

## **Evolución de la tecnología móvil. Camino a 5G**

En los últimos 200 años, nuestras formas de comunicarnos han evolucionado rápidamente, desde las cartas, el telégrafo, el teléfono fijo, móvil y las redes sociales que funcionan hoy en día gracias al internet. Cada “novedad” en su época fue innovador y se creía satisfacían plenamente las necesidades de comunicación de los seres humanos, pero solamente duraba el tiempo necesario hasta que la próxima innovación o invento llegue a las masas y en cuestión de pocos años la tecnología se consideraba obsoleta.

En las últimas décadas, los ciclos se han acortado gracias al desarrollo y evolución paralela de la electrónica, hardware y software.

Las telecomunicaciones de voz con tecnología fija, están presentes en nuestras vidas desde su aparición en 1876, cuando Antonio Meucci instaló un teléfono básico entre su oficina y la habitación de su esposa quién estaba enferma y no podía caminar. Aunque hasta hace muy poco se atribuía el invento a Alexander Graham Bell quién patentó el invento en extrañas circunstancias. Recién en el 2002, el Congreso de los Estados Unidos de América reconoció como inventor del teléfono a Antonio Meucci.

Capítulo aparte, reciente y paralelo al desarrollo del internet son las telecomunicaciones móviles. La telefonía móvil ha evolucionado radicalmente, el continuo mejoramiento de la tecnología y los millones de recursos invertidos en el sector, ha provocado un desarrollo acelerado en múltiples segmentos y servicios, lo que ha cambiado la forma de comunicarnos, ha generado oportunidades de nuevos negocios y creado millones de plazas de trabajo en todo el planeta, en relativamente poco tiempo. Viendo en retrospectiva parecería que el camino ha sido sencillo, nada más lejos de la realidad, pues se ha necesitado décadas de innovación, de mejora de los terminales, en su diseño, volumen y peso; de redes, del software móvil, y en general, de grandes adaptaciones por parte de los fabricantes, operadoras y distribuidores, a medida que cambiaba la tendencia de consumo. La influencia de la telefonía móvil en la tecnología actual es tan grande e importante que ha trascendido del simple dispositivo de comunicación por voz, hasta llegar a ser un “asistente personal inteligente” y de uso masivo en una nueva era de movilidad.

La evolución de la tecnología móvil se ha segmentado por generaciones, desde sus orígenes denominada 1G, la que hoy está implementándose 4G y la próxima que está en etapa de investigación y desarrollo 5G.

### **Evolución de la Tecnología Móvil**

- 1G**

La tecnología móvil, al igual que el internet comparten un origen similar: las necesidades y requerimientos de comunicaciones de las fuerzas militares de las naciones poderosas de la época. Durante la segunda guerra mundial se evidenció esta gran necesidad de comunicaciones y movilidad, por lo que se construyeron los primeros medios inalámbricos de telecomunicaciones con esos fines y los primeros terminales construidos tenían gran volumen y peso, razón por lo que se instalaban en vehículos.

Entre 1970 y 1973 Martin Cooper, considerado “El Padre” de la telefonía celular, construyó el primer teléfono celular, que era analógico de gran peso y volumen, y la batería apenas duraba 20 minutos.

A los terminales de la tecnología móvil se denominaron celulares por la forma de las coberturas de las redes inalámbrica, nombre que llegó a popularizarse.

[1] Los sistemas de la primera generación solo brindaban servicios de voz basados en transmisión de radio analógicos. El primer operador de telefonía celular apareció en 1979 con el nombre de NTT en Tokyo, Japón (Nippon Telephone and Telegraph). Dos años más tarde el celular llega a Europa. Las empresas más recordadas son la NMT (Nordic Mobile Telephones) y la TACS (Total Access Communication Systems).

Los sistemas brindaban servicios handover pero no podían interconectarse con las redes de otros países, constituyendo en una gran desventaja de esta primera generación.

En los Estados Unidos ésta generación se denominó AMPS (Advanced Mobile Phone System) y se creó en 1982. El sistema utilizaba 40Mhz dentro de la banda de 800 a 900 Mhz asignada por la FCC (Federal Communications Commission). En 1988 unos 10 Mhz adicionales fueron asignados para AMPS a la cual se denominó ES (Expanded Spectrum). La primera infraestructura se desplegó en Chicago, con un área de servicio de 5500 Km2. AMPS ofrecía 832 canales, con una tasa de 10kbps.

Las primeras antenas utilizadas antes de AMPS eran omnidireccionales; sin embargo, AMPS fue el primero en implementar antenas direccionales que permitían una mejor reutilización de las frecuencias y por ello optó por antenas de 120 grados. Las transmisiones desde las estaciones base hacia los móviles utilizaban la banda de 869-894Mhz y para el canal de retorno la banda de 824-849Mhz.

AMPS y TACS usaban FM (Frequency Modulation) como técnica de radio transmisión. El tráfico era multiplexado en FDMA (Frequency Division Multiple Access)

En 1983 sale al mercado el primer teléfono móvil comercial, el Motorola DynaTAC 8000X, tenía un peso de 780 gramos, y dimensiones de 33x9x4.5cm y costo de \$3995,00 USD.

- **2G**

La principal característica de la segunda generación es la transición a la tecnología digital. Esta etapa inicia en 1990. Varias tecnologías marcaron la ruta de esta generación, entre las que se destacan: GSM (Global System for Mobile Communication) en Europa, PDC (Personal Digital Cellular, antes JDC) en Japón y los sistemas IS-54 (North América TDMA - Time Division Multiple Access, Digital Cellular), IS-95 (CDMA – Code Division Multiple Access One), IS-136 (TIA/EIA136 o ANSI-136), PCS (Personal Communications Service).

En Sudamérica, concretamente en Ecuador la llegada de la tecnología móvil se da en el año 1993 cuando dos empresas: Conecel S.A. y Otecel S.A. ganan la concesión para explotar los servicios móviles avanzados e implementan la tecnología de la segunda generación. Conecel, hoy con nombre comercial CLARO implementa GSM con tecnología TDMA y Otecel S.A., hoy de nombre comercial MOVISTAR IS-95 con tecnología CDMA.

Las frecuencias que utilizaban estaban en el mismo rango de frecuencias de la primera generación, únicamente en Estados Unidos se subastó la banda de 1900Mhz, para que GSM pueda ingresar al mercado norteamericano.

Los terminales redujeron su tamaño, pero aún eran grandes y las antenas sobresalían del cuerpo del teléfono. En esta generación ya se podía transmitir mensajes de texto SMS (Short Messages Service), datos y fax.

La velocidad de transmisión de datos fue de 9.6Kbps, bastante menor a la tecnología dial up de los módems de la telefonía fija 56Kbps de la tecnología fija de la época.

A finales de los 90s se introdujeron mejoras significativas a la tecnología con el objetivo de mejorar las tasas de transmisión de datos, estas mejoras se conocen como la generación 2.5G y corresponde a las siguientes tecnologías basadas en GSM. GPRS (General Packet Radio System), HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), EDGE (Enhanced Data Rates in GSM Environment), IS-95B, IS-136B. La tecnología Japonesa PDC realizó la transición en forma directa de 2G a 3G. La tasa de transmisión de 2.5G fue desde 56Kbps hasta 150Kbps en óptimas condiciones. Con mejoras en la codificación EDGE se logró tasas de 384Kbps.

[2] La tecnología 2G en el Ecuador cuenta con 11'102.405 usuarios, de un total de 14'122.460 subscriptores de abonados de telefonía móvil a diciembre de 2015.

- **3G**

La necesidad de converger los servicios de voz y datos con acceso inalámbrico a internet, aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos, dio origen a la tercera generación. Esta necesidad de convergencia en los servicios también requería la estandarización de la infraestructura, ya que, hasta la segunda generación cada fabricante operaba por su cuenta; por lo tanto, se decidió contar con una red que proporcione servicios independientes de la plataforma tecnológica y cuyo diseño de red sean los mismos para todo el mundo, con ello nació la 3G. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) define las demandas de las redes móviles 3G con el estándar IMT-2000. También se creó una organización llamada Proyecto Asociación de 3<sup>a</sup> Generación (3GPP) que ha continuado que el trabajo mediante la definición de un sistema móvil que cumpla la norma IMT-2000.

La tercera generación en Europa se denominó UMTS (Universal Mobil Terrestrial System) y WCDMA es la tecnología de interfaz aérea. En Estados Unidos se denomina CDMA2000. Los principales componentes incluyen BS (Base Station) o nodo B, RNC (Radio Network Controller), además de WMSC (Wideband CDMA Mobile Switching Centre) y el SGSN / GGSN. Las redes 3G permiten a los operadores de red ofrecer a los usuarios una gama más amplia de servicios avanzados, mientras logra una eficiencia espectral.

[1] La primera red comercial 3G fue lanzada por NTT DoCoMo en Japón el 01 de octubre de 2001, basado en tecnología W-CDMA. La segunda red comercial fue SK Telecom en Corea del Sur basado en tecnología 1xEV-DO (Evolution Data Optimized), enero de 2002. En Europa la red 3G fue introducida por KTF basado en EV-DO a partir de marzo de 2003. La primera red comercial 3G en Estados Unidos fueron Monet Mobile Networks y Verizon basado en tecnología CDMA2000 1x EV-DO a partir de octubre de 2003.

El despliegue de redes 3G tuvo inconvenientes debido a los grandes costos de las frecuencias y tarifas adicionales por uso del espectro. Solamente en Estados Unidos las frecuencias 3G utilizaban las mismas frecuencias de 2G, pero en muchos otros países se debía obtener la concesión de nuevas frecuencias para desplegar nueva infraestructura de telecomunicaciones con sus consecuentes costos asociados. Un caso particular es China, que retrasó sus decisiones en 3G durante muchos años. En enero de 2009, China lanzó 3G, pero, para lo cual se concedió licencia para operar 3G con diferentes tecnologías: China Mobile con TD-SCDMA, China Unicom con WCDMA y China Telecom con CDMA2000.

Esta generación es una clara evolución de la anterior. Se mejora la potencia de las antenas, permitiendo más conexiones, mejor calidad de voz y mayor velocidad para transferir datos, alcanzando velocidades desde 384 Kbps y permitiendo una movilidad total a usuarios viajando a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores y una tasa máxima de 2 Mbps permitiendo una movilidad limitada a usuarios caminando a menos de 10 kilómetros por hora en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores. Esta característica de movilidad dentro de la zona de cobertura de un operador, y también entre distintos operadores y países, permitió la transferencia de datos además del roaming de voz y mensajes SMS. Toda esta integración tecnológica se basó en protocolos IP TCP/IP.

Esta generación también tiene su generación intermedia conocida como 3.5G o 3G+ denominada HSPA (High Speed Packet Access) con capacidades de transmisión de datos capaz de alcanzar velocidades de hasta 14,4 Mbps en el enlace descendente y 5,8 Mbps en el enlace ascendente.

Otra característica muy importante y visible, especialmente para los usuarios fue la introducción del SIM Card (Subscriber Identity Module Card), donde se almacena la información de suscripción de los usuarios, siendo independiente del terminal telefónico móvil. Aunque esta característica se introdujo en la tercera generación, la SIM Card también fue adoptada por la tecnología 2G.

Los terminales redujeron su tamaño, peso y costo, lo que permitió la masificación del uso de la telefonía celular, desde el popular Nokia 1100 hasta los actuales smartphones, pasando por los famosos blackberrys que permiten tráfico multimedia.

[2] A diciembre de 2015 existían 2'220.407 usuarios de tercera generación en el Ecuador.

- **4G**

La cuarta generación inicia en el año 2010, específicamente en Japón. En los siguientes años se despliega en el resto del mundo, pero la masificación de los servicios de esta generación en Ecuador y Sudamérica se da desde el año 2014 en adelante. En forma similar como se crearon los estándares para 3G con IMT-2000, se definieron los estándares para 4G con IMT-Advanced.

4G se considera todo IP (All-IP), lo que permite contar con una plataforma común para todas las tecnologías que se han desarrollado hasta la actualidad y que son la base para la próxima generación 5G. La diferencia fundamental entre la red GSM / 3G y All-IP es que la funcionalidad del RNC y el BSC que ahora se distribuye a la BTS y un conjunto de servidores y gateways. Lo cual implica redes menos costosas y mayores velocidades de transferencia de datos. El usuario tiene la libertad y flexibilidad para seleccionar cualquier servicio con QoS (Quality of Service), en cualquier momento y en cualquier lugar con acceso transparente. Una de las características más evidentes es la posibilidad de visualizar transmisiones de televisión con calidad HD y televisión digital.

Aunque el estándar fija una tasa de transmisión de 100Mbps para usuarios móviles y para usuarios estacionarios hasta 1Gbps, lo que se comercializa por parte de las operadoras no cumple con los estándares IMT-Advanced, sin embargo, la UIT en 2010 aceptó que varios candidatos como LTE tomen el nombre de 4G, pero en realidad solo eran 3.9G. Ahora ya se está implementando LTE-Advanced que cumple el estándar 4G.

La actual generación 4G, que está en plena fase de implementación fue concebida y enfocada para el tráfico de datos, por lo que la implementación de los estándares para una verdadera red convergente que transporte el tráfico de voz en paquetes IP aún está en desarrollo.

Las características de 4G son las siguientes:

- La tasa de datos máxima de 1 Gbps para DL (Downlink – Forward Channel) y 500 Mbps para UL (Uplink - Reverse Channel), para usuarios fijos. Para usuarios móviles 100Mbps DL y 50 UL.
- La latencia debe ser inferior a 100ms en el plano de control y en modo standby. En estado activo debe ser menor a 10ms.
- El pico de eficiencia espectral del enlace descendente debe ser hasta 15 bps/Hz y pico de eficiencia espectral del enlace ascendente de 6,75 bps/Hz con una configuración de antena de  $4 \times 4$  o menos en DL y  $2 \times 4$  o menos en la UL.
- La eficiencia espectral media de usuario en DL (con la distancia entre sitios de 500m y peatones usuarios) debe ser 2.2 bps/Hz/célula con MIMO  $4 \times 2$ , mientras que en la UL de la eficiencia espectral media de destino es de 1,4 bps/Hz/célula con MIMO  $2 \times 4$ .
- En el mismo escenario con 10 usuarios, la eficiencia espectral DL de usuario al borde de la celda será de 0,06 bps/Hz/célula con MIMO  $4 \times 2$ . En el UL la eficiencia espectral de usuario al borde de la celda debe ser 0,03 bps/Hz/célula con MIMO  $2 \times 4$ .
- Debe garantizar la movilidad de hasta 350 km/h en las IMT-Avanzadas.

[2] Los usuarios 4G en el Ecuador a diciembre de 2015 son 799.648 subscriptores.

## 5. 5G

5G es la próxima generación que está por venir, y se trata de un ecosistema concebido para la integración total y masiva de dispositivos (IoT)Internet de las cosas. Existe una ruta planificada y se espera la puesta en producción en el año 2020. Tanto 3GPP y la ITU-R están trabajando con los estándares para 5G que se han denominado 5G evolution y IMT – 2020, respectivamente.

Se espera que la quinta generación de la tecnología brinde una capacidad masiva de tráfico, con las más altas velocidades, uso eficiente del espectro y nuevos rangos de espectro, para una densidad masiva de usuarios. Otra de las expectativas es que se pueda contar con soporte para misiones críticas con una muy baja latencia, alta confiabilidad, disponibilidad y seguridad.

Esta generación dará el soporte para implementar el internet de las cosas IoT (Internet of Things), para interconectar millones de dispositivos entre sí, con optimización en el uso de energía requerida por un lado y con un mejoramiento en la calidad y tiempo de vida de las baterías de los dispositivos por otro.

La estructura para 5G se podría clasificar en las siguientes:

**EFICIENCIA ESPECTRAL.**- Se requiere el uso masivo de tecnología MIMO y FD-MIMO (Full Dimension-Multiple Input Múltiple Output) para lograr coberturas más grandes y de mayor capacidad. También es importante un mejoramiento en modulación y multiplexación de las ondas de radio.

**DENSIFICACIÓN.**- Se debe evolucionar el acceso por radio a la red RAN (Radio Access Network), con la construcción de celdas pequeñas, lo cual no es escalable hasta cierto punto. Es necesario la introducción de nuevos conceptos como planos de control y datos, nuevo sistema de arquitectura son requeridos para alcanzar redes ultra densas.

**ESPECTRO.**- Es necesario diseñar sistemas para operar en canales más grandes de ancho de banda, esto requiere cuidado y equilibrio entre eficiencia espectral y eficiencia energética. También se debe operar en nuevos escenarios de licenciamiento, como en bandas libres o con licencias compartidas, además también se debería operar en bandas de frecuencia baja y en mmWave (millimeter Wave). **SDN/NFV (Software Design Networks / Network Virtualization Functions).**- Para lograr la masificación y densificación de la conectividad es importante contar con gestores de red por software en lugar de hardware esto permitirá lograr la escalabilidad y optimización de recursos. Además de SDN/NFV se requiere desarrollar la RAT (Radio Access Technology) que permita las funcionalidades distribuidas de L1/L2/L3.

**CONECTIVIDAD MASIVA.**- El mejoramiento de la RAT, permitirá a la red avanzar hasta la capa física L1 que alivianará los protocolos para soportar una conectividad masiva. También se requiere mejoras energéticas y en la cobertura.

## Conclusiones

- La mayor cantidad de usuarios en Ecuador y Latinoamérica pertenecen a la segunda y tercera generación, también es evidente que el segmento de mayor crecimiento es la cuarta generación.
- La revisión de la evolución de las telecomunicaciones móviles nos ha permitido evidenciar el gran y acelerado desarrollo de la tecnología.
- Desde la primera característica básica de movilidad, aún con el peso, la mala calidad y los costes que iniciaron comercialmente en 1980, se han realizado avances muy grandes, radicales y significativos.
- Antes de cumplir las 4 décadas de investigación, desarrollo e implementación de la tecnología, estamos llegando a la interconectividad total, de millones de dispositivos, lo que se ha denominado el IoT “internet de las cosas”.
- En esta nueva era tecnológica de comunicaciones, se logrará de forma autónoma realizar desde lo más sencillo como ir de un lugar a otro hasta operaciones médicas complejas a distancia; se pueden implementar ciudades inteligentes, realidad virtual, vehículos terrestres y aéreos automáticos, etc., en fin, haría realidad lo que hasta hoy que es ciencia ficción.

Danilo Geovanny Barreno Naranjo\*

Darwin Paúl Carrión Buenaño\*\*

Iván Tenecora Mejía\*\*\*

Universidad Estatal de Bolívar Guaranda, Ecuador

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

*Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:*

*Danilo Geovanny Barreno Naranjo y Darwin Paúl Carrión Buenaño y Iván Tenecora Mejía (2016): “Evolución de la tecnología móvil. Camino a 5G”, Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales, (octubre-diciembre 2016). En línea: <http://www.eumed.net/rev/cccsl/2016/04/5G.html>  
<http://hdl.handle.net/20.500.11763/cccsl2016045G>*