



**NOMBRE DEL SUB-EVENTO**  
**XVII SIMPOSIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA (SIE-2019)**

**Título**  
**Introducción de Tecnología 4G en Cuba**

***Title***  
**Introduction of 4G technology in Cuba**

Ing. Bárbara García Rosell. ETECSA, Cuba. E-mail: [barbara.garcia@etecsa.cu](mailto:barbara.garcia@etecsa.cu)

Coautor: Dr. Francisco R. Marante Rizo, CUJAE, Cuba. E-mail [marante@tele.cuja.edu.cu](mailto:marante@tele.cuja.edu.cu)

**Resumen:**

Actualmente en la red móvil de ETECSA predominan las tecnologías 2G y 3G, las cuales no son suficientes para soportar el crecimiento cada vez mayor del tráfico, la necesidad y demanda de servicios y contenidos de banda ancha, por el sector turístico, empresarial y residencial. A esto se suma la congestión de la red y el cumplimiento de las proyecciones de la estrategia nacional de desarrollo de la banda ancha en Cuba, a tono con el desarrollo de la región. Partiendo de lo anterior se propone como solución la tecnología LTE (4G), comprobando la factibilidad de su introducción y despliegue mediante la realización de pruebas de laboratorio para comprobar el desempeño y prestaciones de la misma.

Como metodología se emplearon métodos teóricos, empíricos y estadísticos matemáticos

Se obtuvo como resultado la comprobación práctica en un ambiente de laboratorio y escenario real, que la tecnología adoptada cumple con los estándares y especificaciones descritas por los organismos de estandarización (3GPP, GSMA, IETF, IEEE y UIT). Incluido pruebas de servicios y coexistencia con la red 3G

**Conclusiones**

El despliegue de redes LTE permitirá

- Contar con una infraestructura de red flexible y escalable para soportar los servicios de banda ancha y una ventana hacia la quinta generación de redes móviles (5G) y el Internet de las cosas (IoT).
- Expandir la tecnología a nivel nacional y a cualquier tipo de escenario, urbano, semiurbano y rural, lo cual propiciará disminuir los niveles de obsolescencia de la red y los costos de operación y mantenimiento.



**Abstract:**

Currently in the ETECSA mobile network, 2G and 3G technologies predominate, which are not enough to support the growing traffic growth, the need and demand for broadband services and content, by the tourism, business and residential sectors. To this is added the congestion of the network and the fulfillment of the projections of the national strategy of development of broadband in Cuba, in line with the development of the region. Based on the above, LTE (4G) technology is proposed as a solution, verifying the feasibility of its introduction and deployment by performing laboratory tests to check the performance and performance of the same.

As a methodology, theoretical, empirical and mathematical statistical methods were used.

The practical verification was obtained in a laboratory environment and real scenario, that the adopted technology complies with the standards and specifications described by the standardization bodies (3GPP, GSMA, IETF, IEEE and ITU). Included tests of services and coexistence with the 3G network.

**Conclusions**

The deployment of LTE networks will allow

- Have a flexible and scalable network infrastructure to support broadband services and a window into the fifth generation of mobile networks (5G) and the Internet of Things (IoT).
- Expand the technology at a national level and to any type of urban, semi-urban and rural scenario, which will help reduce levels of network obsolescence and operation and maintenance costs.

**Palabras Clave:** *Pruebas, LTE; Pruebas de conducción, KPI, Cobertura*

**Keywords:** *Test; LTE; Drive test, KPI, Coverage*



## 1. Introducción

Actualmente la tecnología inalámbrica representa una parte creciente de la infraestructura mundial de comunicaciones, e independientemente que en ocasiones compiten con las cableadas son complementarias entre sí, ya que por ejemplo, el transporte de las conexiones al núcleo y la infraestructura del núcleo de las redes móviles suelen estar basadas en enfoques cableados, ya sean ópticos o de cobre.

Se plantea que, en el mundo actual el acceso y la utilización de internet por las personas y las empresas es una parte esencial del desarrollo. Internet es uno de los motores principales de la economía del siglo XXI, representa un 6 por ciento de media del PIB de los países desarrollados; aunque esta cifra es inferior en los mercados en desarrollo, la economía de internet crece entre el 15 y el 25 por ciento en esas economías. Teniendo presente lo anterior, el Departamento de Estado de los Estados Unidos lanzó la Iniciativa Conectar el Mundo, documento 1/384, Iniciativa de conexión Global ("The Global Connect Initiative"), para expandir el acceso a internet a nivel mundial, para conectar personas en redes de áreas remotas, y para promover y apoyar las actividades de las principales partes interesadas, para ayudar a conectar a 1500 millones de personas adicionales hasta el año 2020.[1]

El Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-D), es el órgano permanente creado para contribuir a difundir un acceso equitativo, sostenible y asequible a las telecomunicaciones para fomentar un mayor desarrollo económico y social. El mismo está integrado por dos Comisiones de Estudio. La Comisión de Estudio 1 (CE 1) facilita a los países en desarrollo la comprensión de las diferentes tecnologías disponibles para el acceso de banda ancha utilizando tecnologías cableadas y terrenales para las telecomunicaciones terrenales y por satélite, incluidas las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT). La normalización de las tecnologías de acceso de banda ancha constituye una prioridad en el plan estratégico UIT. [2]

En Cuba, los servicios de telefonía celular se comienzan a prestar por primera vez en el año 1993 en el subsistema occidental (La Habana y Varadero). En los años siguientes se continuó la ampliación de la cobertura hacia otras regiones del país. En marzo de 1995 se inaugura el subsistema oriental con la cobertura en la ciudad de Santiago de Cuba; en mayo de 1996 se extiende el servicio a Moa y se cubre una parte de la autopista La Habana-Varadero. En junio de 1997 se pone en marcha el subsistema central con la cobertura de la ciudad de Cienfuegos; en 1998 se extiende a la ciudad de Santa Clara y en mayo de 1999 a Holguín. Durante el año 2000 se inaugura el servicio en las ciudades de Pinar del Río, Ciego de Ávila, Camagüey, Sancti Spíritus, La Tunas, Bayamo, Guantánamo, Nueva Gerona y en Cayo Coco. [3]

A partir del año 2007 se implementó un programa de desarrollo de la telefonía móvil, que posibilitó el comienzo de la comercialización de este servicio a personas naturales en el año 2008.



Desde el inicio de la expansión y hasta el cierre del 2018, la cantidad de celulares ha tenido un incremento, y en la actualidad existen alrededor de 5 millones de líneas activas.

Paralelamente en las zonas rurales o de difícil acceso que no tenían comunicación por la red telefónica fija, en el 2005 se comenzó a prestar una nueva modalidad de servicio telefónico conocido como telefonía fija alternativa (TFA), que consiste en una variante que utiliza la infraestructura celular.

En consecuencia, con el desarrollo mundial y el Plan Estratégico 2015 – 2020 de ETECSA que prevé un crecimiento importante de líneas móviles con una gran penetración de servicios de datos, se crea la base para la introducción de la banda ancha móvil.

Igualmente, la "Estrategia Nacional para el desarrollo integral de la Banda Ancha en Cuba" elaborada por el MINCOM, contempla las redes móviles de cuarta generación como una de las modalidades técnicas para la implantación de las Metas de la Banda Ancha.

Teniendo en cuenta lo anterior y la necesidad de contar con una infraestructura de red que propicie un despliegue acelerado y más eficiente, para ofrecer servicios de banda ancha, la creciente demanda de tráfico, contenido, aplicaciones y cumplir con las metas de desarrollo trazadas por el país, se plantea como problema científico:

*¿Cómo evolucionar la red celular para ofrecer nuevos servicios de banda ancha?*

Por lo tanto, el objeto de investigación son las redes inalámbricas móviles y el campo de acción se enfoca en la solución de acceso 4G (LTE).

Por lo cual el objetivo general es demostrar la factibilidad de la introducción y despliegue de la tecnología de acceso inalámbrica LTE, a partir de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas.

El concepto 4G, se define a partir de la versión 10 del 3GPP por el estándar IMT Advanced, y fue estandarizado en marzo del 2011, y es conocido como LTE Advanced.[4] [5]

Con el desarrollo del estándar del 3GPP surge la tecnología LTE, dirigida a la evolución de las redes de radio, y la evolución de la arquitectura del sistema (SAE) se dirige a la evolución de la red de núcleo de paquetes. LTE y SAE se especifican en un dominio conmutado por paquetes (PS) y el resultado es la E-UTRAN y el Evolved Packet Core (EPC), y ambos conforman el EPS (Evolved Packet System, Sistema Evolucionado de Paquete). El EPS es puramente basado en IP (Internet Protocol, Protocolo de Internet), y los servicios en tiempo real y los servicios de datos son transportados por el protocolo IP. La dirección IP se asigna cuando el móvil se enciende y se libera cuando está apagado.

La red de acceso LTE es una red de estaciones base, NodeB evolucionado (eNB), que genera una arquitectura plana. No hay un controlador inteligente centralizado, y los eNB están normalmente interconectados a través de la interfaz X2 y hacia la red central mediante la interfaz S1. La razón para distribuir la inteligencia entre las estaciones base en LTE es acelerar la configuración de la conexión y reducir el tiempo requerido para un handover.[6]

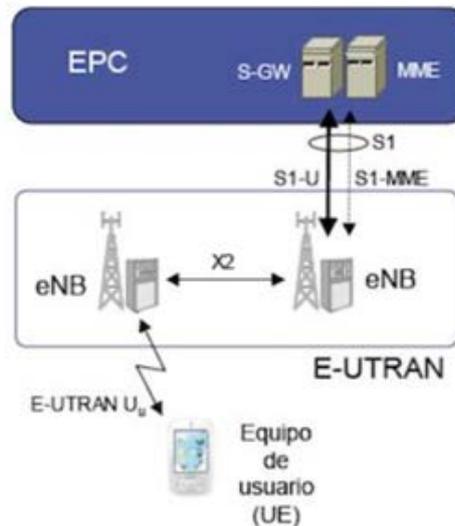


Figure 1 Arquitectura de una red 4G

El estándar E-UTRAN se basa en la operación de enlace descendente Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) y OFDMA Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access) y la operación de enlace ascendente de acceso múltiple de dominio de una sola portadora (SC-FDMA). Estas opciones soportan una gran flexibilidad de espectro con un número de despliegue posible de seis tipos de canalizaciones desde 1,4 MHz hasta 20 MHz de asignaciones de espectro. Soporta ambos nodos de operación FDD y TDD y apunta tanto a una asignación de espectro emparejada con enlace ascendente como a enlace descendente que operan en la misma frecuencia.

Igualmente soporta el uso de diferentes configuraciones múltiples de antenas MIMO (Multiple Input Multiple Output), lo cual incrementa la tasa de transferencia de datos y la eficiencia espectral.

Para permitir el despliegue mundial, LTE se desarrolla para varias bandas de frecuencias, bandas de operación E-UTRA, que actualmente van desde 700 MHz hasta 2.7GHz. LTE se desarrolla para soportar tanto la tecnología de división por tiempo (TDD) como la división por frecuencia (FDD). En la versión 8 (R8) hay 15 bandas especificadas para FDD y ocho bandas para TTD.[7]

Partiendo de estas premisas en el periodo 2016 – 2017 se realizan en ambiente de laboratorios las pruebas de la tecnología LTE (4G), con el empleo de los eNodeB de los proveedores Huawei y Ericsson, teniendo en cuenta su presencia en la red y la posibilidad del aprovechamiento y evolución de los recursos existentes, en lo fundamental los nodos del core de paquetes (PS) de la red móvil.



Se instalaron estaciones base evolucionado (eNodeB) del tipo macro, micro y pico celdas de los suministradores ERICSSON y HUAWEI, con el sistema de radiación correspondiente, acorde a la arquitectura del estándar del 3GPP

**Equipamiento ERICSSON.**



Macro celda RBS 6301. Solución remota principal, optimizada para ofrecer alto rendimiento de radio. Diseñada para soportar la mezcla de las tres tecnologías GSM, WCDMA y LTE en una misma RBS. Integrada por la Banda Base DUS 31 y Unidades de Radio Distribuidas del tipo RRUs 12B3. La interconexión entre la DUS y las RRUs se realiza mediante Fibra óptica y puertos CPRI

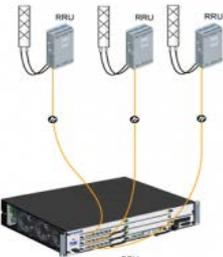


Micro celda RBS 6501. Estación base de radio autónoma que forma parte del conjunto de herramientas Ericsson *hetnet* de celdas pequeñas. Es adecuada para el despliegue en interiores, como en exteriores. Tiene un sistema de antenas integrado.



Pico celda RBS 6402 es una celda pequeña de alto rendimiento, multi-estándar, de superficie de tamaño de una tableta que satisface las necesidades de sitios más pequeños.

**Equipamiento Huawei**



Macro celda **DBS3900**. Posibilita despliegues rápidos y eficientes de redes GSM/UMTS/LTE, para cobertura urbana, rural, interiores y a lo largo de carreteras y vías férreas. Integrada por la Banda Base BBU3900 y Unidades de Radio Distribuidas del tipo RRU3938 y RRU3939. La interconexión entre la BBU3900 y las RRUs se realiza mediante fibra óptica y puertos



Micro celda BTS 3911E. eNodeB integrado, empleado para cubrir zonas oscuras (de no cobertura) o mala cobertura e insuficiente capacidad. Constituye una unidad monolítica que implementa todas las funcionalidades de un eNodeB incluyendo las antenas integradas

Fig. 3 Equipamiento utilizado en prueba



Las pruebas se realizaron siguiendo lo establecido en el documento Protocolo de Pruebas, aportados por ambos suministradores y se dividieron en pruebas de:

1. Funcionalidades del Hardware: Acceso y los Nodos evolucionados del Core (núcleo de la red móvil)
2. Throughput (Capacidad)
3. Drive Test (KPI, Indicadores de desempeño)
4. CSFB (Circuit Switching Fall Back), hacia la red 3G y 2G
5. Servicios

Para la ejecución de las mismas se utilizaron varios tipos de instrumentos y herramientas de software para realizar las mediciones, entre ellas:

- ✓ TEMS Investigation
- ✓ Genex Probe y Genex Assistant (propietaria de Huawei)  Pruebas Drive
- ✓ Real Time Internet Speed Meter.
- ✓ NetPerSec  Pruebas de throughput
- ✓ Net Meter
- ✓ IPERF para generar tráfico UDP
- ✓ Herramienta de Gestión U2000 para medición de KPIs
- ✓ Equipos Terminales

## 2. Metodología

Para la realización del proyecto de investigación se emplearon como métodos y técnicas las siguientes:

- Dentro de los métodos teóricos, se utilizaron el histórico-lógico para el estudio del desarrollo, funcionamiento y evolución de las redes móviles.
- De los métodos empíricos se seleccionaron el análisis de documentación, la encuesta, la medición, la experimentación y comprobación a través de la realización de la prueba de laboratorio.
- Se emplea también los métodos estadístico-matemáticos, para la elaboración de los datos y el análisis de los resultados obtenidos en las mediciones y en las encuestas realizadas, para evaluar la experiencia de los usuarios en cuanto a la calidad del servicio.



### 3. Resultados y discusión

Análisis de los resultados

#### Pruebas de la Red de Acceso [8] [9]

En las pruebas de hardware se verificó la integración de los nodos eNodeB; la versión de configuración; reinicio y restablecimiento de los nodos vía comando y la auto comprobación del nodo; funcionamiento de las alarmas externas e internas. Los resultados fueron satisfactorios en las soluciones tecnológicas de ambos proveedores.

Igualmente se realizaron pruebas de hardware a los nodos del núcleo que fueron evolucionados (MME, UGW9811 y HSS), con resultados satisfactorios.

A continuación se refiere el comportamiento de algunas de las mediciones realizadas para la solución LTE de los dos suministradores. [10] [11]

✚ Pruebas de Throughput (Capacidad). Se realizaron estáticamente, empleando la configuración MIMO 2x2, con terminales categoría 4 y dentro del rango de los valores recomendados de RSRP (Reference Signal Received Power) y RSRQ (Reference Signal Received Quality). Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, acorde con los valores teóricos:

- Macro Celdas. Para valores de RSRP: -74,13 dBm, RSRQ: -5,94 dB.  
Downlink: 150 Mbps.  
Uplink: 50Mbps
- Micro celdas. Para valores de RSRP: -67 dBm, RSRQ: -5,88 dB.  
Downlink: 150 Mbps.  
Uplink: 38Mbps
- Pico Cell. Para valores de RSRP: -77,5 dBm, RSRQ: -6,19 dB  
Downlink: 149 Mbps.  
Uplink: 30Mbps

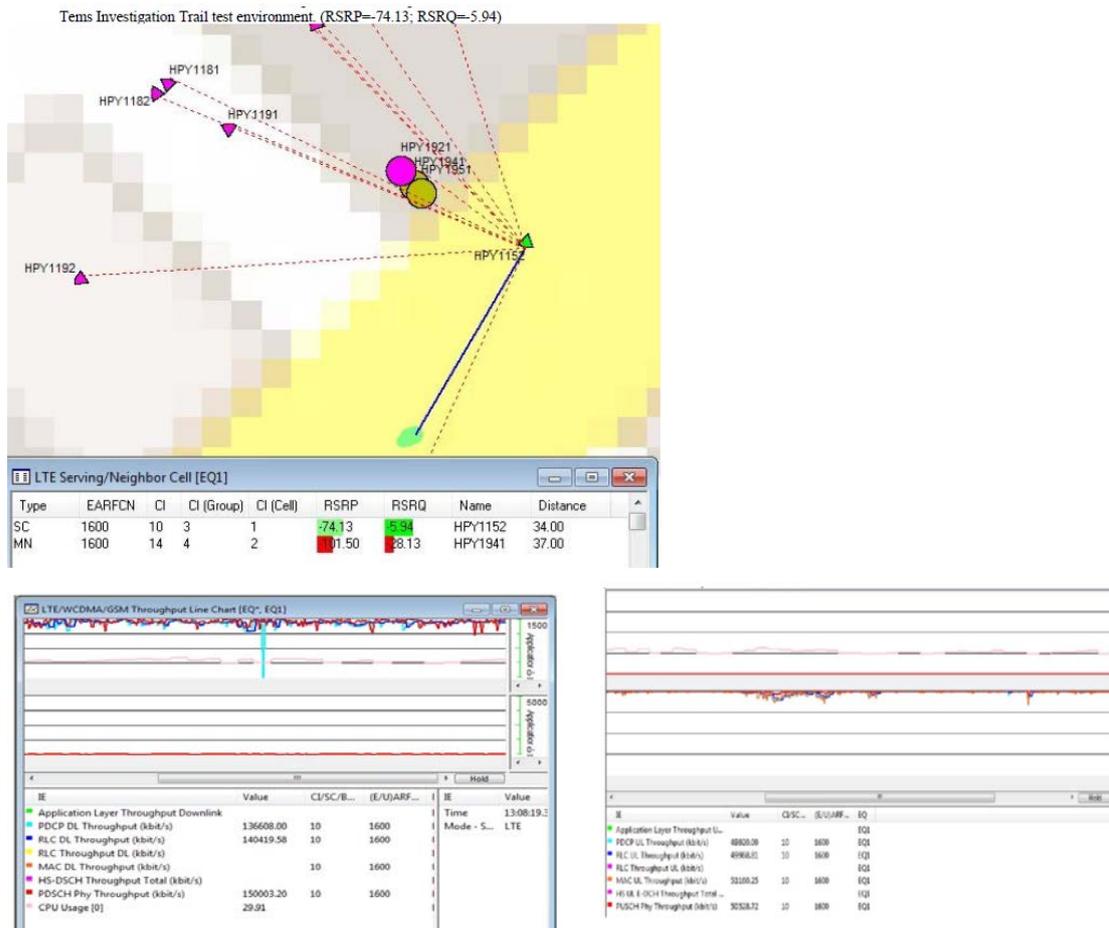


Fig. 4 Pruebas de Throughput Macro celda en DL y UL. Fuente Documento de Aceptación ERICSSON

Pruebas de handover se realizaron en ambiente exterior, en movimiento con un vehículo a velocidades entre 30 y 40 Km/h aproximadamente. Se realizaron pruebas de tres tipos de mecanismos, todos con resultados satisfactorios

- Intra-frequency: entre nodos eNodeBs.
- IRAT LTE a WCDMA
- Release Redirect LTE a GSM

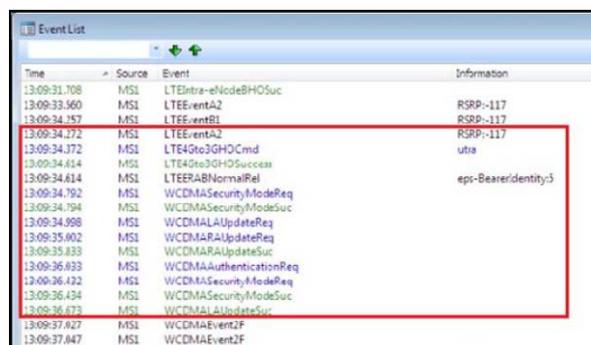


Fig. 5 Handover Inter RAT LTE-WCDMA  
 Fuente Documento de Aceptación HUAWEI

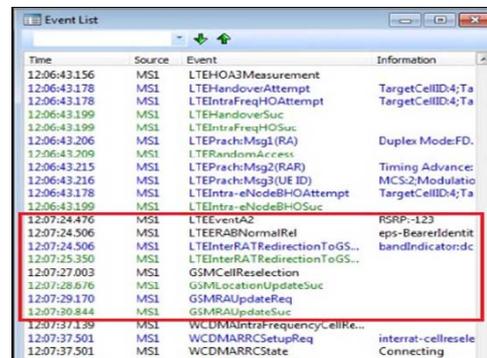


Fig. 6 Handover Inter RAT LTE-GERAN  
 Fuente Documento de Aceptación HUAWEI



El mecanismo CSFB (Circuit Switched Fall Back) se utilizó para las llamadas de voz LTE, obteniéndose un 100% de tasa de establecimiento de llamada tanto para llamadas originadas en el móvil como para las llamadas terminadas en el móvil. Los tiempos promedio de establecimiento de llamada fueron entre 5 y 6 segundos y de retorno hacia la red E-UTRAN y GERAN fueron de 1segundo.

Igualmente se realizaron pruebas de latencia, obteniéndose un 0% de pérdidas de paquete

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=24ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=22ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=31ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=27ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=28ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=33ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=27ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=31ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=31ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=37ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=28ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=26ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=24ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=32ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=30ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=28ms TTL=126
Reply from 11.11.11.2: bytes=32 time=34ms TTL=126

Ping statistics for 11.11.11.2:
    Packets: Sent = 272, Received = 272, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 22ms, Maximum = 43ms, Average = 28ms
Control-C
^C
C:\Users\ericsson>
```

Fig. 7 Pruebas de Latencia Micro celda en DL y UL. Fuente Documento de Aceptación ERICSSON

Pruebas de cobertura se realizaron en trayectorias predefinidas. Para la frecuencia empleada de 1800 MHz, una potencia de 20 Watt y 20 MHz de canalización de radio, arrojó una distancia entre la antena y el lugar donde el nivel de señal (RSRP), cae a los 129 dBm de aproximadamente a 1555 metros. Hay que destacar que esta medición muestra, que aún con este nivel de señal, se alcanza un throughput en downlink de 8 Mbps a nivel de capa PDCP (Packet Data Convergence Protocol).

### Pruebas de Nodos del Core

Se realizaron pruebas de sincronismo de los eNodeB, mediante la instalación de un servidor de Reloj de sincronismo IPCLK 3000. Los resultados fueron satisfactorios

Por otra parte, se realizaron disímiles pruebas, con resultados satisfactorios, a los nodos que conforman el core de paquetes evolucionados (EPC).

Algunas de las pruebas realizadas fueron:

MME (USN9810), nodo de Servicio Unificado que integra el nodo de soporte GPRS de servicio (SGSN) y las funciones de la entidad de gestión de movilidad (MME) en una sola plataforma. [12]

Entre las pruebas realizadas se comprobó el registro y des registro (attach y "dettach) del terminal a la red; el manejo de forma periódica de la actualización de la ubicación del terminal, procedimiento es conocido por TAU (Tracking Area Update); procedimientos de Paging para verificar que el MME puede enviar mensajes de "Paging" al UE, cuando la red está enviando datos a los usuarios y mensajes de



señalización a los usuarios en Donlink; procedimiento de borrado y restablecimiento de datos de abonado iniciado por el HSS

✚ UGW9811, es la pasarela de paquetes unificada de la red conmutada por paquetes móviles. Combina las funciones de GGSN, S-GW y PDN-GW en una sola plataforma.

Se realizaron pruebas del estado de configuración de las tarjetas; logueo y deslogueo de usuario; activación por defecto del bearer; mediciones del tráfico de usuario a través de la interfaz SGi durante los periodos de tiempo programados; log de alarmas y gestión de fallas.

- ✚ Pruebas de servicios dentro de ellas:[13]
- Web Browsing
  - Video bajo demanda
  - Video Streaming HD
  - Multi servicios
  - Roaming 4G, con uno de los operadores que tiene acuerdos con ETECSA
  - Subida y descarga de FTP en condiciones de alta movilidad.

Todos los resultados fueron satisfactorios



Con un auto nos movemos a una velocidad de hasta 80 Km/h y comprobamos que se mantiene la descarga y la subida de datos normal.

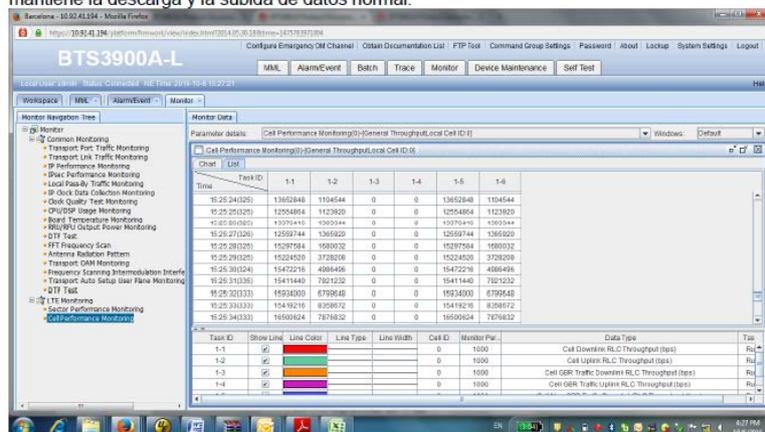


Fig.8 Descarga y subida de FTP en condiciones de movilidad. Fuente Pruebas de Aceptación Huawei



Actualmente LTE es una tecnología madura con una gran penetración en el mercado mundial y en el 2018 la adopción de servicios 4G alcanzó el 35% de las conexiones totales, se prevee que para finales del 2025 alcance el 64%.

4G superará a 3G como la tecnología dominante de América Latina para fines de 2018 de acuerdo al nuevo reporte de la GSMA publicado en el evento Mobile 360 Series – Latin América realizado en Buenos Aires. [14]

A partir de junio del 2016, en las versiones 13 y 14 del 3GPP, fue lanzado LTE – Advanced Pro. (4.5G), como la evolución natural de LTE, con una velocidad de hasta Gbit/s, que incorpora muchas tecnologías que se usarán en 5G, incluyendo la modulación 256-QAM, MIMO masivo, LTE en espectro no sometido a licencia, IoT LTE, y otras, para ir adaptando las redes existentes a la 5G.[15]

	LTE	LTE-Advanced	LTE-Advanced Pro
<b>GLOBAL</b>	<b>637*</b>	<b>294</b>	<b>3</b>
AFRICA	127	27	
ASIA & PACIFIC	148	65	1
EASTERN EUROPE	88	55	1
LATIN AMERICA & CARIBBEAN	124	44	
MIDDLE EAST	42	28	
U.S & CANADA	17	9	
WESTERN EUROPE	88	66	1

Fig. 9 Despliegue LTE - Marzo 2019. Fuente. Telegraphy Publication GlobalComms Databas



#### 4. Conclusiones

- Se comprobaron las funcionalidades y el desempeño de la tecnología LTE, con resultados satisfactorios, comprobándose que las soluciones implementadas en ambiente de laboratorio de ambos suministradores, cumple con los estándares y especificaciones descritas por el 3GPP, GSMA, IETF, IEEE y UIT, por lo cual se declara apta la tecnología para su introducción y despliegue comercial.
- El despliegue de la tecnología LTE posibilitaría la movilidad generalizada a altas velocidades, manteniendo los servicios ininterrumpidamente, garantizando anchos de bandas muchos mayores y muy baja latencia, pudiendo soportar los actuales servicios con una mejor calidad, y además servicios de video de alta definición, televisión móvil, aplicaciones de telemedicina, video conferencias, video vigilancia, etc
- La evolución de la red móvil de ETECSA a la cuarta generación propiciará ofrecer no solo servicios de banda ancha, sino abrir una ventana a la incorporación de nuevas tecnologías como el IoT (internet de las cosas), el IoE (Internet de Todo), y sentar las bases para la evolución posterior hacia la tecnología 5G. A su vez permitirá disminuir los niveles de congestión en la red.
- LTE no solo es aplicable a zonas urbanas y semiurbanas, sino también a zonas rurales lo cual acelerará la aplicación del dividendo digital, empleando las bandas bajas de frecuencia en las que trabaja la tecnología, como la banda de 700MHz, lo cual permitirá la expansión de la tecnología a nivel nacional y a lugares de difícil acceso, lo cual propiciará disminuir los niveles de obsolescencia de la red y los costos de operación y mantenimiento.



## 5. Referencias Bibliograficas

- [1] U.S. INTERAGENCY STEERING GROUP, «Report The Global Connect Initiative: Accelerating Entrepreneurship and Economic Opportunity by Expanding Internet Access Globally». dic-2016.
- [2] Comisión de Estudio 1 UIT-D, «Cuestión 2/1: Tecnologías de acceso a la banda ancha, Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) inclusive, para los países en desarrollo», UIT, 2017.
- [3] MINCOM, «La telefonía móvil en Cuba», *MINCOM | Ministerio de las Comunicaciones en Cuba*, 18-feb-2019. [En línea]. Disponible en: <http://www.mincom.gob.cu/es/node/743>. [Accedido: 18-feb-2019].
- [4] Jeanette Wannstrom, «LTE-Advanced», *3GPP The Mobile Broadband Standard*, jun-2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/97-lte-advanced>. [Accedido: 23-ene-2019].
- [5] Ramon Agusti, Francisco Bernardo, Fernando Casadevall, *LTE: NUEVAS TENDENCIAS EN COMUNICACIONES MÓVILES*. España: Fundación Vodafone, 2010.
- [6] Magdalena Nohrborg, «LTE 3GPP The Mobile Broadband Standard». [En línea]. Disponible en: <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>.
- [7] BANDAANCHA.ST, «Frecuencias telefonía móvil - BandaAncha.st». [En línea]. Disponible en: [https://wiki.bandaancho.st/Frecuencias\\_telefon%C3%ADa\\_m%C3%B3vil](https://wiki.bandaancho.st/Frecuencias_telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil). [Accedido: 21-mar-2019].
- [8] J. L. G. Joel Pérez Hernández, «Informe Técnico sobre las Prueba Piloto LTE Ambiente Maqueta del suministrador ERICSSON». Dirección de Tecnología, 2017-2017.
- [9] J. P. H. Jorge Lasa Garateix, «Informe Técnico sobre las Prueba Piloto LTE Ambiente Maqueta del suministrador HUAWEI.» Dirección de Tecnología, ETECSA-2017.
- [10] HUAWEI, «LTE Test Cases Description. Drive Test». 2017.
- [11] ERICSSON, «Protocolo de Aceptación eNodeB. Tecnología LTE». 2017.
- [12] J. P. H. Huawei y Jorge Lasa Garateix, «Informe Protocolo de aceptación MME USN9810». 2017.
- [13] J. L. G. Joel Pérez Hernández y Huawei, «Informe Protocolo de Aceptación Pruebas de Servicios». .
- [14] GSMA Intelligence, «La Economía Móvil en America Latina y el Caribe 2018». 2018.
- [15] Kevin Flynn Marketing and Communications 3GPP, «LTE-Advanced Pro Ready to Go», oct-2015. [En línea]. Disponible en: [http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1745-lte-advanced\\_pro](http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1745-lte-advanced_pro). [Accedido: 25-ene-2019].