

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua  
(UNAN-Managua)**



**Facultad de ciencias e Ingenierías  
Recinto Universitario Rubén Darío  
(RURD)**

**Departamento de Tecnología  
SEMINARIO DE GRADUACION**

**TUTOR:**

**Msc. Álvaro Segovia**

**INTEGRANTES:**

**HARRY W. PEREZ C.**

**OCTAVIO D. SALGADO M**

**INGENIERIA EN ELECTRONICA**

**TURNO NOCTURNO**



**Tema General:**

LTE (Long Term Evolution) y su considerable velocidad en transmisión y recepción de información

**Tema Delimitado**

Análisis de la nueva tecnología LTE para transferencia de datos en redes móviles a nivel metropolitano.

## *DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS*

*PRIMERAMENTE A DIOS NUESTRO SEÑOR POR SER EL PRINCIPAL MANANTIAL DE VIDA QUE TENEMOS, POR BRINDARNOS LA DICHA DE LA SALUD, BIENESTAR FÍSICO Y ESPIRITUAL PARA CUMPLIR NUESTROS OBJETIVOS, POR DARNOS LAS FUERZAS SUFICIENTES PARA PODER LOGRAR LLEGAR HASTA DONDE ESTAMOS Y SEGUIR ADELANTE Y POR LA SABIDURÍA DIVINA QUE NOS REGALA PARA NO COMETER ERRORES IRREPARABLES.*

*A NUESTROS PADRES POR HABERNOS DADO EL APOYO INCONDICIONAL Y SER LOS AUTORES PRIMORDIALES DE MOTIVACIÓN EN NUESTRAS VIDAS, POR SUS SABIOS CONSEJOS Y VALORES QUE NOS HAN INFUNDIDO LO QUE HA PERMITIDO QUE SEAMOS UNA PERSONA DE BIEN, SOBRE TODO EL AMOR Y CONFIANZA QUE NOS HAN BRINDADO Y POR ESTAR CON NOSOTROS EN MOMENTOS DIFÍCILES DÁNDONOS ALIENTO PARA CONTINUAR Y ALCANZAR NUESTRAS METAS.*

*A NUESTROS MAESTROS POR HABERNOS TRANSMITIDO SUS CONOCIMIENTOS Y SER PARTE DE NUESTRA FORMACIÓN PROFESIONAL, POR SER MÁS QUE NUESTROS MAESTROS NUESTROS AMIGOS EN QUIEN PODEMOS CONTAR EN CUALQUIER MOMENTO, LO QUE LOS CARACTERIZA POR SER EXCELENTE PERSONA DE BIEN Y GRACIAS A SU APOYO Y MOTIVACIÓN QUE NOS HAN BRINDADO A LO LARGO DE ESTE CURSO HEMOS LOGRADO CULMINAR NUESTROS ESTUDIOS.*

***"VALE MÁS SABER ALGUNA COSA DE TODO, QUE SABERLO TODO DE UNA SOLA COSA"***

***"SOLO UNA COSA CONVIERTE EN IMPOSIBLE UN SUEÑO: EL MIEDO A FRACASAR"***

***(EL ÉXITO SOLO LO LOGRARÁS CON LA AYUDA DE DIOS)***

## Resumen

Las nuevas tendencias y evolución de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC'S) en la actualidad ha generado la necesidad y la exigencia en los usuarios de tener servicios a su alcance que le permitan rapidez, escalabilidad, movilidad y reducción de costos en las soluciones que implementan en sus áreas de negocio o desarrollo personal, con este análisis pretendemos demostrar la eficiencia en las redes móviles a través de la nueva tecnología LTE.

El término LTE se originó inicialmente en 3GPP para denominar una línea de trabajo interna cuyo objeto de estudio era la evolución de la red de acceso de UMTS, denominada como UTRAN. La nueva red recibe el nombre de E-UTRAN (Evolved UTRAN) aunque muchas veces se utiliza el término LTE (Long Term Evolution) en especificaciones como sinónimo de E-UTRAN.

LTE (Long Term Evolution) es una nueva tecnología de redes móviles que trabaja sobre los estándares de comunicación de la tecnología 3G WCDMA (Wideband Code División Múltiple Access- Código de Banda Ancha de Acceso Múltiple por División). La LTE busca llevar Internet banda ancha a todos los puntos de cobertura de red móvil a una mayor velocidad de transmisión, en el que cualquier teléfono celular o dispositivo móvil que soporten esta tecnología puedan acceder al servicio, utilizando ciertas aplicaciones móviles, como descarga rápida de contenidos multimedia, navegación por internet a grandes velocidades, televisión entre otros. También la LTE busca reducir el tiempo de retardo de los paquetes que viajan por la red, tener una mayor cobertura, tener compatibilidad con redes WLAN o WIMAX y garantizar el servicio extremo a extremo.

## Indicé

Introducción .....	5
Objetivos .....	6
Objetivo General.....	6
Objetivos específicos .....	6
Justificación .....	7
Desarrollo.....	8
1. Avance Tecnológico hacia LTE.....	8
1.1 ¿Qué es y cómo funciona? .....	12
1.2 Lugares y fechas donde se ha implementado esta tecnología .....	13
2 .Constitución del sistema LTE.....	16
2.1 Introducción .....	16
2.2 Sistema de comunicación celular.....	16
2.3Arquitectura básica de un sistema 3GPP .....	19
2.4 Estructura del sistema LTE .....	24
2.5 E-UTRAN (red de acceso evolucionada).....	26
2.6 Arquitectura de la EPC.....	31
3. Tecnología de nivel físico OFDM Y MIMO.....	34
3.1 Introducción y Descripción de OFDM.....	34
3.2 Características de la modulación OFDM .....	35
3.3 Caracterización de las estructuras MIMO.....	36
4. Misión de LTE en redes móviles .....	47
4.1 Gestión de Sesiones .....	48
4.2 Gestión de movilidad.....	51
5. Virtudes y Desventajas de la tecnología LTE .....	55
5.1 Barreras de LTE .....	58
Conclusiones .....	62
Anexos .....	66
Glosario .....	70
Bibliografía .....	73

## Introducción

En los últimos años, las redes móviles han permitido avances y cambios en la tecnología especialmente en las telecomunicaciones que ha propiciado la convergencia entre los servicios audiovisuales de voz y datos, esto ha dado paso a que los operadores móviles han llegado a dominar la industria.

Aunque las tecnologías de tercera generación (3G) ofrecen velocidades significativamente más altas que las tecnologías de segunda generación (2G), todavía hay más oportunidades para que los operadores inalámbricos capturen mayor mercado frente a la creciente demanda de banda ancha inalámbrica. El siguiente paso en la evolución hacia las Redes de Cuarta Generación o 4G se conoce como Long Term Evolution, esta tecnología recibe también el nombre de Evolved Universal Terrestrial (Evolución Terrestre Universal) Radio Access (E-UTRA) y forma parte de la versión 8 de la especificación de 3GPP.

El objetivo principal que se pretende con LTE es proporcionar una alta tasa de datos, baja latencia y optimización de paquetes, con una tecnología de acceso de radio con un ancho de banda flexible para el usuario, permitiendo a los operadores migrar sus redes de HSPA a LTE, para lo cual se dispone de una nueva arquitectura de red, que permite soportar en movimiento y un tráfico de conmutación de paquetes, con garantía de calidad de servicio a una mínima latencia de lo cual se mantiene por el momento en este territorio.

De igual manera que los sistemas 3G coexisten con los sistemas 2G en redes integradas, LTE coexistirá con sistemas 3G y 2G. Dispositivos multimodo funcionarán a través de las redes LTE/3G o incluso a través de LTE/3G/2G, dependiendo de las circunstancias del mercado. LTE no está basado en WCDMA al igual que UMTS, en el Enlace descendente el método de acceso escogido es OFDMA y en el Enlace ascendente el método de acceso usado es solo portador de frecuencia de acceso múltiple por división (SC-FDMA), proporcionando ortogonalidad entre usuarios, reduciendo la interferencia y mejorando la capacidad de la red y así gozar de este beneficio.

## Objetivos

### Objetivo General

Presentar la estructura, funcionamiento y tendencia de la nueva tecnología LTE que permiten la transferencia de datos a través de redes móviles a nivel metropolitano, de forma óptima.

### Objetivos específicos

- Esquematizar en un diagrama el encaminamiento de las redes móviles hacia LTE.
- Proporcionar una visión de los elementos y herramientas de la estructuración de una red LTE
- Presentar los principios básicos de las tecnologías de transmisión OFDM y MIMO contempladas en la red LTE
- Analizar el funcionamiento en el marco de gestión de sesiones, movilidad y seguridad de la tecnología LTE en redes móviles.
- Investigar y mencionar las ventajas y desventajas de la tecnología LTE sobre las redes existentes.
- Mencionar las nuevas aplicaciones que contiene esta tecnología en el servicio de redes móviles.

## Justificación

Las nuevas tendencias y evolución de las tecnologías de la comunicación en la actualidad han generado la necesidad y la exigencia en los usuarios de tener servicios que le permitan rapidez, escalabilidad, movilidad y reducción de costos en las soluciones que implementan en sus áreas de negocio o desarrollo personal. Se hace importante la investigación de esta tecnología para adoptarla en el país en un futuro próximo, donde podemos concebir soluciones eficientes a inconvenientes que se presentan actualmente en las redes móviles como lo son las limitaciones que se tienen en términos de velocidad para acceder, enviar y recibir información a través de los dispositivos móviles.

Nicaragua de cara a enfrentar los avances de la tecnología moderna y no quedar de espaldas a la misma, debe estar interactuando de manera que implique un nivel de desarrollo moderno en lo relativo a las comunicaciones, de esa manera será capaz de conocer y de poder intervenir en casos de estudio y de conocimientos de tecnologías avanzadas tales como las redes de nueva generación y en caso particular de redes LTE.

A partir de este trabajo estaremos motivando el estudio de las redes rápidas de última generación. Además de ello haciendo hincapié en la necesidad de realizar estudios y análisis de las ventajas y desventajas de los avances cualitativos y cuantitativos de las comunicaciones basadas en redes LTE. Concibiendo el futuro de las comunicaciones en los dispositivos que reúnan arquitecturas no convencionales pero que organicen los mejores dispositivos con sus mejores cualidades y se genere un sistema con las mejores prestaciones. A partir de las informaciones que se tiene en el país y estar en la capacidad de tener toda la información de las tecnologías de las comunicaciones modernas mundiales. Es indispensable la necesidad de mostrar la complejidad de esta tecnología para su futuro desarrollo y el buen entendimiento de su estructura. Por lo tanto, el presente trabajo se justifica en la necesidad de acceder al conocimiento de la misma.



# Desarrollo

## 1. Avance Tecnológico hacia LTE

Los avances tecnológicos y la gran demanda de usuarios de telefonía móvil que existen hoy en día, ha originado el desarrollo de nuevas tecnologías en las redes móviles que brinden a los usuarios mejoras en la prestación de servicios como el acceso de banda ancha. Por tal motivo, desde el año 2004 se ha venido trabajando sobre una nueva tecnología de redes móviles denominada LTE (Long Term Evolution), la cual proporcionar grandes velocidades entre 100 Mbps y 50 Mbps de descarga y de subida de archivos respectivamente. De tal manera que, el conocimiento de estas nuevas tecnologías como la LTE permiten ver la evolución de las redes inalámbricas y los beneficios que brindan a los usuarios de telefonía móvil.

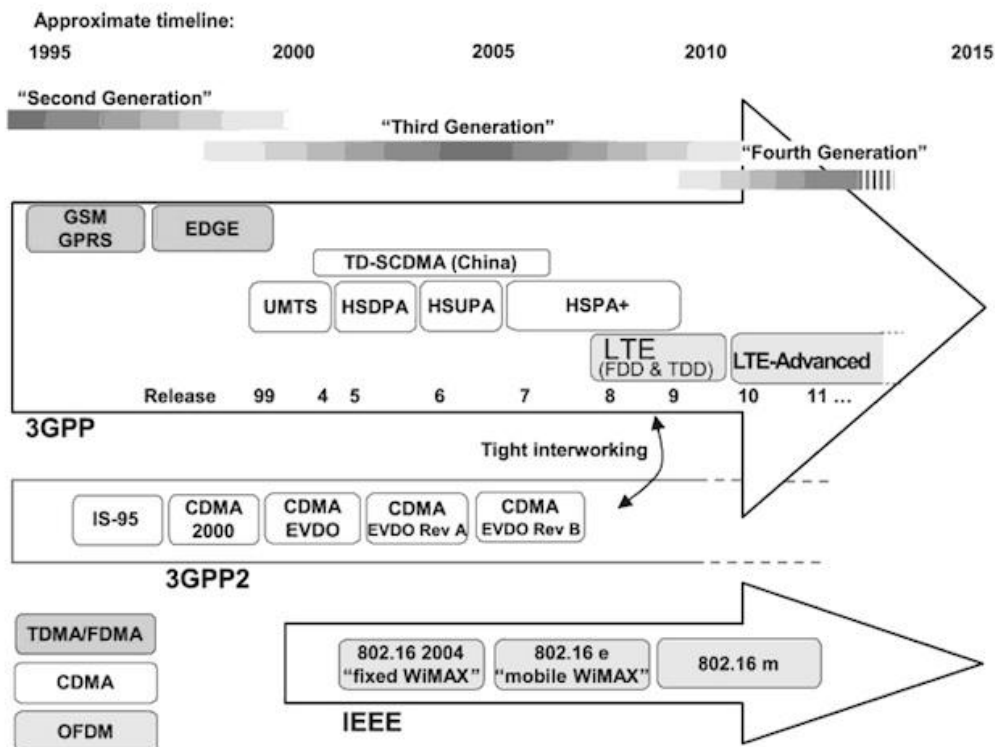


Figura 1.1 Diagrama sobre la evolución de las tecnologías y estándares

En la figura 1.1 se muestra la evolución de las tecnologías de las comunicaciones móviles su compatibilidad con otras tecnologías y los estándares que utilizan, así también observamos el avance hacia LTE.

- W-CDMA (Wideband Code División Múltiple Access-Acceso de banda ancha por división de código múltiple).
- HSPA (High Speed Packet Access-Acceso de paquete de alta velocidad).

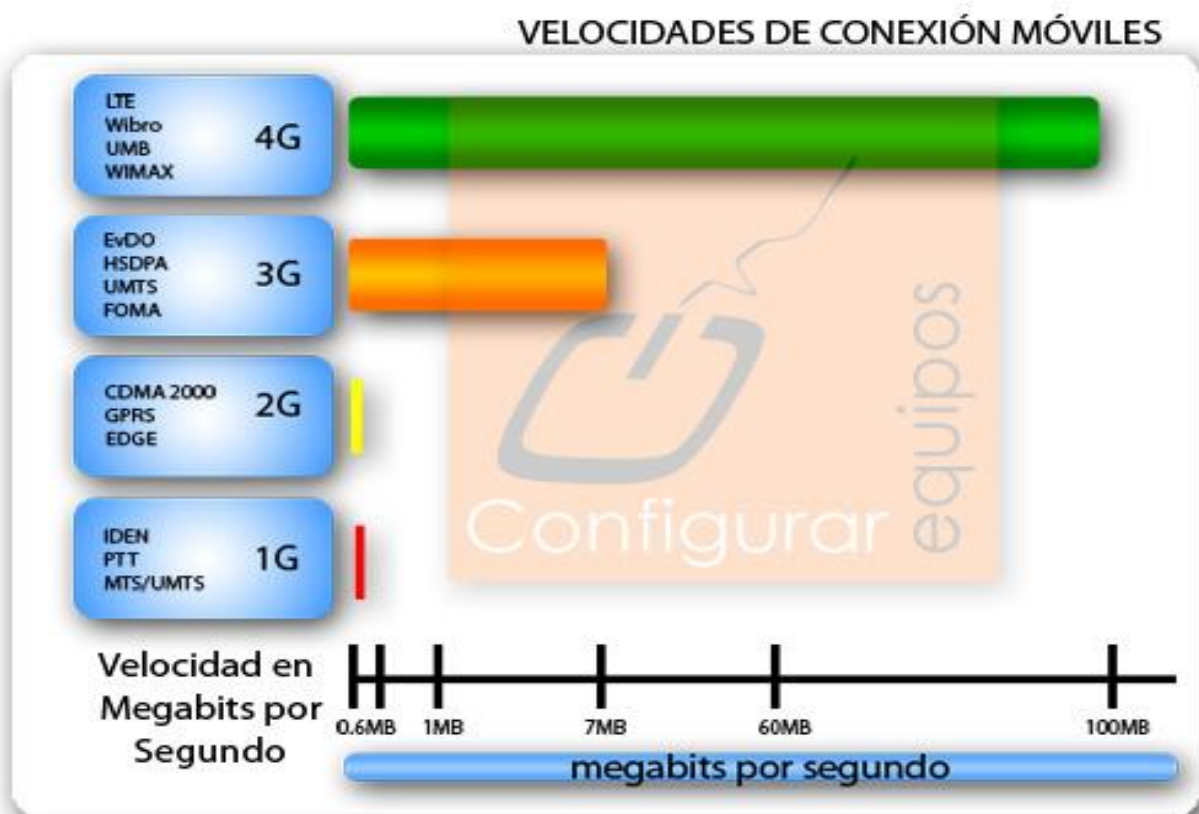


Figura 1.2 Diagrama de la velocidad de la redes

Las diferencias de ancho de banda en la que trabaja LTE se representan en la figura 1.2 donde nos muestra una representación gráfica de las distintas velocidades de las tecnologías anteriores con respecto a la tecnología LTE. Algunas de ellas se destacan a continuación:

- W-CDMA (Wideband Code División Múltiple Access-Código de Banda Ancha de Acceso Múltiple por División): Tecnología de acceso de radio que soportara todos los servicios multimedia a través de los terminales de 3era Generación
- EvDO (Evolution Data Only-Solo Evolución de Datos): Estándar de telecomunicaciones para la transmisión inalámbrica de datos a través de redes de telefonía celular evolucionadas
- HSPDA (High Speed Downlink Packet Access-Paquetes de Acceso con Enlace de Alta Velocidad): También denominada 3.5G, 3G+ o turbo 3G, es la optimización de la tecnología espectral UMTS/WCDMA, incluida en las especificaciones de 3GPP versión 5
- UMTS (Universal Mobile Telecommunications System-Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles): Es una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación, sucesora de GSM, debido a que la tecnología GSM propiamente dicha no podía seguir un camino evolutivo para llegar a brindar servicios considerados de tercera generación.
- CDMA (Code División Múltiple Access-Código de acceso múltiple por división): Es una tecnología de Espectro Ensanchado, es decir la información se extiende sobre un ancho de banda mucho mayor que el original, conteniendo una señal
- GPRS (General Packet Radio Access-Acceso de radio Paquete General): Es una técnica de conmutación de paquetes de datos que es integrable con la estructura de las redes GSM
- EDGE: es una tecnología móvil que actúa como puente entre las redes 2G y 2.5g.

- GSM (Global System For Mobile Communications-Sistema Global Para Comunicaciones Móviles).
- IDEN (Integrated Digital Enhanced Network-Red Mejorada Digital Integrada).
- PTT (Postal Telegraph y Telephone Administration- Administración de Teléfono y Telegrama Postal).
- MTS/UMTS (Mobile TeleSystems-Telesistema Móvil/Universal Mobile Telecommunications System-Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles).

La tecnología LTE permite hacer streaming en alta definición en tiempo real, sin cortes ni tiempo de buffer. Entre las características del LTE, encontramos:

- 6 veces más veloz que HSDPA.
- 8 veces más veloz que el HSUPA.

Los terminales móviles compatibles con LTE o 4G pueden descargar un video de 700 MB en 90 segundos.

Después de ya casi dos décadas de prácticamente ininterrumpido crecimiento de las comunicaciones móviles, primero de la mano de GSM y últimamente con el despliegue definitivo de UMTS, estamos en los albores de una nueva generación de comunicaciones móviles, la Cuarta generación o 4G, de la que el sistema LTE (“Long Term Evolution”), cuya primera especificación fue concluida por 3GPP a finales del 2008, Puede considerarse el primer eslabón en una supuesta trayectoria evolutiva que debe culminar con el LTE-Advanced.

Unos de los aspectos relevantes de LTE, es que por primera vez todos los servicios, incluida la voz, se soporta sobre el protocolo IP (Protocolo de Internet) y las velocidades de pico de la interfaz radio se sitúan dentro del rango de 100 Mb/s y 1Gb/ampliamente superiores a las conseguidas en los sistemas predecesores.

Con LTE se espera finalmente deshacer las barreras que todavía impedían la consecución plena de una movilidad con capacidad multimedia, con la aparición de esta nueva tecnología los usuarios, qué lo deseen ya no tendrán que verse penalizados en su capacidad de comunicación Por el hecho de ser móviles en lugar de fijos.

### 1.1 ¿Qué es y cómo funciona?

La tecnología LTE es la cuarta generación (4G) de tecnologías de telefonía móvil, que es la sucesora de las tecnologías 2G y 3G. Está basada completamente en el protocolo IP (Internet Protocol) y se alcanza gracias a la convergencia entre las redes de cables e inalámbricas. A diferencia de las generaciones anteriores, provee velocidades de acceso mayores de 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo.

Cabe destacar que el WWRF (Wireless World Research Fórum /Investigación Mundial inalámbrico para foro) pretende que 4G sea una fusión de tecnologías y protocolos, no sólo un único estándar, similar a 3G, que actualmente incluye tecnologías como GSM y CDMA. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) señaló en diciembre de 2010, en el Seminario Mundial de Radiocomunicaciones, que LTE y WiMAX, y otras tecnologías evolucionadas del 3G pueden ser consideradas 4G.

En términos de desarrollo podemos mencionar cronológicamente dos hitos: En 2002, la UIT establece la visión estratégica de 4G. En 2005, se escoge la tecnología de transmisión OFDMA, módems inalámbricos, celulares inteligentes y otros dispositivos móviles.

## 1.2 Lugares y fechas donde se ha implementado esta tecnología

Estados Unidos: A mediados de 2006, la operadora Sprint Nextel anunció la inversión de US\$5 mil millones en tecnología WiMAX. En junio de 2010, la compañía lanza el primer Smartphone WiMAX del país, conocido como el HTC Evo 4G.

Japón: En febrero de 2007, NTT DoCoMo testeó un sistema prototipo de 4G con 4x4 MIMO llamado VSF-OFCDM a 100 Mbit/s en movimiento, y 1 Gbit/s detenido. La operadora fue la primera en realizar experimentos con las tecnologías 4G, alcanzando 100 Mbps en un vehículo a 200 km/h. La operadora lanzó los primeros servicios 4G basados en tecnología LTE en diciembre de 2010 en las ciudades de Tokyo, Nagoya y Osaka.

Corea del Sur: En Noviembre de 2005, la operadora KT muestra el servicio móvil WiMAX en la ciudad de Busan, en Corea del Sur.

Letonia: En agosto de 2010 la operadora LMT inaugura la red LTE 4G a modo de prueba en 50% de su territorio.

Armenia: En diciembre de 2010, la operadora VivaCell-MTS lanza un test comercial 4G/LTE.

Ecuador: En julio de 2011, Movistar lanza el servicio 4G para la ciudad de Guayaquil y en agosto de 2011 para Quito.

Argentina: En noviembre de 2011, Claro anuncia el despliegue de la red HSPA+ (Red 3.5G evolucionada o 4G). Además, y luego de dos años de pruebas para poder ofrecer en tiempo y forma tecnología 4G para comunicaciones, la operadora Personal de Argentina informó que ya posee equipamiento de la empresa Huawei, con infraestructura capaz de lanzar LTE en las frecuencias de 850/1900 MHz.

Uruguay: En noviembre de 2011, la ANTEL anuncia que la tecnología 4G/LTE estará por primera vez en América Latina en ese país, más precisamente en Punta del Este a partir de la primera quincena de Diciembre de 2011, siendo así el primer país del continente con tecnologías 4G.

Brasil: Para la Copa del Mundo de 2014, que se llevará a cabo en ese país, diversas ciudades tendrán acceso a redes 4G, tecnología de banda ancha móvil que promete conexiones de 100 Mbps. Este es un plazo autoimpuesto que permitirá que las delegaciones internacionales puedan disfrutar de un buen servicio de conectividad móvil.

Guatemala: En diciembre del 2011 las compañías Claro y Movistar, anuncian el lanzamiento de sus redes 4G disponible inicialmente en la capital, Ciudad de Guatemala con una velocidad máxima real de 5 Mbps y en el departamento de Guatemala con una velocidad máxima de 8 Mbps, aptas para navegación por módem inalámbrico y telefonía móvil.

Honduras: El 24 de enero de 2012, la operadora Tigo lanza 4G en las principales ciudades del país: Tegucigalpa, San Pedro Sula y La Ceiba, prometiendo velocidades de hasta 5Mbps de bajada y hasta 1Mbps de subida.

En este país se produjo una polémica al respecto. Primero Claro cambió el nombre a sus servicios HSPA+ por el de Evolución 4G. Esto provocó que McCann-Erickson denunciara a Claro por publicidad engañosa y que Entel declarara su inconformidad con el uso de este concepto en un mensaje publicitario de servicios móviles. “Tenemos una red más evolucionada pero no diremos que es 4G, porque no es 4G”, argumentaron.

4G es un concepto comercial más que un estándar, lo que provoca diversas confusiones que comenzarán a ser resueltas cuando tecnologías como LTE o WiMAX se masifiquen alrededor del mundo.

De las múltiples tecnologías empleadas en los equipos Long Term Evolution, merece la pena destacar:

- Flexibilidad del uso del espectro: ancho de banda flexible, FDD/TDD (Duplexado por División de Frecuencia/Duplexado por División de Tiempo)
- Acceso de Radio: OFDM para el Downlink (Enlace Descendente) y SC-OFDM para el uplink (Enlace Ascendente).
- Tecnología Multi-antena: Antenas inteligentes MIMO.

En TDD, el tráfico Enlace Ascendente y Enlace descendente se transmite sobre el mismo canal. Aquí, utilizando TDMA, los recursos de canal se asignan entre todas las unidades remotas y el hub, en ambas direcciones. Los sistemas TDD se han venido utilizando durante muchos años.

OFDM Es una tecnología que transmite múltiples señales simultáneamente sobre un solo medio de transmisión.

MIMO (múltiples entradas - múltiples salidas) es una técnica que emplea múltiples antenas tanto para la recepción como para la transmisión.

Tecnologías esenciales que se utilizan en la composición de esta nueva evolución de 3GPP a 4G, que gracias a esta innovación tecnológica, podemos estar seguros que solucionara muchos inconvenientes que se presentan en la actualidad con las redes existentes, al igual estamos convencidos que esta nueva red de cuarta generación tendrá éxito para su desarrollo e implementación en este país a nivel metropolitano en un futuro no muy lejano.



## **2 .Constitución del sistema LTE**

### **2.1 Introducción**

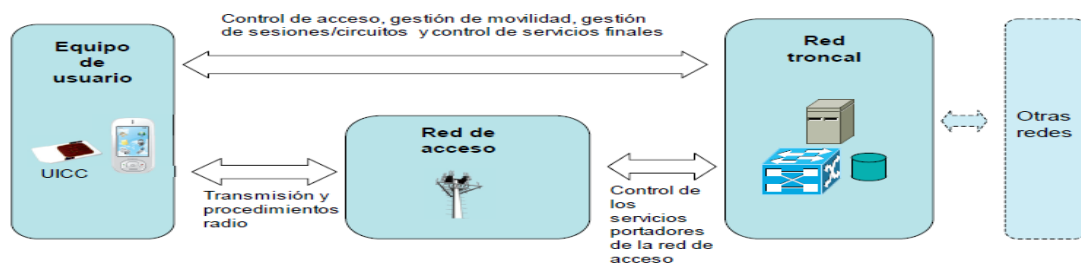
En este capítulo se identificarán los componentes fundamentales de una red LTE para posteriormente analizarlas y realizar una descripción de cada uno de ellos en base a las entidades de red (estaciones base, pasarela de red, etc.) e interfaces asociadas en que se estructuran internamente, se partirá de la arquitectura básica de los sistemas celulares 2G/3G actuales. En cada una de estas entidades se identifican sus funciones más relevantes con respecto a una red LTE.

El término LTE se originó inicialmente en 3GPP para denominar una línea de trabajo interna cuyo objeto de estudio era la evolución de la red de acceso de UMTS, denominada como UTRAN. La nueva red recibe el nombre de E-UTRAN (Evolved UTRAN) aunque muchas veces se utiliza el término LTE (Long TermEvolution) en especificaciones como sinónimo de E-UTRAN. Así mismo en lo relativo a la red troncal, 3GPP utilizó el término SAE (SystemArchitectureEvolution) para referirse al estudio de una red troncal evolucionada de conmutación de paquetes. De manera formal dicha red troncal se denomina EPC (EvolvedPacketCore) o también Evolved 3GPP PacketSwitchedDomain. La combinación de la red de acceso E-UTRAN y la red troncal EPC es lo que constituye la nueva red UMTS evolucionada y recibe el nombre formal de EPS (*EvolvedPacketSystem*). En total todas las formalidades que se encuentran en el contexto del trabajo y especificaciones del 3GPP son: LTE, SAE, E-UTRAN, EPC y EPS.

### **2.2 Sistema de comunicación celular**

La figura 2.1 ilustra una arquitectura simplificada de un sistema de comunicaciones móviles celular. Esta arquitectura genérica ha sido adoptada en las diferentes familias de sistemas celulares 2G Y 3G y también se mantiene en el sistema LTE, en ella se representa un modelo de una red celular aun muy alto nivel donde se identifican tres componentes básicos:

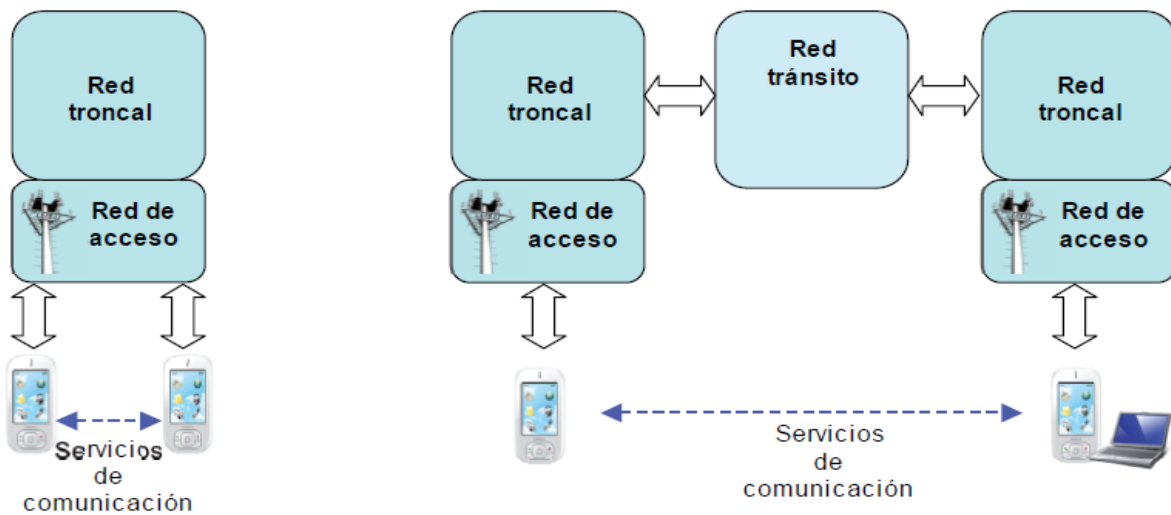
- **Equipo de usuario:** dispositivo del usuario, este incluye una tarjeta inteligente (Universal Integrated Circuit Card, UICC) que consta con la información necesaria, para permitir la conexión a la red y el usuario obtenga la utilización de sus servicios. El equipo del usuario se conecta a la red a través de una interfaz de radio.
- **Red de acceso:** nace por la necesidad de sustentar la transmisión radio con los equipos de usuarios, para proporcionar conexión entre ellos y los equipos de la red troncal. El servicio de transmisión de la red de acceso es permitir transportar información de los equipos de usuario hacia/desde la red troncal, estos son servicios portadores cuyo objetivo es la provisión de una cierta capacidad de transmisión. La red de acceso es la responsable de gestionar el uso de los recursos radio disponible para la provisión de servicios portadores de forma eficiente. La activación de los recursos de transmisión en la red de acceso se controla generalmente desde la red troncal. La red de acceso está formada por estaciones base y, en los sistemas móviles actuales 2G y 3G, también por equipos controladores de las estaciones base.
- **Red troncal:** se encarga del control de acceso a la red celular autenticando a los usuarios del sistema, gestión de la movilidad de los usuarios, gestión de las sesiones que transportan la información de los usuarios, mecanismo de interconexión con otras redes etc... La red troncal esta formada por equipos que albergan funciones de conmutación de circuitos, encaminamientos de paquetes, bases de datos etc.



**Figura 2.1** Arquitectura genérica de un sistema celular

La separación entre la red de acceso y la red troncal confiere un importante grado de flexibilidad al sistema de cara a soportar un proceso evolutivo en el que se puedan ir mejorando, agregando o sustituyendo las diferentes partes de la red con la mínima afectación posible al resto de la misma.

En la figura 2.2 se ilustra dos escenarios sobre los servicios de comunicación a través de redes de comunicación móviles celulares. En el escenario (a) se ilustra una red de celular básica que sustenta el servicio de la comunicación entre equipos conectados a la misma red. En el escenario (b) se ilustra una conexión de servicio de comunicación entre equipos que operan entre redes diferentes y interconectadas entre sí mediante redes de tránsito.



**Figura 2.2 escenarios de provisión de servicios de comunicación en redes celulares**

En la figura 2.3 se ilustra un escenario donde presenta la interacción la provisión de servicios entre equipos conectados a redes celulares y quipos conectados a otras redes, aquí podemos observar un poco mejor como son las interacciones entre estos dos tipos de red.

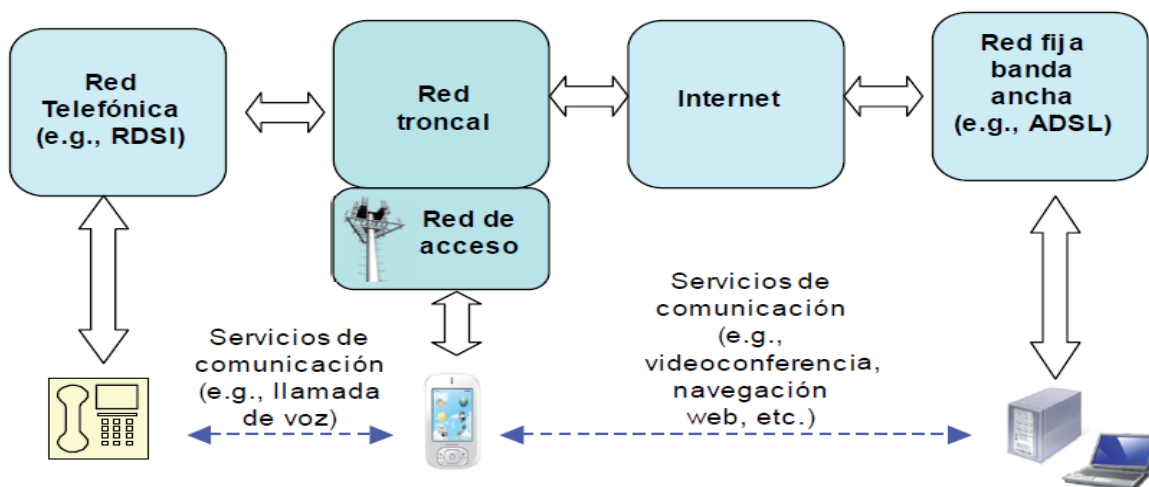


Figura 2.3 escenario de provisión de servicios de comunicación entre redes celulares y otras redes

### 2.3 Arquitectura básica de un sistema 3GPP

Las arquitecturas de red de un sistema 3GPP se adaptan perfectamente a los sistemas anteriormente mostrados, la figura 2.4 nos ilustra un sistema 3GPP en donde se encuentra; un equipo de usuario (*UserEquipment*, UE), una infraestructura de red troncal (*Core Network*, CN) y una red de acceso (*Access Network*, AN).

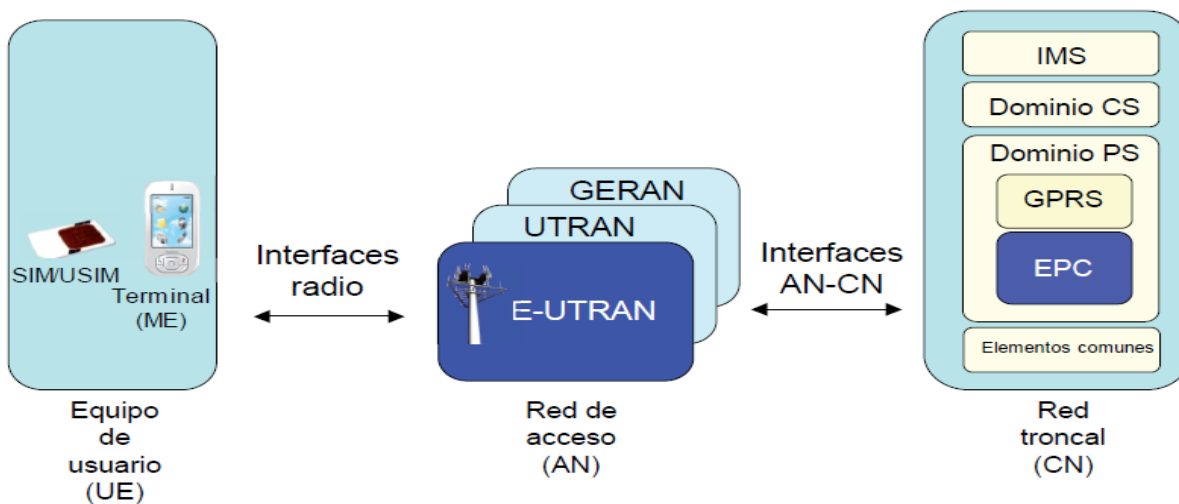


Figura 2.4 arquitectura de los sistemas 3GPP (GSM, UMTS Y LTE)

### 2.3.1 Equipo de usuario

El equipo de usuario en el sistema 3GPP está compuesto de un dispositivo móvil o terminal (*Mobile Equipment, ME*) y una tarjeta UICC también denominada SIM ((*Subscriber Identity Module*) en sistema GSM Y USIM. En UMTS Y LTE es la encargada de almacenar información y sustentar procedimiento que tienen que ver con la suscripción del usuario a los servicios que son proporcionados por la red a través de una interfaz de radio. La arquitectura que utiliza un equipo de usuario para un sistema LTE es la misma que en su momento se definió para los sistemas GSM y que posteriormente se adaptó para ser utilizadas en redes UMTS.

En la figura 2.5 nos ilustra la arquitectura de un equipo de usuario (GSM, UMTS, LTE), donde el **equipo de usuario** contiene dos elementos básicos; un módulo de suscripción del usuario (SIM/USIM) y el equipo móvil (Mobile Equipment, ME) que se agrupa en dos entidades funcionales: terminación móvil (Mobile Terminal, MT) y el equipo terminal (Terminal Equipment, TE).

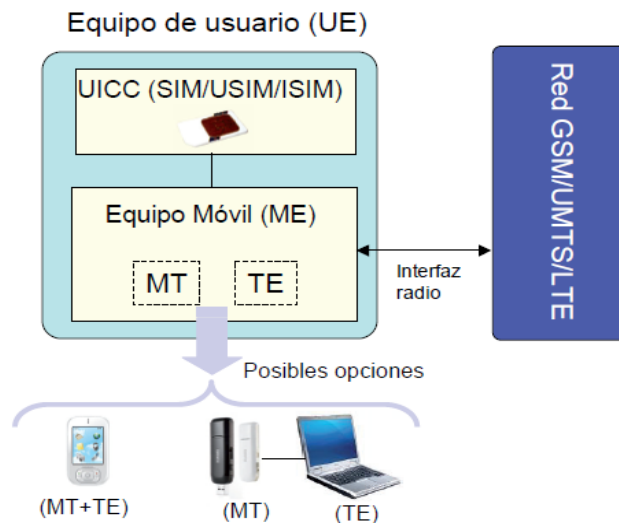


Figura 2.5 Equipo de usuario

A continuación se describen cada elemento básico de la arquitectura funcional del equipo de usuario:

- Tarjeta inteligente (UICC): contiene la aplicación que gestiona los datos de suscripción de los usuarios con el sistema 3gpp, la aplicación para acceder a las redes GSM se denomina SIM ((SubscriberIdentity Module), mientras que para el acceso a redes UMTS se conoce como UMTS SIM (USIM). Además de las aplicaciones SIM y USIM, la tarjeta UICC puede contener también una aplicación denominada ISIM (IP Multimedia Services Identity Module) para almacenar los datos necesarios para la operación de los servicios IMS (direcciones SIP del usuario).

La separación entre USIM y ME facilita que un usuario pueda cambiar de terminal manteniendo su identidad. Muchas veces los términos tarjeta inteligente, SIM y USIM se utilizan de forma equivalente. Estrictamente, la tarjeta inteligente únicamente se refiere al circuito integrado y sus capacidades de comunicación y procesado (elementos hardware/software). Como entorno de procesado que es, una tarjeta inteligente puede ejecutar diferentes aplicaciones, y dos de ellas son la SIM y USIM. Dichas aplicaciones contienen una estructura de datos y un conjunto de rutinas específicas. El diseño de estas aplicaciones se realiza de forma que se garantice compatibilidad con los sistemas previos. Así, una tarjeta con una aplicación USIM, o tarjeta USIM, puede ser utilizada para acceder a una red GSM. En el caso del sistema LTE, se ha mantenido la misma compatibilidad, y además, la aplicación correspondiente sigue denominándose USIM.

- Equipo móvil (ME): Integra las comunicaciones con la red celular así como las funciones adicionales que permiten la integración del usuario con los servicios de la red. En cara de introducir un grado de flexibilidad en el diseño del dispositivo móvil se creó una interfaz que separara físicamente el equipo que alberga las funciones de la comunicación (MT) y el equipo que se ocupa de la

interacción con el usuario (TE) que puede contener otras aplicaciones adicionales no directamente relacionadas con la comunicación móvil. Dichainterfaz consiste en la especificación del conjunto de comandos AT que permiten acceder a los servicios de la red (establecimiento de una conexión en la red LTE) soportados en el MT desde élTE.

### 2.3.2 redes de acceso (AN)

En este bloque 3GPP ha especificado tres tipos de redes de acceso diferentes: GERAN (GSM/EDGE Radio Access network), UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) y E-UTRAN (Evolved UTRAN). Las redes de acceso GERAN y UTRAN forman parte del sistema 3G UMTS mientras que E-UTRAN es la nueva red de acceso del sistema LTE. Cada red utiliza su propia interfaz de radio para la comunicación con los equipos de los usuarios; GERAN o también conocida como GSM, utiliza un acceso basado en TDMA, la tecnología utilizada en UTRAN y E-UTRAN han apostado la tecnología OFDMA. Asimismo, la interconexión de las redes de acceso con la red troncal lo realiza mediante interfaces AN-CN específicas a cada una de ellas.

### 2.3.3 red troncal

La red troncal se divide en; un dominio de circuitos (CircuitSwitched, CS, Domain), un dominio de paquetes (PacketSwitched, PS, Domain) y el subsistema IP Multimedia (IP Multimedia Subsystem, IMS).

- El dominio CS alberga a todas las entidades de la red troncal que participan en la provisión de servicios de telecomunicación basados en conmutación de circuitos, es decir, servicios a los que se les asignan recursos de forma dedicada (circuitos) en el momento de establecimiento de la conexión, manteniéndose éstos hasta la finalización del servicio (servicios de voz y videoconferencia en redes UMTS).

- El dominio PS incluye a las entidades de la red troncal que proporcionan servicios de telecomunicación basados en conmutación de paquetes: la información de usuario se estructura en paquetes de datos que se encaminan y transmiten por los diferentes elementos y enlaces de la red. En particular, el dominio PS proporciona un servicio de conectividad a redes de paquetes (redes IP). Existen dos implementaciones diferentes del dominio PS: GPRS y EPC. GPRS es la implementación del dominio PS que se desarrolló inicialmente en el contexto de redes GSM y que actualmente también forma parte del sistema UMTS. Los servicios de conectividad por paquetes de GPRS son accesibles tanto a través de UTRAN como de GERAN. Por otro lado, EPC es la nueva especificación del dominio PS desarrollada en el contexto del sistema LTE. Tal como se verá más adelante, EPC es una implementación evolucionada de GPRS que ha sido optimizada para proporcionar un servicio de conectividad IP a los equipos de usuario a través de E-UTRAN. El dominio EPC también ha sido concebido para soportar el acceso al servicio de conectividad IP desde las otras redes de acceso 3GPP (UTRAN y GERAN) así como desde redes no 3GPP (redes CDMA2000, Mobile WiMAX, etc.).
- El subsistema IMS comprende los elementos que están relacionados con la provisión de servicios IP multimedia basados en el protocolo SIP (SessionInitiationProtocol) de IETF (Internet EngineeringTask Force2). El subsistema IMS es responsable de la señalización asociada a los servicios multimedia y utiliza como mecanismo de transporte los servicios de transferencia de datos proporcionados por el dominio PS (el equipo de usuario y los equipos del subsistema IMS o redes externas se comunican entre sí a través del servicio de conectividad IP ofrecido por el dominio PS). En este sentido, el subsistema IMS constituye el plano de control de dichos servicios quedando claramente separadas las funciones asociadas al transporte de la información (funciones asociadas al dominio PS) y las funciones propias de la capa de control de los servicios (señalización a nivel de aplicación). Esta separación entre las funciones de transporte y las de control de los servicios



adoptada en LTE está en consonancia con los trabajos desarrollados en otros organismos de estandarización como ETSI (TISPAN [2]) y ITU-T (NGN-GSI [3]) respecto a la especificación de las arquitecturas de los futuros sistemas de telecomunicación basados íntegramente en redes de conmutación de paquetes y que responden a la denominación de NextGenerationNetworks (NGN).

## 2.4 Estructura del sistema LTE

Los componentes fundamentales de un sistema LTE, se denominan como; la nueva red de acceso E-UTRAN, el nuevo dominio de paquetes EPC de la red troncal (denominado red troncal EPC) y la evolución del subsistema IMS concebido en el contexto de los sistemas UMTS. Estos distintos componentes se ilustran en la figura 2.6 de forma simplificada la arquitectura de un sistema LTE.

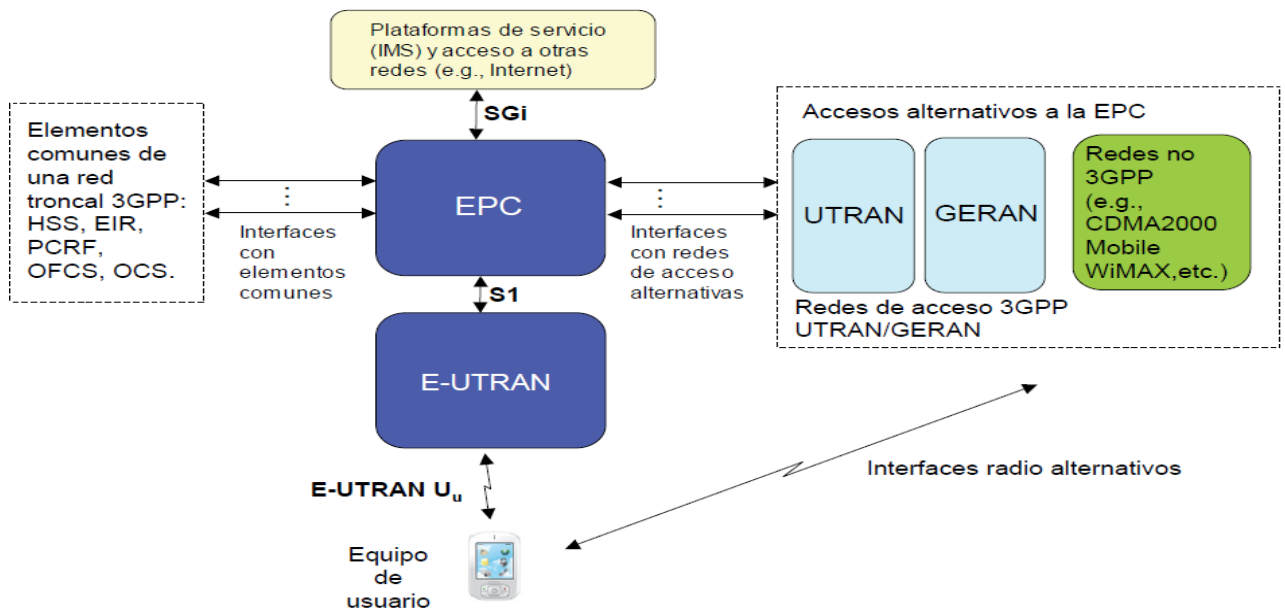


Figura 2.6 Estructura del sistema LTE

La red de acceso E-UTRAN y la red troncal EPC proporcionan de forma conjunta servicios de transferencia de paquetes IP entre los equipos de usuario y redes de

paquetes externas tales como plataformas IMS y otras redes de telecomunicaciones como Internet. El servicio de transferencia de paquetes de datos IP ofrecido por la red LTE entre el equipo de usuario y una red externa se denomina servicio portador EPS (Bearerservice/portador de servicios). Asimismo, la parte del servicio de transferencia de paquetes que proporciona la red de acceso E-UTRAN se denomina E-UTRAN *Radio Access Bearer* (ERAB).

En la figura 2.6 muestra que la interfaz entre E-UTRAN y EPC se denominan S1 y proporcionan a la EPC los mecanismos necesarios para gestionar el acceso de los terminales móviles a través de E-UTRAN. La interfaz radio entre los equipos de usuario y E-UTRAN se denomina E-UTRAN Uu. Por otro lado, las plataformas de servicios como IMS y la conexión a redes de paquetes externas IP se llevan a cabo mediante la interfaz SGi de la EPC. La interfaz SGi es análoga a la interfaz Gi definida en las redes GPRS/UMTS y constituye el punto de entrada/salida al servicio de conectividad IP proporcionado por la red LTE (los terminales conectados a la red LTE son “visibles” a las redes externas a través de esta interfaz mediante su dirección IP).

Los mecanismos de control de los servicios de transporte ofrecidos por EPC se sustentan en información proporcionada por otros elementos de la red troncal que no son exclusivos del sistema LTE sino que pueden dar soporte también a otros dominios de los sistemas 3GPP. En la Figura 2.6 se mencionan algunos de estos elementos comunes entre los que, a modo de ejemplo, se encuentra la base de datos del sistema con la información de suscripción de sus usuarios (HSS).

Otra característica fundamental del sistema LTE es que contempla también el acceso a sus servicios a través de UTRAN y GERAN así como mediante la utilización de otras redes de acceso que no pertenecen a la familia 3GPP (CDMA2000, Mobile WiMAX, redes 802.11, etc.). La interconexión de las redes de acceso alternativas, tanto 3GPP como no, se soporta a través de un conjunto de

interfaces de la EPC interconectada a un conjunto de diferentes redes de acceso de radio.

## 2.5 E-UTRAN (red de acceso evolucionada)

La red de acceso E-UTRAN está compuesta por un entidad de red denominada *Evolved NodeB* (eNB) esta constituye la estación base de E.UTRAN. En la cual tiene la red E-UTRAN tiene toda la funcionalidad de la red de acceso, a diferencia de las redes de acceso de GSM y UMTS compuestas por estaciones base (BTS, NodeB) y equipos controladores (BSC y RNC).

La figura 2.7 nos ilustra la composición de una red E-UTRAN en la cual consta de un eNB, que permite la conectividad entre los equipos de usuario (UE) y la red troncal EPC. La entidad de red *Evolved NodeB*(eNB) se comunica con el resto de los elementos del sistema mediante tres interfaces; E-UTRAN Uu, S1 y X2.

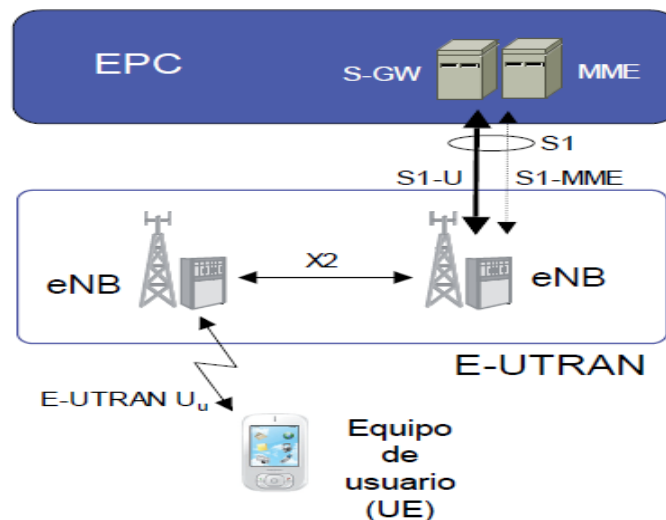


Figura 2.7 Red de acceso E-UTRAN

La interfaz E-UTRAN Uu, permite la transferencia de información por el canal radio entre el eNB y los equipos de usuario. Todas las funciones y protocolos necesarios para realizar el envío de datos y controlar la operativa de la interfaz E-UTRAN Uu se implementan en el eNB.

La entidad de red eNB se conecta a la red troncal EPC por medio de la interfaz S1, esta interfaz se divide en dos elementos; S1-MME para sustentar el plano de control y S1-U como soporte del plano de usuario. El plano de usuario abarca los protocolos utilizados para el envío del tráfico (paquetes IP) correspondiente a los servicios a los que acceden los terminales a través de la red. El plano de control se refiere a los protocolos necesarios para sustentar las funciones y procedimientos en las diferentes interfaces.

Esta separación entre plano de control y plano de usuario en la interfaz S1 permite realizar la conexión del eNB con dos nodos diferentes de la red troncal. Así, mediante la interfaz S1-MME, el eNB se comunica con una entidad de red de la EPC encargada únicamente de sustentar las funciones relacionadas con el plano de control (dicha entidad de red de la red troncal EPC se denomina Mobility Management Entity, MME). Por otro lado, mediante la interfaz S1-U, el eNB se comunica con otra entidad de red encargada de procesar el plano de usuario (dicha entidad de red de la EPC se denomina Serving Gateway, S-GW). Esta separación entre entidades de red dedicadas a sustentar el plano de control o bien el plano de usuario es una característica importante de la red LTE que permite dimensionar de forma independiente los recursos de transmisión necesarios para el soporte de la señalización del sistema y para el envío del tráfico de los usuarios.

También los eNB pueden conectarse entre sí mediante la interfaz X2. A través de esta interfaz, los eNB se intercambian tanto mensajes de señalización destinados a permitir una gestión más eficiente del uso de los recursos radio (información para reducir interferencias entre eNBs) así como tráfico de los usuarios del sistema cuando estos se desplazan de un eNB a otro durante un proceso de *handover*.

### **2.5.1 Evolved NodeB (eNB)**

A como se refleja anteriormente, eNB integra todas las funciones de la red de acceso. Por ello, en el eNB terminan todos los protocolos específicos de la interfaz

radio. Mediante dichos protocolos, el eNB realiza la transmisión de los paquetes IP hacia/desde los equipos de usuario junto con los mensajes de señalización necesarios para controlar la operación de la interfaz radio. El servicio de transferencia de paquetes IP entre un eNB y un equipo de usuario se denomina formalmente como servicio portador radio (*Radio Bearer, RB*).

En pocas palabras, el eNB es una estación base de radio que está en control de todas las funciones de radio relacionados en la parte fija del sistema. Las estaciones de base tales como eNB normalmente se distribuyen en todo el área de cobertura de redes, cada eNB que residen cerca de las antenas de radio reales.

Funcionalmente eNB actúa como una capa de 2 puente entre el UE y el EPC, al ser el punto de terminación de todos los protocolos de radio hacia el UE, y transmitir los datos entre la conexión de radio y la correspondiente conectividad basada en IP hacia el EPC. En esta función, el eNB realiza el cifrado / descifrado de los datos de la UE, y también la cabecera IP, compresión / descompresión que significa evitar enviar repetidamente los mismos datos o secuencial en la cabecera IP.

Otra función importante introducida en la funcionalidad de un eNB es la selección dinámica de la entidad MME de la red troncal EPC cuando un terminal se registra en la red LTE. Esta función otorga un grado de flexibilidad muy importante en la operativa de la red. En E-UTRAN, a diferencia de arquitecturas más jerarquizadas como GERAN o las primeras versiones de UTRAN, un eNB puede estar conectado simultáneamente a múltiples MMEs de la red troncal. El conjunto de MMEs a los que tiene acceso un NB se denomina su *pool área*. Así, mediante la selección de qué entidad MME va a controlar el acceso de cada usuario, es posible balancear la carga de señalización entre diferentes MMEs así como aumentar la robustez del sistema frente a puntos de fallo críticos. Esta opción se soporta mediante lo que se denomina la interfaz S1

### 2.5.2 Interfaz entre eNB y EPC (S1)

La interfaz denominada S1-U (*S1 UserPlane*), proporciona un servicio de transferencia de datos de usuario entre eNB y S-GW, este no soporta mecanismos de control de errores ni de control de flujo. Este servicio de transferencia a través de la interfaz S1-U se denomina servicio portador S1 (*S1 bearer*).

La interfaz denominada S1-MME o también S1-C es utilizado para soportar un conjunto de funciones y procedimiento de control entre eNB y la entidad MME de la red troncal.

Concretamente los procedimientos soportados por la interfaz S1 se destacan:

- Modificación y liberación de recursos de los servicios portadores tanto en la interfaz radio como en la interfaz S1 (S1 Bearer).
- Procedimiento de traspaso entre los eNBs
- Procedimiento de aviso (*Paging*)
- Procedimiento de envío de forma transparente entre MME y eNB de los mensajes de señalización de control que fluyen entre el MME y el equipo de usuario.

Tal como se ha comentado en la descripción de las funciones de un eNB, la interfaz S1 permite que un eNB pueda estar conectado simultáneamente a múltiples equipos de la red troncal (múltiples MMEs y/o múltiples S-GWs). Esta característica se denomina comúnmente como S1-flex y presenta varias ventajas

- La red es más robusta a fallos de los nodos de la red troncal: el correcto funcionamiento de un eNB no está ligado a un único nodo de la red troncal. De esta forma, aunque se produzca un malfuncionamiento o parada de un nodo de la red troncal, los eNBs afectados pueden seguir ofreciendo servicio a través de otros nodos de la red troncal.

- Es posible desplegar estrategias de balanceo de carga entre E-UTRAN y los nodos de la red troncal, atendiendo tanto a las capacidades de procesamiento de dichos nodos como a la capacidad de los enlaces de la red de transporte entre E-UTRAN y la EPC.
- Un eNB puede proporcionar acceso a nodos de redes troncales de diferentes operadores de red que comparten la red de acceso.

### 2.5.3 interfaz entre eNB y eNB (X2)

Este plano de usuario X2 es muy parecido al plano S1 este también proporciona un servicio de transferencia de datos de usuarios entre los eNBs. Esta transferencia únicamente se realiza durante los procedimientos de traspaso (*handover*) en los que los paquetes de usuario almacenados en el eNB antiguo se transfieren al eNB nuevo. De esta forma, el cambio de eNB asociado a un procedimiento de traspaso (*handover*) puede resultar más transparente al usuario ya que se reduce la posible pérdida de paquetes durante el proceso.

Las funciones y procedimientos soportados por la interfaz X2 se destacan:

- Soporte del mecanismo de traspaso (*handover*) entre los eNBs. En síntesis, a través del plano de control se realiza la transferencia del contexto de un usuario del eNB antiguo al nuevo y se controla el mecanismo de transferencia de paquetes IP en el plano de usuario de X2. El contexto de usuario contiene información relativa a los servicios portadores radio que tiene establecidos el usuario, claves de seguridad así como los datos sobre las capacidades del terminal.
- Indicación del estado de carga del eNB. A través de dicha interfaz, eNBs que tengan celdas vecinas pueden transferirse información para llevar a cabo funciones de gestión de recursos radio como la coordinación de interferencias entre celdas que operen en el mismo canal.

## 2.6 Arquitectura de la EPC

El EPC (red troncal) se inició principalmente para proporcionar un servicio de conectividad IP (evolución del servicio GPRS) mediante una arquitectura de red optimizada que permite explotar las nuevas capacidades que ofrece la red de acceso E-UTRA. El diseño de la red troncal EPC posibilita el acceso a los servicios de otras redes tanto como de 3GPP como fuera del ámbito del 3GPP (cdma2000, WiMAX, 802.11).

La figura 2.8 nos muestra la arquitectura que comprende únicamente las entidades que forman el núcleo de la red troncal EPC para la provisión de servicios de conectividad IP a través de las redes E-UTRAN junto con las entidades de red e interfaces que soportan las funciones relacionadas con el control de del servicio de conectividad (control de QoS) y de los mecanismos de tarificación.

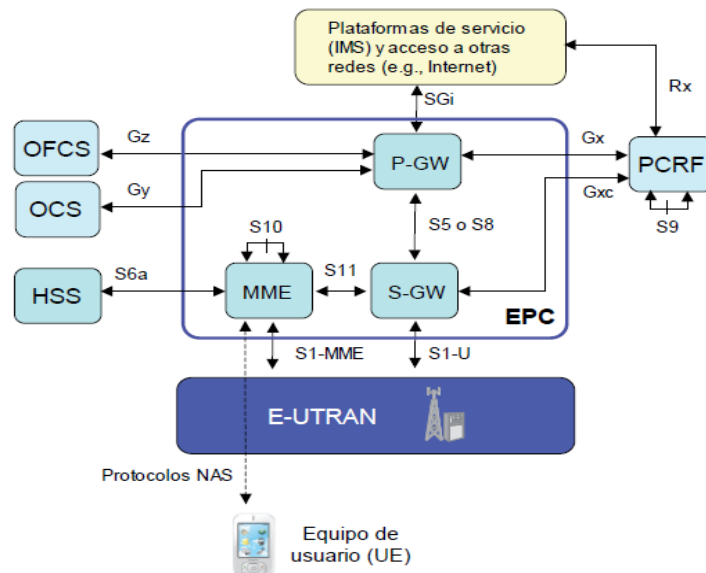


Figura 2.8 arquitectura de la red troncal EPC

Tal como se ilustra en la Figura 2.8, el núcleo del sistema EPC está formado por tres entidades de red: MME (*Mobility Management Entity*), Serving Gateway (S-GW) y *Packet DataNetwork Gateway* (P-GW). Estas tres entidades, junto con la base de datos principal del sistema 3GPP denominada HSS (*Home Subscriber*



Server), constituyen los elementos básicos para la provisión del servicio de conectividad IP entre los equipos de usuario conectados a través de E-UTRAN y redes externas a las que se conecta la red troncal EPC. Las funciones asociadas con el plano de usuario se concentran en las dos pasarelas (S-GW y P-GW) mientras que la entidad MME se encarga de las funciones y señalización del plano de control.

La conexión de la red de acceso E-UTRAN a la EPC se realiza a través de la interfaz S1. En particular, la interfaz S1-MME que sustenta el plano de control termina en la entidad MME mientras que la interfaz S1-U del plano de usuario termina en el S-GW.

La entidad MME determina el plano de control de los equipos de usuario conectados a la red LTE mediante los protocolos NAS y controla las funciones de transferencia del plano de usuario de red LTE a través de la interfaz S11 con la entidad S-GW. Asimismo, la entidad MME se conecta a la entidad HSS a través de la interfaz S6a para acceder a la información asociada a los usuarios de la red que estén autorizados a establecer conexiones a través de E-UTRAN. Tal como puede observarse en la Figura 2.8, las entidades MME también pueden comunicarse entre ellas mediante la interfaz S10.

La interconexión de la EPC con redes externas o plataformas de servicio (plataformas IMS) se realiza a través de la entidad P-GW mediante la interfaz SGi. La pasarela P-GW soporta funciones, entre otras, de asignación de direcciones IP a los equipos de usuario y mecanismos de control de los parámetros de calidad de servicio de las sesiones de datos establecidas a través de la red LTE. Internamente, la pasarela P-GW se conecta a la pasarela S-GW mediante la interfaz S5, cuando ambas pasarelas pertenecen al mismo operador, y mediante S8, cuando éstas se encuentran en redes de operadores diferentes y se proporciona un servicio de *roaming* o itinerancia.

También en la Figura 2.8 se ilustra la entidad de red PCRF (*Policy and Charging RulesFunction*) que constituye un elemento clave de todos los sistemas 3GPP, y en particular, del sistema LTE. La entidad PCRF forma parte del marco funcional denominado PCC (*Policy andCharging Control*) que se utiliza para controlar los servicios portadores que ofrece la red LTE (activación y determinación de los parámetros de QoS asociados a cada servicio portador) así como realizar el control de los mecanismos de tarificación (tarificación on-line, offline, medición del volumen de datos transferido, tiempo transcurrido, etc.). Así pues, mediante la interfaz Gx, el PCRF gestiona los servicios portadores EPS de la red LTE mediante el envío de unas reglas de uso (reglas PCC) que sirven para configurar la operación de unas funciones específicas del plano de usuario de la pasarela P-GW (funciones que limitan la tasa de transferencia en bits/s de los servicios portadores). La entidad PCRF es accesible desde las plataformas de servicios externas como IMS mediante la interfaz Rx. Dicha interfaz ofrece la funcionalidad de control necesaria para que los servidores de aplicación externos puedan proporcionar información asociada a los servicios finales a los que accede el usuario junto con las características y requerimientos de QoS. A modo de ejemplo, si un usuario establece un servicio de videoconferencia a través de IMS, el elemento que controla la provisión del servicio en IMS puede indicar a través de la interfaz Rx cuáles son los parámetros de QoS que debe proporcionar el servicio portador de la red LTE para transferir de forma adecuada la información de la videoconferencia. Con esta información, la entidad PCRF envía a la red LTE las reglas PCC pertinentes para la configuración de los servicios portadores.

Finalmente, las entidades OFCS (*OfflineCharging System*) y OCS (*Online Charging System*) mostradas en la Figura 2.8 constituyen el núcleo del sistema de tarificación de la red. Ambas entidades interactúan directamente con la pasarela P-GW mediante la interfaz Gz, en el caso de OFCS, y Gy, en el caso de OCS. El marco de tarificación soportado es un marco flexible que permite desplegar modelos de tarificación en base a diferentes parámetros tales como tiempo de uso, volumen de datos, eventos, etc.

### 3. Tecnología de nivel físico OFDM Y MIMO

#### 3.1 Introducción y Descripción de OFDM

La Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales-Orthogonal Frequency División Multiplexing (OFDM), es una Multiplexación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información, la cual es modulada en QAM o en PSK.

Normalmente se realiza la Multiplexación OFDM tras pasar la señal por un codificador de canal con el objetivo de corregir los errores producidos en la transmisión, esta Multiplexación se denomina COFDM

COFDM (Coded Orthogonal Frequency División Multiplexing--Multiplexación por División de Frecuencia Orthogonal codificada) es una técnica compleja de modulación de banda ancha utilizada para transmitir información digital a través de un canal de comunicaciones, que combina potentes métodos de codificación más el entrelazado para la corrección de errores en el receptor. COFDM modula la información en múltiples frecuencias portadoras ortogonales donde cada una está modulada en amplitud y fase y lleva una tasa de símbolos muy baja además de tener una alta eficiencia espectral. Se obtiene una modulación específicamente diseñada para combatir los efectos multitrayectoria y otros tipos de interferencias que afectan a receptores.

La técnica de transmisión OFDM (Multiplexación por División de Frecuencia Orthogonal) constituye un mecanismo de transmisión Multi-portadora consistente en multiplexar un conjunto de símbolos sobre un conjunto de subportadoras. Gracias a las propiedades de ortogonalidad de dichas subportadoras, es posible efectuar la transmisión simultánea de todos los símbolos manteniendo la capacidad de separación de los mismos en recepción.

Esta técnica es utilizada por sistemas tales como la Televisión Digital Terrestre según el estándar DVB-T o las redes inalámbricas de área local según los estándares IEEE 802.11a/g, a la vez que constituye la base para la técnica de acceso múltiple OFDMA (Orthogonal Frequency División Múltiple Access) empleada por el sistema LTE.

### 3.2 Características de la modulación OFDM

La Multiplexación de portadoras OFDM es muy robusta frente al multitrayectoria, que es muy habitual en los canales de radiodifusión, frente a las atenuaciones selectivas en frecuencia y frente a las interferencias de RF.

Es capaz de recuperar la información de entre las distintas señales con distintos retardos y amplitudes (fading) que llegan al receptor, por lo que existe la posibilidad de crear redes de radiodifusión de frecuencia única sin que existan problemas de interferencia.

OFDM genera una alta tasa de transmisión al dividir el flujo de datos en muchos canales paralelos o subportadoras que se transmiten en igual número de portadoras de banda estrecha y con tiempos de símbolo (uno o varios bits) mayores al caso de usar banda ancha donde para lograr la misma tasa de transmisión los tiempos de símbolo son más cortos.

Los canales de banda estrecha de OFDM son ortogonales entre sí, lo que evita el uso de bandas de guardas y así proporciona un uso eficiente del espectro. Ya que los desvanecimientos afectan selectivamente a uno o un grupo de canales

Las tecnologías de nivel físico empleadas en el futuro sistema LTE, y que constituyen una de las principales diferencias en relación a los sistemas Predecesores de comunicaciones móviles son OFDM Y MIMO, estas permiten conseguir mayor capacidad y eficiencia en el uso de los recursos radio.

Entre los sistemas que usan la modulación OFDM se destacan se destacan:

Las normas de televisión digital terrestre DVB-T e ISDB-T.

La radio digital DAB

La radio digital de baja frecuencia DRM

El protocolo de red de área local IEEE 802.11a/g/n, también conocido como Wireless LAN

El sistema de transmisión inalámbrica de datos WiMAX

El sistema de transmisión de datos

Telefonía móvil 4G LTE, entre otras.

### 3.3 Caracterización de las estructuras MIMO

Una antena inteligente o antena MIMO es aquella que en vez de disponer un diagrama de radiación fijo, es capaz de generar o seleccionar haces muy directivos enfocados hacia el usuario deseado, e incluso adaptarse a las condiciones radioeléctricas del momento.

MIMO (múltiple Entrada múltiple Salida) es una tecnología de radio comunicaciones que se refiere a enlaces de radio con múltiples antenas en el lado del transmisor y del receptor. Debido a las múltiples antenas, la dimensión espacial puede ser explotada para mejorar el desempeño del enlace inalámbrico, haciendo la señal más fuerte, más confiable y transmisiones más rápidas.

MIMO Se refiere específicamente a la forma como son manejadas las ondas de transmisión y recepción en antenas para dispositivos inalámbricos como enrutadores. En el formato de transmisión inalámbrica tradicional la señal se ve afectada por reflexiones, lo que ocasiona degradación o corrupción de la misma y por lo tanto pérdida de datos.

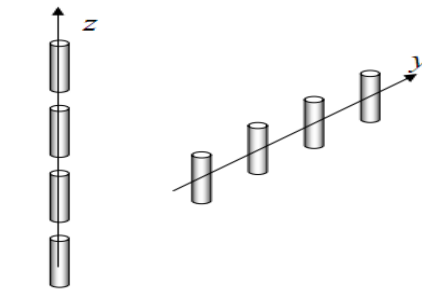
MIMO aprovecha fenómenos físicos como la propagación multicamino para incrementar la tasa de transmisión y reducir la tasa de error. En breves palabras MIMO aumenta la eficiencia espectral de un sistema de comunicación inalámbrica por medio de la utilización del dominio espacial.

Durante los últimos años la tecnología MIMO ha sido aclamada en las comunicaciones inalámbricas ya que aumenta significativamente la tasa de transferencia de información utilizando diferentes canales en la transmisión de datos o la multiplicación espacial por tener las antenas físicamente separadas.

Múltiple-Input /Múltiple-Output o MIMO ( Entradas múltiples, salidas múltiples) es una tecnología de antenas inteligentes de arrays adaptativos empleada en algunas redes inalámbricas como, por ejemplo, en Femtocelda y en WiMAX que aprovecha el fenómeno de multipropagación y radiocomunicaciones en diversidad de espacio para conseguir una mayor velocidad y un mejor alcance del que se consigue con las antenas tradicionales.

Un array es un medio de guardar un conjunto de objetos de la misma clase. Se accede a cada elemento individual del array mediante un número entero denominado índice. 0 es el índice del primer elemento y  $n-1$  es el índice del último elemento, siendo  $n$ , la dimensión del array.

En otras palabras un array es una antena compuesta por un número de radiadores idénticos ordenados regularmente y alimentado para obtener un diagrama de radiación predefinido.



**Figura 3.1 Ejemplo de un array.**

Femtocelda es una estación base pequeña en tamaño y potencia, diseñada para el uso en hogares o negocios. Normalmente, se conecta a la red del proveedor de Servicio a través de una conexión de banda ancha cableada, típicamente DSL o cable.

MIMO se refiere a cualquier técnica multiantena que incluya diversidad RX (Recepción) y TX (Transmisión), direccionamiento de canales y Multiplexación espacial.

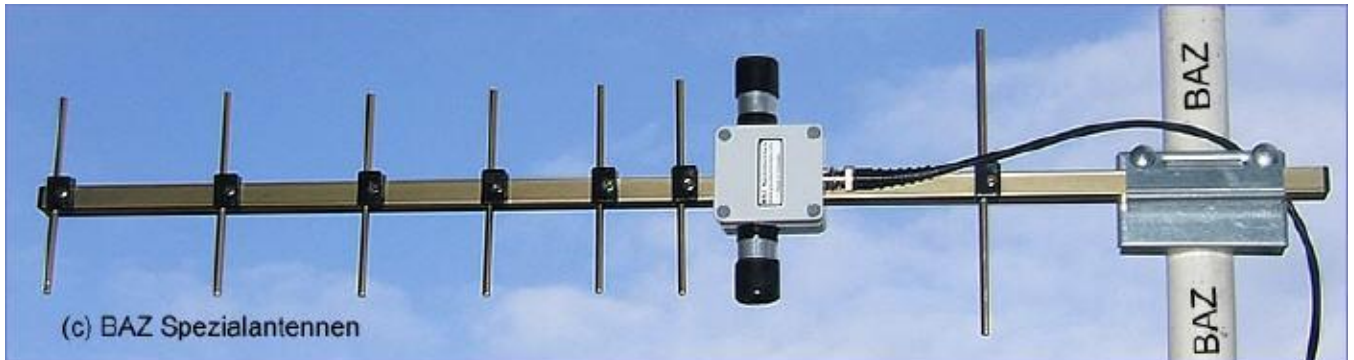


Figura 3.2 Ejemplo de MIMO (Múltiple Entrada -Múltiple Salida)

LTE 700/800 antena Yagi antena direccional

Breve LTE antena direccional Yagi con un dipolo de media onda abierta, montado en el mástil delantero, polarización horizontal y vertical, conector hembra N, con el montaje del mástil. Datos técnicos: 11,2 dBi G, V / R > 20 dB, 40 ° E Alfa, Alfa H 45 °, longitud 59 cm, W 6 cm, H 14 cm.

LTE antena 4G

LTE 700/800 antena Yagi antena direccional

Con las características de la antena que se refleja en la Figura 3.2 pretendemos mostrar que al conjunto de varias de ellas son las que conforman la antena MIMO, ya que como mencionamos anteriormente MIMO (Múltiple Entrada/Múltiple salida) es un arreglo de antenas. lo que quiere decir que un conjunto de antenas transmiten y otro conjunto de antes reciben la señal, por lo que le permite tener una señal segura ya que si una de ellas llegara a tener alguna interrupción se mantendrá teniendo la conexión entre el emisor y el receptor a través de otra arreglo de antenas.

Comportamiento de los Patrones de Radiación de una antena Yagi con respecto a la cantidad de Dipolos que se encuentra en el receptor.

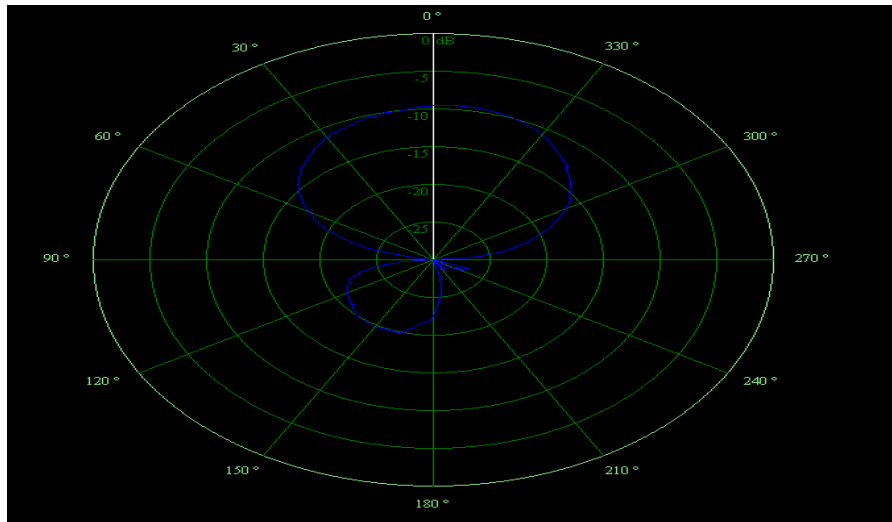


Figura 3.3 Patrón de radiación de una antena Yagi con 2 Dipolos en el receptor.

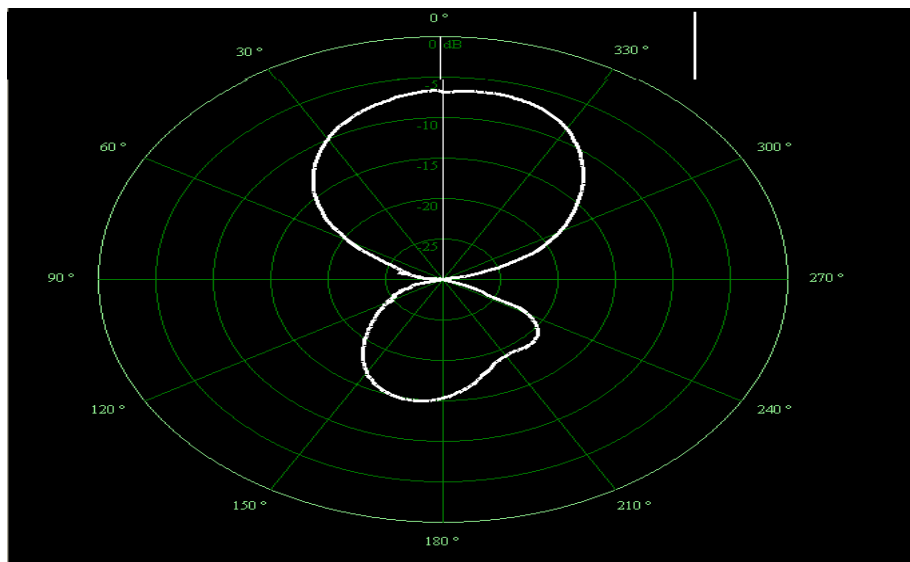
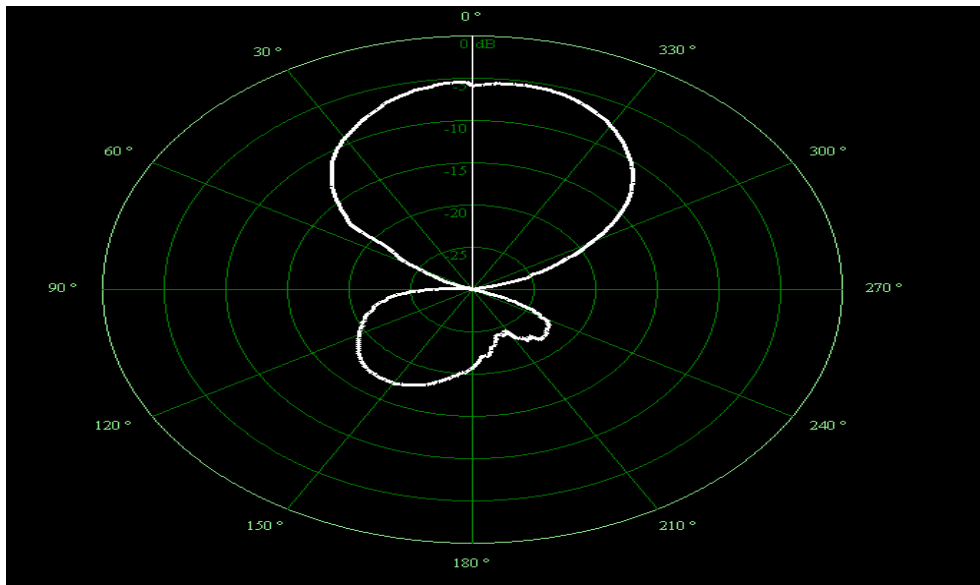
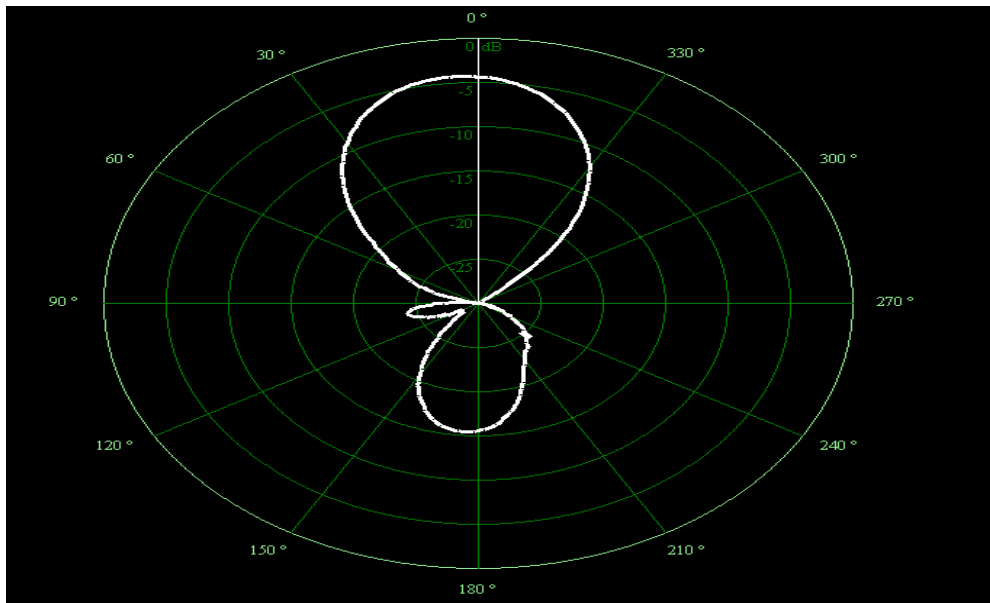


Figura 3.4 Patrón de radiación de una antena Yagi con 3 Dipolos en el receptor

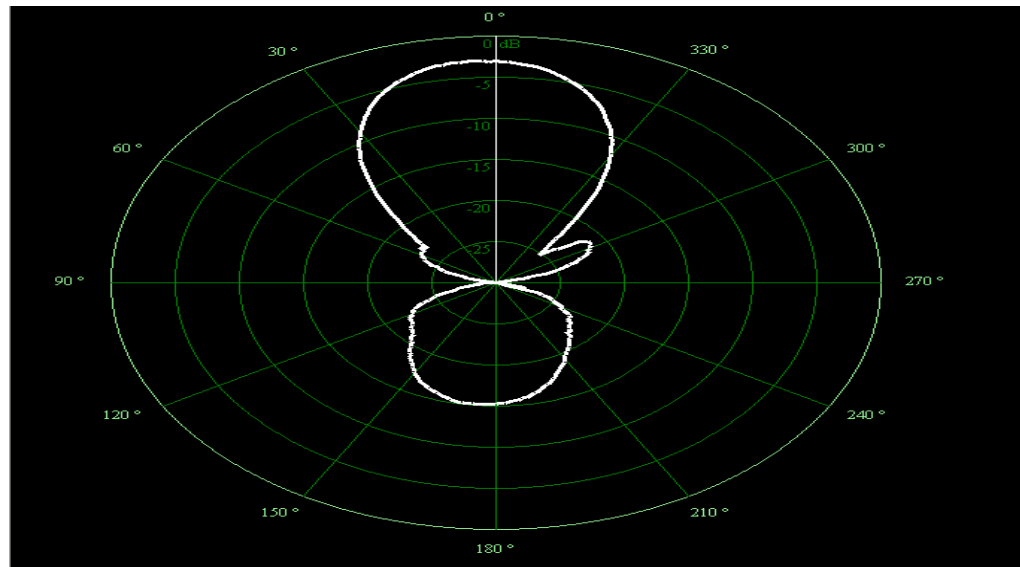




**Figura 3.5** Patrón de radiación de una ante Yagi con 4 Dipolos en el receptor



**Figura 3.6** Patrón de radiación de una antena Yagi con 5 Dipolo en el receptor



**Figura 3.7 Patrón de radiación de una antena Yagi con 6 Dipolos en el receptor**

Una vez realizada la practica en el laboratorio de comunicaciones de la UNAN-Managua, podemos observar el comportamiento del patrón de radiación de una antena Yagi y determinamos que a medida que aumentamos la cantidad de Dipolos en la parte receptora de la antena, el patrón de radiación se hace más directivo hacia adelante en particular más directivo al usuario deseado del cual goce del servicio que LTE ofrecerá a la población dentro de unos años.

La distancia o espaciamiento que debe existir entre el Dipolo de excitación y el dipolo reflector es de 87mm equivalente a 8.7cm y la distancia o espaciamiento entre los dipolo direccionales debe de ser de 61mm equivalente a 6.1cm

La ecuación para calcular la longitud de in dipolo  $\lambda/2$  en transmisión, con un generador RF=1KHZ.

$$\lambda = c/f \quad \text{Donde } c: \text{ Velocidad de la luz}$$

f: frecuencia de transmisión

La modulación QAM permite que dos señales provenientes de dos fuentes independientes, pero con características de ancho de banda similares, ocupen el mismo ancho de banda de transmisión y se puedan separar en el extremo receptor, ahorrando así el uso del ancho de banda disponible<sup>1</sup>. Así, si dos señales  $I(t)$  y  $Q(t)$ , modulan dos señales portadoras de la misma frecuencia, una

desfasada en  $90^\circ$  respecto a la otra, mediante el uso de moduladores de producto (que multiplican las señales por la portadora) la señal resultante será expresada matemáticamente de la forma:

$$\begin{aligned} s(t) &= I(t) \cos(2\pi f_0 t) + Q(t) \cos(2\pi f_0 t + 90^\circ) \\ &= I(t) \cos(2\pi f_0 t) - Q(t) \sin(2\pi f_0 t) \end{aligned}$$

En el receptor, estas señales son desmoduladas usando otros dos moduladores de producto que multiplican la señal recibida  $r_i(t)$ , en dos vías separadas, con la señal de un oscilador local en forma directa y con ésta desfasada en  $90^\circ$  para reproducir las señales  $I(t)$  y  $Q(t)$  respectivamente. Debido a la propiedad de ortogonalidad de las señales portadoras, es posible detectar independientemente las señales transmitidas.

En forma ideal,  $I(t)$  se recupera al multiplicar la señal recibida por una portadora de frecuencia  $f_0(t)$  que puede ser expresada así:

$$\begin{aligned} r_i(t) &= s(t) \cos(2\pi f_0 t) \\ &= I(t) \cos(2\pi f_0 t) \cos(2\pi f_0 t) - Q(t) \sin(2\pi f_0 t) \cos(2\pi f_0 t) \end{aligned}$$

Usando las identidades trigonométricas, la ecuación anterior se puede escribir como:

$$\begin{aligned} r_i(t) &= \frac{1}{2} I(t) [1 + \cos(4\pi f_0 t)] - \frac{1}{2} Q(t) \sin(4\pi f_0 t) \\ &= \frac{1}{2} I(t) + \frac{1}{2} [I(t) \cos(4\pi f_0 t) - Q(t) \sin(4\pi f_0 t)] \end{aligned}$$

Haciendo pasar esta señal compuesta por un filtro pasa bajo adecuadamente diseñado, se remueven los componentes de altas frecuencias que contienen a  $4\pi f_0 t$ , dejando solamente la señal  $I(t)$ , que no es afectada por  $Q(t)$ , lo cual demuestra que ambas señales pueden ser recibidas independientemente. En forma similar, la señal recibida  $s(t)$  es multiplicada por la señal del oscilador local desfasada en  $90^\circ$  y la señal compuesta se hace pasar por otro filtro paso bajo para extraer  $Q(t)$ .

En breve explicación se puede decir que la modulación de amplitud en cuadratura es una modulación lineal que consiste en modular en doble banda lateral dos portadoras de la misma frecuencia desfasadas  $90^\circ$ . Cada portadora es modulada por una de las dos señales a transmitir. Finalmente las dos modulaciones se suman y la señal resultante es transmitida. Este tipo de modulación tiene la ventaja de que ofrece la posibilidad de transmitir dos señales en la misma frecuencia, de forma que favorece el aprovechamiento del ancho de banda disponible.

La modulación QAM es una modulación en amplitud y cuadratura. Esto quiere decir que la señal portadora será modificada en amplitud y fase, atendiendo a la señal moduladora. Este proceso de combinación da lugar a la señal modulada. Así, se pueden obtener distintas combinaciones de amplitud y fase, dando lugar a los diferentes tipos de modulación QAM que existen: 8-QAM, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, 128-QAM, 256-QAM; donde los números indican las posibles combinaciones de amplitud y fase.

La tecnología MIMO emplea varias antenas tanto en el transmisor como en el receptor, y para un mismo ancho de banda y potencia transmitida consigue mejores resultados que los sistemas SISO (Solo-Entrada/Salida-Única). La capacidad de un sistema MIMO en un entorno de dispersión por multipropagación, cuando las señales recibidas no están correlacionadas entre sí, es proporcional al número de antenas empleadas. El diseño de las antenas y el proceso de la señal recibida necesitan técnicas especializadas.

El diseño de las antenas MIMO busca reducir la correlación entre las señales recibidas, para ello utiliza los diferentes modos de diversidad que se pueden dar en la recepción, como la diversidad de espacio (al estar las antenas separadas), la diversidad de ganancia (por emplear antenas con diferentes patrones de

Radiación, ortogonales u otros) y la diversidad de polarización (antenas con distinta polarización) etc.

### 3.3.1 Aprovechamiento de la diversidad de espacio

En un sistema de comunicaciones es básico poder distinguir los usuarios. Los sistemas de acceso múltiple más usuales son la Multiplexación en frecuencia (Frequency division múltiple Access, FDMA), la Multiplexación en tiempo (time-División múltiple Access, TDMA) y la Multiplexación en código (code-division múltiple Access, CDMA). Estas técnicas separan los usuarios según la frecuencia, el tiempo y el código, respectivamente, y proporcionan tres tipos de diversidad.

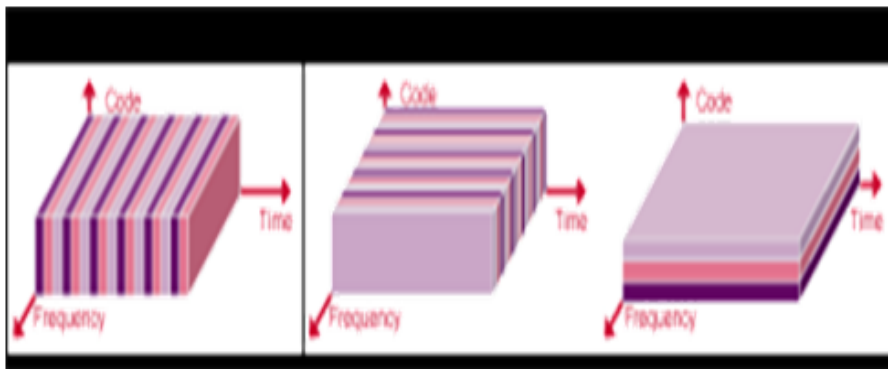


Figura 3.3 TDMA (izda.), FDMA (centro), CDMA (dcha.)

En una red LTE se emplea el Acceso Múltiple por División de código (CDMA) lo que le permite obtener un mejor aprovechamiento espacial debido al comportamiento de dicho sistema. La CDMA después de digitalizar la información, la transmite a través de todo el ancho de banda disponible. Varias señales son sobrepuestas en el canal, y cada una tiene un código de secuencia único. Usando la tecnología CDMA, es posible comprimir entre 8 y 10 señales digitales para que estas ocupen el mismo espacio que ocuparía una señal en un sistema analógico.

Una antena inteligente puede reducir las interferencias empleando diversidad de espacio (que se suele denominar en inglés como *spatialdiversity* o SDMA) y en consecuencia aumentar la capacidad de comunicación adaptando dinámicamente las características del sistema radiante. Concretamente, concentra y dirige el haz al usuario, consiguiendo mayor eficacia que una antena sectorial y mejorando el comportamiento ante interferencias.

### 3.3.2 Variantes de la tecnología MIMO

- **MIMO:** Múltiple input múltiple output; este es el caso en el que tanto transmisor como receptor tienen varias antenas.
- **MISO:** Múltiple input Single output; en el caso de que haya varias antenas de emisión pero solamente una en el receptor.
- **SIMO:** *Single input múltiple output*; en el caso de una sola antena de emisión y varias antenas en el receptor.

De las tres variantes que existen sobre las antenas inteligentes, la red LTE de cuarta generación utiliza la variante MIMO, por tal motivoes que esta nueva tecnología alcanza una señal segura, sin interferencia alguna y contribuye a que la comunicación tenga una velocidad superior distinta a las antecesoras a esta misma.

En función de las tres variantes citadas se empleará una u otra de las siguientes tecnologías:

Configuración de Haz (Beamforming): Consiste en la formación de un patrón de iluminación bien determinado, fruto del desfase de la señal en las distintas antenas. Sus principales ventajas son una mayor ganancia de señal además de una menor atenuación con la distancia. Gracias a la ausencia de dispersión el Beamforming consigue un patrón bien definido y direccional. En este tipo de

transmisiones se hace necesario el uso de dominios de configuración de haz, sobre todo en el caso de múltiples antenas de transmisión. Hay que tener en cuenta que esta técnica precisa un conocimiento previo del canal a utilizar en el transmisor.

Multiplexación espacial (Spatial Multiplexing): Consiste en la Multiplexación de una señal de mayor ancho de banda en señales de menor ancho de banda iguales transmitidas desde distintas antenas. Si estas señales llegan con la suficiente separación en el tiempo al receptor este es capaz de procesarlas y distinguir las creando así múltiples canales en anchos de banda mínimos. Esta técnica es eficaz para aumentar la tasa de transmisión, sobre todo en entornos difíciles en cuanto a la relación señal ruido. Únicamente está limitado por el número de antenas disponibles tanto en receptor como en transmisor. No requiere el conocimiento previo del canal en el transmisor o receptor. Para este tipo de transmisiones es obligatoria una configuración de antenas MIMO.

Diversidad de código (Code-division múltiple Access): Son una serie de técnicas que se emplean en medios en los que por alguna razón solo se puede emplear un único canal, codificando la transmisión mediante espaciado en el tiempo y la diversidad de señales disponibles dando lugar al código espacio-tiempo. Para aumentar la diversidad de la señal se recurre a una emisión desde varias antenas basándose en principios de ortogonalidad.

La Multiplexación de espacio puede ser combinada con la configuración de haz cuando el canal es conocido en el transmisor o combinado con la diversidad de código cuando no es así. La distancia física entre las antenas ha de ser múltiples longitudes de onda en la estación base. Para poder distinguir las señales con claridad, la separación de las antenas en el receptor tiene que ser de al menos  $0,3 \lambda$ .

#### 4. Misión de LTE en redes móviles

Una vez realizado el estudio de la Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM) y Múltiple Entrada – Salida (MIMO) del capítulo anterior, procedemos a proporcionar una descripción de la gestión de sesión, movilidad y seguridad que ofrece LTE en las redes móviles de acuerdo a su capacidad.

La gestión de sesiones se refiere a la gestión del servicio de conectividad IP que ofrece una red LTE. El servicio de conectividad IP de una red LTE es capaz de ofrecer diferentes niveles de calidad de servicio (QoS) y puede ser gestionado mediante mecanismos de control de las políticas de uso de la red (policy control/ política de control) que permiten la interacción del servicio de conectividad proporcionado por LTE con las plataformas que sustentan los servicios finales (IMS- IP Multimedia Subsystem/ Subsistema de Multimedia IP).

El servicio IMS es un sistema que proporciona los mecanismos de control necesario para la presentación de servicios de comunicación multimedia que están basados en la utilización del protocolo IP a los usuarios de la red LTE.

QoS (Quality of Service o Calidad de Servicio), se refiere a diversos mecanismos destinados a asegurar el flujo ágil de datos en la red, valiéndose de mecanismos de asignación de prioridades a diferentes tipos de tráfico que requieran tratamiento más especial.

La gestión de movilidad se refiere a los mecanismos con los que cuenta el sistema LTE para que los usuarios puedan acceder y recibir servicios desde cualquier ubicación geográfica donde el sistema disponga de cobertura

La gestión de movilidad también abarca los mecanismos utilizados en el sistema LTE para poder mantener las conexiones de sus usuarios activas aun cuando éstos puedan cambiar de estación base debido a su movilidad (mecanismos De handover).



Se denomina Handover sistema utilizado en comunicaciones móviles celulares con el objetivo de transferir el servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente. Este mecanismo garantiza la realización del servicio cuando un móvil se traslada a lo largo de su zona de cobertura.

La gestión de seguridad concierne a cómo la red LTE asegura y autoriza el uso de sus servicios a los usuarios así como cuáles son los mecanismos utilizados para proporcionar confidencialidad e integridad de la información enviada tanto en la interfaz radio como en otras interfaces entre equipos de red.

## **4.1 Gestión de Sesiones**

### **4.1.1 Servicio de conectividad IP: conexiones PDN**

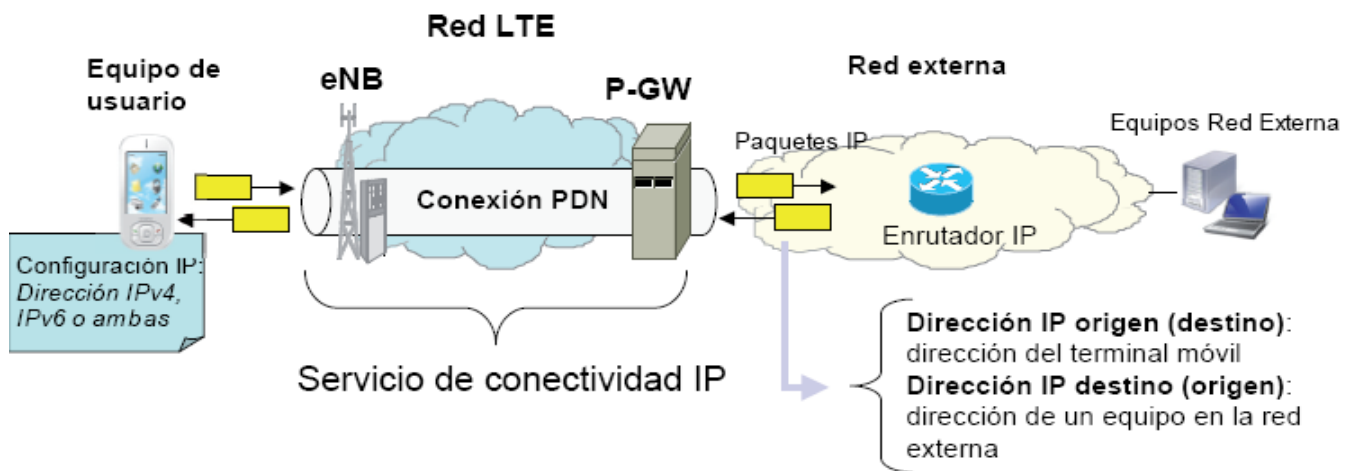
El sistema LTE proporciona a los usuarios un servicio de conectividad IP a una o múltiples redes de paquetes externas. El servicio de conectividad IP permite que un terminal LTE pueda intercambiar información (paquetes IP) con otros equipos de la red IP externa remota como si el terminal LTE se encontrara conectado físicamente a dicha red (el terminal es “visible” en la red remota externa mediante una dirección IP propia que le ha sido asignada a través del sistema LTE).

El servicio de conectividad IP proporcionado por LTE entre el equipo de usuario y una red externa IP se denomina “conexión PDN” (Dispositivo de Navegación Personal).

LTE pueden ser redes públicas como Internet o bien redes privadas como una intranet corporativa, la red de un proveedor de acceso a Internet (ISP) o bien una red interna del propio operador de la red LTE para la provisión, por ejemplo, de servicios IMS. En las especificaciones del 3GPP, las posibles redes externas de paquetes accesibles desde LTE se denominan, sin distinción alguna, como Redes de Datos por Paquetes (PDNs), y por este motivo se habla de conexión PDN en lugar de simplemente conexión IP. La denominación de PDN es herencia de GPRS donde se acuñó este término. En GPRS, el servicio de conectividad

ofrecido contempla la transferencia de otros tipos de paquetes además de IP como, por ejemplo, paquetes PPP (Protocolo de Punto a Punto) o paquetes X.25. Por ello, en GPRS se habla de forma genérica de conexiones PDN, en lugar de conexiones IP, como sabemos que el servicio de conectividad IP es el caso predominante en los despliegues actuales de este tipo de redes. A diferencia de GPRS, el sistema LTE únicamente proporciona conexiones a redes IP (LTE no soporta la transmisión de otros tipos de paquetes). No obstante, en las especificaciones del sistema LTE sigue utilizándose el término “conexión PDN” utilizado en GPRS para referirse al servicio de conectividad IP ofrecido por la red.

Una conexión PDN en el sistema LTE se caracteriza siempre por una dirección IP única a través de la cual el equipo de usuario opera en la red externa. La dirección IP de una conexión PDN puede ser IPv4, IPv6 o ambas.



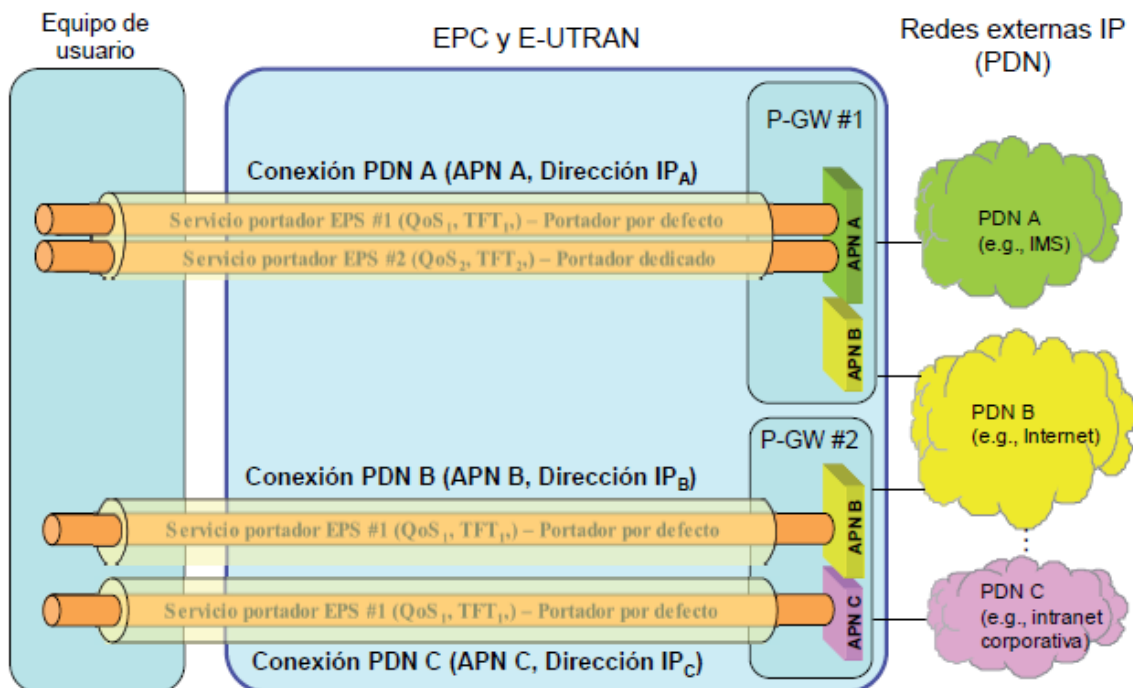
**Figura 4.1 Servicio de Conectividad IP de la red LTE: Conexión PDN**

Las redes externas a las que una red LTE puede proporcionar acceso se identifican mediante una etiqueta denominada Nombre de punto de acceso (APN). El APN se compone de un identificador del operador de la red LTE (un código de operador y de país) y un identificador específico de la red externa a la que se proporciona acceso (“servicios-IMS”, “internet”, “red-corporativa” etc.). De esta forma, cuando se establece una conexión PDN entre un equipo de usuario y una red externa, la red LTE utiliza el parámetro APN para determinar la pasarela P-GW

o pasarelas P-GW de la red LTE que van a participar en la provisión de dicha conexión PDN.

Un equipo de usuario puede establecer múltiples conexiones PDN simultáneas, a través de la misma o varias pasarelas P-GW de la red LTE. El conjunto de redes externas a las que tiene acceso un determinado usuario LTE se controla a través de su suscripción, donde se indica el conjunto de identificadores APNs autorizados. En LTE, a partir del momento en que un usuario se registra en la red LTE, se establece, como mínimo, una conexión PDN.

se representa un equipo de usuario que tiene establecidas tres conexiones PDN con sendas redes externascada conexión PDN se caracteriza por un identificador APN (que indica a qué red externa se proporciona acceso, y por extensión, desde qué pasarela P-GW) y la dirección IP utilizada por el terminal LTE en dicha red externa. Por tanto un terminal LTE puede tener asignadas múltiples direcciones IP, una para cada conexión PDN establecida.



**Figura 4.2 Conexión PDN y Servicios Portadores EPC**

Mediante la conexión PDN A, el usuario tiene acceso a servicios proporcionados En una plataforma IMS. Por otro lado, la conexión PDN B proporciona al usuario Acceso a Internet. En esta figura el acceso a Internet como red externa se indica mediante el identificador APN B y puede realizarse tanto a través de la pasarela P-GW#1 como de P-GW#2, Cuando existen múltiples pasarelas P-GW que Proporcionan acceso a una misma red externa, la elección de la pasarela más apropiada la determinaría la red LTE en base a diferentes aspectos tales como balanceo de cargas, espacio de direcciones utilizado en cada pasarela, diferenciación del servicio de acceso a Internet, etc. Finalmente el equipo de usuario mantiene una tercera conexión PDN a una red privada que se identifica mediante el APN C y cuyo acceso se logra a través de la pasarela P-GW#2. En caso de que hubiera múltiples conexiones PDN asociadas al mismo APN, estas deberían ser proporcionadas por la misma pasarela. El soporte de múltiples conexiones PDN desde el mismo equipo de usuario es opcional en el sistema LTE, también puede verse como cada conexión PDN está compuesta por un conjunto de servicios portadores EPS (Enhanced Packet System/Sistema de Paquete Mejorado). La tecnología de la interfaz de aire en E3G es llamada LTE o EPS.

## **4.2 Gestión de movilidad**

La gestión de movilidad es una de las piezas clave que caracteriza a los sistemas de comunicaciones móviles. Un requisito básico que deben satisfacer estos sistemas es permitir que los usuarios puedan acceder y recibir sus servicios desde cualquier ubicación geográfica donde el sistema disponga de cobertura, dejando aparte posibles limitaciones operativas o restricciones derivadas de las propias condiciones de uso de los servicios.

Este requisito implica que el sistema de comunicaciones móviles tiene que Albergar mecanismos que le permitan avisar a los usuarios de la activación de servicios originados desde la red dondequiera que se encuentren. Dada la gran extensión geográfica que puede abarcar una red, el envío de avisos (función de

paginación) a los terminales debe hacerse de forma “selectiva” a través únicamente de aquellas estaciones base donde exista una cierta probabilidad de encontrar al usuario. Para ello, el sistema debe hacer un “seguimiento” que le permita acotar la localización de los usuarios dentro de la zona de servicio de la red. Esta funcionalidad se conoce como gestión de la localización.

Cuando los usuarios se encuentran conectados al sistema a través de una determinada estación base, se requiere que el sistema sea capaz de mantener las conexiones activas aun cuando el terminal se encuentre en movimiento y resulte necesario realizar, en el transcurso de una conexión activa, un cambio de la estación base que le proporciona el acceso a la red. Esta funcionalidad se conoce como traspaso o handover.

Por tanto, la gestión de movilidad en un sistema de comunicaciones móviles abarca tanto la gestión de la localización como la gestión del handover. Asimismo, las funciones propias de gestión de movilidad deben complementarse con funciones que permitan la autenticación de los usuarios y la autorización de acceso a los servicios solicitados desde cualquier estación base a través de la que se conecte el terminal.

#### ***4.2.1 Marco de gestión de movilidad***

El marco de gestión de movilidad desarrollado en el sistema LTE cubre escenario como:

Movilidad intra-LTE. Gestión de movilidad específica para el acceso a través de EUTRAN.

Movilidad entre redes de acceso 3GPP, es decir entre E-UTRAN, UTRAN y GERAN. El sistema LTE incorpora mecanismos específicos para gestionar la localización así como la realización de handover (denominados inter-RAT handover) entre las diferentes redes de acceso 3GPP.

Movilidad con redes de acceso no especificadas por 3GPP, como por ejemplo redes CDMA2000, WLAN o Mobile WiMAX. En este caso, el sistema LTE incluye soporte para garantizar la continuidad de servicio entre estas redes mediante un mecanismo de handover entre sistemas.

El marco de gestión de movilidad se centra básicamente en el escenario de movilidad intra-LTE, tal como se ha mencionado previamente. El sistema LTE especifica un modelo de movilidad (denominado modelo EMM, EPS Gestión de la Movilidad) con dos posibles estados que representan dos situaciones de accesibilidad en las que puede encontrarse un usuario del sistema.

Los dos estados del modelo EMM (Enterprise Mobile Messaging/Empresa de Mensajería Móvil) son:

Estado “No registrado” (EMM-Dado de Baja). En este estado, el usuario no se encuentra visible en el sistema LTE, y por tanto, no tiene acceso a los servicios del sistema. En este estado, el sistema LTE no dispone de ninguna información relativa a la localización del usuario. La situación más habitual que conlleva que un usuario se encuentre en este estado es que el terminal LTE está apagado.

Estado “Registrado” (EMM-Registrado). En este estado, el usuario está operativo en el sistema LTE, y por tanto, tiene acceso a sus servicios a través de un equipo de usuario. En este estado, la red dispone de información de localización del equipo de usuario con la resolución de, al menos, una lista de áreas de seguimiento (área de seguimiento de lista). Asimismo, en este estado el equipo de usuario mantiene, al menos, una conexión PDN activa y tiene asignado un nodo MME de la red troncal encargado de realizar su seguimiento.

La conmutación entre ambos estados de movilidad se realiza a través de procedimientos de “registro” y “cancelación de registro”, en el contexto de procedimientos de gestión de sesiones, conlleva el paso de un estado “No

registrado” a un estado “Registrado” y siempre es un procedimiento iniciado por el terminal.

Junto con los estados de movilidad EMM, el sistema LTE también define un modelo de estados para indicar la existencia o no de un plano de control activo entre el equipo de usuario y el nodo MME de la red troncal donde se encuentra registrado. Dicho modelo de estados se denomina modelo ECM se estructura también en dos posibles estados:

Estado “Desconectado” (ECM-Idle). En este estado, el terminal no tiene establecida una conexión de señalización con ninguna entidad MME.

Estado “Conectado” (ECM-Connected). En este estado, el equipo de usuario tiene establecida una conexión de señalización con una entidad MME de la EPC. Dicha conexión de señalización se compone de una conexión RRC en E-UTRAN y de una conexión a través de la interfaz S1-MME entre la red de acceso E-UTRAN y la entidad de la red troncal.

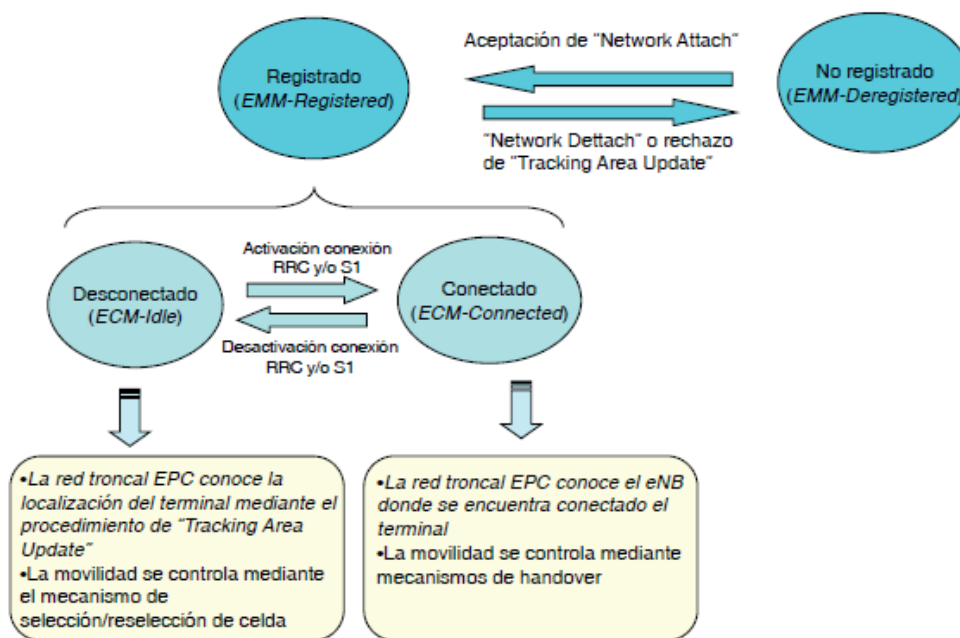


Figura 4.3 de Estado Para la Gestión de Movilidad y de la Conexión EPC

Cuando un equipo de usuario se encuentra en estado “Registrado” y “Desconectado”, el equipo de usuario va decodificando la información recibida a través de los canales de control de las estaciones base del sistema y ejecuta los mecanismos de selección/re-selección de celdas y de selección de red.

En este estado, la red de acceso E-UTRAN no dispone de ninguna información relativa al equipo de usuario (no hay ningún contexto activo con información del usuario en E-UTRAN) y el seguimiento de su localización dentro de la zona de servicio del sistema se realiza desde la red troncal EPC a través de un procedimiento de actualización del área de seguimiento (El seguimiento de Actualización de Área).

## **5. Virtudes y Desventajas de la tecnología LTE**

El estándar para comunicaciones Long Term Evolution será posiblemente uno de los más utilizados en corto plazo, debido a que la plataforma ofrece una gran cantidad de ventajas para los usuarios.

En principio, es importante mencionar que el estándar LTE proporciona velocidades máximas de bajada de alrededor de los 100 Mbps, mientras que una subida que ronda los 50 Mbps. Asimismo, la plataforma se basa en la escalabilidad del ancho de banda que ofrecen las compañías, soportando frecuencias que van desde los 1,4 MHz a los 20 MHz, además de ser compatible con los sistemas FDD y TDD.

Una de las necesidades que LTE viene a solucionar es la carencia de ancho de banda en las actuales redes y la exigencia de la comunicación con el exterior en tiempo más real, además como la gran reducción de costo que se tendría para adquirir esta tecnología.

Cabe destacar que una buena parte del estándar LTE reside en el llamado System Architecture Evolution, una arquitectura basada en la red que permite reemplazar



el núcleo de GPRS y de esta manera asegurar a los usuarios el soporte necesario para la movilidad y la compatibilidad entre los sistemas.

Una de las principales ventajas de la utilización de LTE radica en su alto rendimiento y su baja latencia. Además en la misma plataforma se dispone del sistema plug and play, FDD y TDD, lo que sin dudas ofrece una experiencia realmente mejorada para el usuario. Todo esto en base a una arquitectura sencilla con bajos costos de operación.

Plug-and-play se refiere a la capacidad de un sistema informático de configurar automáticamente los dispositivos al conectarlos. Permite poder enchufar un dispositivo y utilizarlo inmediatamente, sin preocuparte de la configuración.

El Plug-and-play es un estándar para añadir hardware que requiere que un dispositivo se identifique a sí mismo al conectarse.

Por otra parte, LTE también cuenta con el soporte necesario para que los celulares de tecnologías anteriores puedan pasar a utilizar este estándar, tales como aquellos que hoy utilizan GSM, cdmaOne, UMTS y CDMA2000.

En base a todo ello, cada vez son más las empresas que se vuelcan a la utilización de este estándar. Tal es el caso de Motorola, que incluso dispone de una página web dedicada a ello.

La tecnología Long Term Evolutions superando grandes ventajas en acceso ilimitado a la información sin importar el tamaño y con la posibilidad de disfrutar vídeo en alta definición y apoyo a WiMAX, son alguna de las especificaciones que traerá la cuarta generación de tecnologías para telefonía móvil.

Long Term Evolution, es el nombre que recibe el proyecto cuya misión principal es la de mejorar las actuales redes móviles basadas en UMTS. Por lo tanto, mientras que a estas últimas se las conoce como 3G, LTE se ha bautizado ya como la 4G de las redes móviles. Entre los objetivos de la LTE pueden citarse una mejora de la

eficiencia del espectro, costes de despliegue muy reducidos, mejora en los servicios y una mejor integración con los estándares abiertos.

La ventaja de LTE sobre WiMAX no es la velocidad, ya que ambas serían capaces de ofrecer velocidades de descarga de hasta 60 Mbps y envíos de información de hasta 40 Mbps, lo que supondría poder descargar un fichero de 700 Mbyte en poco más de 3 minutos. La clave de esta tecnología es que utiliza las redes GSM actuales, por lo que el coste de implantación para las compañías sería mucho menor.

La 4G estará basada totalmente en IP siendo un sistema de sistemas y una red de redes, alcanzándose después de la convergencia entre las redes de cables e inalámbricas así como en computadores, dispositivos eléctricos y en tecnologías de la información así como con otras convergencias para proveer velocidades de acceso entre 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo, manteniendo una calidad de servicio (QoS) de punta a punta de alta seguridad para permitir ofrecer servicios de cualquier clase en cualquier momento, en cualquier lugar, con el mínimo coste posible.

Hoy en día, todas las empresas de telecomunicaciones tienen una parte de su red en IP. Tienen algunos clientes que los siguen manteniendo con centrales clásicas y otros con IP a nivel corporativo, en 70% de los usuarios a nivel mundial ya migraron a IP. Sin embargo, más allá de que las redes tienen su parte en IP y su parte en PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada), lo positivo es que existen soluciones que permiten que estos dos sistemas se integren sin tener la necesidad de migrar los usuarios a la NGN (Red de la Próxima generación) y tener que invertir en mucha estructura. La tendencia es que la conversión a IP se vaya realizando gradualmente a escala mundial.

Long Term Evolution (LTE) son redes de acceso móvil que apuntan a ser el estándar único para las comunicaciones móviles en el futuro. El cambio principal que trae LTE es que la velocidad de acceso desde cualquier tipo de terminal no va

a ser limitante, incluyendo los equipos móviles. Ya no importará cómo estés conectado. El gran desafío de estas redes es romper esa barrera y tener anchos de banda que no restrinjan el uso de aplicaciones de la Nube.

Actualmente, si bien coexisten diferentes arquitecturas, el mercado está apostando fuerte al LTE ya que, entre muchos de sus beneficios, permite a usuarios cada vez más exigentes optimizar la transferencia de datos.

Long Term Evolution tiene como objetivo principal el mejorar los sistemas actuales de redes basadas en UMTS (Universal Mobile Telecommunications System-Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles) que son parte de la 3G. Al ser uno de los objetivos principales de LTE la mejora del espectro, reducción de costos, mejora de los servicios y optimizar la integración con estándares abiertos (PLT, Gln entre otros), lo que promueve la necesidad de los clientes por probar aquellas potencialidades tecnológicas; esto podría hacer pensar en reducir el uso de telefonía fija.

## 5.1 Barreras de LTE

Las principales desventajas de LTE incluyen la habilidad de los operadores de desarrollar un negocio viable y la disponibilidad de terminales y espectro. Los operadores necesitan que las aplicaciones y los terminales de usuario estén disponibles antes de comprometer el despliegue de tecnologías 4G. Pues los usuarios cambian sus planes basándose en los equipos, los servicios y las capacidades que estos tengan. Adicionalmente, la disponibilidad de espectro también representará una barrera para LTE pues para alcanzar las velocidades prometidas se requieren 20 MHz para el ancho de la portadora y muchos de los operadores no cuentan con el espectro necesario.

## 6. Nuevas aplicaciones que contiene la red LTE

El reciente aumento del uso de datos móviles y la aparición de nuevas aplicaciones y servicios como **MMOG** (Juegos Masivos Multijugador

Online), **televisión móvil, web 2.0, flujo de datos de contenidos** han sido las motivaciones por el que 3GPP desarrollase el proyecto LTE.

LTE quiere garantizar la ventaja competitiva sobre otras tecnologías móviles. De esta manera, se diseña un sistema capaz de mejorar significativamente la experiencia del usuario con total movilidad, que utilice el protocolo de Internet (IP) para realizar cualquier tipo de tráfico de datos de extremo a extremo con una buena calidad de servicio (QoS) y, de igual forma el tráfico de voz, apoyado en Voz sobre IP (VoIP) que permite una mejor integración con otros servicios multimedia. Así, con LTE se espera soportar diferentes tipos de servicios incluyendo la **navegación web, FTP, vídeo streaming, Voz sobre IP, juegos en línea, vídeo en tiempo real, pulsar para hablar (push-to-talk) y pulsar para ver (push-to-view)**.

LTE permite comunicaciones más rápidas y eficientes y nuevas aplicaciones que mejoran la seguridad del público y del personal de seguridad pública. Mayores velocidades aceleran el intercambio de datos. Nuevas aplicaciones, como comunicaciones máquina a máquina (M2M) y vídeo en tiempo real, aceleran el acceso a personas, documentos e información. Las agencias de seguridad pública pueden ser más receptivas. Se mejora su conocimiento del entorno y se refuerza la interoperatividad entre agencias y a través de jurisdicciones.

A muchas agencias de seguridad pública les gustan las facilidades que LTE puede suministrar pero están preocupados por los costes del equipo y su falta de experiencia con la tecnología. El paso a una infraestructura de nube LTE para aplicaciones y comunicaciones de datos reporta beneficios que alivian estas preocupaciones.

La infraestructura de nube LTE da a las agencias de seguridad pública:

- Acceso más rápido a aplicaciones y servicios avanzados. Ya que es una plataforma multiusuario, cuando una aplicación o servicio está lista para una

agencia, cualquier otra agencia de la plataforma tiene la oportunidad de acceder a ella.

- Menores costes. Una plataforma compartida significa compartir costes. Las agencias pueden evitar los costes iniciales de comprar equipo y también evitar los impredecibles costes que suceden a lo largo del ciclo de vida de la red. Disfrutan de un coste coherente y predecible por el servicio.
- Menores riesgos. Las agencias no tienen que preocuparse de buscar expertos LTE, gestionar la red o solucionar problemas con la red, tecnología o plataforma. Desaparecen las presiones de mantenimiento de equipo, actualizaciones o formación del personal.

La introducción de nuevos terminales como los Smartphone está disparando el tráfico de datos en las redes móviles. La introducción de pantallas táctiles y de mayor tamaño en el móvil, teclados sencillos de utilizar o menús amigables han sido los catalizadores de la navegación por Internet desde terminales móviles, el uso de redes sociales o el uso del vídeo bajo demanda desde el móvil. LTE es la respuesta a esta gran demanda.

Long Term Evolution apuesta por ser un estándar único a nivel mundial y unificar todos los mercados, a diferencia de lo ocurrido con GSM, UMTS y CDMA. De esta forma, la itinerancia mundial está asegurada y los usuarios podrán utilizar todos los servicios, su terminal y todas sus aplicaciones en cualquier lugar donde estén.

Además, las redes LTE favorecerán la introducción de nuevos servicios como video vigilancia, telemedicina o nube informática. El concepto de un móvil igual a un usuario desaparecerá poco a poco ya que la mayor parte de fabricantes de dispositivos como cámaras de fotos, vídeo, ebooks, medidores de azúcar para diabéticos, contadores de luz, etc., ya están diseñando la integración de un chipset LTE para poder acceder en todo momento y en tiempo real a la información en red (que permitirá descargar contenidos de libros, escuchar

Música on-line, subir vídeos y fotos en tiempo real a redes sociales, controlar al paciente en todo momento, medir y optimizar los consumos energéticos, etc.) con

una paulatina evolución hacia la comunicación entre objetos: la "Internet de las cosas".

Voz sobre LTE: una de las ventajas que LTE promociona es la Evolución del Core (núcleo) de Paquetes (EPC), que es un auténtica red" toda-IP" y por lo tanto debe llevar a todos los tipos de tráfico: voz, video y datos. Pero, la mayoría de los trabajos de normalización se ha centrado en los aspectos de datos de LTE y la voz se ha descuidado un poco. Es evidente que los beneficios en OPEX/CAPEX de un Core convergente EPC solo pueden ser logrados cuando todos los tipos de tráfico se realizan sobre un núcleo único y unificado.

Con este tipo de aplicaciones que contiene LTE tendremos mejores beneficios desde el punto de vista laboral y personal, ya que esta tecnología nos permitirá tener una videoconferencia. Video vigilancia etc. en tiempo real desde cualquier punto o lugar de donde nos encontremos, desde un país a otro o dentro del mismo país, sin interrupción alguna, así como también desde un lugar fijo o móvil, viéndolo desde un punto de vista laboral, desde el punto de vista personal se podrá subir o bajararchivos, música o incluso video juegos en línea haciendo uso de estas aplicaciones al mismo tiempo sin tener inconveniente, debido al su elevado ancho de banda y alta velocidad que ofrece su avanzada tecnologías y antenas que se utilizan , es decir viene a resolver las necesidades e inconvenientes que no se pudieron solventar con las generaciones antecesoras a esta.

## Conclusiones

Hemos realizado de forma óptima un análisis sobre la transferencia de datos de la nueva tecnología LTE (Long Term Evolution/Evolución a largo Plazo), así como también el funcionamiento, estructuración y composición de esta misma, para dar a conocer al público la importancia y beneficios de la red móvil de cuarta generación. Una vez desarrollado y culminados cada uno de los objetivos planteados en el documento podemos afirmar que hemos cumplido con nuestro interés principal, que consiste en facilitar la información básica de este nuevo avance tecnológico y no sea un tema desconocido para los operadores y estudiantes que se encuentra dentro del área tecnológica y así también poder debatir en un futuro aspectos relevantes a la hora de su implementación en nuestro territorio. Basándonos a la investigación realizada podemos deducir lo siguiente:

- Tras este estudio se ha obtenido que en la actualidad el crecimiento de las distintas comunicaciones de las redes de internet ha obligado a la evolución de 3G a 4G, que corresponde a los términos “Long Term Evolution” es decir, evolución a largo plazo, 4G son las siglas de la cuarta generación de tecnologías de internet móvil. Esta evolución ha dado el surgimiento de distintos estándares y de tecnologías en las cuales dan un encaminamiento óptico hacia la cuarta generación (4G) y en donde LTE es compatible con la mayoría de los estándares empleados en las otras tecnologías.
- Según las investigaciones obtenidas sobre estas tecnologías podemos concluir que LTE será el estándar de telefonía móvil más empleado a nivel mundial ya que este es compatible con GSM, GPRS y UMTS, los cuales han sido los sistemas de mayor apogeo en los últimos tiempos

- El estándar LTE es una tecnología que opera sobre una IP y la cual emplea para su transmisión una antena MIMO lo que quiere decir que la información es transmitida sobre dos o más antenas desde una misma celda.
- En resumen, la arquitectura general de un sistema LTE está constituido por un equipo de usuario, una nueva red de acceso que esta denominado como E-UTRAN y una red troncal que se denomina como EPC. Todos los componentes que engloban este sistema están diseñados para soportar todo tipo de servicios de telecomunicación mediante mecanismos de conmutación de paquetes, por lo que no es necesario disponer de un dispositivo que trabaje en modo circuito, ya que en el sistema LTE los servicios con restricciones de tiempo real se soportan también mediante conmutación de paquetes
- Por su tipo de arquitectura, una red LTE por medio de la red troncal (EPC), es capaz de tener acceso a servicios de otras redes tales como cdma2000, WiMAX y la norma 802.11. Y también por medio de su red de acceso (E-UTRAN) con sus estaciones de base evolvedNodeB(eNB) permite la conectividad de los equipos de usuario con la red troncal, teniendo de esta manera una interconexión
- De acuerdo a la investigación realizada se asegura que la Multiplexación espacial consiste en la transmisión de flujos de Información independiente por las diferentes antenas de manera simultánea; el multiplexado de la información en varios canales consigue aumentar la velocidad global de transmisión de datos en un factor que está dado por la cantidad de canales generados.
- Dado el análisis sobre 4G y el funcionamiento de las antenas MIMO se puede decir que la ganancia por diversidad se da en el hecho de transmitir y recibir por varias antenas simultáneamente. Esto mejora la fiabilidad del enlace, mitigando los desvanecimientos y disminuyendo la probabilidad de error. Si los distintos enlaces del canal MIMO sufren desvanecimientos de manera independiente y la señal transmitida se construye de una manera adecuada, el receptor puede



combinar las señales recibidas tal que la resultante compense en gran medida las que ha tenido el canal SISO, mejorando así la relación señal a ruido (SNR) de la señal recibida.

- Finalmente podemos indicar que la capacidad del canal es variable según se utilicen distintos flujos espaciales (1 a 4), bits codificados por subportadoras (6 para 64 QAM, 4 para 16 QAM) y ancho de banda del canal (20MHz – 40MHz) los modos de transmisión que la tecnología MIMO propone son: Básico Obligatorio, donde cada antena modula un flujo espacial y lo transmite de forma idéntica; y dos modos opcionales que aprovechan la información aprendida sobre el canal de radio. Una calidad de señal superior, permite una mayor tasa de transporte de datos, se denominan MIMO Básico con Formación de Emisiones, donde cada canal se tiene que codificar de la misma manera, este modo implica que varios flujos espaciales se transmitirán a la misma capacidad y codificación.
- Con respecto a las ventajas que con lleva esta tecnología de cuarta generación se puede confirmar que será una tecnología irremplazable por mucho tiempo, ya que con el análisis que hemos realizado la única Las principales barreras de LTE incluyen la habilidad de los operadores de desarrollar un negocio viable y la disponibilidad de terminales y espectro.
- Los operadores necesitan que las aplicaciones y los terminales de usuario estén disponibles antes de comprometer el despliegue de tecnologías 4G. Pues los usuarios cambian sus planes basándose en los equipos, los servicios y las capacidades que estos tengan.
- Las nuevas aplicaciones que implica LTE son más avanzadas con respecto a las que contienen las 1G, 2G y 3G por lo que la caracteriza por ser una tecnología de mayor potencial

- Dado el gran interés que suscitan los sistemas Wireless en ámbitos de uso cotidiano, y motivado por su capacidad para mejorar la eficiencia en la transmisión de datos, se ha realizado un trabajo de análisis de la tecnología de cuarta generación LTE(Long Term Evolution)el cual a su vez, hace uso de la tecnología de radio

Denominada MIMO. Dicho trabajo ha consistido en la capacidad de transmisión de datos en diferentes escenarios y condiciones de conectividad entre punto de acceso y clientes el lugar estudiado para que se implemente esta tecnología es Managua la capital ya con el resultado que se obtenga, que con seguridad será excelente se expandirá por todo el país pronto.

- Existe una clara conexión entre el uso espectral (codificación y Canalización) y la velocidad lograda, dado que gran parte del avance se da gracias a los métodos que permiten enviar la señal en un medio físico como es el aire a un volumen cada vez mayor, producto de perfeccionar cada vez más.

## **Anexos**



Miguel López.

[http://www.applesfera.com/curiosidades/la-red-4g-que-es-que-beneficios-tiene-y-por-que-apple-se-esta-preparando-para-adoptarla.](http://www.applesfera.com/curiosidades/la-red-4g-que-es-que-beneficios-tiene-y-por-que-apple-se-esta-preparando-para-adoptarla)

**Fotos de la práctica de antena Yagi realizada en el laboratorio de comunicaciones  
(UNAN-Managua)**



Aquí podemos observar una antena receptora Yagi con un dipolo reflector y un dipolo excitación.

Fuente: Harry Pérez/Octavio Salgado

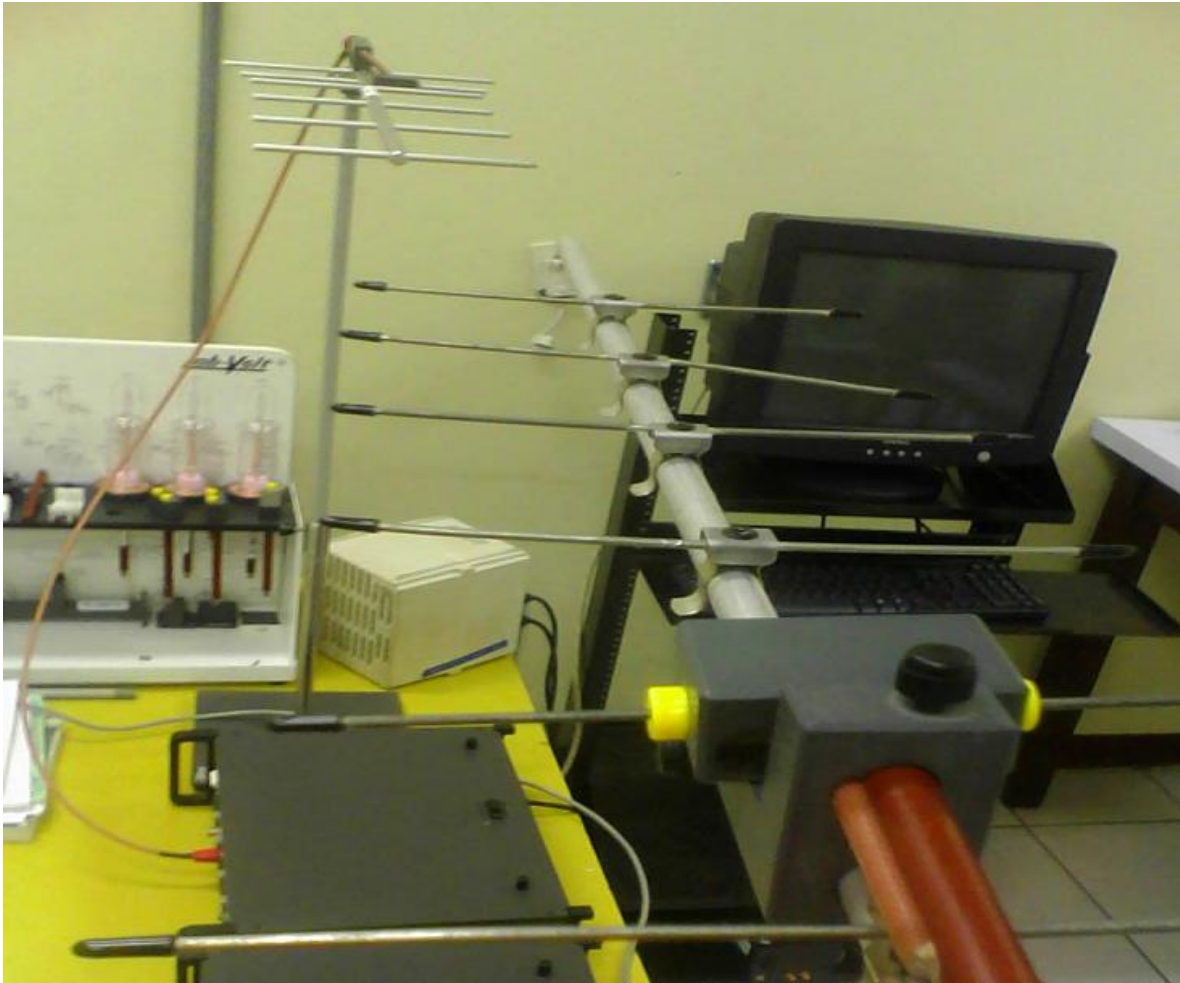
Lugar: Laboratorio de comunicaciones (UNAN-Managua)



Aquí observamos la parte emisora de una antena Yagi, la cual es la que emite la radiación y es donde sucede el proceso de la modulación.

Fuente. Harry Pérez/Octavio Salgado

Lugar. Laboratorio de comunicaciones (UNAN-Managua)



En esta imagen podemos apreciar las dos partes una ante Yagi tanto, emisora como receptora, la parte receptora consta de 4 Dipolos direccionales, su dipolo de excitación y reflexión, aquí el patrón de radiación que se emite se va comportando de una manera más direccional. Véase en la figura 3.5, página 40.

Fuente: Harry Pérez/Octavio Salgado

Lugar: Laboratorio de comunicaciones (UNAN-Managua)

## Glosario

**LTE: Long Term Evolution/Evolución a largo Plazo.**

**TIC: Tecnología de Información y la Comunicación.**

**3GPP: Third Generation Partnership Project.**

**AM: Acknowledged Mode/Modo Reconocido.**

**ATM: Adaptive Transmission Bandwidth.**

**BS Base Station/Base Estacion.**

**BSC: Base Station Controller/Base Estación Controlada.**

**BTS: Base Station/Base Estación.**

**BW: Bandwidth/Ancho de Banda.**

**CDM: Code División Multiplexing/Multiplexacion por División de Código.**

**CDMA: Code DivisiónMúltiple Access/Código de Acceso Múltiple por División.**

**CS: Circuit Switched/Interruptor de Circuito.**

**CT: Core and Terminals/Núcleo y terminales**

**DARP: Downlink Advanced Receiver Performance/Receptor de Enlace descendiente Avanzado.**

**DC-HSDPA: Dual Cell (Dual Carrier) HSDPA/Celular Dual (portadora Dual)**

**DCI: Downlink Control Information/información de control de Enlace Descendente.**

**DD: Duplex Distance/Distancia Duplex.**

**DL: Downlink/Enlace descendente.**

**EDGE: Enhanced Data Rates for GSM Evolution/Velocidad de Datos Mejorado.**

**EGPRS: Enhanced GPRS/GPRS Mejorado.**

**E-HRDP: Evolved HRPD (High Rate Packet Data) network/HRDP evolucionado (Paquetes de Datos de alta Velocidad).**

**EPC: Evolved Packet Core/Nucleó de Paquete Evolucionado**

**EPDG: Evolved Packet Data Gateway**

**E-UTRA: Evolved Universal Terrestrial Radio Access/ Acceso de radio terrestre de Evolución Universal.**

**EVDO: Evolution Data Only/solo Evolución de dato.**

**FD: Frequency Domain/Dominio de frecuencia.**

**FDD: Frequency DivisiónDúplex/Frecuencia por División Dúplex.**

**FDM: Frequency División Multiplexing/Multiplexacion por división de frecuencia.**

**FM: Frequency Modulated/Frecuencia modulada.**

**GPRS: General Packet radio Service/Servicio de Radio por paquete General.**

**GSM: Global System for Mobile Communications/Sistema Global Para Comunicaciones Móviles**

**HB: High Band/Banda Ancha**

**HD-FDD: Half Duplex Frequency Division Duplex**

**HSDPA: High Speed Downlink Packet Access/**

**HS-DSCH: High Speed Downlink Shared Channel/Canal Compartido de Enlace Descendente de Alta Velocidad.**

**HSPA: High Speed Packet Access/acceso de paquete de Alta Velocidad.**

**HSUPA: High Speed Uplink Packet Access/ Acceso de paquete de Enlace Ascendente de Alta Velocidad**

**IMT: International Mobile Telecommunications/Telecomunicaciones Móvil Internacional.**

**IP: Internet Protocol/protocolo de Internet**

**LB: Low Band/Banda Baja.**

**MIMO Multiple Input Multiple Output/Multiple Entrada –Multiple salida.**

**MME Mobility Management Entity/Movilidad Entidad de Gestión**

**OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing/Multiplexacion Por Division de Frecuencia Ortogonal.**



**OFDMA: Orthogonal Frequency DivisiónMúltiple Access/Acceso Múltiple por División de frecuencia Ortogonal.**

**PCS: Personal Communication Services/Servicios de conmutación personal.**

**PDN: Packet Data Network/Red de paquetes de datos.**

**PDU: Payload Data Unit/Unidad de dato de carga útil.**

**PHY: Physical Layer/Capa física.**

**PLMN: Public Land Mobile Network/Red móvil terrestre Publica.**

**QAM: Quadrature Amplitude Modulation/Modulación de Amplitud por Cuadratura.**

**QoS: Quality of Service/calidad de Servicios.**

**QPSK: Quadrature Phase Shift Keying/desplazamiento de fase en cuadratura.**

**RAN: Radio Access Network/Red de radio acceso.**

**RAT: Radio Access Technology**

**RF: Radio Frequency/Radio frecuencia.**

**RT: Real Time/Tiempo real.**

**SC-FDMA Single Carrier Frequency Division Multiple Access**

**SIMO Single Input Multiple Output**

**SU-MIMO: Single User Multiple Input Multiple Output/Solo usuario MultipleEntrada-Multiple salida.**

**TD: Time Domain/Dominio de Tiempo.**

**TDD: Time DivisiónDúplex/Dúplex por División de tiempo.**

**UDP Unit Data Protocol/Unidad de Protocolo de Dato**

**UL: Uplink/Enlace Ascendente.**

**UMTS Universal Mobile Telecommunications System/Sistema de telecomunicaciones móvil Universal.**

**UTRA Universal Terrestrial Radio Access / Acceso universal de radio terrestre**

**UTRAN Universal Terrestrial Radio Access Network/ Universal de radio terrestre de Acceso a redes**

## Bibliografía

1. Sesia, Stefania. Toufik, Issam. YBaker, Matthew (2009). The UMTS Long Term Evolution: from theory to practice: WILEY
2. Harri, Holma. y Antti, Toskala (2009). LTE for UMTS : OFDMA and SC-FDMA Bases Radio Access: WILEY
3. Martínez, E.(2001). La evolución de la telefonía móvil: Descripciones del encaminamiento a las redes celulares. Veliux: Artículos. Disponible en <http://www.eveliux.com/mx/la-evolucion-de-la-telefonía-movil.php>
4. John, B.(2010). WIMAX vs LTE: Análisis entre las distintas funcionalidades entre las tecnologías WIMAX vs LTE: Recuperado el 19 de septiembre del 2012 de <http://www.pumawifi.org/?q=node/106&page=0,2>
5. Comes, Agustí R. Palacio, Casdevall F. Ferre, Ramón F. Roig, Oriol S. y Romero, Jordi P. (2010). LTE: nuevas tendencias en comunicaciones móviles. España: fundación Vodafone España.
6. García, Carlos A. y Díaz, Jefferson O. (2011). Análisis comparativo de las principales tecnologías para el envío y transmisión de datos redes móviles para el año 2016: Madrid: centro de investigaciones tecnológicas.