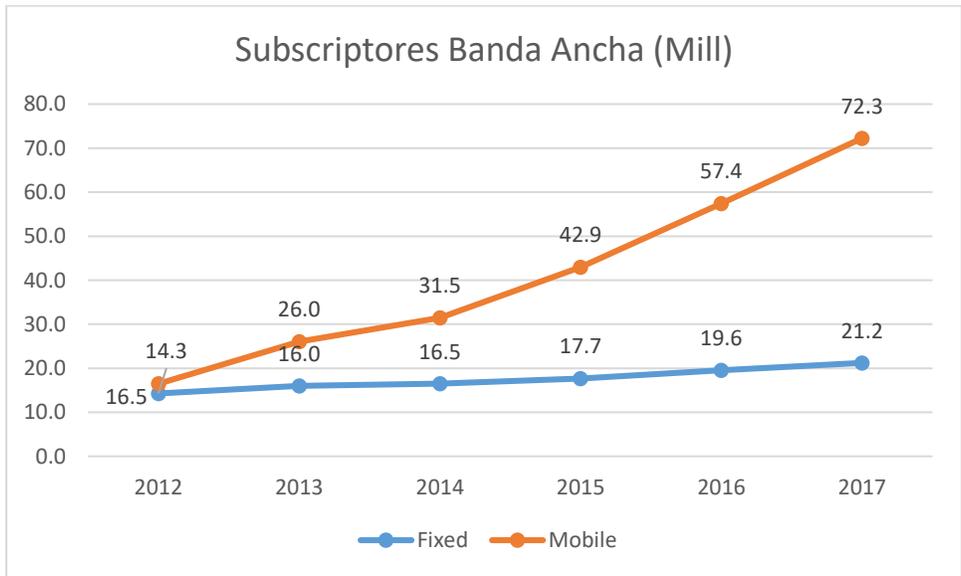


Tabla 2. Usuario móviles Elaboración propia con datos de [1]

De acuerdo con [3], en México los usuarios pasan mas de 10 horas al día conectados a internet haciendo uso de smartphones, y de acuerdo a la misma fuente el número promedio de apps descargadas en cada dispositivo es un poco mayor a 20. La mayoría de estas apps son de redes sociales (poco mas del 80%); en porcentajes similares se encuentran aplicaciones para el envío/recepción de mensajes instantáneos y de sms. Tabla 3. Esta distribución en el tipo de apps usadas es similar para casi todos los países de América Latina.

Del mismo modo los consumidores cada vez mas hacen uso de servicios OTT (Over the Top). Uno de los ejemplos mas claros de este cambio en el patrón de consumo es la adopción de servicios de

comunicaciones sobre IP (Internet Protocol) sobre plataformas OTT a costa de los servicios SMS (Short Message Service).

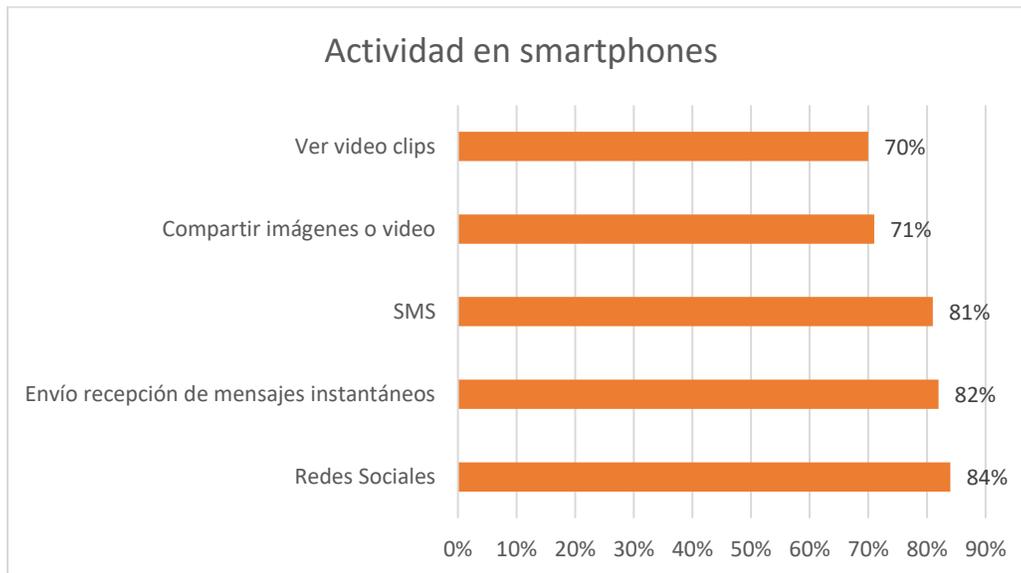


Tabla 3. Perfil de uso en México. Elaboración propia con datos de [1]

Esta demanda ha ocasionado a su vez una creciente necesidad de plataformas y sistemas que hagan uso de bases de datos para dar soporte a las apps descargadas por los usuarios.

### III Impacto en la Industria

Son muchos los ramos de la industria que ha identificado a la movilidad como un medio para incrementar su productividad. Empleados que puedan trabajar desde cualquier lugar y/o través de cualquier dispositivo pueden ser un habilitador para incrementar la productividad. Otros beneficios de la movilidad para la industria es la posibilidad de mejoras en operaciones en campo (monitoreo, medición de tiempos de ejecución, seguimiento en línea, detección de eventos, etc.).

Algunas de las ventajas de hacer uso de la banda ancha móvil en la industria son:

- Reducción de costos.
- Eficiencia en el uso del tiempo para empleados.
- Incremento en ventas.
- Mejora en la calidad de los servicios.
- Acceso a nuevos mercados.
- Acceso a nuevos proveedores.

Una de las tecnologías que posibilitan el logro de las características mencionadas es el acceso a servicios en la nube (Cloud Services); su uso permite a las empresas un manejo mas eficaz de su información y recursos de IT, pudiendo acceder a diversos servicios desde múltiples dispositivos, evitar hacer grandes inversiones iniciales en recursos de IT optando por una estrategia de *pay as you go*, que permitiría una disminución en el CAPEX a cambio de incrementos en el OPEX. Los servicios en la nube permite que los costos por licencias de software y sus respectivas actualizaciones sean mucho menores; lo mismo sucede con las alternativas de almacenamiento y

procesamiento de la información en la nube. Por ejemplo, en el caso de los servicios de salud: un médico podría acceder a toda la información de su paciente, incluyendo historial médico, análisis realizados (incluyendo imágenes y/o video de alta definición), etc., prácticamente desde cualquier dispositivo.

Los modelos que se están desarrollando para su uso en la nube y que se espera sean detonantes en el desarrollo de las nuevas redes están basados en el modelo de servicio; este modelo de servicio puede ser de tres tipo:

- Software como servicio, SaaS.
- Infraestructura como servicio, IaaS.
- Platform as a Service, PaaS.

Este tipo de modelos se implementan en ambientes de la nube, permitiendo a la empresas tener acceso a infraestructura, Plataforma de desarrollo y Software sin tener que hacer grandes inversiones; su impulso y desarrollo permitirán una mejora en la penetración de los servicios de TI en las empresas.

#### **IV Factores para impulsar el desarrollo.**

Dada el escenario de una creciente demanda de servicios móviles, demandando además mayores velocidades y calidades en estos, los operadores, reguladores y demás participantes en el mercado de las telecomunicaciones pueden tomar acciones en tres direcciones principalmente, con el objeto de incrementar la capacidad de las redes actuales:

- **Innovación Tecnológica.** Se debe hacer uso de tecnologías que permitan una mayor eficiencia en el uso del espectro. Modulaciones de alto nivel, así como estrategias de compartición espectral pueden ser una buena alternativa.
- **Topologías.** El diseño de las topologías de las redes de comunicaciones móviles deberán enfocarse a proveer una mayor velocidad al usuario final, en zonas de cobertura con una alta densidad de usuarios; cada uno de estos usuarios puede demandar diferentes condiciones para su conexión, por lo que la topología deberá ser flexible. Debido a alta densidad de usuarios esperada y la habilitación de frecuencias mayores que las actuales para transmitir, la topología deberá considerar un incremento importante el número de estaciones base y/o puntos de acceso.
- **Espectro.** Colocar más espectro para la banda IMT es una recomendación que se ha repetido en varios foros especializados; los niveles de espectro necesarios establecidos por la ITU son aún una meta lejana para México y para los países de Latino América [4].

##### **a) Innovación tecnológica.**

Las técnicas para mejorar la eficiencia espectral, permiten también un incremento en la capacidad y velocidad de las redes móviles, sin hacer uso de una mayor cantidad de espectro. Tecnologías como arreglos de antenas MIMO (Multiple Input, Multiple Output), combinadas con tecnologías que permiten controlar el patrón de radiaciones (beamforming) contribuirán a la factibilidad de que estas redes operen en frecuencias anteriormente descartadas.

La tecnología MIMO permitirá la obtención de altas tasas de transmisión, gracias a que hace uso de trayectorias paralelas hacia varios usuarios u ofertar mayores tasas de transmisión para uno solo. Actualmente 4G oferta MIMO (nominalmente 2x2, 2 antenas para transmisión y 2 para recepción) y la evolución es hacia configuraciones de mayor nivel (massive MIMO), ofertando configuraciones MxN.

#### **b) Topología.**

Una alternativa para mejorar la capacidad de las redes actuales es extender la infraestructura que esta en operación. Como ya se ha mencionado, las redes de la nueva generación son redes con una alta densidad de usuarios, por lo que se deberá incrementar el número de radio bases instaladas, pero además la red deberá ser mas flexible y escalable que sus antecesoras. Deberá ser capaz de establecer enlaces para aplicaciones que demanden gran ancho de banda y baja latencia, así como conexiones máquina-máquina (M2M), que típicamente requerirán menores anchos de banda, enviando mensajes de forma intermitente. Para lograr esta flexibilidad en las redes, se espera que varias tecnologías emergentes como SDN (Software Defined Networking), NFV (Network Function Virtualization) y SON (Self-Organising networks) jugarán un papel importante en el desarrollo y operación de estas redes. La tecnología SON permitirá a las futuras redes autoreconfigurarse y optimizar recursos; por otra parte, la tecnología NFV permite que las funciones que se llevan a cabo en una red y que eran ejecutadas en hardware, ahora sean implementadas en software, separando la infraestructura de la red de los servicios que provee. Por último, las redes SDN permitirán una reconfiguración dinámica de la arquitectura de la red, de modo que se ajuste a los cambios de carga y usuarios. Por ejemplo, en escenarios donde se presente un pico de demanda de servicios y que en las redes anteriores estas podrían quedar saturadas y bloquearse, haciendo uso de la tecnología SDN esta podría reasignar capacidad de procesamiento a un nuevo servidor.

#### **c) Espectro.**

Una mayor disponibilidad de espectro permitirá invariablemente lograr enlaces que oferten mayores velocidades. En México, la cantidad de espectro disponible para aplicaciones IMT ha ido en aumento en los últimos años, donde el proyecto de la red compartida en la banda de los 700 MHz colocando en el mercado 90 Mhz y próximamente la licitación de 120 MHz más en la banda de 2.5 GHz, representan esfuerzos importantes para avanzar en la integración de redes móviles que oferten mayores velocidades y mejore la calidad en los enlaces. Tabla 4. Existe una clara correlación de la cantidad de conexiones M2M y la cantidad de espectro IMT disponible. Tabla 5. La tendencia respecto a las bandas en las que se espera operen los sistemas de comunicación móviles es que estén por arriba de la banda de 6 GHz, en bandas donde tradicionalmente no se operaban sistemas de comunicación móvil terrestre para servicios de banda ancha.

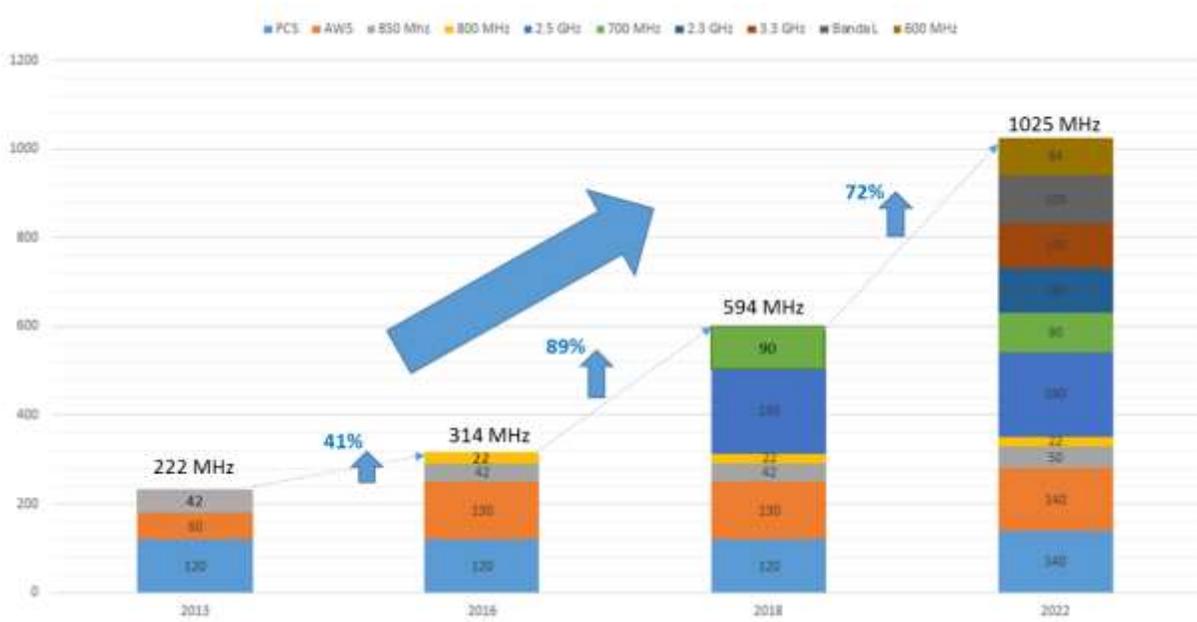


Tabla 4. Espectro IMT para México.

En la agenda para la conferencia mundial de Telecomunicaciones de 2019 (WRC-19) esta la propuesta para identificar para servicios IMT bandas específicas entre 24.25 y 86 GHz. En México, el año pasado se lanzó una consulta respecto a ciertas bandas para su uso en IMT dentro del rango señalado por la ITU. La FCC (Federal Communications Commission) ha realizado trabajos similares para frecuencias por arriba de 24 GHz, incluyendo identificar para comunicaciones IMT las bandas de 20 GHz y la de 39 GHz.

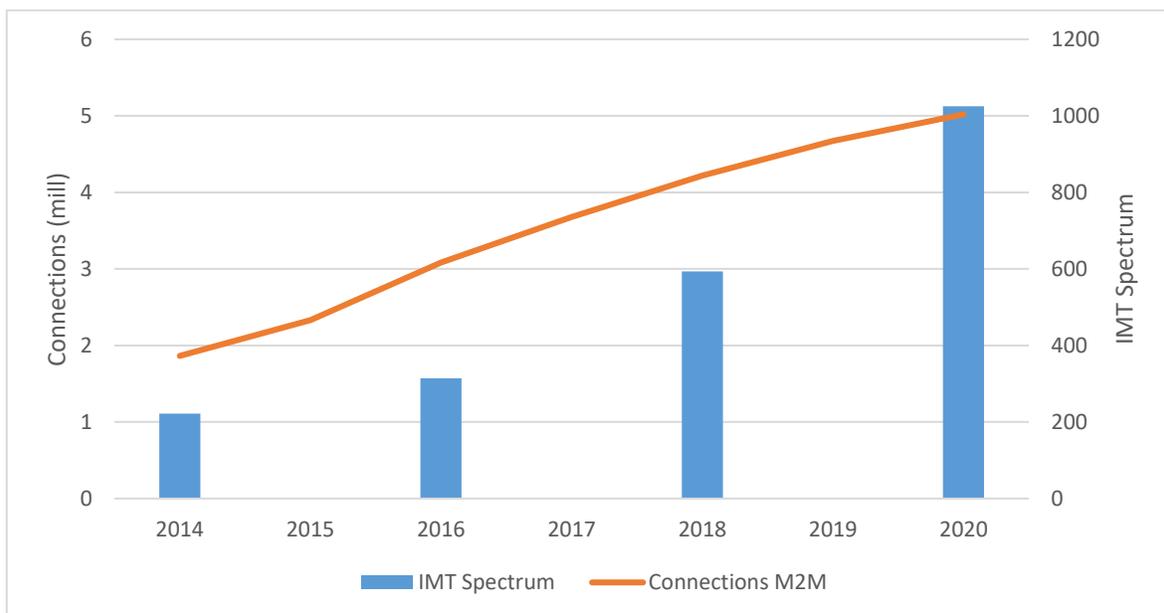


Tabla 5. Espectro IMT para México y conexiones M2M.

Cabe hacer mención que las bandas a baja y a alta frecuencia presentan diferentes limitaciones y características para su uso en aplicaciones para IMT. Frecuencias con una longitud de onda milimétrica ofrecen mucho más ancho de banda que las bandas a frecuencias bajas, lo que permitiría proveer canales con grandes velocidades de transmisión de datos, del orden de los Gbps. Sin embargo, las características de propagación que presentan las bandas a frecuencias altas permiten que los enlaces sufran grandes atenuaciones en su trayectoria, haciendo necesario que en la mayoría de los casos exista una condición de línea de vista (LOS, line-of-sight) entre emisor y receptor. Esto queda claro haciendo uso de la ecuación para el espacio [ ], que permite calcular las pérdidas en un enlace, considerando solo la frecuencia de transmisión y la distancia de cobertura; esta ecuación se define como [ ]:

$$P_{dB} = 92.45 + 20 \log(f) + 20 \log(d)$$

Donde

$P_{dB}$  representa la atenuación de la señal en decibeles.

$f$  es la frecuencia en GHz

$d$  es la distancia en Km

Comparando las bandas desde los 700 MHz hasta los 24 GHz haciendo uso de la ecuación mostrada tenemos (se mantiene una distancia constante de 5km):

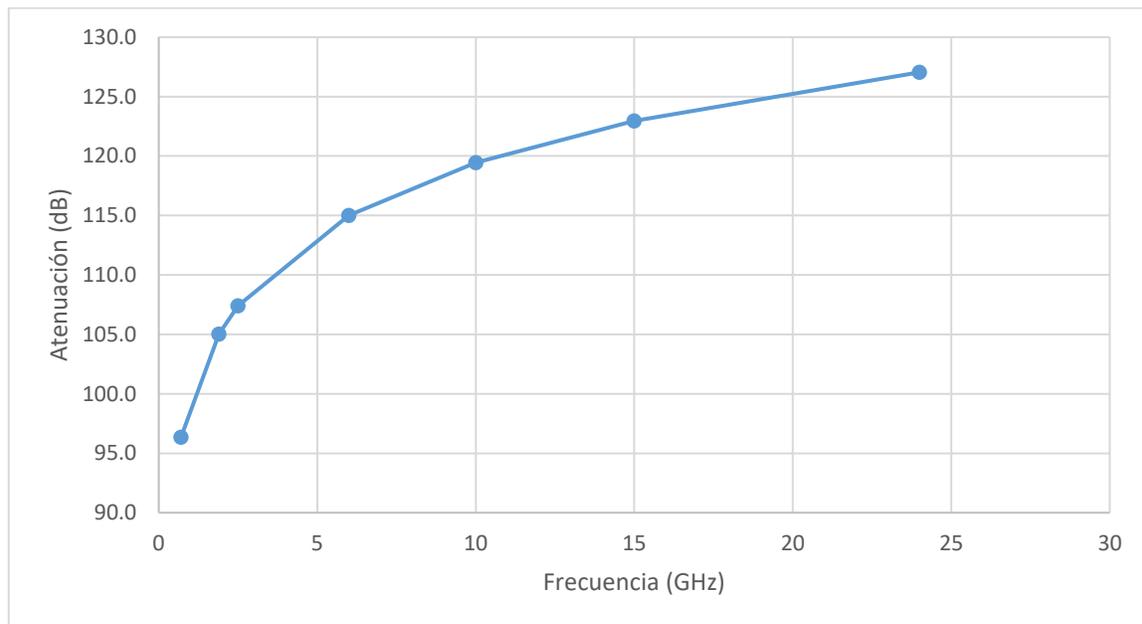


Tabla 6. Atenuación para diversas bandas

Donde claramente se puede notar que a mayor frecuencia la señal sufrirá una mayor atenuación. Si la tendencia, como ya se ha mencionado es hacer uso de banda operando a mayores frecuencias con la idea de oferta mayores velocidades de transmisión, entonces estas nuevas celdas deberán ser mucho más pequeñas; algunos autores y reguladores indican que para sistemas operando en la banda de 24 GHz el radio máximo de cobertura de la célula será de 200 m; en la Tabla 7 se comparan

diferentes valores de frecuencias para un determinado valor de potencia de recepción fijo, para valores de radio de cobertura de 20, 100 y 200m.

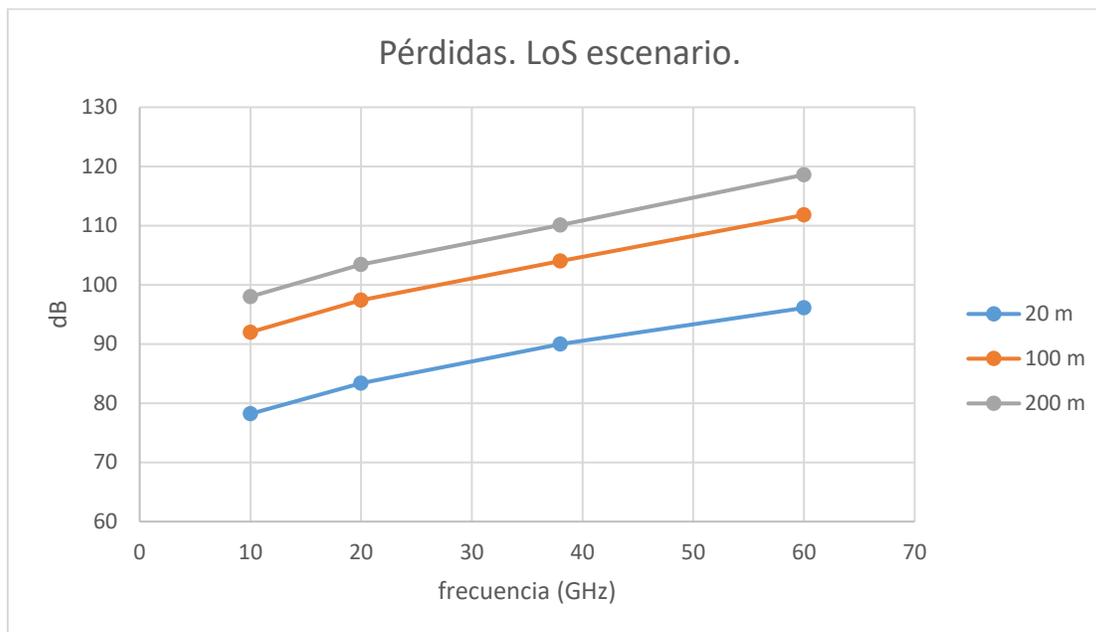


Tabla 7. Diferentes niveles de atenuación para un valor fijo de potencia de recepción, con radio de cobertura de 20, 100 y 200m.

Otros de los habilitadores del desarrollo de la nueva generación de comunicaciones móviles se encuentran fuera de los temas de capacidad y velocidad de la red. Estos habilitadores serán desarrollar economías de mercado que permita ofrecer los equipos móviles a precios accesibles; hacer uso de bandas similares en varios países permitiría que el mercado potencial para un dispositivo creciera, logrando con ello reducir su costo.

## V Aplicaciones y usos.

Es indudable que la aplicación y uso de las redes móviles en la vida diaria de las personas es lo que ha permitido su desarrollo y crecimiento; uno de los retos pendientes y que se espera pueda concretarse a medida que las redes garanticen una mayor calidad en los servicios que oferta es su definitiva introducción en las actividades productivas.

### Internet de las Cosas

El internet de la cosas (IoT) puede interpretarse como la integración de una gran cantidad de conexiones M2M (máquina-maquina), e incluye análisis de datos (big data), computación en la nube y sensores y actuadores que en combinación pueden operar de manera eficiente máquinas y sistemas inteligentes. Ejemplos de aplicación de IoT incluyen la gestión logística haciendo uso de identificación por Radio Frecuencia (RFID), monitoreo y automatización de los sistemas de iluminación y energía en edificios, redes inteligentes y mediciones en la industria energética, aplicaciones para la agricultura, etc.

### Servicios OTT y video.

Los servicios de video y OTT demandarán condiciones de la red que le permitan satisfacer cada uno de los diferentes patrones de uso de los usuarios, ofertando calidad de video de alta y ultra alta definición, haciendo uso de la nube y streaming hacia una gran diversidad de equipos, como smartphones y tablets, a prácticamente en cualquier lugar y permitiendo un gran movilidad de los usuarios. Este tipo de servicios requerirá:

### **Realidad aumentada y el internet táctil**

La realidad aumentada y el internet táctil permitirán soportar nuevas servicios para las industrias médicas y automovilísticas, así como en la evolución de los juegos y entretenimiento en línea. La realidad aumentada se refiere a la integración de información digital, con un video en streaming o la ambientación del usuario en tiempo real. El internet táctil se refiere a los sistemas donde los humanos interactuarán de manera inalámbrica con controles reales y objetos virtuales.

### **Industria**

**Salud.** El acceso remoto a la atención médica es una aplicación fundamental, ya que permitiría hacer llegar estos servicios a más población. El monitoreo de un paciente en recuperación o en tratamiento permitiría que este pudiera estar en casa o desarrollando sus actividades cotidianas mientras es vigilado por los servicios médicos.

**Automotriz.** Proporciona información en tiempo real de la operación del vehículo. El monitoreo de la ubicación de las unidades permitirá establecer medios más efectivos para agilizar el tráfico de los vehículos, potenciando el ahorro de combustible y la disminución de la contaminación. Haciendo uso de monitoreo de velocidad, localización y otros factores ambientales, la cantidad de accidentes podría disminuir.

### **Comunicaciones ultra confiables.**

Estas comunicaciones se refieren a la siguiente generación servicios que harán uso de big-data para aplicarlo en tiempo real, de manera segura, que permita coordinar operaciones y responder de manera rápida y oportuna para atender emergencias, como desastres naturales.

### **Bancho Ancho móvil en todas partes.**

Las redes deberán soportar conexiones en todas las localidades y circunstancias de modo que el usuario no sufra cambios en la calidad de señal que recibe, lo que le permitirá a un usuario trabajar de manera remota desde un vehículo o tren a alta velocidad; esta conectividad también permitirá el monitoreo de redes de datos para medir consumo de agua, electricidad, etc., en cualquier parte, potenciando con ello una mejor gestión de estos recursos.

Para que los sistemas IoT operen de manera adecuada es necesario cumplir con las siguientes características:

**Conectividad.** La red deberá ser capaz de incrementar su capacidad de modo que pueda dar servicios a una gran cantidad de dispositivos, además de que estos pueden demandar diferentes condiciones de conexión.

Eficiencia Energética. Se espera la batería usada en los dispositivos conectados pueda alcanzar una vida útil de hasta 10 años, debido a un eficiente gestión en los protocolos de comunicación que permitirá enviar información de manera intermitente y en muchas ocasiones sin altas exigencias respecto al ancho de banda y latencia.

*Always on.* Estas características define la completa disponibilidad para enviar-recibir información por parte del dispositivo, cumpliendo con las características particular de que la aplicación requiera; para mucho sistemas, como en el caso de aplicaciones médicas o de automóviles autónomos la pérdida de la conexión o deterioro de la misma puede ocasionar serios problemas.

Latencia. Hay aplicaciones que requerirán de niveles muy bajo de latencia por la calidad y seguridad que los servicios que se ofertan deben cumplir.

Conclusiones.

Dado lo anterior, es posible aproximar que los insumos necesarios para promover e impulsar el la calidad y cantidad de los servicios de telecomunicaciones pueden listarse de manera general de la siguiente manera:

- Espectro. Definitivamente, una mayor cantidad de espectro colocado para aplicaciones IMT impulsará el desarrollo de estas nuevas redes; la tendencia a buscar frecuencia mayores llevar a diseñar celdas de menor tamaño, con el objeto de mitigar los efectos de la atenuación, que como se mostró se incrementan a medida que la frecuencia es mayor. También, la identificación de nuevas bandas de uso por muchos países permitirá desarrollar una economía de mercado que impactará en los precios a los usuarios finales.
- Topología. El nuevo escenario será de redes con alta densidad de usuarios y con una mayor cantidad de celdas; nos obstante, con la idea de dimensionar de manera correcta la el reto de esta nueva infraestructura, recordemos que el tamaño de las antenas decrece al incrementar las frecuencias de trabajo, por lo que las antenas para las nuevas redes móviles serán muy pequeñas, llegando a hablar de arreglos de las mismas, que podrías ser colocadas en infraestructura existente. Al mismo tiempo, el uso de las redes basadas en software, junto con las tecnologías mencionadas permitirá un mejor manejo y flexibilidad de la información, al mismo tiempo que también impactará en la dimensión de las radio bases y demás unidades procesadoras de información.
- Nube. El uso de los recursos de la nube, en la definición de la implementación de modelos de servicios, permitirá optimizar los recursos de las empresas, con ello posibilitando que más de estas puedan acceder a este tipo de infraestructura sin la necesidad de grandes inversiones. Las inversiones llevadas a cabo por las empresas en Infraestructura como Servicio, IaaS, Software como Servicio, SaaS, y Plataforma como servicio, PaaS, marcarán de manera importante el avance para el desarrollo de más y mejores servicios.
- Innovación Tecnológica. La flexibilidad de las redes para adaptarse a las innovaciones tecnológicas permitirá el aprovechamiento

## Referencias.

- [1] <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2017/02/Espectro-5G-Posici%C3%B3n-de-la-GSMA-sobre-pol%C3%ADticas-p%C3%ABlicas.pdf>
- [2] <https://www.ovumkc.com/search/research?query=SDN&offset>
- [3] <https://www.imsincorporate.com/news/Estudios-comScore/IMS-Mobile-Study-Septiembre2016.pdf>
- [4] <https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2020/Pages/default.aspx>
- [5] P. Mell and T. Grance, (2011). "The NIST definition of cloud computing," in National Institute of Standards and Technology, vol. 53,2011. Available on: <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>.
- [6] NIST. <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>
- [7] <http://www.softwareadvice.com/crm/online-crm-comparison/>
- [8] <http://www.tomsitpro.com/articles/paas-providers,1-1517.html>
- [9] Cloud Computing Survey 2016. Executive Summary. IDG Enterprise.
- [10] 5G and mobile networks developments-Emerging issues. February 2016. ACAM. Australian Government.
- [11] 5G Spectrum Candidates beyond 6 GHz: A simulation of Jakarta environment. Ahmad Salaam, et al. 2016 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP), Indonesia.