



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**MANUAL PARA ESTABLECER LA CERTIFICACIÓN  
DEL SERVICIO DE ROAMING INTERNACIONAL  
DE VOZ SOBRE UNA RED GSM**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
(ELECTRICA Y ELECTRÓNICA)  
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**P R E S E N T A**

**GEORGINA OCHOA GÓMEZ**

**FELIPE ORTIZ FIERRO**

**DIRECTOR DE TESIS: M.C. EDGAR BALDEMAR AGUADO CRUZ**

**MÉXICO, D.F. NOVIEMBRE, 2012**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

<b>CAPITULO 1. INTRODUCCION.....</b>	<b>6</b>
1.1 Historia de las Telecomunicaciones.....	6
1.1.1 Modulación y Demodulación.....	10
1.1.2 El Descubrimiento de las Ondas Electromagnéticas.....	11
1.1.3 La Contribución de Marconi (1874-1937).....	13
1.1.4 El Diodo del Dr. Fleming.....	14
1.1.5 La Difusión Comercial de la Radio. ....	14
1.1.6 Historia de la Televisión.....	15
1.1.7 La Invención del Teléfono.....	16
1.1.8 La Invención de la Radiotelefonía.....	16
1.1.9 Los Sistemas de Comunicaciones Móviles.....	18
1.2 Historia de la telefonía.....	18
1.2.1 Telefonía Rural.....	19
1.2.2 Arquitectura de la Red Telefónica. ....	20
1.2.3 Servicios Especiales de Telefonía Básica. ....	25
1.2.4 Arquitectura de la Red Telefónica Pública Conmutada. ....	26
1.2.5 Redes de Telefonía Inalámbricos de Voz. ....	27
<b>CAPITULO 2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>30</b>
2.1 Principales Sistemas y Tecnologías Móviles.....	30
2.1.1 Sistemas Celulares de 1ª Generación. ....	30
2.1.2 Sistemas Celulares de 2ª Generación. ....	32
2.1.3 Sistemas de 3ª Generación. ....	36
2.1.4 Sistemas de 4ª Generación. ....	40
2.1.5 Distribución de los sistemas celulares en el mundo. ....	42
2.2 Historia del GSM.....	47
2.2.1 GSM. ....	47
2.2.2 Servicios GSM.....	50
2.3 Estructura de una Red de Telefonía Móvil GSM.....	51
2.3.1 Identificadores en una red GSM. ....	51
2.3.10 El Registro de Ubicación de los Visitantes (VLR, Visitor Location Register). .	62
2.3.11 El Registro de Ubicación Local (HLR Home Location Register).....	64
2.3.12 El HLR Funciones.....	65
2.3.13 El Centro de Autenticación (AuC, Authentication Centre).....	66
2.3.14 La Puerta de Acceso para el Centro de Conmutación Móvil (GMSC, Gateway Mobile Switching Centre). ....	66
2.3.15 El Registro de Identidad de Equipo (EIR, Equipment Identity Register).....	67
2.3.16 Interfaces GSM. ....	69
2.3.2 Una Vista a la Arquitectura en General.....	54
2.3.3 La Estación Móvil GSM (MS).....	55
2.3.4 Tipos o Clases de Potencia en las Estaciones Móviles. ....	57
2.3.5 El Subsistema de Estación Base (BSS).....	57
2.3.6 La topología de red de la GSM.....	59
2.3.7 El Subsistema de Conmutación de la Red (NSS, Network Switching Subsystem). ....	60
2.3.8 El Sistema Móvil de Conmutación (MSC, Mobile Switching Centre). ....	61
2.3.9 El Centro Móvil de Conmutación (MSC, Mobile Switching Centre).....	62
2.4 Sistemas de comunicaciones.....	72

2.4.1 Sistema Global para comunicaciones móviles.....	73
2.4.2 Red Digital de Servicios Integrados.....	74
2.4.3 Sistema Satelital de Comunicaciones Personales.....	74
2.4.4 Mercado Proyectado del PCSS.....	75
2.4.5 Requisitos de la Industria del PCSS.....	76
2.4.6 Ventajas y Desventajas del PCSS.....	76
2.4.7 Proveedores PCSS.....	77
2.4.8 Sistemas de Satellites Iridium.....	77
2.4.8.1 Iridium en la Actualidad.....	79
2.4.9 Sistemas de Comunicación Terrestre por Microondas.....	80
2.5 Breve Descripción de las Tecnologías Celulares.....	82
2.5.1 AMPS.....	83
2.5.2 TDMA.....	85
2.5.3 CDMA.....	85
2.5.4 Camino Evolutivo de las Redes CDMA.....	88
2.5.5 WCDMA.....	91
2.5.6 Estructura de la red UMTS.....	92
2.5.7 Espectro para UMTS.....	97
2.5.7.1 Tipos de Celdas UMTS.....	97
2.5.7.2 Seguridad.....	98
2.5.8 LTE.....	100
2.5.8.1 Arquitectura LTE.....	101
<b>CAPITULO 3. DESCRIPCION DEL ROAMING .....</b>	<b>109</b>
3.1 Definición de Roaming.....	109
3.1.1 Punto de acceso inalámbrico (WAP o AP).....	109
3.1.2 Roaming.....	109
3.1.3 Diferencia entre Roaming y Handover.....	110
3.2 Funcionamiento del Roaming.....	110
3.2.1. Registro del Terminal Móvil.....	111
3.2.2 Establecimiento de la Llamada.....	112
3.2.3 Handover.....	112
3.2.4 Condiciones de Viabilidad.....	113
3.2.5 Lugar de Registro y Actualización de Ubicación.....	116
3.2.6 Enrutamiento de Llamadas a MSs.....	124
3.2.7 Efecto de la asignación MSRN en el enrutamiento.....	125
3.2.8 Terminación de llamada.....	126
3.3 Tipos de Roaming.....	127
3.3.1 Roaming Nacional.....	128
3.3.2 Roaming Internacional.....	129
3.3.3 Desafíos del Roaming Internacional.....	129
3.3.4 Roaming Interstandard.....	130
3.3.5 Roaming de datos.....	131
<b>CAPÍTULO 4 DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO DE ROAMING INTERNACIONAL.....</b>	<b>133</b>
4.1 Áreas de Servicio.....	133
4.1.1 México y América Latina.....	133
4.1.2 Norteamérica.....	135

4.1.3 Asia.....	135
4.1.4 Europa.....	136
4.2 Proceso de Registro.....	136
4.3 Escenarios en Roaming.....	139
4.3.1 Llamada saliente.....	139
4.3.2 Llamada entrante.....	141
4.3.3 Mensajes Cortos (SMS Short Message Service).....	143
<b>CAPITULO 5. PROCESO DE CERTIFICACION .....</b>	<b>146</b>
5.1 GSMA. GSM Asociación.....	146
5.2 Descripción del Protocolo IR24.....	148
5.2.1 Descripción Teórica de las Pruebas IREG .....	148
5.2.1.1 Formulario IR24 Escenario de Prueba A.2.1.1 – Location Update (LU) en la VPLMN.....	148
5.2.1.2 Formulario IR24 – Control del Operador Sobre el Servicio y Autenticación de la Identidad del Suscriptor.....	149
5.2.1.3 Formulario IR24 Escenario de pruebas A.2.1.3 – MS1(a) llama a MS2(a) ambos haciendo roaming en la misma VPLMN.....	152
5.2.1.4 Formulario IR24 Escenario de pruebas A.2.1.4 – Un teléfono de la PLMN visitada llama a un roamer pero el VLR ha perdido el registro para ese roamer. .	153
5.2.1.5 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.1.5 – Un teléfono de la PLMN visitada llama a un roamer pero la estación móvil llamada está apagada. ....	154
5.2.1.6 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.1.6 – Un teléfono de la PLMN visitada llama a un roamer pero este se encuentra fuera de cobertura. ....	155
5.2.2 Servicios Suplementarios.....	156
5.2.2.1 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.1 – Bloqueo de todas las llamadas salientes.....	156
5.2.2.2 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.2 – Bloqueo de las llamadas salientes internacionales. ....	157
5.2.2.3 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.3 – Bloqueo de las llamadas salientes internacionales excepto al país de origen. ....	158
5.2.2.4 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.4 – Bloqueo de todas las llamadas entrantes. ....	160
5.2.2.5 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.5 – Desvío de llamadas si el roamer está fuera de cobertura (Antes de remover el IMSI). ....	161
5.2.2.6 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.6 – Desvío de llamadas si el roamer está fuera de cobertura (después de remover el IMSI).....	162
5.2.2.7 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.7 – Desvío de llamadas si el roamer está ocupado.....	163
5.2.2.8 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.8 – Desvío de Llamadas si el abonado no responde. ....	164
5.2.3 Formulario IR24 – Servicio de Mensajería Instantáneo (SMS).....	165
5.2.3.1 Escenario de Pruebas A.2.3.1 – Mensaje Saliente y Entrante. ....	165
5.3 Protocolos de pruebas .....	166
5.3.1 Casos de Pruebas de Servicios Básicos.....	166
5.3.2 Casos de Pruebas de Servicios Complementarios.....	170
5.3.3 Casos de pruebas SMS.....	177
5.4 Elementos de la red que intervienen en MOC, MTC, SMS y CF .....	177
5.4.1 Sistema de Conmutación (SS).....	178
5.4.2 Sistema de Estaciones Base.....	179

5.4.3 Elementos que intervienen en la cobertura geográfica.....	184
5.5 Procedimiento pruebas IREG.....	188
5.5.1 Negociación del acuerdo de roaming internacional e intercambio de contratos .....	189
5.5.2 Intercambio de SIM cards de pruebas .....	190
5.5.3 Configuración de Red. ....	191
5.5.3.1 Apertura del enlace de señalización.....	191
5.5.3.2 Carga de información en la red. ....	193
5.5.3.2.1 Definición y configuración SCCP: Enrutamiento por Global Title.....	193
5.5.3.2.2 Definiendo procedimientos del MSC/VLR en la red HPLMN.....	194
5.5.3.2.3 Definiendo procedimientos del MSC/VLR en VPLMN. ....	194
5.5.4 Elaboración del IR24 .....	195
5.5.5 Obtención de CDR's y envío. ....	196
5.5.6 Certificación. ....	196
<b>CAPITULO 6: GUÍA CONDENSADA PARA LA CERTIFICACIÓN DEL ROAMING INTERNACIONAL. ....</b>	<b>197</b>
6.1 Intercambio de Infopack .....	198
6.2 Configuración de la Red .....	198
6.3 Elaboración del IR24 .....	198
6.4 Obtención y Envío de CDR's .....	199
6.5 Certificación .....	200
ANEXO A .....	205
GLOSARIO .....	207
BIBLIOGRAFÍA.....	212

## **CAPITULO 1. INTRODUCCION**

### **1.1 Historia de las Telecomunicaciones.**

El objetivo fundamental de un sistema electrónico de comunicaciones, es transferir información de un lugar a otro. Por consiguiente se puede decir que las comunicaciones electrónicas son la transmisión, recepción y procesamiento de información entre dos o más lugares, mediante circuitos electrónicos.

Con la aplicación de la electricidad, las comunicaciones a distancia sufren un impulso definitivo, pues la transmisión de los mensajes ya se podía realizar de manera casi instantánea.

Samuel Morse desarrolló en 1837 el primer sistema electrónico de comunicaciones, uso la inducción electromagnética para transferir información en forma de puntos, rayas y espacios entre un transmisor y un receptor sencillos, usando una línea de transmisión que consistía en un tramo de conductor metálico. Llamó telégrafo a su invento. En 1876, Alexander Graham Bell y Thomas A. Watson fueron los primeros en transferir en forma exitosa la conversación humana a través de un sistema sencillo de comunicaciones con hilo metálico, al que llamaron teléfono.

Guillermo Marconi transmitió por primera vez señales de radio, sin hilos, a través de la atmósfera terrestre, en 1894, y Lee De Forest inventó en 1908 el tríodo o válvula al vacío, que permitió contar con el primer método práctico para amplificar las señales eléctricas. La radio comercial comenzó en 1920 cuando las estaciones de radio comenzaron a emitir señales de amplitud modulada (AM), y en 1933 el mayor Edwin Howard Armstrong inventó la modulación de frecuencia (FM). La emisión comercial en FM comenzó en 1936.

En la década de los años 20 Vladimir KosmaSvorykin comienza las investigaciones para inventar la televisión y en 1936 la BBC hace una emisión de televisión de prueba. En diciembre de 1947 el equipo de trabajo formado por Bardeen, Brattain y Shockley inventó el transistor.

En 1960 se pone en órbita el primer satélite de comunicaciones, el Eco I, en 1965 se inventa el circuito integrado, en 1966 un desarrollo en el laboratorio propuesto por K. C. Kao y G. A. Hockman, llevó a la producción del cable de fibra óptica y en 1970 se construye el primer microprocesador. Durante la guerra fría, el Ministerio de Defensa Estadounidense, en colaboración con las universidades punteras en la investigación de ordenadores, crean en 1968 Arpanet, que se convertiría con el tiempo en la red Internet actual. La pila de protocolos **TCP/IP(Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet)** utilizados en la Internet (Red Internacional) de nuestros días y estándar de facto para las comunicaciones de datos, se debe a Vinton Cerf, Larry Roberts, Robert Khan y Leonard Kleinrock (1969-73). En 1971 Ray Tomlinson inventa el correo electrónico.

En España aparece en 1972 la primera red pública de conmutación de paquetes denominada RETD (Red Especial de Transmisión de Datos), propiedad de Telefónica, que, posteriormente evolucionó a lo que es hoy la red IBERPAC (Red de transmisión de datos extendida por toda la geografía española basada en el protocolo de transmisión de paquetes X25). En 1974 la empresa **IBM (International Business Machines)** configura la primera arquitectura teleinformática para sistemas distribuidos denominada **SNA (System Network Architecture)**; a esta arquitectura le sigue la denominada **DNA (Digital Network Architecture)** creada por **DEC (Digital Equipment Corporation)** en 1976.

La década de los setenta se caracterizó también por el gran auge que toma la normalización. En 1976, el Comité Consultivo Internacional Telefónico y Telegráfico **CCITT (Consultive Committe for International Telephone and Telegraph)** normalizó las redes de conmutación de circuitos (normas X.21) y las

redes de conmutación de paquetes (Normas X.25). En 1977, la Organización de Estándares Internacionales **ISO (Internacional Standards Organization)** modela y normaliza la interconexión de ordenadores, creando el modelo básico de referencia para la Interconexión de Sistemas Abiertos **OSI (Open Systems Interconnection)**, publicado años más tarde.

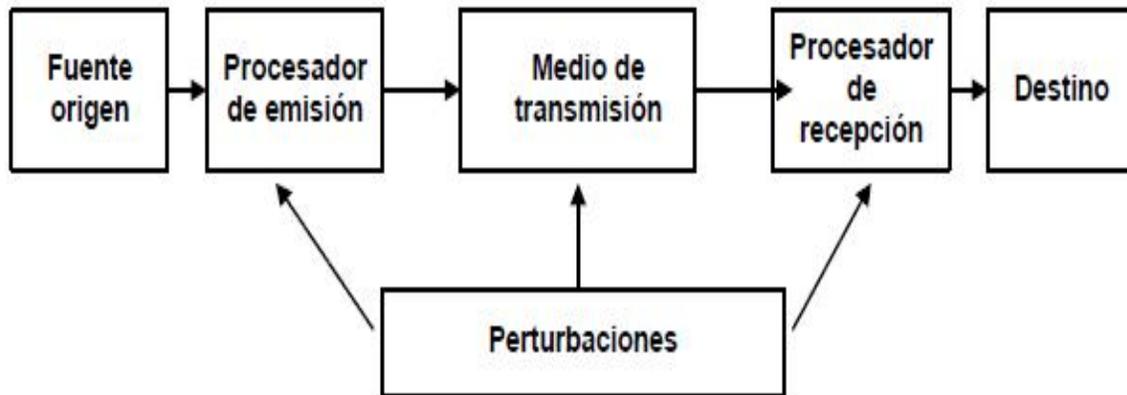
El final de la década de los setenta viene marcada, fundamentalmente, por la aparición en 1978 de las Redes de Área Local (**LAN, Local Area Network**) que permiten la interconexión entre equipos informáticos.

En la década de los ochenta, con la popularización de los ordenadores personales (**PC, Personal Computer**), el PC de IBM aparece en 1981, se produce un desarrollo definitivo en el campo teleinformático y aparecen los denominados **Servicios de Valor Añadido (SVA)**. También en esta década aparecen las Redes Digitales, como es la **RDSI (Red Digital de Servicios Integrados)** para dar servicios especializados a usuarios que requieran la integración de información compuesta por datos imagen y voz.

En 1989-91 Tim Berners Lee inventa la **World Wide Web o WWW**, que favoreció el despegue de internet. A comienzos de los años 90 se difunde ampliamente el teléfono móvil celular, que permite que cualquier persona pueda enviar mensajes (voz, texto y datos) desde cualquier parte del mundo a cualquier otra, con movilidad total.

Aunque los conceptos y principios fundamentales de las comunicaciones electrónicas han cambiado poco desde su introducción, los métodos y circuitos con que se realizan han sufrido grandes cambios. En los años recientes, los transistores y los circuitos integrados lineales han simplificado el diseño de los circuitos de comunicación electrónica, permitiendo así la miniaturización, mejor eficiencia y confiabilidad y costos generales menores; ha habido una necesidad abrumadora de comunicación entre cada vez más personas, esta urgente

necesidad ha estimulado un crecimiento gigantesco de la industria de comunicaciones electrónicas. Los sistemas electrónicos modernos de comunicación incluyen los de cable metálico, por microondas y los satélites, así como los de fibra óptica.



**FIGURA 1.1 Diagrama simplificado de bloques de un sistema de comunicaciones electrónicas.**

La figura 1.1, muestra un diagrama de bloques simplificado de un sistema electrónico de comunicaciones. El procesador de emisión o transistor es un conjunto de uno o más dispositivos o circuitos electrónicos que convierte la información de la fuente original en una señal que se presta más a su transmisión a través de un determinado medio de transmisión. El medio de transmisión transporta las señales desde el transmisor hasta el receptor, y puede ser tan sencillo como un par de conductores de cobre que propaguen las señales en forma de flujo de corriente eléctrica. También se puede convertir la información a ondas electromagnéticas luminosas, propagarlas a través de cables de fibra óptica hechas de vidrio o de plástico, o bien se puede usar el espacio libre para transmitir ondas electromagnéticas de radio, a grandes distancias o sobre terreno donde sea difícil o costoso instalar un cable físico. Un receptor es un conjunto de dispositivos y circuitos electrónicos que acepta del medio de transmisión las señales transmitidas y las reconvierte a su forma original.

Actualmente, en las Telecomunicaciones, se tiende al abaratamiento de la utilización de las redes, así como a nuevas posibilidades de transmisión, proporcionada por las redes de banda ancha que operan a gran velocidad, y el uso de redes móviles que facilitan el acceso a los servicios con independencia de la ubicación de los usuarios.

### **1.1.1 Modulación y Demodulación.**

Como a menudo no es práctico propagar señales de información a través de cables metálicos o de fibra óptica, o a través de la atmosfera terrestre, con frecuencia es necesario modular la información de la fuente, con una señal analógica de mayor frecuencia, llamada portadora. En esencia, la señal portadora transporta la información a través del sistema. La señal de información modula a la portadora, cambiando su amplitud, su frecuencia o su fase. Modulación no es más que el proceso de cambiar una o más propiedades de la portadora, en proporción con la señal de información.

Los dos tipos básicos de comunicaciones electrónicas son analógicos y digitales. Un sistema analógico de comunicaciones es aquel en el cuál la energía se transmite y se recibe en forma analógica: una señal de variación continúa, como por ejemplo una onda senoidal.

Sin embargo, el término comunicaciones digitales abarca una amplia variedad de técnicas de comunicación, que incluyen transmisión digital y radio digital. La transmisión digital es un sistema digital verdadero, donde los pulsos digitales (con valores discretos, como +5V y tierra) se transfieren entre dos o más puntos en un sistema de comunicaciones. Con la transmisión digital no hay portadora analógica, y la fuente original de información puede tener forma digital o analógica. Si está en forma analógica se debe convertir a pulsos digitales antes de transmitirla, y se debe reconvertir a la forma analógica en el extremo de recepción. Los sistemas de

transmisión digital requieren una instalación física entre el transmisor y el receptor, como por ejemplo un conductor metálico o un cable de fibra óptica.

La demodulación es el proceso inverso a la modulación y reconvierte a la portadora modulada en la información original (es decir, quita la información de la portadora).

Hay dos razones por las que la modulación es necesaria en las comunicaciones electrónicas: 1) Es en extremo difícil irradiar señales de baja frecuencia en forma de energía electromagnética, con una antena, y 2) ocasionalmente, las señales de la información ocupan la misma banda de frecuencia y si se transmiten al mismo tiempo las señales de dos o más fuentes, interferirán entre sí.

### **1.1.2 El Descubrimiento de las Ondas Electromagnéticas.**

James Clerck Maxwell, físico y matemático escocés, alumno de Faraday, en 1864 predijo la posibilidad de transmitir ondas electromagnéticas (ondas de radio) si se empleaban frecuencias suficientemente elevadas. Podemos decir que Maxwell fue el auténtico precursor, aunque terminó sus días sin poder ver plasmadas sus teorías en realidad.

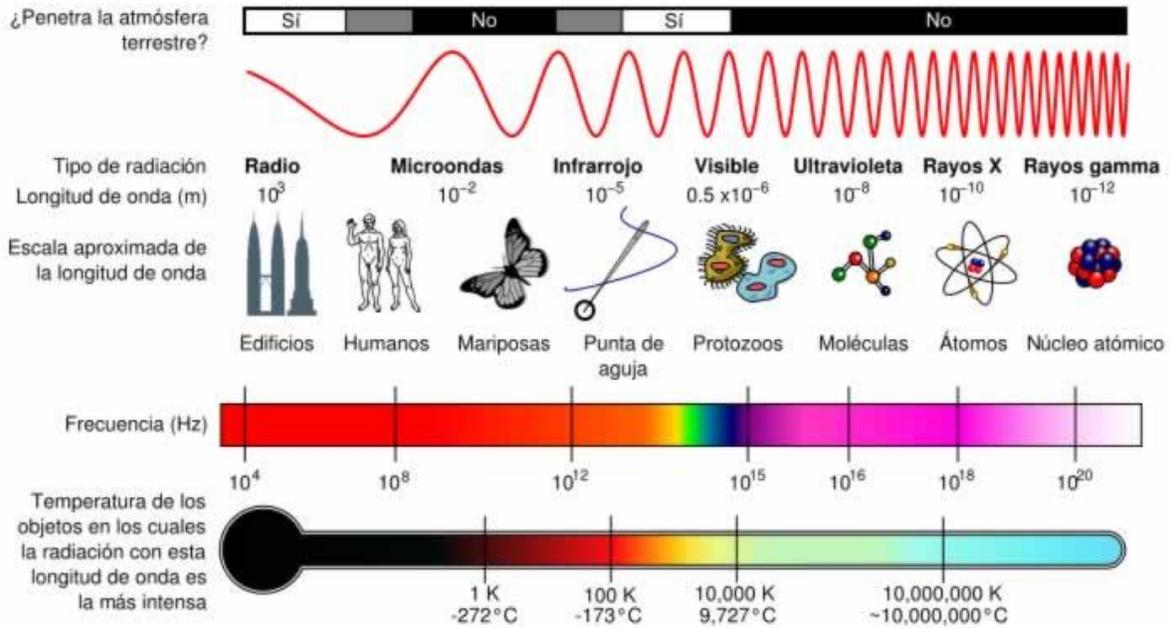
Posteriormente, el alemán Heinrich Rudolf Hertz profesor de la Universidad de Bonn (1857-1894) conseguía la realización práctica de la teoría de Maxwell. El desafío para Hertz consistió en inventar el transmisor y el receptor. El emisor (excitador) estaba constituido por un carrete de Ruhmkorff de grandes dimensiones al que adaptó una especie de antena dipolo, mientras que el receptor (resonador), muy poco sensible, consistía en un anillo abierto, entre cuyas puntas podían saltar chispas. Hertz estudió las propiedades de las ondas electromagnéticas producidas por una corriente eléctrica oscilante de gran frecuencia, demostró su naturaleza ondulatoria y llegó a determinar su longitud de onda (en su honor la unidad de medida de la frecuencia es el Hertzio).

Al cabo de poco tiempo, el médico y físico francés Eduardo Branly (1846-1940), estudiando las variaciones de conductividad eléctrica en los metales bajo diversas condiciones, observó un fenómeno insólito: las limaduras de varios metales bajo la influencia de ondas Hertzianas reducían considerablemente su resistencia eléctrica. Dicho fenómeno dio lugar al invento del “cohesor”, un detector muy sensible comparado con el aro de Hertz.

En el año 1895 el profesor ruso de matemáticas de la Universidad Kazán, Alejandro Popoff, inventa la antena que asoció al tubo de limaduras de Brany para detectar tormentas lejanas. También realizó algunas transmisiones locales por radio.

El objetivo de un sistema electrónico de comunicaciones es transferir información entre dos o más lugares. Esto se logra convirtiendo la información original a energía electromagnética, para transmitirla a continuación a una o más estaciones receptoras, donde se reconvierte a su forma original. La energía electromagnética se puede propagar en forma de voltaje o corriente a través de un conductor o hilo metálico, o bien en forma de ondas de radio emitidas hacia el espacio libre, o como ondas luminosas a través de una fibra óptica. La energía electromagnética se distribuye en un intervalo casi infinito de frecuencias.

La frecuencia no es más que la cantidad de veces que sucede un movimiento periódico, como puede ser una onda senoidal de voltaje o de corriente, durante determinado periodo. Cada inversión completa de la onda se llama ciclo.



**Figura 1.2 El espectro de frecuencias para emisiones electromagnéticas.**

El espectro electromagnético de frecuencias, donde se muestran los lugares aproximados de diversos servicios se ve en la figura 1.2

### 1.1.3 La Contribución de Marconi (1874-1937)

A los 20 años de edad el joven italiano Guillermo Marconi (reconocido mundialmente como el padre de la radio) basándose en las experiencias de Hertz y Branly consiguió realizar un sistema emisor-receptor, utilizando respectivamente el carrito de Ruhmkorff y el cohesor de Branly. Conectó ambos aparatos a tierra y los dotó de antenas, consistentes en hilo de cobre suspendido en el espacio y de considerable longitud, lo cual hizo que la transmisión se realizara de onda larga, contrariamente a las experiencias de Hertz y Branly realizadas con ondas cortas.

#### 1.1.4 El Diodo del Dr. Fleming.

El Ingeniero inglés J. A. Fleming en 1899 pasó a trabajar para Marconi, en los trabajos preparatorios para conseguir comunicaciones a través del Atlántico. En 1900 el principal problema de la radiocomunicación consistía en conseguir receptores más sensibles y seguros. Fleming, profundamente preocupado por este problema, en octubre de 1904 llegó a la conclusión de que tal vez fuera resuelto por el “efecto Edison”. Partiendo de la base de que el diodo podía rectificar corrientes alternas de baja frecuencia, se trataba de averiguar su comportamiento en corrientes alternas de altas frecuencias, y la experiencia dio resultados positivos, llegando a la conclusión de que disponía de un detector más estable y sensible que todos los demás conocidos.

#### 1.1.5 La Difusión Comercial de la Radio.

En el año 1919 el técnico investigador David Sarnoff, de la **RCA (Radio Corporation of América)**, presenta a la dirección comercial y a los técnicos de esta compañía su proyecto del primer receptor de radio para uso público, siendo rechazado por no considerarlo rentable. En 1920 la emisora Marconi Wireless de Chelsford (Inglaterra) transmite, en plan de ensayo, el primer concierto de música clásica.

En 1920 en Pittsburgh (EE.UU.) se inaugura la emisora KDLA que es la primera que emite programas regulares de radio. En 1921 se inician en París los primeros ensayos de programas de radio para el público utilizando la Torre Eiffel como antena.

El 14 de noviembre de 1922 se constituye en Londres la **BBC (Sociedad Británica de Radio Difusión)** concediéndole la Administración Inglesa el monopolio de la radiodifusión. El día 23 de marzo de 1924 a las 10 de la noche comienzan las primeras emisiones experimentales españolas de radio en Onda

Media desde el madrileño Prado del Rey a través de Radio Ibérica, EAJ-6, que se inaugura al día siguiente, el 12 de mayo.

### **1.1.6 Historia de la Televisión.**

La historia del desarrollo de la televisión ha sido en esencia la historia de la búsqueda de un dispositivo adecuado para explorar imágenes. El primero fue el llamado disco de Nipkow, patentado por el alemán Paul Gottlieb en 1884.

Los primeros dispositivos realmente satisfactorios para captar imágenes fueron el iconoscopio, que fue inventado por el físico estadounidense de origen ruso Vladimir Kosma Zworykin en 1928, y el tubo disector de imágenes, inventado por el ingeniero de radio estadounidense Philo Taylor Farnsworth poco tiempo después.

En 1926 se realiza la primera demostración pública de la televisión: el ingeniero escocés John Logie Baird transmite una imagen minúscula entre una cámara y una pantalla de 30 líneas. Un año después, el mismo Baird lograba transmitir una imagen a través de los 20 kilómetros que separaban Harrow de Londres. En 1929 la BBC de Inglaterra comienzan de manera regular las transmisiones experimentales de la televisión de Baird.

Pero el directo antepasado de lo que hoy conocemos como televisión había sido construido por el ruso Vladimir Zworykin en 1928, para la empresa estadounidense RCA, bajo el nombre de iconoscopio. Su invención incluía un tubo catódico que descomponía la imagen electrónicamente, permitiendo transmisiones más precisas que la cámara de Baird. Mucho antes, en 1897, el físico alemán Ferdinand Braun inventó el **TRC (Tubo de Rayos Catódicos)**. A partir del año 2000 se empiezan a introducir las pantallas planas LCD y TFT, para la presentación de las imágenes al espectador evidentemente, muy mejoradas.

A partir de la década de 1970, con la aparición de la televisión en color los televisores experimentaron un enorme crecimiento.

### **1.1.7 La Invención del Teléfono.**

El conjunto básico del invento de Bell estaba formado por un emisor, un receptor y un único cable metálico de conexión. El emisor y el receptor eran idénticos y contenían una bocina, un diafragma metálico flexible, un imán y una bobina. La presión de las ondas sonoras que incidían sobre el fino diafragma lo hacían vibrar dentro del campo del imán y esta vibración inducía una corriente variable eléctrica en la bobina, que viajaba por el cable hasta el receptor, donde generaba fluctuaciones de la intensidad del campo magnético de éste, haciendo que su diafragma vibrase y reprodujese el sonido original.

Fueron muchos los experimentos para lograr un micrófono eficaz, en 1878 Henry Hummings patentó un micrófono que actualmente se sigue utilizando.

Otros elementos básicos del teléfono son el timbre o campanilla y el marcador. El primero es un electroimán doble, con una armadura pivotante que soporta a un martillo que al vibrar golpea a una campana, fue descubierto por el ayudante de Bell, T. Watson y aún sigue en uso; el dial se invento en el año 1896.

### **1.1.8 La Invención de la Radiotelefonía.**

La radiocomunicación pública requiere técnicas sofisticadas y, por tanto, su evolución ha estado siempre ligada al progreso de la electrónica. En primer lugar es importante aclarar que radiocomunicación es cualquier tipo de telecomunicación que se realiza a través de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin ningún medio o guía artificial.

La primera utilización de las ondas de radio para comunicarse se efectuó a finales del siglo XIX para la radiotelegrafía. Desde entonces, la radio se convirtió en una técnica ampliamente utilizada en comunicaciones militares y civiles.

Las primeras aplicaciones públicas de la radio fueron de difusión, primero sonido y luego imágenes; lo cual es mucho más sencillo que la radiotelefonía, dado que el terminal móvil es sólo un receptor y no necesita emitir. El auge real de los sistemas públicos bidireccionales de radiocomunicaciones móviles tuvo lugar justo después de la segunda guerra mundial, cuando el uso de la modulación en frecuencia (FM), recién descubierta, y de la tecnología electrónica, como la válvula de vacío y el transistor, permitieron el desarrollo de un servicio de telefonía a escala real para vehículos. El primer servicio telefónico móvil real nació oficialmente en St. Louis Missouri, Estados Unidos, en 1945.

Las primeras redes móviles de telefonía se operaban manualmente; es decir, era necesaria la intervención de un operador para conectar cada llamada a la red fija. Además, los terminales eran muy voluminosos, pesados y caros. El área de servicio estaba limitada a la cobertura de un único emplazamiento de transmisión y recepción (sistemas uncelulares). Había muy poco espectro de radio disponible para este tipo de servicios, dado que éste se asignaba fundamentalmente a propósitos militares y a la radiodifusión, en particular, la televisión que acababa de nacer. En consecuencia, la capacidad de los primeros sistemas era muy pequeña y la saturación de los mismos fue muy rápida, con lo que la calidad del servicio empeoró rápidamente debido a la congestión y la capacidad de procesar llamadas caía algunas veces hasta paralizar la red.

A partir de la década de los 80, pero sobre todo de los 90, la telefonía móvil, gracias a los avances tecnológicos que permitieron la introducción de la radio digital, la disminución de tamaño y la bajada de precios de los terminales y de las tarifas, así como por el aumento de sus servicios disponibles, se populariza y crece desorbitadamente. A finales del año 2003 ya son más de 1,300 millones los

usuarios de telefonía móvil en todo el mundo, repartidos por todos los países, y numerosos los servicios que hacen uso de las radiocomunicaciones.

### **1.1.9 Los Sistemas de Comunicaciones Móviles.**

El término “comunicaciones móviles” describe cualquier enlace de radiocomunicación entre dos terminales, de los cuales al menos uno está en una localización indeterminada, en movimiento, o parado, pudiendo el otro ser un terminal fijo. Esta definición es de aplicación a todo tipo de enlace de comunicación, ya sea de móvil a móvil o entre fijo y móvil. De hecho, el enlace móvil a móvil consiste muchas veces en un enlace móvil-fijo-móvil. El término móvil puede referirse a vehículos de todo tipo (automóviles, aviones, barcos) o, sencillamente, a personas en movimiento (incluso paradas, que hacen uso de una terminal “móvil”). El enlace de radiocomunicación hace uso de parte del espectro electromagnético, concretamente, la banda conocida como de radiofrecuencias, aproximadamente la comprendida entre  $10^5$  y  $10^{12}$  Hz.

## **1.2 Historia de la telefonía.**

A lo largo de la historia, el hombre ha tenido la necesidad de comunicarse, desde la utilización de códigos, señales, o bien la creación de un lenguaje, tanto físico como verbal, en el intento de comunicarse a mayores distancias, se crean nuevas formas, métodos e inventos para alcanzar este objetivo.

Alejandro Graham Bell, escocés, tuvo la idea bien definida, que anteriormente otros científicos estaban buscando, tales como Charles Bourseul, Robert Hooke, Joseph Henry, Michael Faraday y Antonio Meucci. Esta idea de transmitir la voz a través de un sistema para transmitir sonido en 1876, logrando con esto el invento del teléfono. La primera comunicación de larga distancia, de 25 km tuvo lugar entre Boston y Salem.

En México, durante el gobierno de Porfirio Díaz, se lleva a cabo la primera comunicación telefónica, debido al auge que se presentaba en la época las comunicaciones, esta fue entre la inspección de policía de la ciudad de México y la Comisaría de Tlalpan, 16 km de distancia entre estas.

De ahí, hay mucha historia que conocer, de cómo se fueron dando las concesiones a las empresas extranjeras, para que dieran servicios de telefonía a los mexicanos.

En un principio los sistemas de telefonía eran analógicos, el crecimiento fue rápido, para finales de la década de los 60's ya se sumaban un millón de líneas telefónicas.

En los 70's el crecimiento, de las líneas telefónicas, da paso a la etapa de digitalización.

### **1.2.1 Telefonía Rural.**

En esta década de los 70's el gobierno, a través de tener ya una expansión en las telecomunicaciones satelitales, que durante las olimpiadas de 1968 se dieron con mayor auge, también dio órdenes de implementar la telefonía rural, para alcanzar las zonas más alejadas de los asentamientos urbanos y mantener comunicados a la mayoría de los mexicanos, es decir integrar a las comunidades más alejadas a la red nacional. Con las investigaciones y desarrollos más importantes que se hicieron en el CICESE (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada), ubicado en Ensenada Sonora, los cuales eran de telefonía rural vía satélite, en donde se define a México ya en la entrada de la era de las comunicaciones vía satélite, ya que de ahí surgen las recomendaciones de adquirir los primeros Satélites Mexicanos, surgiendo los satélites Morelos I y II por el año de 1985. Teniéndose un desarrollo en equipo telefónico digital para satélites, equipo de acceso múltiple satelital. **DAMA (Demand**

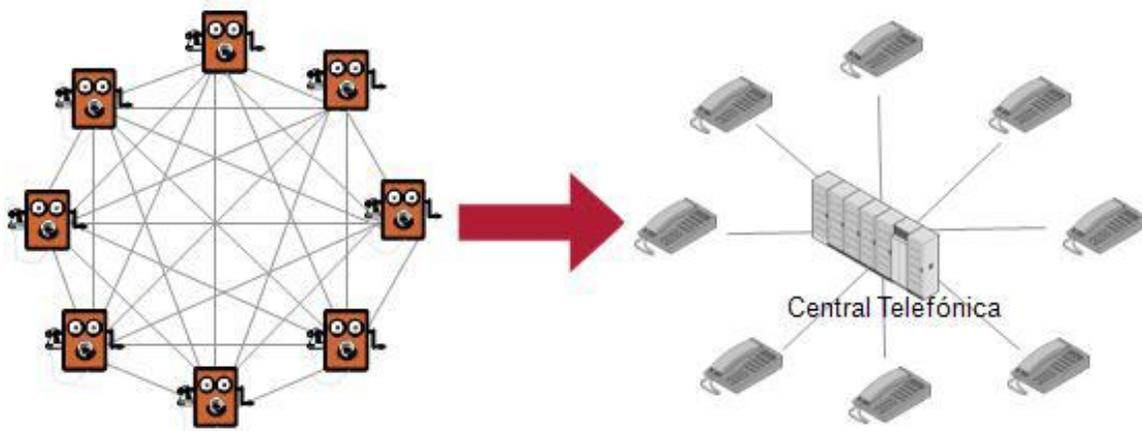
**Assignment Multiple Access, Acceso Múltiple Asignado por demanda).** Y diversos desarrollos de equipos. Redes **VSAT (Very Small Aperture Terminals)** para telefonía rural.

Otro de los sistemas antiguos es el **TRAC (Telefonía Rural de Acceso Radio)**, invento español, que consiste en utilizar un teléfono analógico en un lugar fijo, pero con tecnología de un teléfono móvil. Con esta idea del TRAC, se pretende eliminar los costosos cableados hasta zonas de difícil geografía o muy alejadas, instalando una antena, comúnmente tipo Yagi, con una alta ganancia y muy directiva, dirigida hacia la estación o radio base del sistema móvil.

### 1.2.2 Arquitectura de la Red Telefónica.

Con el crecimiento del número de líneas, la instalación de enlaces se volvió inadecuado, que eran los que de alguna forma, respondían a las necesidades de larga distancia de aquellos entonces. Así nacen los elementos de conmutación: Centrales Telefónicas (Figura 1.3).

La conmutación es una técnica que nos permite hacer un uso eficiente de los enlaces físicos, los cuales se encargan de establecer las conexiones lógicas.



**Figura 1.3 Central Telefónica.**

Para que se pueda dar el servicio, y cortar la brecha de la telefonía en México, se comienza a implementar la red de comunicaciones, mediante centrales telefónicas, unidas entre sí mediante enlaces de fibra óptica.

Las centrales telefónicas se clasifican de la siguiente forma:

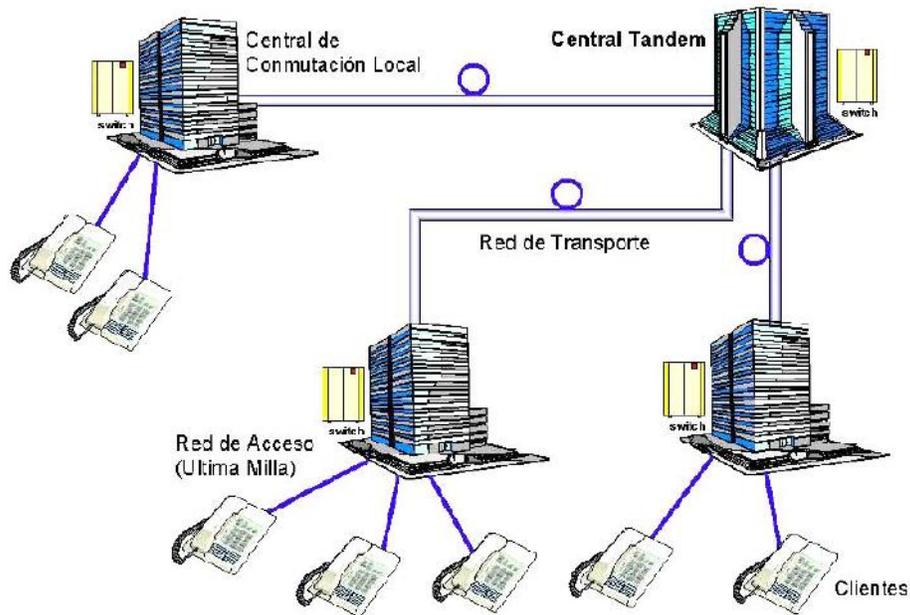
1.-Locales

- Tándem
- Larga Distancia

2.- Privadas

- Conmutadores (PBX)

La arquitectura de la red telefónica se compone de diferentes partes (Ver Figura 1.4):



**Figura 1.4 Arquitectura de la red telefónica.**

**Aparato telefónico:** Por donde el cliente o abonado puede hacer uso de la red telefónica, ya que están conectados a las centrales locales.

**Acceso Local (Última milla):** Es la forma como se conectan las instalaciones de los clientes o abonados con la central más cercana, es decir es la línea que une al aparato telefónico con la central local.

**Centrales locales:** Central a la que se conectan los aparatos situados en una zona determinada de acuerdo a la densidad de población. La principal función de estas es la de servir como un elemento de conmutación entre los teléfonos.

**Centrales Tándem:** Son las centrales que sirven para que exista comunicación entre centrales de una zona geográfica determinada, donde existan varias centrales.

**Telefonía Local o de Larga Distancia:** La telefonía local está en una ciudad en donde el operador de LD cuenta con infraestructura para la interconexión con el operador Local, la infraestructura puede ser propia o bien arrendada.

A lo largo de los años, la técnica utilizada por la red telefónica, tanto para la transmisión como para la conmutación, ha ido modernizándose. Esta evolución es la que permite que continuamente se tenga acceso a nuevos servicios y nuevas posibilidades: identificación de llamadas, conferencia tripartita, RDSI, etc.

Los Servicios ofrecidos por la red telefónica básica son:

- Líneas conmutadas (POTS)
- Líneas conmutadas digitales (ISDN BRI)
- Funciones Especiales

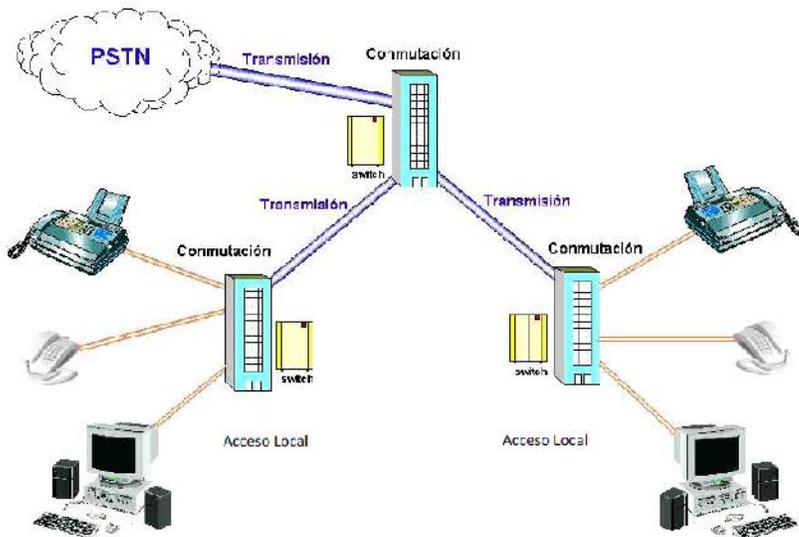
Los servicios para empresas, para sus comunicaciones internas y externas son:

- Líneas / troncales Analógicas (POTS) E1
- Troncales Digitales
- Líneas Inteligentes
- Funciones especial.
- Servicios de red inteligente: 500 (números personales)
- 700 (VPN/VNS), 800, 900, Tarjetas telefónicas.

Las líneas **POTS (Plain Old Telephone Service / sistema viejo de telefonía)** (Figura 1.5) es el sistema que todos conocemos, como el “tradicional”. Los teléfonos se conectan a una central por dos hilos conocidos como el Acceso Local. El teléfono también transmite y recibe números marcados, así como señales de timbrado.

El ancho de banda del sistema telefónico es de 300Hz a 3400Hz. Las señales digitales de las computadoras tienen un ancho de banda mucho más amplio que este sistema y no pueden transmitirse a través del sistema telefónico sin un módem, o bien un modem **ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line)**.

Un módem convierte las señales digitales de la computadora en tonos que caen dentro del ancho de banda del sistema telefónico.



**Figura 1.5 Sistema tradicional de telefonía.**

Una línea POTS es una línea telefónica que se utiliza para establecer llamadas de voz y datos de baja velocidad (9.6k - 33.6k).

Dentro de la definición de un enlace o circuito que une dos equipos de conmutación, se tienen por ejemplo:

- Central telefónica – Central telefónica
- Central telefónica – PBX
- Central telefónica – Multilínea

Existen dos tipos de enlaces troncales:

- Troncales analógicas (30 Líneas convencionales).
- Troncales digitales (E1= 30 Troncales digitales).

### 1.2.3 Servicios Especiales de Telefonía Básica.

Debido a que la red telefónica cuenta con centrales digitales ahora es posible tener algunos servicios especiales además de los servicios básicos de llamada telefónica tales como:

- Conferencia (Three Way Calling)
- Desvío de llamada (Call Forwarding)
- Llamada en espera (Call Waiting)
- Identificador de llamada (Caller ID)
- Marcación abreviada (Speed Dialing, Abbreviated dialing)
- Retorno de llamada (Auto Call Back)
- Buzón de correo de voz (Voice mail)
- Servicio despertador (Wake-up Call)

Cuando se va a realizar una llamada telefónica, la única operación que tiene que hacer el usuario es marcar el número de teléfono con el que pretende establecer la comunicación. La información del número se envía desde el teléfono a la central mediante un sistema conocido como multifrecuencia. A este sistema se le conoce también como marcación por tono. Antiguamente se hacía mediante un sistema conocido como decádico. El sistema multifrecuencia consiste en que cada número y tecla especial se representa mediante una combinación de dos frecuencias.

Estas frecuencias varían entre los 700 y los 1,700 Hz. Esto explica por qué se escuchan notas musicales al marcar con el teclado telefónico.

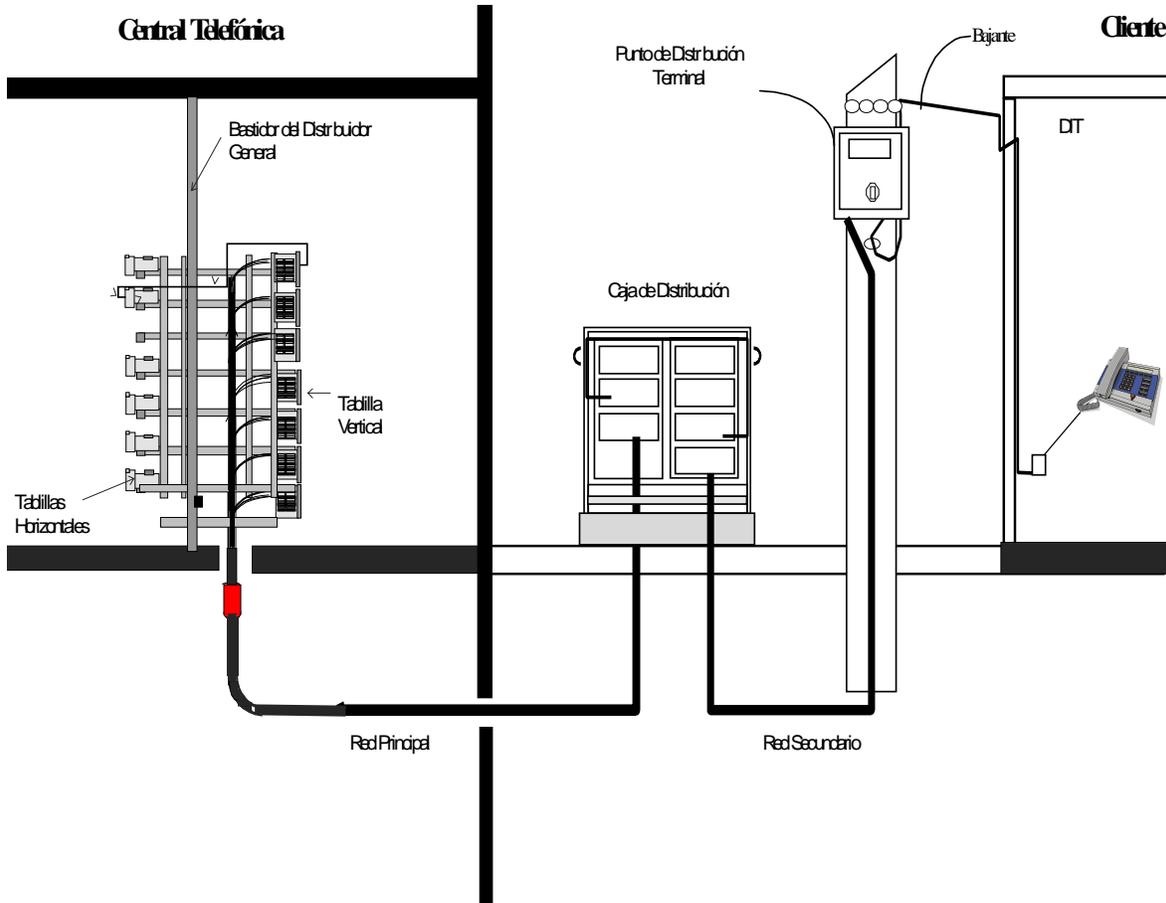
La red telefónica permite que por una línea se pueda transmitir cualquier frecuencia que esté comprendida entre los 300 y 3400 Hz. Esto hace que el ancho de banda de un canal telefónico sea de 3100 Hz ( $3400 - 300 = 3100$  Hz). A modo de dato curioso los antiguos canales de télex, tenían un ancho de banda de 120Hz mientras que los canales de televisión analógicos tenían un ancho de banda de 5MHz.

Dado que la voz humana puede emitir frecuencias de hasta 10kHz, y como un canal telefónico corta las frecuencias por encima de 3400 Hz, la voz por teléfono se escucha con un timbre particular al que todos estamos acostumbrados y somos capaces de identificar.

Una característica importante de la red telefónica es que, una vez establecida la comunicación, los usuarios tienen a su disposición un canal telefónico dedicado exclusivamente a esa llamada. Se hable o no se hable, se utilice o no se utilice, este canal no puede ser utilizado hasta que no termine la comunicación. Este es el motivo por el que las llamadas telefónicas se tarifican por tiempo de conexión en las llamadas de larga distancia. Esta forma de utilización de la red se conoce como conmutación de circuitos.

#### **1.2.4 Arquitectura de la Red Telefónica Pública Conmutada.**

La arquitectura de la red telefónica pública conmutada en México, se puede observar en el diagrama de los elementos que componen la Red Telefónica Pública Conmutada, para un abonado en México, por medio de Telmex, (MR) (Figura 1.6).



**Figura 1.6 Diagrama de elementos en una red telefónica pública conmutada para un abonado.**

### 1.2.5 Redes de Telefonía Inalámbricos de Voz.

**Wireless Local Loop (WLL):** Es un sistema en donde la Central y los usuarios se conectan usando la tecnología de Radio Bases en lugar de hacerlos por cables tal como la tecnología **FWA (Fixed Wireless Access)**, Symmetry, Wimax, Punto a Punto (PTP) y Punto Multi Punto (PMP) estos son Acceso fijo inalámbrico.



Figura 1.7 La telefonía inalámbrica móvil (PCS).

Conocida también como telefonía “celular”, (**PCS, Personal Communications Service, Servicio de Comunicación Personal**).

Cualidades actuales:

- Soporte de mayor tráfico
- Mejor calidad de voz
- Mayor duración de la batería
- Radiopuertos más simples y económicos
- Servicio de mensajes cortos
- Voz, Datos y Video.

Técnicas de acceso: Entre la Radiobase o BTS, conectada a una central pública o privada de conmutación y el equipo terminal (fijo y móvil), existen diferentes técnicas de acceso, las cuales permiten que los clientes utilicen una gran gama de servicios y aplicaciones.

**FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia, Frequency Division Multiple Access):** divide el espectro de frecuencias disponibles en múltiples

canales (un par de frecuencias por canal, una en cada dirección), utilizando el usuario siempre el mismo canal durante toda la transmisión.

**TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo, Time Division Multiple Access):** divide el ancho de banda asignado en múltiples períodos o ranuras de tiempo (**time slots**) en los que se van insertando las transmisiones de los usuarios, debiendo estar el transmisor y el receptor sincronizados.

**CDMA (Acceso Múltiple por División de Códigos, Code Division Multiple Access):** utiliza todo el ancho de banda disponible al mismo tiempo, por lo que los usuarios se están interfiriendo, pero al utilizar cada uno, un código distinto se pueden reconstruir las señales originales.

La telefonía, en sí, ha venido teniendo grandes cambios, actualmente la planta externa instalada a lo largo y ancho del país, permite tener comunicados a la mayoría de la gente, desde poblaciones rurales, hasta grandes ciudades, pero la tendencia, en estas últimas se va dirigiendo hacia la parte de comunicación móvil. Anteriormente, cuando uno marcaba a un teléfono local, era para buscar a la persona ahí, en su casa u oficina, actualmente ya no piensa así, ahora es llamar a la persona directamente a su móvil.

Para que exista la telefonía móvil gran parte de su red de transporte, se basa en toda la infraestructura telefónica alrededor del mundo, una llamada a un celular, tiene que llegar a una radiobase, que a su vez puede estar conectada a otra radiobase o una central de conmutación, y esta central de conmutación se va a interconectar con otras centrales de conmutaciones, nacionales o internacionales, dependiendo del tipo de llamada, a teléfono fijo o a un teléfono móvil. Si el móvil está en otra región, se requieren acuerdos, normas, protocolos para que esto sea posible.

## CAPITULO 2. ANTECEDENTES.

### 2.1 Principales Sistemas y Tecnologías Móviles.

La telefonía celular se ha categorizado por generaciones de acuerdo a la evolución que ha presentando (Figura 2.1).

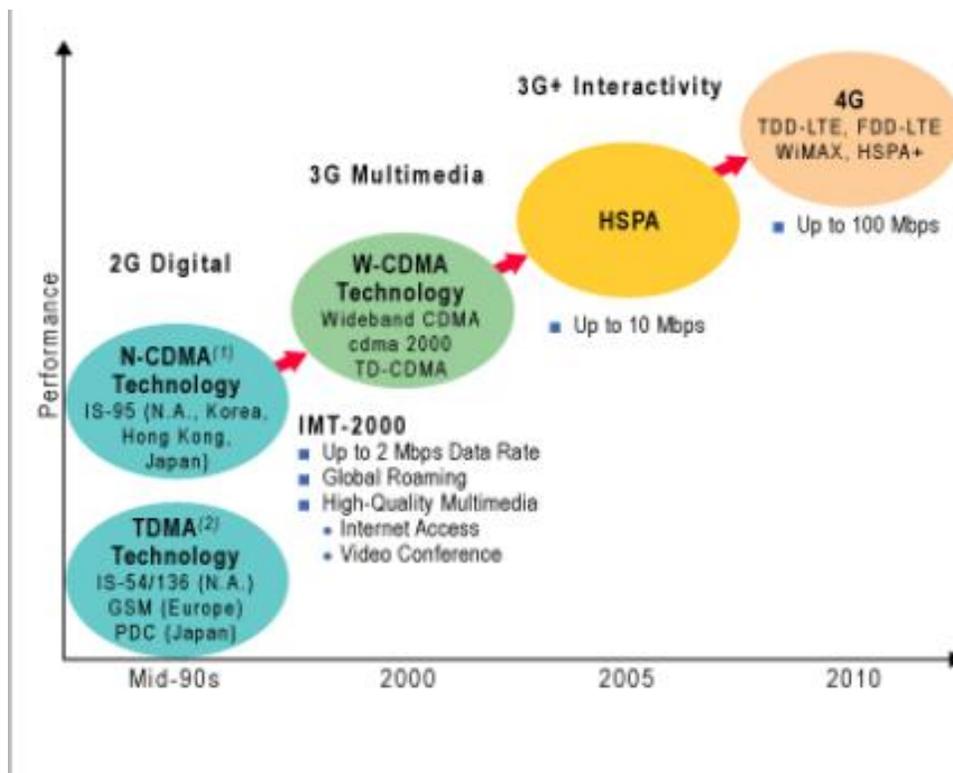


Figura 2.1 Evolución de los sistemas celulares.

#### 2.1.1 Sistemas Celulares de 1ª Generación.

Estos sistemas aparecen en 1979 funcionando por medio de comunicaciones analógicas y dispositivos portátiles relativamente grandes. Hacen uso del concepto celular basado en la división del área de cobertura en celdas y en la reutilización de frecuencias. Estos sistemas utilizan canales analógicos con separación en frecuencia entre canales (**FDMA, Acceso múltiple por división de frecuencia**) e introducen la señalización digital en la interfaz de radio.

La seguridad en estos sistemas y las conversaciones es limitada debido a que las terminales móviles no cuentan con mecanismos de autenticación. Estos sistemas carecen de calidad por el número limitado de frecuencias y la susceptibilidad que tienen a la interferencia. Son sistemas de baja capacidad ya que hacen un uso ineficaz del espectro de radio debido a que cada portadora de radio viene asociada a un usuario (**SCPC, Single Carrier per Channel, Un Solo Canal por Portadora**) empleando un radiocanal por cada conversación y limitando el reuso de frecuencias. Debido a que no es posible la estandarización internacional por el uso de diferentes interfaces y la incompatibilidad entre los diferentes estándares el roaming es limitado, es decir su cobertura es restringida y solo regional (ciudades grandes). Los costos del sistema son elevados para los operadores.

Esta generación utiliza principalmente los siguientes estándares:

- **AMPS (Sistema telefónico móvil avanzado)**
- **TACS (Sistema de comunicaciones de acceso total)**

AMPS se presentó en 1983 en Estados Unidos y fue el primer estándar de redes celulares. Fue utilizado principalmente en el continente Americano, Rusia y Asia, para el año de 1997 llegó a ser utilizado en alrededor de 72 países. A este sistema se le asignaron 50 MHz del espectro de frecuencias, con este ancho de banda se podían ofrecer cerca de 832 canales. Las bandas de frecuencia utilizadas por este sistema son 824-849 MHz y 869-894 MHz. Tiene dos tipos de radiocanales, canales de control y canales de voz. El sistema es dúplex con una separación entre canales de 45 MHz. La tasa de señalización es de 10 kbps.

AMPS funcionaba como un sistema análogo en la banda de los 800 MHz, sin embargo fue evolucionando para trabajar en sistemas digitales TDMA (IS-54/IS-136), CDMA (IS-95) y la banda PCS de 1800-2000 MHz.

AMPS está definido por muchos estándares desarrollados por el comité TR-45 de la **TIA (Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones)**. Entre los estándares de 1G pertenecientes a los sistemas AMPS se tienen:

- IS-3 Estándar celular analógico original
- IS-88 Celular Análogo de Banda
- IS-91 Celular Análogo y PCS
- IS-94 Celular dentro de edificaciones
- EIA/TIA-553 Celular Análogo

Estados Unidos, Canadá, algunos países de América Latina, África y la antigua URSS fueron los que implementaron este sistema.

TACS es la versión Europea del sistema AMPS. Este sistema fue muy utilizado en Inglaterra en 1985 y luego en Asia (Hong Kong y Japón) y otros 25 países más. Utilizaba la frecuencia de 900 MHz. ETACS (Sistema de comunicaciones de acceso total extendido) es una versión mejorada del estándar TACS desarrollado por Inglaterra y funcionaba con un mayor número de canales. Los radiocanales del sistema TACS tenían 25 KHz de ancho de banda en comparación con los 30 KHz utilizados por AMPS. Este ancho de banda contribuyó con la reducción de la velocidad de transmisión de los canales de señalización. Los rangos de frecuencia utilizados en este sistema son 890-915 MHz y 935-960 MHz. Se otorgaron 41 MHz de espectro y la señalización de los canales de control y voz se realizaba a una tasa de 8 kbps.

Algunas variantes de este sistema fueron el JTACS utilizado en Japón, el **NTACS (Narrowband TACS)**, en ambos casos las variantes fueron en las bandas de frecuencia y canales utilizados, así como la reducción del ancho de banda y el cambio de transferencia de la señalización.

### **2.1.2 Sistemas Celulares de 2ª Generación.**

La 2ª generación surge en 1990 y marcó un quiebre con la primera generación de teléfonos celulares al pasar de la tecnología analógica a digital. Utiliza conmutación de circuitos con tasas de 9.6 kbps (**Circuit Switched Data**). Se empiezan a introducir servicios básicos de datos, así como la estandarización internacional. Se garantiza la compatibilidad entre los diferentes países que adoptaron este sistema permitiendo a los usuarios utilizar su misma terminal en estos países. La ampliación de cobertura se amplía y el roaming empieza a tener más auge. La calidad aumenta debido a la mejora en el control de los recursos de radio y a la codificación.

Con la técnica de acceso TDMA es posible utilizar todo el ancho de banda del canal de frecuencia aumentando la capacidad. Las señales digitales desarrollan mejor el espectro de radio permitiendo el tener celdas de pequeños diámetros, así el sistema puede servir en un área determinada a un número elevado de usuarios. Los costos de estos sistemas son menores para los operadores ya que se puede utilizar un número inferior de receptores de radio BTS.

La seguridad en estos sistemas mejora por el uso de potentes técnicas de autenticación y código secreto para los datos de señalización. El sistema 2G utiliza sofisticados protocolos de codificación permitiendo velocidades de información más altas para voz pero limitado en datos.

En Estados Unidos y otros países se le conoció como PCS (Servicios de comunicación personal).

Las técnicas de acceso utilizadas por los sistemas de segunda generación son principalmente:

- **TDMA (Acceso múltiple por división de tiempo)**
- **CDMA (Acceso múltiple por división de código)**

TDMA utiliza la compresión de señal, lo cual permite que la información pueda ser reducida de tamaño por ser información binaria. La tecnología TDMA tiene tres veces la capacidad de un sistema analógico que utilice el mismo número de canales. **La multiplexión de tiempo (TDM)** facilita que cada frecuencia pueda transmitir varias conversaciones. El tiempo de transmisión se divide en pequeños intervalos que pueden ser utilizados por una conversación distinta. Una misma conversación se lleva a cabo en intervalos de distintas frecuencias, por lo cual si una frecuencia se ve afectada por algún tipo de interferencia, la conversación no se ve afectada en su totalidad, esta sólo observará problemas en los intervalos que pertenecen a dicha frecuencia.

Esta tecnología se utilizó principalmente en el continente Americano, Nueva Zelanda y en el Pacífico Asiático.

La tecnología CDMA, después de digitalizar la información, la transmite a través de todo el ancho de banda disponible. Cada llamada tiene un código de secuencia único por lo cual varias llamadas son sobrepuestas en el canal y permite aumentar el número de llamadas simultáneas o la velocidad de transmisión.

Las tecnologías TDMA y CDMA no deben interferir entre sí o degradar la calidad, sin embargo esto no es del todo cierto en la realidad, se presentan diferencias de calidad y volumen.

Los principales sistemas de la segunda generación son:

- GSM
- IS-136 TDMA
- IS-95 CDMA
- PDC

**GSM (Sistema global para las comunicaciones móviles)** utilizado en Europa, conocido en Estados Unidos como **PCS/PCN (Servicios de comunicación personal)**. Este sistema comienza su desarrollo en 1982, utiliza la tecnología de acceso TDMA. GSM en sus inicios fue el estándar más usado en Europa y se creó con la finalidad de proveer un solo estándar paneuropeo. En Estados Unidos se admite a finales del siglo XX. El sistema GSM es utilizado en frecuencias de 400 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz y 1900 MHz. Los teléfonos móviles que pueden funcionar en este sistema tienen que ser multi-banda.

El sistema GSM está basado en técnicas de conmutación de circuitos, de modo que al efectuar una llamada se reserva un canal de comunicación entre origen y destino. Una vez realizada la reserva de un canal, éste permanecerá ocupado durante todo el tiempo que dure la conversación. Este sistema está pensado para llamadas de voz, ya que en una conversación telefónica el canal permanece siempre ocupado.

El IS-136 TDMA (TDMA Norteamericano) es un sistema digital que utiliza la tecnología de acceso TDMA, también es conocido como **DAMPS (Digital AMPS) o NADC (North American Digital Cellular)**. Incorpora un canal de control digital (CCD) además es un estándar soportado para soportar PCS en la banda de 1900 MHz y celular 800 MHz. La característica más importante de estos sistemas, es que permiten la operación de modo dual. Esto significa que todas las redes pueden proporcionar servicio a los viejos terminales AMPS disponiendo para ello de los canales radio analógicos necesarios.

IS-95 CDMA usa el estándar CDMA que utiliza acceso múltiple por división de código. Este estándar tenía una capacidad mayor, simplificaba el plano de frecuencias y tenía mayor flexibilidad. Empleaba un esquema de codificación especial y es muy eficiente en potencia. La tecnología de espectro extendido que utiliza ha sido por muchos años utilizada en aplicaciones militares ya que proporciona alta seguridad y calidad a la información.

Este sistema se diferencia de otros sistemas celulares, el mismo radiocanal porta frecuencias que pueden ser opcionalmente utilizadas en sitios celulares adyacentes, con lo que se elimina la necesidad de planeación de frecuencias, el radiocanal de banda ancha proporciona menos pérdidas, lo cual da una calidad de voz consistente durante la transmisión.

En forma general el sistema CDMA es más eficiente en ancho de banda y más eficiente en potencia que el TDMA. El sistema CDMA ofrece una amplia cobertura con pocas celdas. Dependiendo de la carga del sistema y de la interferencia, la reducción de celda es 50% menor en CDMA que en sistemas como GSM.

El sistema comenzó a funcionar en 1995, extendiéndose posteriormente a otros países de América y Asia principalmente.

**PDC (Personal Digital Cellular)** es un sistema digital desarrollado en Japón, utiliza la tecnología TDMA y una arquitectura de red principal similar a la de GSM. PDC soporta al igual que otras tecnologías de la 2G características avanzadas tales como SMS, identificador de llamadas, llamadas prepagadas, números personales, números de acceso universal, etc.

Problemas con las licencias hicieron que PDC no pudiera salir de Japón y únicamente Tailandia tiene algunas licencias.

### **2.1.3 Sistemas de 3ª Generación.**

La aparición de la tercera generación construida sobre una plataforma digital brinda la posibilidad de comunicarnos donde y como queramos, para ellos es necesario el estándar IMT-2000, esta norma proporciona acceso inalámbrico a la infraestructura global de telecomunicaciones, mediante sistemas terrestres y satelitales que atenderá a usuarios móviles y fijos en redes públicas o privadas.

Los sistemas de 3G son tipificados por la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos hasta 384 Kbps permitiendo una movilidad total a usuarios y de hasta 2Mbps con movilidad limitada. Este sistema utiliza un mejor manejo de las técnicas de acceso CDMA y TDMA. Transmisión de datos simétrica y asimétrica. Servicios de conmutación de paquetes y en modo circuito como tráfico Internet (IP) y video en tiempo real.

Calidad de voz comparable con la calidad que ofrecen los servicios alámbricos. Mayor capacidad y mejor manejo del espectro. Capacidad de proveer servicios simultáneos a usuarios. Compatibilidad mundial lo cual permite la itinerancia internacional entre diferentes operadores (Roaming Internacional). Compatibilidad con los sistemas 2G.

Las técnicas de acceso utilizadas son híbridas, TDMA/CDMA o FDMA/CDMA o DS-SS-SS, MC-SS-SS y TDD-SS-SS.

En Europa, **el Instituto Europeo de Telecomunicaciones (ETSI)** propuso la norma paneuropea de tercera generación **UMTS (Sistema universal de telecomunicaciones móviles)**. UMTS es miembro de la familia global IMT-2000 del sistema de comunicaciones móviles de tercera generación de la **UIT (Unión Internacional de telecomunicaciones)**. El IMT-2000 define los requerimientos para la transmisión de datos a alta velocidad, los servicios basados en IP, roaming global y las comunicaciones multimedia.

En 2001 comenzó a funcionar la primera red WCDMA en Japón. La puesta en funcionamiento en la mayoría de los países europeos fue hasta el 2002. En América la introducción de los sistemas CDMA de tercera generación se facilitó debido a la introducción de la tecnología CDMA **1XRTT (1X Tecnología de Transmisión de Radio)**, concebida como una evolución de CDMAOne.

Los sistemas globales principales que se desarrollaron son

## **WCDMA (Acceso múltiple por división de código de banda ancha) CDMA2000**

WCDMA constituye la base del sistema UMTS y uno de los modos de acceso de IMT-2000, es una técnica de acceso múltiple DS-SS-SS de banda ancha que emplea canales de radio con un ancho de banda de 5 MHz para transferir voz y datos con velocidades que van desde los 384 Kbps a los 2Mbps. La banda de frecuencias utilizada es de 2GHz con algunas variaciones en algunos países.

Mientras que el diseño original de los sistemas digitales celulares se optimizó para transportar voz, 3G requiere de una red de radio optimizada para un ancho de banda variable constituido por voz y datos. A mayor ancho de banda es una mayor capacidad y calidad. WCDMA proporciona capacidad según la demanda e incrementa de forma considerable la eficiencia del espectro. Se mejora la calidad, se tiene mayor cobertura y un alto grado de servicios flexibles y mayor número de llamadas simultáneas en menos emplazamientos de células, resultando esto en menores costos de operación.

WCDMA puede operar en dos modos: **FDD (Duplexación por división de frecuencia) y TDD (Duplexación por división de tiempo)**. En el modo FDD se utiliza una portadora de 5 MHz para cada enlace (bajada y subida), mientras que en el modo TDD solo una, dividida en 5 ranuras de tiempo.

La arquitectura GSM es la base para la red básica del sistema 3G WCDMA, de esta se minimizan los costos para su implantación. La mayor parte de los operadores iniciales son miembros de la GSMA.

Actualmente 382 operadores utilizan WCDMA como su sistema de telefonía celular.

CDMA2000 es un sistema conformado por estándares que evolucionaron del sistema CDMA IS-95 y que ofrece protocolos de transmisión de paquetes mejorados que proporcionan servicios avanzados de alta velocidad. Opera en los canales de 1.25 MHz tal como la IS-94 y ofrece compatibilidad con éste sistema.

CDMA2000 es supervisado por el **3GPP2 (Proyecto de asociación de tercera generación 2)**. El 3GPP2 es un estándar que se centra en el desarrollo de especificaciones globales para sistemas 3G que usan ANSI/TIA/EIA-41.

La generación 3.5 es una variante del sistema 3G, surge debido al crecimiento en la demanda de nuevos servicios que proporcionen altas tasas de datos, por ello fue necesario emplear técnicas de transmisión mejoradas para WCDMA, el acceso de paquetes a alta velocidad, **HSPA (High-Speed Packet Access)** proporciona altas tasas de datos bajo la plataforma WCDMA, lo que representa para los usuarios tiempos de respuesta más cortos y menos retrasos.

HSPA está formado por: el acceso de paquetes a alta velocidad para el enlace de bajada, **HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access)** y el acceso de paquetes a alta velocidad para el enlace de subida, **HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access)**

HSPA puede aumentar la capacidad de varias formas: compartiendo el canal de transmisión, lo que provoca un empleo eficiente de los códigos disponibles y de los recursos de potencia, o teniendo un intervalo de tiempo más corto, que reduce el tiempo de ida y vuelta.

Un beneficio que HSPA puede proporcionar a WCDMA es que no necesita de portadoras adicionales es decir ambos pueden usar la misma portadora. Además HSPA y WCDMA pueden compartir todos los elementos de red, en la red principal.

### 2.1.4 Sistemas de 4ª Generación.

En 1999 fue establecido un nuevo grupo llamado WP8F con la finalidad de desarrollar nuevas tecnologías de IMT-2000. Pero estos esfuerzos no fueron suficientes ya que con el IMT-2000 no fue posible resolver los problemas relacionados con la capacidad y el aumento en la información, por lo tanto la creación de nuevos sistemas era inevitable. Los sistemas 4G llegaron a remplazar a los sistemas existentes en ese momento y son capaces de proveer soluciones de voz, datos y multimedia seguras ya que estos sistemas se basan totalmente en IP. Las velocidades de acceso son mayores, entre 100 Mbps en movimiento y hasta 1Gb en reposo, mantiene calidad de servicio (**QoS**) de punta a punta (**end-to-end**) de alta seguridad para poder ofrecer servicios de cualquier clase en cualquier momento y lugar con un mínimo de costo. La tecnología 4G ofrece velocidad de transmisión mayor a 20Mps. Facilita el roaming entre redes y diferentes tecnologías.

El organismo encargado de la estandarización y descripción del nuevo sistema fue la 3GPP. Al proceso de transición que ha realizado la 3GPP, en conjunto con empresas proveedoras y operadoras de sistemas móviles, se le denomina **Long Term Evolution (LTE)**. Los requerimientos generales que determinó la 3GPP para el diseño de la red LTE fueron:

- Red simplificada sin división de dominios.
- Red unificadora de tecnologías previas.
- Red eficiente y automatizada.
- Velocidades de datos comparables con la banda ancha fija.
- La reducción de costos por bit en el tráfico.
- Mejor calidad y tipos de servicio.
- Ahorro de energía en los terminales móviles.

Para lograr estos objetivos la 3GPP consideró los avances realizados por el Comité de estándares LAN/MAN. El comité presentó el estándar IEEE 802.16e para accesos móviles de banda ancha inalámbrica. Este estándar empleó una tecnología de acceso OFDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal) que mejoró la velocidad de datos y la eficiencia espectral, la familia de las nombras IEEE 802.16 se le llamó **WiMax Móvil (Interoperabilidad mundial para acceso por microondas)**.

Como ya se mencionó, el sistema LTE es una colección de tecnologías que inserta a las comunicaciones móviles en una red simplificada, de alto rendimiento. Dentro de los avances que entrega LTE, se encuentra el aumento de las velocidades de transmisión de datos en la interfaz aérea, esto gracias a la implementación de nuevos tipos de acceso en el enlace ascendente como en el descendente, junto con la incorporación de la técnica de acceso con múltiples antenas en el receptor y transmisor (MIMO).

La arquitectura simplificada de LTE permite el flujo de datos y voz a través de un mismo sistema de paquetes, basado totalmente en protocolo IP.

Con respecto al espectro, LTE provee flexibilidad o escalabilidad entre bandas de frecuencia. Además es capaz de operar en múltiples bandas, incluyendo las ocupadas por 2G y 3G.

LTE tiene la capacidad de solucionar los problemas de la red de forma autónoma, ya que posee un sistema de auto-optimización y auto-reparación mediante el seguimiento de indicadores en la red junto con la medición de los datos en los terminales. También tiene configuración automática (Plug and play) al momento de incorporar nuevos elementos a la red, logrando una fácil actualización de hardware en el sistema. El comportamiento autónomo de la red permite bajar los costos de mantenimiento y actualización.

Otro de las mejoras que entrega LTE es el ahorro de energía. LTE incorpora una nueva configuración para el control de recursos de energía denominado **RRC (Radio Resource Control)**, el cual permite en estados de inactividad “Idle” del terminal reducir el flujo de información pero manteniendo la movilidad. De esta forma se logra reducir el consumo energético del terminal móvil, estaciones bases y en el núcleo de la red.

LTE también entrega mayores áreas de cobertura en comparación a su sistema predecesor. Una celda LTE ofrece un rendimiento óptimo para un radio de hasta 5km, un rendimiento efectivo para un radio de hasta 30km y rendimiento limitado en torno a 100km. Gracias a este aumento de las capacidades de cobertura la planificación de las redes es mucho más flexible y de menor costo ya que requiere una menor cantidad de estaciones bases para cubrir un área.

#### **2.1.5 Distribución de los sistemas celulares en el mundo.**

Al 1Q del 2012 existen 5.5 billones de suscritos a las redes 3GGP que representan el 90% de penetración mundial (Figura 2.2). La mayor concentración de usuarios se encuentra en Asia Pacífico con el 50% de suscriptores, seguido por África y América Latina con el 10.95% y 10.57% respectivamente (Figura 2.3).

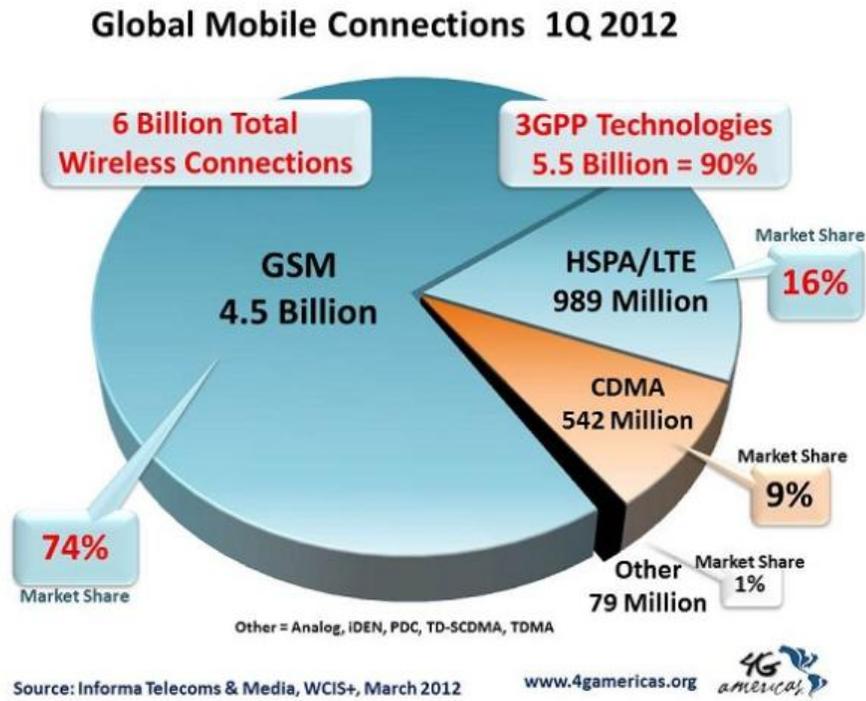


Figura 2.2 Distribución de sistemas celulares en el mundo.

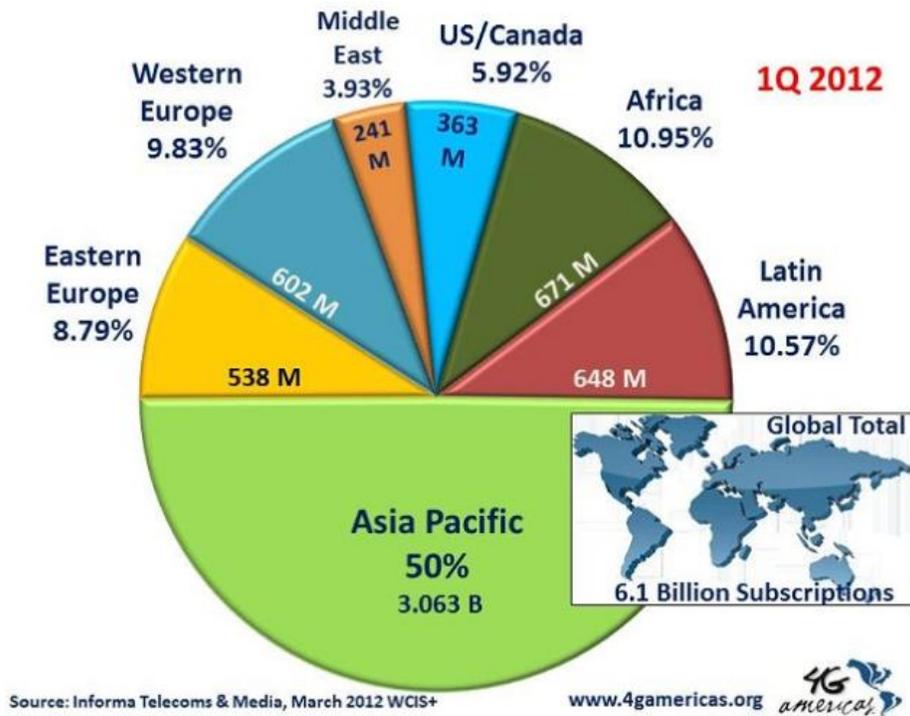
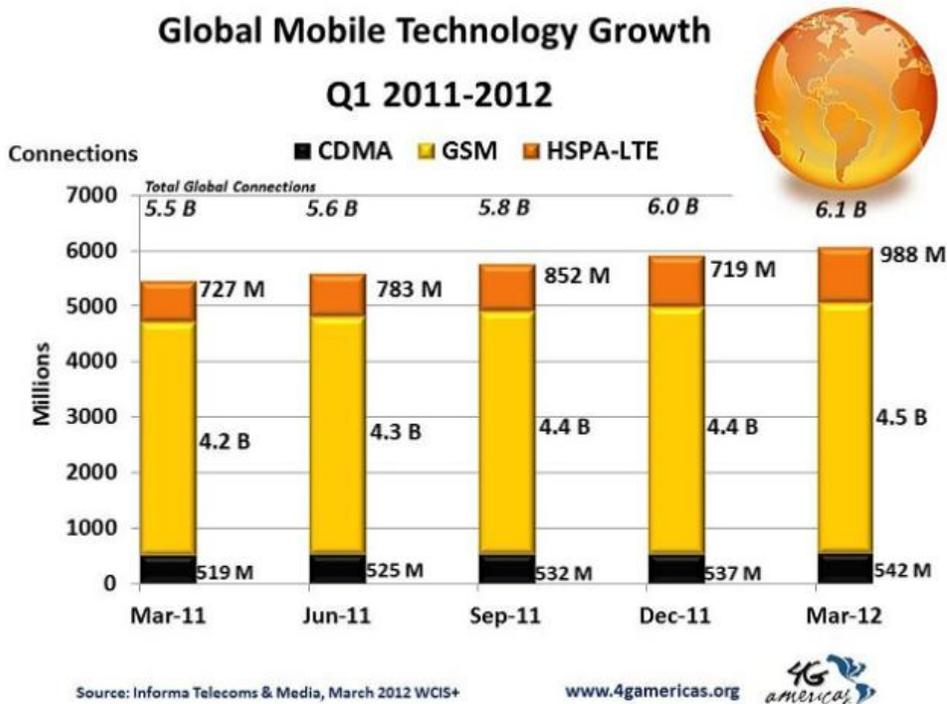


Figura. 2.3 Distribución de usuarios de telefonía móvil en el mundo.

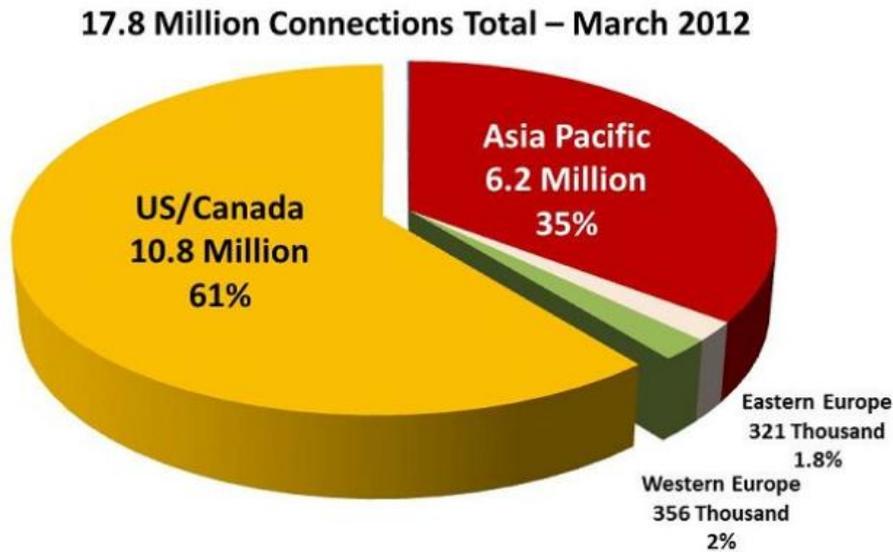
El crecimiento de las tecnologías a nivel mundial se puede ver en la siguiente imagen (Figura. 2.4) en la cual se observa que las tecnologías CDMA y GSM (a pesar de ser el sistema más utilizado) empiezan a estabilizarse y su crecimiento es mínimo en cambio LTE para el 1Q del 2012 está teniendo, 6.1 billones de conexiones.



**Figura 2.4 Distribución de las tecnologías a nivel mundial.**

Los avances en las redes LTE son considerables. Desde fines del 2009 ya existen redes LTE en operación, principalmente en Europa. Además muchos operadores en todo el mundo se encuentran en proceso de pruebas, licitación o planeamiento de las redes. Las actuales redes LTE en servicio, están ofreciendo solamente **transmisión de datos de alta velocidad (BAM)** enfocada para dispositivos que generan mayor tráfico como los computadores portátiles y smartphones (generan 10 veces más tráfico que un celular convencional).

De acuerdo a 4G Américas, existen ya operando 98 redes LTE a nivel mundial donde la mayor cantidad de suscriptores se encuentra en Estados Unidos y Canadá (Figura 2.5).



**Figura. 2.5 Distribución de usuarios en redes LTE a nivel mundial.**

En América Latina se tiene un comportamiento parecido, siendo GSM la tecnología más utilizada, seguida de las tecnologías bajo 3GPP (Figura 2.6)

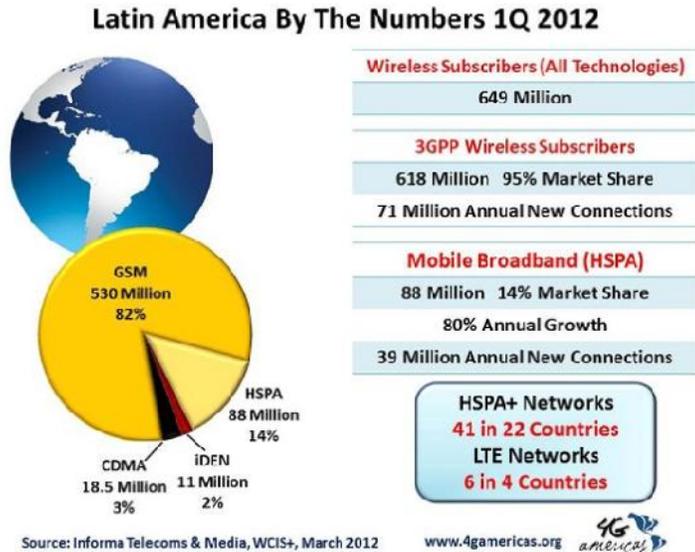


Figura 2.6 Distribución de los sistemas celulares en América latina.

Los lanzamientos de LTE en América y El Caribe realizados en 2011 y previstos para el 2012 se observan en el siguiente mapa (Figura 2.7). Para México se contempla que la operadora de América Móvil, Telcel sea lanzado al mercado en 2012.

## LTE launches in Latin America & Caribbean



Source: Public Announcements, Regulatory Bodies

www.4gamericas.org

## Figura 2.7 LTE en América latina y el Caribe.

### 2.2 Historia del GSM.

#### 2.2.1 GSM.

En el inicio de los años 80 aparecieron en el mundo los primeros sistemas de comunicaciones celulares móviles. El aislamiento de los diferentes sistemas así como las proyecciones de saturación de su capacidad empezaron rápidamente a ser aspectos preocupantes. Por otro lado, los costos relacionados con la investigación y desarrollo de la tecnología móvil eran muy elevados, lo que incitó a los fabricantes y operadores a considerar sistemas globales, de forma a que se pudiesen formar economías de escala.

Uno de los ejemplos más significativos de sistemas celulares digitales es el GSM. Las primeras generaciones de sistemas móviles celulares eran analógicas con una amplia aceptación a escala mundial, surgiendo a mediados de la década de los 90 los sistemas digitales para completarlos o sustituirlos.

En este contexto, en 1982 la **CEPT (Conference des Administrations Europeenes des postes et Telecommunications)** responde a estas cuestiones creando el **Groupe Speciale Mobile (GSM)**, y posteriormente rebautiza las siglas de **Global System for Mobile Telecommunications**, con el propósito de desarrollar especificaciones técnicas para una red europea de telecomunicaciones móviles capaz de soportar los millones de futuros clientes del nuevo servicio. Los principios básicos para la segunda generación de móviles eran la buena calidad de servicio, terminales y servicios baratos, roaming internacional, eficiencia espectral, compatibilidad RDSI, etc.

En 1984 la comisión europea dio su apoyo formal al GSM y, en 1986, dicto una directiva que estableció las fundaciones políticas del GSM. La recomendación delineaba una introducción coordinada del GSM, con el lanzamiento limitado del

servicio en 1991, seguido de la cobertura completa de las principales ciudades en 1993 y la unión de todas las áreas en 1995. La directiva citaba la obligación de reservar los bloques necesarios en la banda de 900 MHz para asegurar la implementación del sistema. El siguiente paso llevaba a que fuese necesario que los potenciales operadores se comprometiesen con el futuro del sistema, lo cual se empezó a conseguir con la firma del **Memorandum of Understanding (MoU)** en 1987, rubricado por 15 signatarios, de un total de 13 países. A partir de ese momento comenzaron a ser probadas las soluciones tecnológicas posibles, culminando con la elección de la tecnología de acceso TDMA (Time Division Multiple Acces) combinada con FDMA (Frecuency Division Multiple Acces).

Pronto se vio que había más problemas de los previstos. Por lo que se acordó que se efectuaría el desarrollo de la especificación en dos fases. Además la implantación en términos geográficos se vislumbró que debía realizarse en fases, empezando por ciudades importantes y aeropuertos y siguiendo con autopistas. Se calculó que se tardarían años en lograr un servicio completo a todo Europa.

No se alcanzó la fecha acordada de 1 de Julio de 1991 para el lanzamiento del sistema comercial GSM. A ello contribuyeron el retraso del desarrollo y acuerdo de pruebas de certificación así como la necesidad de modificar algunas especificaciones de GSM. Ya que la complejidad técnica del desarrollo de terminales portátiles se tardó en resolver más de lo previsto. El servicio comercial del sistema GSM llegó en 1992, si bien el tamaño de las áreas de cobertura y el número de usuarios era bastante dispar.

A finales de 1993 el número de operadores que habían firmado el MoU había aumentado a 45. Treinta redes GSM estaban en servicio con cerca de un millón de abonados en todo el mundo. A finales de 1994 el número de los miembros del MoU había crecido a 102 en 60 países. En 1995 el MoU ya poseía 156 miembros, pertenecientes a 86 países, con 12 millones de clientes. En USA, La **FCC (Federal Communication Commission)** decidió abrir partes de la frecuencia de

los 1900 MHz para usos móviles, con elección del sistema por parte de las operadoras, se desarrolló entonces el PCS1900 una variante del GSM, para aprovechar la oportunidad abierta en el mercado norteamericano. En noviembre de 1995 fue lanzado en USA el primer servicio PCS1900.

A principios del siglo XXI, los sistemas GSM900/1800/1900 son utilizados en 135 países, con 345 millones de usuarios diseminados por 366 redes. El lanzamiento de terminales tribanda (que operan en la frecuencia de 900, 1800 y 1900 MHz) posibilita las capacidades de roaming cada vez mayores, ya que los usuarios pueden usar las tres frecuencias disponibles en los cinco continentes. La aparición de GSM tuvo un impacto todavía mayor en las telecomunicaciones: la apertura de los mercados a operadoras privadas. Los nuevos actores trajeron consigo estrategias de marketing agresivas y una lógica comercial al sector.

El grupo GSM definió una serie de requisitos básicos para el nuevo sistema, entre los que cabe destacar los siguientes:

- Itinerancia internacional dentro de los países de la CE.
- Tecnología digital.
- Gran capacidad de tráfico.
- Utilización eficiente del espectro radioeléctrico.
- Sistema de señalización digital.
- Servicios básicos de voz y datos.
- Amplia variedad de servicios telemáticos.
- Posibilidad de conexión con la ISDN.
- Seguridad y privacidad en la interfaz de radio, con protección de la identidad de usuarios y encriptación de sus transmisiones.
- Utilización de teléfonos portátiles.
- Calidades altas de cobertura, tráfico y señal recibida.

## 2.2.2 Servicios GSM.

No hay duda que el servicio de voz ha sido el gran impulsor del mercado, y en definitiva en los últimos años la voz ha convertido las comunicaciones móviles en un mercado de masas. No obstante las capacidades del GSM son más amplias, en particular, los servicios en una red GSM se dividen en dos grupos principales.

### 1.- Servicios básicos.

- Servicios portadores. La red únicamente presta como servicio la transmisión de datos, sin participar en su estructura interna o finalidad. Los servicios portadores proporcionan la capacidad de transferencia entre terminales conectados a la red GSM son datos para conmutación de circuitos, a 300, 1200, 2400, 4800 y 9600 bit/s.
- Teleservicios. Son aquellos servicios de telecomunicación que proporcionan plena capacidad de comunicación entre usuarios o terminales de acuerdo con protocolos preestablecidos. Son aquellos en que el servicio completo se presta con participación de la red. Teleservicios soportados por la red GSM son telefonía (voz), llamadas de emergencia, servicio de mensajes cortos (SMS), fax automático de grupo.

### 2.- Servicios suplementarios.

- Son servicios adicionales relacionados con la comunicación entre usuarios. Ejemplos de servicios suplementarios son: autenticación de usuarios, identificación de llamada entrante, restricción de llamadas, transferencia de llamadas, llamada en espera, multiconferencia, grupo cerrado de usuarios.

El GSM ha supuesto un cambio total en la concepción, diseño y explotación de los sistemas de telefonía móvil pública celular por lo que, dentro de su ámbito evolutivo, se le reconoce como un sistema de segunda generación.

El grado de desarrollo del GSM ha superado con creces las previsiones que en su día se hicieron, pese a que está compitiendo en muchos países con sistemas analógicos que tienen mayor cobertura superficial. A finales del 2003, el número de abonados era, en todo el mundo, de unos mil millones.

### **2.3 Estructura de una Red de Telefonía Móvil GSM.**

En esta sección se va dar una ojeada a la arquitectura de las redes GSM, esto incluye una breve explicación de los diferentes subsistemas, así como de la descripción de la funcionalidad de cada uno de sus elementos de cada subsistema.

Tales como:

- Arquitectura en General.
- El sistema de estación móvil, (MS, Mobile Station) y sus elementos.
- El subsistema de estación base y sus elementos. (BSS, Base Station Subsystem).
- El subsistema de red y sus elementos (NSS, Network Subsystem).
- Introducción a las interfaces de red.

#### **2.3.1 Identificadores en una red GSM.**

GSM se tienen los siguientes identificadores: IMEI, IMSI, TMSI, MSISDN, MSRN, CI, BSIC. Los cuales se definen a continuación:

##### **IMEI**

Identificador Internacional del equipo móvil (International Mobile Equipment Identifier).

El IMEI es un número de serie internacionalmente único, que se pone en el equipo móvil MS al momento de su manufactura. Este número es registrado por el operador de red y (opcionalmente) guardado en el AuC para propósitos de validación.

## **IMSI**

Identificador del abonado móvil Internacional. (International Mobile Subscriber Identifier).

El IMSI es un número que se crea y guarda en un SIM del MS, cuando el usuario móvil se registra en una red. Un MS solo puede funcionar completamente si este es operado con una SIM válida dentro de un MS con un IMEI válido.

## **TMSI**

Identidad temporal del abonado móvil. (Temporary mobile Subscriber Identity).

El TMSI es usado para proteger la identidad real de un abonado. Es asignado de forma aleatoria y a su vez grabado en el VLR (Visitor Locator Register, registro local del visitante) (no en el HLR), cuando un IMSI se registra en un lugar o en un área de localización (LA), se hace una actualización. Al mismo tiempo que el MS es grabado en su SIM. El TMSI editado solo tiene validez dentro del área específica LA.

## **MSISDN**

Numero ISDN del abonado móvil. (Mobile subscriber ISDN number).

El MSISDN representa el número real o número marcado que se encuentra asociado al abonado. Este es asignado al abonado por el operador de red y es

grabado en la SIM. Esto es posible para que un MS pueda tener múltiples MSISDN, cada uno asociado con un servicio diferente.

## **MSRN**

Número de la Estación móvil en modo viajero (Mobile Station Roaming Number).

El MSRN es un número temporal, con un ISDN que depende de la localidad, emitido por el VLR ligado a todos los MSs dentro del área de responsabilidad. Este número es grabado en el VLR y asociado con el HLR, pero con el MS. El MSRN es usado por la VLR asociada con la MSC para funciones de enrutamiento dentro del área de servicio MSC/VLR.

## **LAI**

Identificador del área de localización, (Location Area Identity).

Cada área de localización dentro del PLMN tiene asociado un único identificador internacional (LAI). El LAI se está transmitiendo de forma regular hacia la BTS sobre el Canal de Control de transmisión. (BCCH, Broadcast Control Channel), así se identifica cada célula con un LA asociado.

## **CI**

Identificador de Célula, (Cell Identifier).

El CI es un identificador asignado a cada célula dentro de una red. Por lo tanto, el CI es solo único dentro de un área específica. Cuando se combina con el identificador único internacional LAI con el LA asociado, se crea el identificador global de célula (GCI, Global Cell Identity), el cual también es único internacionalmente.

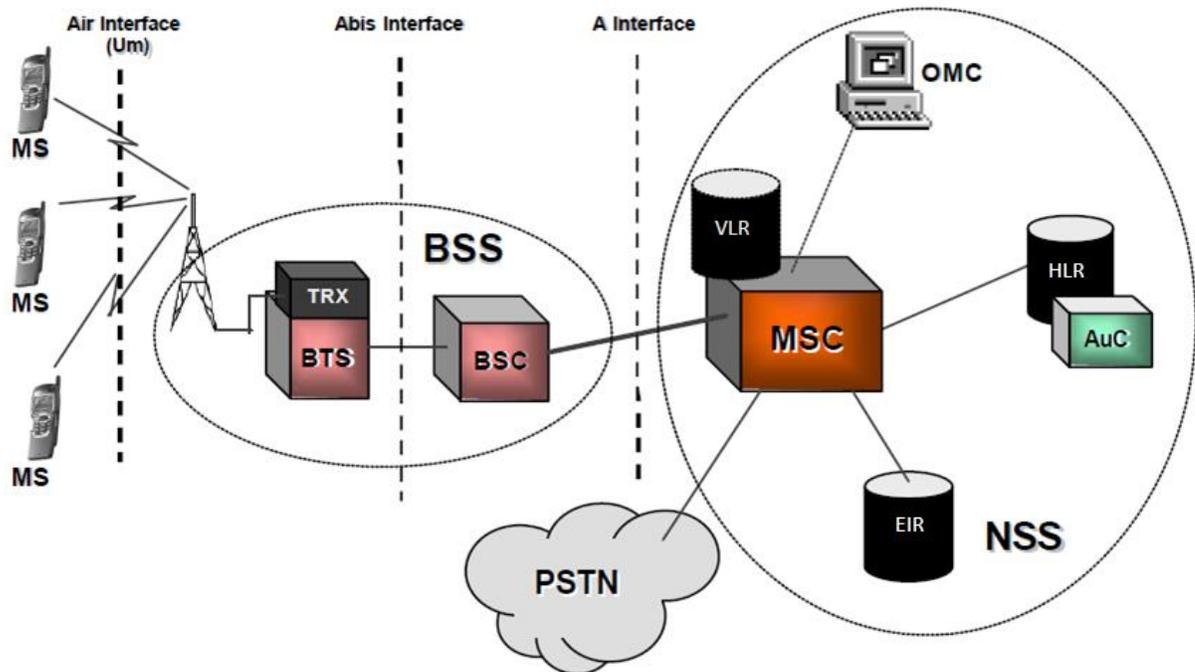
## BSIC

Cada BTS es emitida con una identidad única, el BSIC y es utilizado para distinguir las BTSs vecinas.

### 2.3.2 Una Vista a la Arquitectura en General.

La red GSM está constituida por los tres subsistemas (figura 2.8):

- La estación Móvil (MS).
- El subsistema de estación base (BSS, The base Station Subsystem) – comprendido por una BSC y varias BTS.
- El subsistema de red y conmutación (NSS, Network and Switching Subsystem) – comprendido por una MSC y registros asociados.



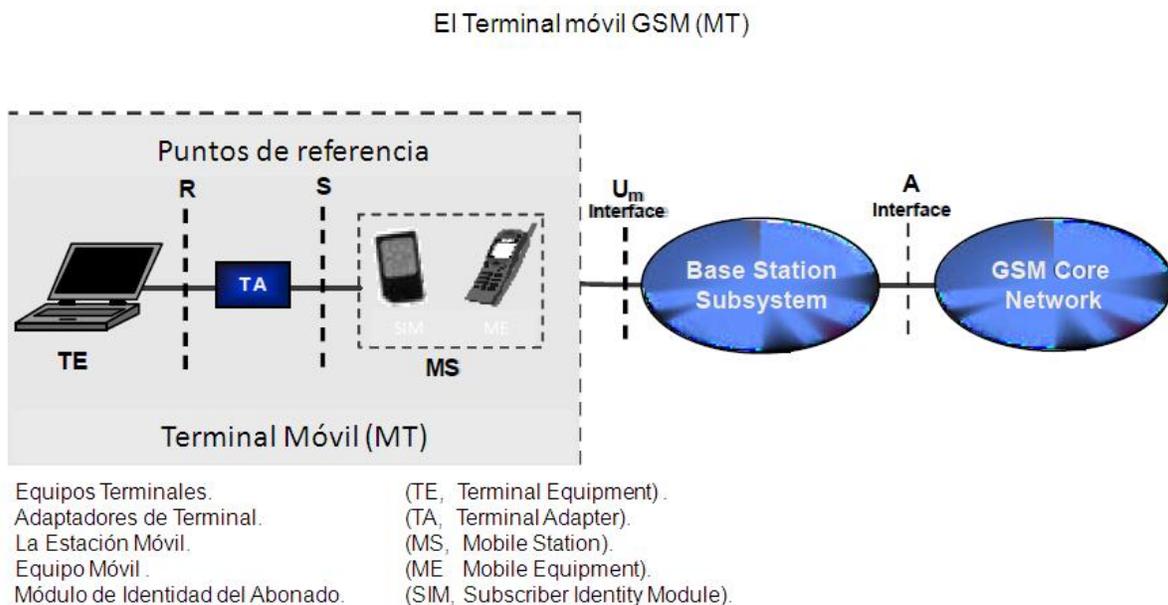
## Figura 2.8 Arquitectura General.

Las interfaces definidas entre cada una de estos subsistemas incluye.

- Interface 'A', es la Interface entre NSS y BSS.
- Interface 'Abis' es la interface entre BSC y la BTS (dentro de la BSS).
- Interface 'Um' interface aire entre la BSS y el MS.

### 2.3.3 La Estación Móvil GSM (MS).

La estación móvil (MS, Mobile Station) consiste del equipo físico utilizado por un abonado PLMN (Public Land Mobile Network, Red Móvil Pública Regional) para conectarse a la red. Este comprende el equipo móvil (ME Mobile Equipment) y el módulo de identidad del abonado (SIM, Subscriber Identity Module). El ME forma parte de la terminación Móvil, (MT, Mobile Termination) el cual, dependiendo de la aplicación y servicio, pueden incluirse varios tipos de Equipos Terminales (TE, Terminal Equipment) y Adaptadores de terminal asociados. (TA, Terminal Adapter). Figura 2.9



**Figura 2.9 El Terminal móvil.**

Las dos partes de la estación móvil permiten distinguir entre el equipo actual y el abonado que lo está utilizando.

El IMSI identifica al abonado dentro de la red GSM mientras que el MSISDN es el número telefónico actual que otro usuario (posiblemente en otra red) utiliza para hablarle a este abonado.

La estación móvil consiste de:

- Equipo Móvil (ME)
- Módulo de Identidad del Abonado. (SIM)
- La SIM guarda temporal y permanentemente datos acerca del móvil, el abonado y la red, incluyendo:
  - La identidad de abonados móviles Internacionales (IMSI)
  - El número MSISDN del abonado.
  - Llave de autenticidad (K), y algoritmos para revisión de autenticidad.
  - El equipo móvil tiene un Identificador de Equipo Móvil Internacional (IMEI), el cual es utilizado por la EIR.

La seguridad se da por el uso de una llave de autenticidad y por la transmisión de un Identificador temporal de abonado (TMSI, Temporary Mobile Subscriber Identity) a través de la interface de radio donde es posible evitarlo utilizando la identidad permanente IMSI.

### 2.3.4 Tipos o Clases de Potencia en las Estaciones Móviles.

Clase de MS	Full Rate	
	Potencia mW	dBm
GSM clase 3	960	39 (8W)
GSM clase 3	600	37 (5W)
GSM clase 4	240	33 (2W)
GSM clase 5	96	29 (0.8W)
DCS clase 1	120	30 (1W)
DCS clase 2	30	24 (.25W)
DCS clase 3	480	36 (4W)

**Tabla 1 Clases de potencia en las estaciones móviles.**

GSM Clase 1 –borrado bajo la especificación GSM Fase 2

Power (mW) = Máxima Potencia Nominal significa Potencia de Salida (miliwatts)

Power (dBm) = Máxima Potencia de Salida en dBm (+watts)

El IMEI puede ser usado para bloquear ciertos tipos de equipos desde el acceso a la red, si estos son inadecuados y también para revisar si son equipos robados.

El número de terminales GSM está definido dentro de la especificación GSM. Se distinguen primeramente por su potencia de salida.

Las terminales móviles están solo especificadas en las Clases 3 y 4, y las Clases DCS 1 y 2. Las otras clases están destinadas para terminales estáticas o instalaciones que no estén montadas en vehículos.

### 2.3.5 El Subsistema de Estación Base (BSS).

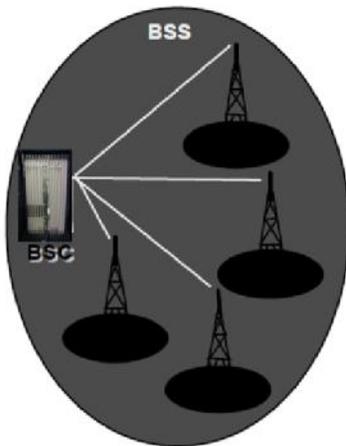
El subsistema de estación base (BSS) es el sistema equipos de la estación base (Transceivers, controladores, etc.) los cuales está viendo la MSC a través de una sola Interface A, como la entidad responsable para las comunicaciones con las

estaciones móviles en una cierta área. El equipo de radio de una BSS puede soportar una o más células.

Una BSS puede consistir de una o más estaciones base, donde una interface A-bis este implementada. La BSS consiste de una controlador de estación base (BSC) y una o más estaciones base transceivers (BTS).

La BSS consta de:

- Controlador de estación base (BSS)
- Una o más estaciones transceiver base (BTSs)
- El propósito de la BTS es:
- Proveer el radio acceso a las estaciones móviles.
- Gestionar los aspectos de radio acceso del sistema.



**Figura 2.10 La BSS**

La BTS contiene:

- Transmisor receptor de radio (TRX)
- Equipo de procesamiento de señales y control
- Guías de onda y Antenas.

La BSC:

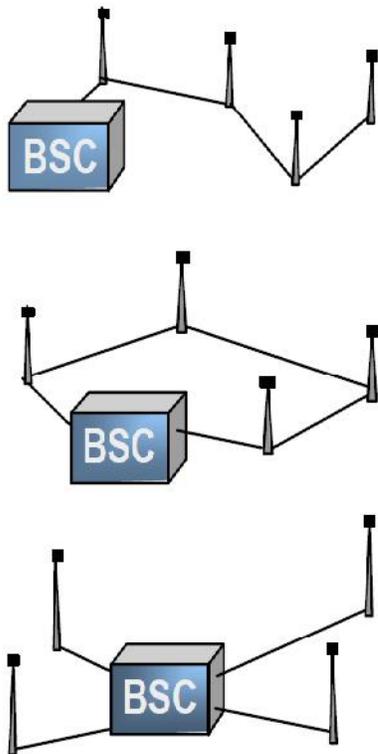
- Asigna un canal para la duración de la llamada.
- Mantiene la llamada.
- Monitorea la calidad.
- Controla la potencia de transmisión de la BTS o MS.
- Genera el traspaso (Handover) a otra célula cuando es necesario.
- La ubicación de las BTS es crucial para una buena cobertura de los radios.

El controlador de la estación base (BSC) es un componente de la red celular en la red pública (PLMN) con funciones de control de una o más BTS. Una estación transceiver base (BTS) es un componente de red el cual sirve a una célula.

### **2.3.6 La topología de red de la GSM.**

Como se ve en la figura 2.11 las topologías de red se enumeran como:

- Cadena: Barato, fácil de implementar.  
Un enlace falla, aísla a diversas BTS.
- Anillo: Redundancia, da más protección si un enlace falla.  
Más dificultad para incluir nuevos nodos y extenderse. El anillo debe cerrarse.
- Estrella: Es la configuración más popular para los primeros sistemas GSM.  
Caro porque cada BTS tiene su propio enlace.  
Un enlace falla, el resultado es una BTS fuera de servicio.



**Figura 2.11 Topologías de la Red GSM.**

Las estaciones base son enlazadas a su BSC padre en una o varias topologías. Actualmente el enlace físico que se usa son microondas, fibra óptica o cable. El diseño y planeación de estos enlaces pueden ser hechos por medio de alguna herramienta de software.

### **2.3.7 El Subsistema de Conmutación de la Red (NSS, Network Switching Subsystem).**

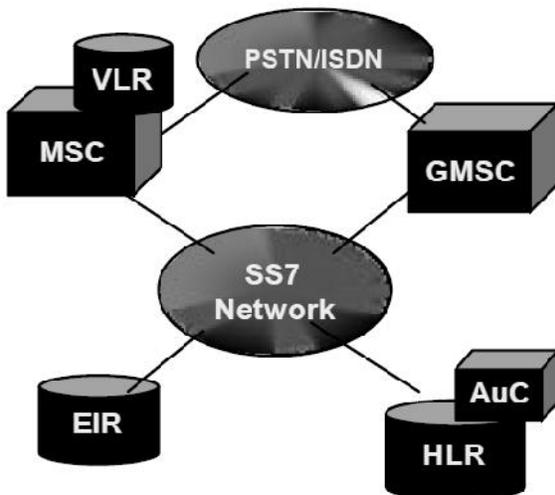
Los elementos clave de este subsistema son:

Centro Móvil de Conmutación (MSC) el cual tiene (figura 2.12):

Registro de localización de usuarios visitantes. (VLR, Visitor Location Register).

Registro de localización de usuarios locales. (HLR, Home Location Register)

Centro de autenticación (AuC)



**Figura 2.12 Registro de Identificación de Equipo, (EIR, Equipment Identity Register) y Puerta de acceso MSC (GMSC, Gateway MSC).**

El NSS combina el enrutamiento de llamada (MSCs y GMSC) con la base de datos de los registros requeridos para mantener en curso los movimientos de los usuarios y el uso del sistema. El ruteo de la llamada entre MSCs se hace medio la red telefónica pública conmutada PSTN o redes ISDN. El protocolo o sistema de señalización entre centrales que se utiliza es el sistema de señalización Número 7.

### **2.3.8 El Sistema Móvil de Conmutación (MSC, Mobile Switching Centre).**

Los sistemas de conmutación para servicios móviles son centrales telefónicas donde se hacen todas las funciones de conmutación y señalización para estaciones móviles localizadas en un área geográfica designada como la MSC del área.

La diferencia principal entre una MSC y la central telefónica en una red fija es que la MSC tiene que tomar en su conteo el impacto de la asignación de los recursos de radio y la naturaleza móvil de los abonados, y el desempeño en suma, al menos de los siguientes procedimientos:

- Procedimientos requeridos para ubicaciones locales.
- Procedimientos requeridos para traspaso o handover.

### 2.3.9 El Centro Móvil de Conmutación (MSC, Mobile Switching Centre).

Las funciones del MSC son:

- Conmutación de llamadas, control de llamadas y petición de llamadas.
- Interface con la PSTN, ISDN, PSPDN
- Gestión de la movilidad sobre la red de radio y otras redes.
- Gestión de los recursos de radio, traspasos entre BSC.
- Información de cobranza.

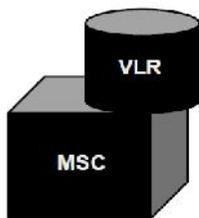


Figura 2.13 MSC Centro Móvil de Conmutación

### 2.3.10 El Registro de Ubicación de los Visitantes (VLR, Visitor Location Register).

Un registro de ubicación de visitantes es un servidor de base de datos de usuarios temporales dentro de un área MSC. Cada MSC en la red tiene un VLR asociado pero una VLR puede servir a muchas MSCs (figura 2.13). Una estación móvil viajera en un área MSC es controlada por la VLR asociada a esta MSC.

Cuando una estación móvil (MS) ingresa a una nueva ubicación en un área, ésta empieza un procedimiento de registro. La MSC a cargo del área, se da cuenta de este registro y transfiere la identidad del área ubicada donde la MS esta situada

hacia el VLR. Si esta MS no ha sido todavía registrada el VLR y el HLR intercambian información para permitir el manejo adecuado de las llamadas involucradas en la MS.

Cada MSC tiene un VLR. El VLR almacena datos temporalmente de los móviles servidos por la MSC.

La información almacenada incluye:

- IMSI
- MSISDN
- MSRN
- TMSI
- LAI
- Parámetros de servicios suplementarios.

El VLR contiene también la información necesaria para manejar el establecimiento o recepción de llamadas hechas por el MS registradas dentro de su base de datos. Se incluyen los siguientes elementos.

Identificador Internacional del abonado móvil. (International Mobile Subscriber Identifier) IMSI

Número ISDN del abonado móvil. (Mobile Subscriber ISDN Number) MSISDN

Número de la Estación móvil en modo viajero (Mobile Station Roaming Number) MSRN

Identidad temporal del abonado móvil. (Temporary mobile Subscriber Identity) TMSI

El Identificador Local de la Estación Móvil (Local Mobile Station Identity) LMSI

El área de ubicación donde la estación móvil ha sido registrada. Este elemento de datos puede ser utilizado para llamar a la estación móvil.

### 2.3.11 El Registro de Ubicación Local (HLR Home Location Register).

El HLR es una base de datos a cargo del manejo de los abonados móviles. Una red PLMN puede contener uno o varios HLR físicos, dependiendo del número de abonados móviles. La capacidad del equipo y la organización de la red. Sin embargo, incluso si el HLR comprende hardware separado geográficamente, este forma una sola base de datos virtual.

Los dos tipos de información almacenada son:

- La información del suscriptor;
- La información de la ubicación para habilitar los cargos y enrutamiento de llamadas hacia la MSC donde el MS está localizado. (p.ej. El Número en modo viajero en la MS, MS Roaming Number, el VLR direcciona, la MSC direcciona, la identidad local de la MS).

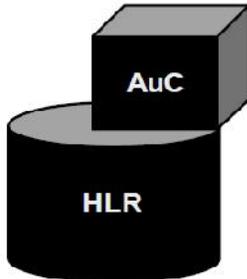
Los dos tipos de números que son agregados a cada abonado móvil y que son grabados en el HLR son:

- IMSI
- MSISDN

El HLR almacena detalles de todos los abonados móviles en la red, tales como:

- Información del abonado
- Información de la ubicación: numero de estación móvil viajero, VLR, MSC
- Identificador Internacional del abonado móvil. (International Mobile Subscriber Identifier) IMSI
- Número MS ISDN
- Tele servicios y servicios suscripción de información al portador.
- Servicios restringidos

- Servicios suplementarios
- Junto con el AuC, el HLR revisa la validación y perfil de servicio de los abonados.



**Figura 2.14 HLR registro de ubicación local.**

### **2.3.12 El HLR Funciones.**

Un HLR en una red se puede dividir de forma regional. Almacena detalles de varios miles de abonados en una sola computadora – sin capacidades de conmutación. Puede ser ubicado donde sea sobre la red de SS7. Se combina con el AuC.

La base de datos también contiene información tal como:

- Tele servicios y servicios suscripción de información al portador.
- Servicios restringidos (por ejemplo: límite de servicio viajero o roaming)
- Servicios suplementarios; el HLR contiene los parámetros agregados a estos servicios.

No es necesario grabar todos los parámetros de servicios suplementarios en el HLR. Sin embargo, se considera más seguro para guardar todos los parámetros de los abonados en el HLR incluso cuando algo está guardado en la tarjeta del abonado.

Nótese que el VLR registra la ubicación actual del abonado, mientras que el HLR registra la MSC/VLR donde está actualmente ubicado. Esta información es utilizada para informar por mensaje al abonado cuando tiene una llamada entrante.

### **2.3.13 El Centro de Autenticación (AuC, Authentication Centre).**

El centro de autenticación (AuC) está asociado con la HLR, y almacena una llave de identificación para cada abonado móvil registrado en el HLR asociado.

Esta llave es utilizada para generar:

- Datos los cuales son utilizados para autenticar el IMSI;
- Una llave utilizada para cifrar comunicaciones en la trayectoria del radio entre la estación móvil y la red.

### **2.3.14 La Puerta de Acceso para el Centro de Conmutación Móvil (GMSC, Gateway Mobile Switching Centre).**

La Puerta de Acceso para el Centro de Conmutación Móvil (GMSC) es un dispositivo el cual enruta el tráfico entrante a la red móvil a un destino correcto.



**Figura 2.15 GMSC Puerta de acceso para el centro de conmutación**

El GMSC accede al HLR de la red para encontrar la ubicación de un abonado que requiere.

Un particular MSC puede ser asignado para actuar como un GMSC

El operador puede decidir asignar más de una GMSC.

El GMSC enruta llamadas salientes de la red y es el punto de acceso para las llamadas entrantes a la red de afuera.

Si una red, al entregar una llamada a la red pública PLMN, no puede interrogar el HLR de forma directa, la llamada es enrutada a una MSC. Esta MSC interroga al HLR apropiado y entonces enruta la llamada a la MSC a la cual la estación móvil está registrada. La MSC la cual realizo la función de enrutamiento a la ubicación actual de la MS es llamada Gateway MSC (GMSC).

La elección por cuales MSCs pueden actuar como una puerta de enlace o Gateway es definida por el operador. (Por ejemplo, si todas las MSCs o algunas son designadas).

### **2.3.15 El Registro de Identidad de Equipo (EIR, Equipment Identity Register).**

El EIR es una base de datos que almacena un identificador del equipo móvil internacionalmente único (IMEI), por cada artículo del equipo móvil. Figura 2.16.



**Figura 2.16 EIR Registro de Identidad de Equipo**

El EIR controla el acceso a la red, por medio de un retorno del estado del móvil en respuesta de una petición IMEI.

Los posibles niveles de estado son:

- Lista Blanca: la terminal está permitida para conectar a la red.
- Lista Gris: La terminal esta bajo observación por la red, por posibles problemas
- Lista Negra: La terminal ha sido ya sea reportada como robada o bien no es un tipo de terminal aprobada por la red GSM. A la terminal no se le permite conectarse a la red.

El EIR contiene uno o varias bases de datos las cuales almacenan un IMEI o varios utilizados en el sistema GSM.

El equipo móvil puede ser clasificado que está en la “lista blanca”, “lista gris”, “lista negra” y por lo tanto se puede guardar en tres listas separadas. Un IMEI también puede ser desconocido al EIR.

Hay una implementación opcional que puede ser utilizada por el operador para controlar el acceso a la red por ciertos tipos de equipos o para monitorear los equipos robados.

### 2.3.16 Interfaces GSM.

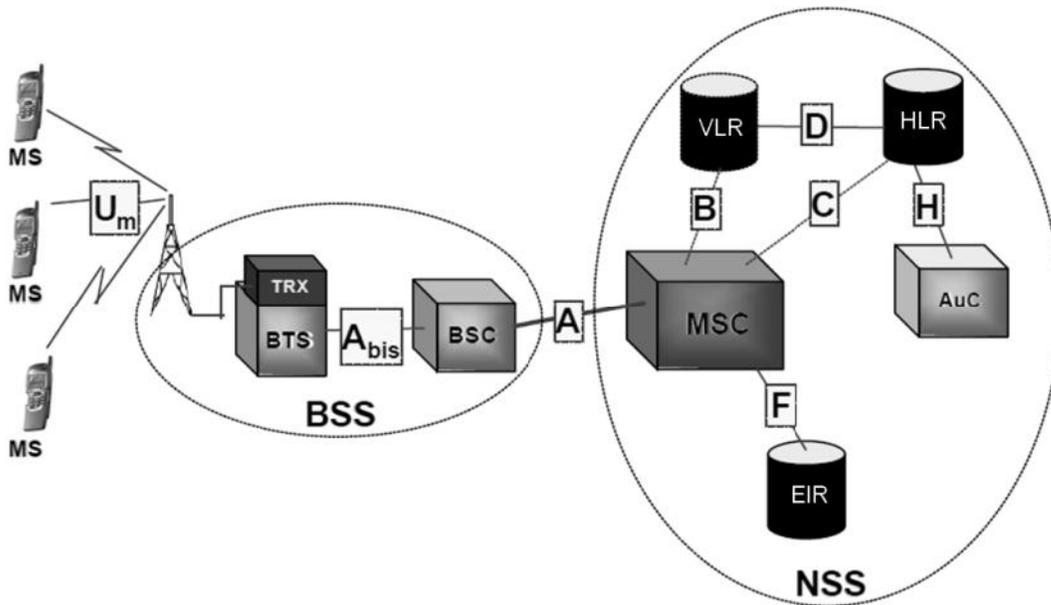


Figura 2.17 Interfaces en GSM.

#### La Interface A (MSC-BSS)

La interface BSS-MSC es utilizada para transportar información concerniente a:

- Administración de la BSS
- Manejo de llamadas
- Administración de la movilidad

#### La Interface Abis (BSC-BTS)

Cuando una BSS consiste de un Controlador de Estación Base (BSC) y una o más Estaciones de Transceivers Base (BTS), esta interface es utilizada entre el BSC y la BTS para soportar los servicios ofrecidos a los usuarios y abonados de GSM.

## **La Interface B (MSC-VLR)**

El VLR es la ubicación y administración de la base de datos para los abonados viajeros móviles en el área controlada por una MSC asociada, cuando el MSC necesita datos relacionados con una estación móvil dada actualmente localizada en esta área, este interroga el VLR. Cuando una estación móvil inicia un procedimiento de actualización de ubicación con una MSC, la MSC informa a sus VLR, los cuales guardan la información relevante.

Este procedimiento ocurre cuando una MS viaja a otra área registrada. También, cuando un abonado activa un servicio suplementario o modifica algunos datos agregados a un servicio, la MSC informa (vía el VLR) el HLR almacena estas modificaciones y actualiza el VLR si es requerido.

## **La Interface C (MSC-HLR)**

La puerta de enlace o Gateway MSC debe interrogar al HLR acerca abonados requeridos para obtener información de enrutamiento para una llamada o un mensaje corto dirigido a un abonado.

## **La Interface D (HLR-VLR)**

Esta interface es utilizada para intercambiar los datos relacionados con la ubicación de la estación móvil y para administrar a los abonados. El principal servicio proporcionado a el abonado móvil es el de tener la capacidad de recibir llamadas dentro de toda el área de servicio. Para soportar esto, el registro de ubicación tiene un intercambio de datos.

### **La Interface E (MSC-MSC)**

Cuando una estación móvil se mueve de una MSC de un área a otra durante una llamada, un procedimiento de traspaso o handover se tiene que realizar para continuar con la comunicación. Para tal propósito la MSC tiene que intercambiar datos para iniciar y entonces realizar la operación.

### **La Interface F (MSC-EIR)**

Esta interface es usada entre la MSC y el EIR para intercambiar datos, para que el EIR pueda verificar el estado del IMEI recuperado de la estación móvil.

### **La Interface G (VLR-VLR)**

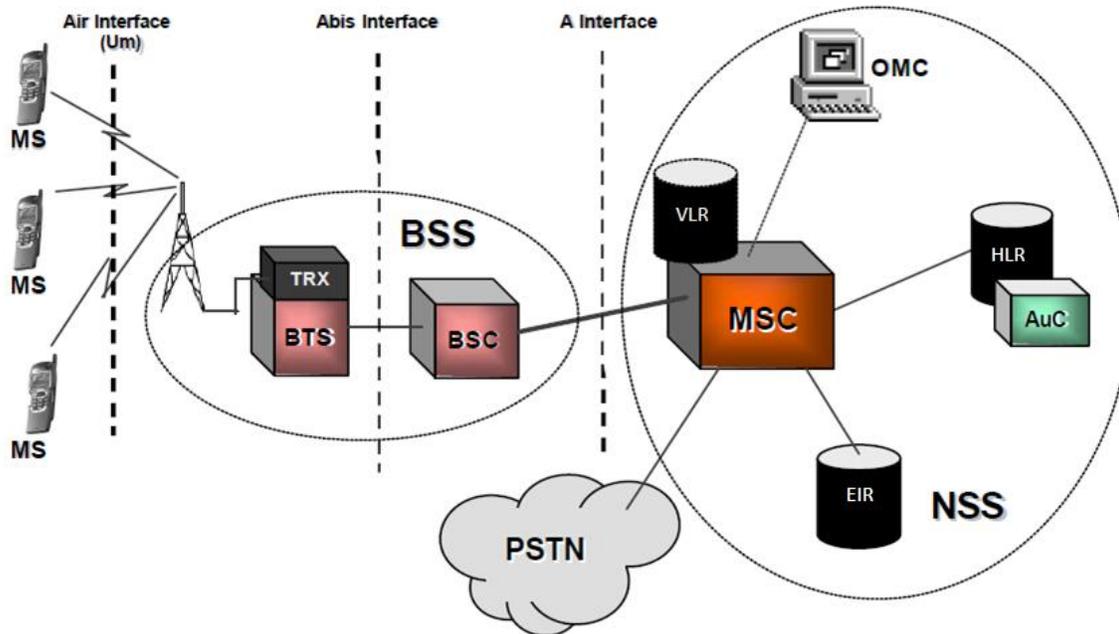
Cuando un abonado móvil se mueve de un área VLR a otra el procedimiento del Registro de ubicación va a pasar. Este procedimiento puede incluir la recuperación del IMSI y parámetros de autenticación desde el viejo VLR.

### **La interface H (HLR-AuC)**

Cuando un HLR recibe una petición de autenticación y datos cifrados para un abonado móvil y este no mantiene los datos requeridos, el HLR requisita los datos desde el AuC. El protocolo utilizado para transferir los datos sobre esta interface no está estandarizado.

### **La Interface Um (MS-BTS)**

Es la interface entre el MS y la BSS.



**Figura 2.18 Arquitectura GSM.**

Esta sección ha cubierto, una revisión general de la arquitectura del GSM (figura 2.18),

- La estación móvil
- El subsistema BSS,
- El subsistema de red
- Revisión de los Interfaces de red GSM
- Subsistema de Estación Base BTS.
- El Sistema de Conmutación de Red.

## 2.4 Sistemas de comunicaciones.

Entre los sistemas electrónicos de comunicaciones, el telefónico es el más grande y más complejo del mundo. Utiliza casi todo tipo de técnicas de comunicaciones electrónicas disponibles.

No obstante que el propósito principal del sistema telefónico es proporcionar comunicaciones orales entre individuos, también tienen amplio uso para muchos otros propósitos. Éstos incluyen la transmisión por facsímil y la transmisión de datos de computadora, así como la transmisión inalámbrica que emplean los sistemas telefónicos celular y de localización de personas.

#### **2.4.1 Sistema Global para comunicaciones móviles.**

A principios de la década de 1980, los sistemas telefónicos celulares analógicos tuvieron un periodo de rápido crecimiento en Europa Occidental. A continuación, cada país desarrollo su propio sistema celular, incompatible con los de los demás, tanto en equipo como en el sistema de operación. La mayoría de los sistemas existentes funcionaba en distintas frecuencias, y todos eran analógicos. En 1982, La **CEPT (Conferencia de Correos y Telégrafos Europeos)** formó un grupo de estudio, llamado Groupe Special Mobile (GSM) para estudiar y desarrollar un sistema telefónico móvil terrestre y público, paneuropeo. En 1989 fue transferida la responsabilidad de la GSM al **ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación)** y en 1990 se publicó la fase I de las especificaciones GSM. Éste tuvo la ventaja de haberse diseñado desde cero, sin importar si era compatible con los sistemas telefónicos celulares analógicos existentes.

El servicio comercial GSM comenzó en 1991, hoy ya funcionan redes GSM en más de 80 países en todo el mundo.

El GSM es un sistema telefónico celular de segunda generación, desarrollado al principio para resolver los problemas de fragmentación inherentes a los sistemas de primera generación en Europa.

### 2.4.2 Red Digital de Servicios Integrados.

La red digital de servicios integrados (**ISDN, Integrated Services Digital Network**) es una interface de comunicaciones digitales diseñada para remplazar el lazo local analógico, ahora en uso de la red pública conmutada. Está diseñada para manejar teléfonos de voz digitales, así como equipos de fax, computadoras, video y otras fuentes de datos digitales. Permitirá a las computadoras acceder a los servicios en línea de manera directa y sin módem. Así mismo, permitirá interconectar con facilidad LAN remotas sin necesidad de módem o de otro tipo de interface costosa. La ISDN es un servicio de compañía telefónica que cualquier persona puede ordenar y emplear igual que los servicios telefónicos estándar.

La ISDN es un estándar internacional y se espera una aceptación tan amplia como los estándares telefónicos mundiales actuales, lo cual permitirá la interoperabilidad completa a través de las fronteras internacionales. La ISDN se introdujo en los años 80.

Se esperaba que la aplicación inicial para ISDN fuera en comunicaciones de voz digital; sin embargo, el uso de la ISDN para transmisión de datos de computadora se ha convertido en la aplicación principal. Tiene un amplio uso en interconexiones LAN remotas y para remplazar módems para transmisión de datos de alta velocidad a través de largas distancias. En el futuro, cabe esperar que el ISDN sea útil para transmitir video digital comprimido, lo cual permita servicios como video y videoteléfonos, y videoconferencia a precio reducido.

### 2.4.3 Sistema Satelital de Comunicaciones Personales.

Los sistemas satelitales móviles (**MSS, de Mobile Satellite Systems**) son el vehículo de una nueva generación de servicios telefónicos inalámbricos llamados sistemas satelitales de comunicaciones personales (**PCSS, de Personal Communications Satellite Systems**). La cobertura universal de telefonía

inalámbrica es un servicio MSS en desarrollo, que promete proporcionar a los suscriptores móviles las funciones tradicionales y aumentadas, y al mismo tiempo tener una cobertura global.

En esencia, los satélites MSS son radio repetidoras en el cielo, y su utilidad en comunicaciones móviles depende de varios factores, como la altura, características orbitales, potencia de transmisión, sensibilidad del receptor, técnica de modulación, patrón de radiación de antena (es decir, las huellas) y varios otros factores del satélite. Los sistemas satelitales de comunicaciones, en forma tradicional, han proporcionado servicios de voz, datos, video, facsímil y red, tanto en banda angosta como de banda ancha, y usan transmisores de estación terrestre de alta potencia y muy costosos, que se comunican a través de satélites síncronos de gran altitud (GEO). Sin embargo, los servicios satelitales de comunicaciones personales usan satélites de órbita baja (LEO) y de órbita intermedia (MEO) que se comunican en forma directa con unidades telefónicas móviles de baja potencia. La intención del teléfono móvil PCSS es proporcionar las mismas funciones y servicios que se ofrecen en los teléfonos celulares terrestres tradicionales. Sin embargo, los teléfonos PCSS podrán hacer o recibir llamadas en cualquier momento y en cualquier parte del mundo.

#### **2.4.4 Mercado Proyectado del PCSS.**

Las encuestas industriales indican que para que tenga éxito un sistema PCSS debe proporcionar cobertura tanto regional como global, ya que la mayoría de sus suscriptores sólo desea usar un sistema al viajar por países o regiones con sistemas operativos no compatibles. Además, los suscriptores de teléfonos PCSS desean un servicio de 24 horas por día, casi en cualquier lugar, incluyendo áreas metropolitanas de gran densidad, áreas rurales aisladas, subterráneas, vías acuáticas, carreteras, aeropuertos, regiones despobladas, remotas o vírgenes, de combate, y donde haya servicios limitados o no haya servicios de una compañía telefónica pública. También, los suscriptores desean aparatos telefónicos

manuales y portátiles, con funciones tales como ubicuidad universal, servicios integrados de mensajes, de voz, de datos, de facsímil, de navegación, de telemetría y de transferencia universal. ¡En esencia quieren todo!

#### **2.4.5 Requisitos de la Industria del PCSS.**

Los sistemas telefónicos móviles PCSS requieren interfaces y conjuntos de propiedades transparentes, con la multitud de redes terrestres que hoy proporcionan los servicios telefónicos de cable y móviles. Además, las interfaces deben ser capaces de funcionar con las restricciones de red ANSI Y CCITT, y poder proporcionar capacidad de interpretación con los sistemas telefónicos celulares AMPS, E-TACS, USDC, GSM y PCS. También, el sistema PCSS debe ser capaz de funcionar de modo dual, con protocolos de acceso en aire como FDMA, TDMA o CDMA. Además debe proporcionar conjuntos exclusivos de propiedades y características MSS, como transferencias entre o intra satelitales, transferencias de cable a satélite y registro dual de base terrestre a PCSS.

#### **2.4.6 Ventajas y Desventajas del PCSS.**

La ventaja principal y posiblemente la más obvia del teléfono móvil PCSS es que proporciona cobertura de teléfono móvil y un conjunto de otros servicios integrados, virtualmente en todo el mundo, a una base de clientes verdaderamente global. El PCSS puede llenar los vacíos entre los sistemas telefónicos celulares terrestres y PCS, y proporcionar una cobertura de área amplia, en base regional o global.

El PCSS se adapta en forma ideal para aplicaciones telefónicas celulares fijas, porque puede proporcionar un complemento completo de servicios telefónicos a lugares donde dónde nunca podrá haber cables, por restricciones económicas, técnicas o físicas. También puede proporcionar servicios telefónicos complementarios y de respaldo a grandes empresas y organizaciones con muchas

operaciones en distintos lugares, como de ventas al menudeo, manufactura, finanzas, transportes, oficiales, militares y de seguros.

La mayor parte de las desventajas del PCSS se relacionan en forma estrecha con la economía, y la principal desventaja es el alto riesgo asociado con los altos costos de diseñar, construir y lanzar satélites. También hay un alto costo de la red terrestre y la infraestructura de interfaces necesaria para mantener, coordinar y administrar la red, una vez que esté en funcionamiento. Además, los intrincados transceptores de baja potencia y modo dual son más complicados y costosos que la mayor parte de las unidades telefónicas que se usan en los sistemas celulares terrestres convencionales.

#### **2.4.7 Proveedores PCSS.**

Los principales actores del mercado PCSS son American Mobile Satellite Corporation (AMSC), Celsat, Comsat, Constellation Communications (Aries), Ellipsat (Ellipso), INMARSAT, LEOSAT, Loral/Qualcomm (Globalstar), TMI Communications, TWR (Odyssey) e Iridium LLC.

#### **2.4.8 Sistemas de Satellites Iridium.**

Iridium LLC es un consorcio internacional propiedad de varias empresas y agencias prominentes, y gobiernos, entre los que se encuentra las siguientes: Motorola, General Electric, Lockheed, Raytheon, McDonnell Douglas, Scientific Atlanta, Sony, Kyocera, Mitsubishi, DDI, Kruchinew Enterprises, Mawarid Group, de Saudi Arabia, STET de Italia, Nippon Iridium Corporation de Japón, el gobierno de Brasil, Muidiri Investmens BVI, LTD de Venezuela, Grat Wall Industry de China, United Communications de Tailandia, el Departamento de Defensa de Estados Unidos, Sprint y BCE Siemens.

El proyecto Iridium es, sin lugar a dudas, la mayor aventura comercial emprendida en la historia del mundo. Es el sistema con la mayor cantidad de satélites, con los precios máximos, el mayor equipo de relaciones públicas y el de diseño más peculiar. El sistema de telefonía móvil Iridium, de \$5 mil millones de dólares es (o al menos pretende ser) sin lugar a dudas el Cadillac de los sistemas de telefonía móvil.

Iridium es una red satelital inalámbrica de comunicaciones personales, diseñada para permitir una amplia variedad de servicios telefónicos, incluyendo voz, datos, conexión en red, facsímil y voceo. El sistema de Iridium, como el elemento de la tabla periódica con número atómico 77, porque el diseño original de Iridium necesitaba 77 satélites. Sin embargo, en el diseño definitivo sólo se necesitan 66 satélites. La constelación de 66 satélites entrelazados en órbita terrestre baja (LEO) puede rastrear la ubicación de un teléfono manual de suscriptor, determinar el trayecto óptimo para la llamada telefónica, iniciar todas las conexiones necesarias y terminar la llamada. También proporciona el rastreo de los ingresos aplicables.

En Iridium, son posibles comunicaciones globales en dos sentidos, aun cuando quien llame no conozca la ubicación del suscriptor destinatario. En esencia, el sistema Iridium pretende proporcionar el mejor servicio telefónico del mundo, permitiendo la telecomunicación en cualquier lugar y en cualquier momento. La FCC otorgó licencia completa al programa Iridium en enero de 1995, para construirlo y operarlo en Estados Unidos.

En Iridium se usa una arquitectura de telefonía con base GSM, para proporcionar una red telefónica conmutada digitalmente, y tono global de marcar en llamadas y recepciones en o desde cualquier parte del mundo. Esta propiedad de transferencia global está diseñada en el sistema. A cada suscriptor se le asigna un número telefónico personal, y sólo recibirá una factura, independientemente de en qué país usó el teléfono.

El proyecto Iridium tiene una instalación de control de red de satélites en Landsdowne, Virginia, con una instalación de respaldo en Italia. Un tercer complejo de control técnico está en la instalación SATCOM de Motorola, en Chandler, Arizona.

#### **2.4.8.1 Iridium en la Actualidad.**

Las soluciones para la comunicación móvil de voz y de datos que ofrece la empresa están respaldadas por la única red de comunicación satelital verdaderamente global, con cobertura en todo el mundo, incluso en océanos, rutas aéreas y regiones polares.

Iridium ofrece servicios de comunicaciones clave, confiables y de tiempo real, y crea vías de comunicaciones fundamentales que ayudan a mejorar la calidad de vida, a generar negocios y a desarrollar nuevas oportunidades.

La constelación de Iridium (la constelación de satélites comerciales más grande del mundo) consta de 66 satélites de órbita baja (LEO, por su sigla en inglés), de enlace cruzado, que operan como una red totalmente mallada y que están respaldados por varias unidades en órbita. La arquitectura de la constelación Iridium garantiza gran confiabilidad y poca latencia.

Iridium siempre está buscando nuevas maneras de trascender lo posible, incluso la constelación de última generación, Iridium NEXT, que aportará a los clientes servicios y capacidades totalmente nuevas y mejoradas, y que está prevista para lanzarse en 2015.

Las soluciones Iridium son ideales para las industrias marítima y aérea; los servicios del gobierno, militares, de emergencia y humanitarios; las industrias minera, forestal y de petróleo y gas; el equipamiento pesado, el transporte y las

empresas de servicios públicos. Iridium presta servicios al personal del Ministerio de Defensa de los Estados Unidos (**DoD**, por su sigla en inglés), así como a otros organismos civiles y gubernamentales en todo el mundo. Vende sus productos, soluciones y servicios mediante una red de proveedores de servicios y de comerciantes de valor agregado.

Dirige varios centros de operaciones, entre ellos, el de Tempe (Arizona) y el de Leesburg (Virginia), Estados Unidos. El Ministerio de Defensa de los Estados Unidos, mediante su plataforma dedicada, confía en Iridium como proveedor de sistemas de comunicación global.

Los servicios de voz que presta la empresa se ofrecen a través de diferentes equipos y sistemas de comunicación instalados a bordo de embarcaciones, aviones y vehículos terrestres. El transceptor para transferencia de datos en modo ráfaga (**SBD**, por su siglas en inglés), que se incorpora a un creciente número de funciones, ofrece conexiones de datos en cada parte del mundo, transfiere información sobre ubicación, informes del tiempo, correo electrónico o cualquier otro dato que requiera una conexión bidireccional, global y confiable.

El sector comercial de Iridium que se expande con mayor velocidad es el “máquina a máquina” M2M, en el cual la red de comunicaciones Iridium proporciona enlaces de datos móviles para el rastreo de activos y aplicaciones de monitoreo para otras empresas y personas.

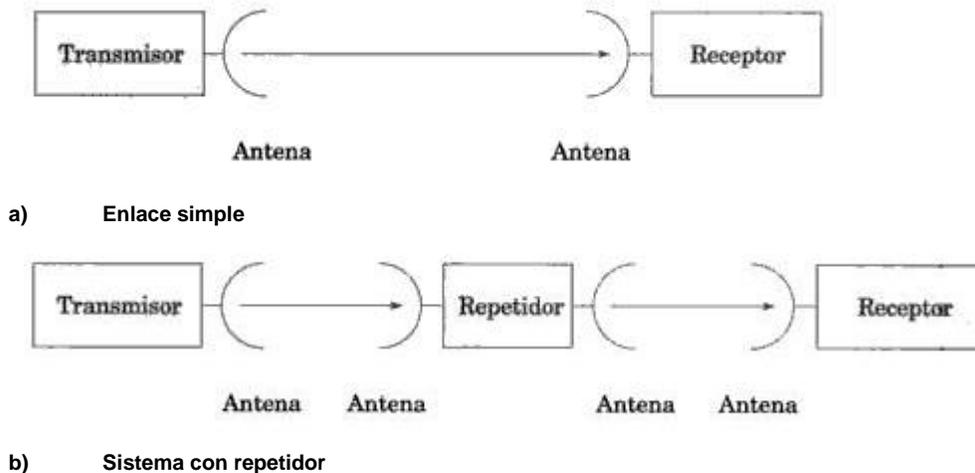
#### **2.4.9 Sistemas de Comunicación Terrestre por Microondas.**

Los radioenlaces punto a punto por microondas tienen muchos usos. Se utilizan como enlaces estudio-transmisor (**STL, Studio-to-transmitter**) para estaciones de difusión de radio y televisión, y también pueden enlazar las secciones de entrada o cabezas de red (sitios de antena) de muchas instalaciones de televisión por cable con sus sistemas de distribución. Otra aplicación muy común de los enlaces de

microondas es como parte de una red de comunicaciones relacionada con señales de teléfono, datos o televisión.

Los sistemas de fibra óptica están siendo instalados preferentemente sobre las microondas para algunos servicios fijos punto a punto. El ancho de banda disponible con los sistemas de fibra óptica es mayor que con las ondas de radio y requiere menor mantenimiento. Por otro lado, se necesitan retransmisores de microondas sólo a intervalos de alrededor de 40km, así que los sistemas de microondas son más fáciles de instalar en terreno difícil, como zonas montañosas o áreas extensas. Sin duda, los sistemas de microondas terrestres continuarán siendo parte de la red de comunicaciones en desarrollo.

Algunos sistemas de microondas utilizan un solo enlace o salto, en tanto que otros son sistemas multisalto que usan repetidores para ampliar el sistema más allá del alcance de línea de vista de un solo enlace. En la figura 2.19 se ilustran los dos tipos de sistemas.



**Figura 2.19 Sistemas de Comunicación por Microondas.**

Los sistemas de microondas, se clasifican también por la técnica de modulación utilizada. Los sistemas más antiguos son analógicos; la mayoría utiliza modulación

de frecuencia, aunque algunos utilizan AM de banda lateral única. Muchos de los sistemas más nuevos utilizan esquemas de modulación digital, generalmente modulación de amplitud en cuadratura (**QAM**). Los sistemas analógicos y digitales son similares en muchos sentidos, debido a que la parte del sistema de la propagación de radio es la misma para ambos. Las técnicas de modulación y demodulación y el diseño de repetidores son las principales diferencias entre los dos tipos.

## **2.5 Breve Descripción de las Tecnologías Celulares.**

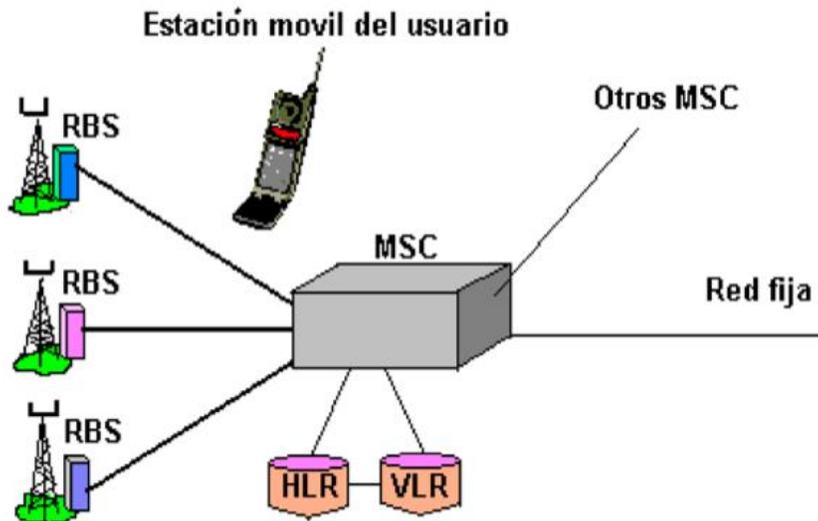
La primera generación se caracterizaba por tener sus redes analógicas conectadas a un punto central de conmutación MSC (Mobile Switching Center). En esta arquitectura de inteligencia Centralizada, todo el control de movilidad o handover entre las distintas estaciones bases era gestionado por el punto central MSC, así como la conmutación y encaminamiento de las llamadas dentro de la misma red, o hacia la red conmutada de telefonía pública PSTN (Public Switched Telephone Network).

El registro de usuarios se llevaba en el HLR, el de los usuarios visitantes en el VLR. El acceso de radio se basaba en una cantidad de canales analógicos de 30 kHz distribuidos en una celda utilizando el concepto de reuso de frecuencia para así obtener el máximo de capacidad del sistema con mínima interferencia entre canales adyacentes. Era una arquitectura simple, poco eficiente y sin calidad de señal. (Figura 2.20).

Los elementos que la integraban son:

- MSC Centro de conmutación móvil
- HLR Registro de usuarios locales
- VLR Registro de usuarios visitantes
- RBS Estación radio base

- MS Estación móvil



**Figura 2.20 Elementos que constituyen la 1G.**

### 2.5.1 AMPS.

AMPS usaba una red de sitios de células (cell sites) y oficinas de conmutación (switching offices) que funcionaban como interfaz para conectarse con la red de línea de tierra (land line) del sistema de telefonía existente y los móviles. Usó por primera vez el concepto celular con células hexagonales para dividir el área total de los sistemas sin traslape.

Una vez que los sistemas celulares de 1G se establecieron y conforme los usuarios empezaban a demandar más servicios y capacidades, surgió la necesidad de un sistema de comunicaciones más global que permitiera mayor movilidad y mayor número de usuarios. Los cuerpos de especificaciones internacionales como el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI), la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT), entre otras entidades, comenzaron a especificar lo que debía ser un sistema de

segunda generación 2G. El primer desafío fue digitalizar el acceso del canal de radio para utilizar de mejor manera el escaso espectro radio eléctrico. La 2G esta formada por los siguientes elementos (Figura 2.21):

- MS
- BSS
- BTS
- BSC
- BSC
- TRAU unidad codificadora y adaptadora de velocidad
- NSS subsistema de red
- MSC/VLR
- GMSC puerta de enlace al centro de conmutación móvil
- HLR
- AUC centro de autenticación
- EIR registro de información de equipos

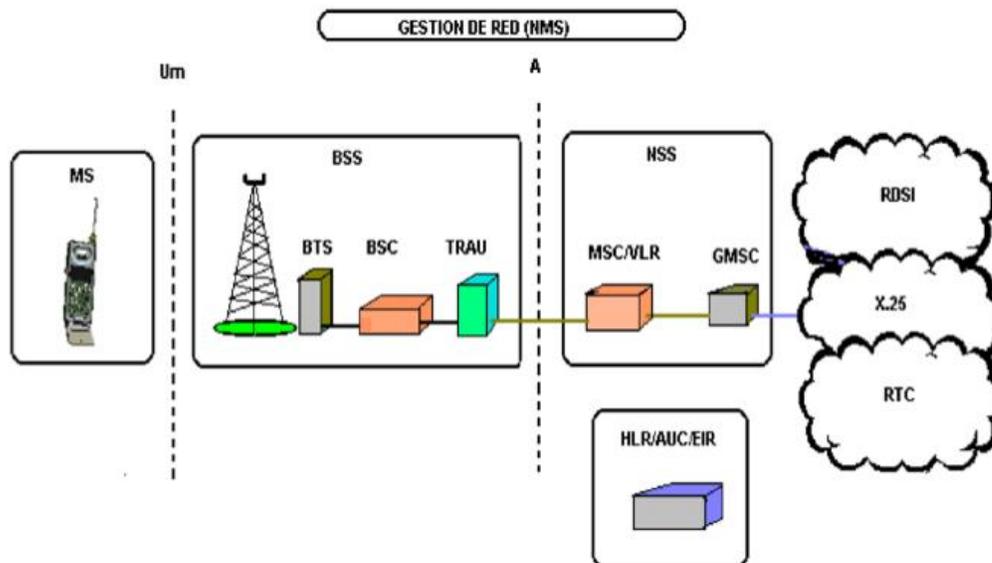


Figura 2.21 Elementos que constituyen la 2G.

### **2.5.2 TDMA.**

TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo), fue una tecnología digital que permitió a un número de usuarios tener acceso a un canal único de RF sin interferencias por medio de una ranura de tiempo dedicada a cada usuario en cada canal. El esquema TDMA digital conmuta 3 señales sobre un mismo canal. El estándar TDMA para celulares, dividía un canal en seis ranuras de tiempo, donde cada señal usaba dos ranuras, brindando una ganancia de 3 a 1 en capacidad sobre el sistema AMPS. Cada usuario era asignado a una ranura específica para transmitir.

En el multiacceso TDMA se emplea una sola portadora para dar servicio a varios canales mediante compartición temporal. Se apoya en el hecho de que las señales de audio han sido digitalizadas, esto es, divididas en paquetes de varios milisegundos. Posiciona un canal simple de frecuencia por un período corto de tiempo y después se cambia a otro canal. Las muestras digitales de un transmisor ocupan diferentes ranuras de tiempo en varias bandas al mismo tiempo. La técnica de acceso usada en TDMA tiene a 3 usuarios compartiendo una portadora de frecuencia de 30 KHz. TDMA es además la técnica de acceso usada en estándar digital europeo GSM, y por el estándar digital japonés PDC. Las implementaciones IS-54 e IS-136 de TDMA triplicaron en forma efectiva e inmediata la capacidad de la frecuencia al dividir los canales de 30 KHz en tres ranuras de tiempo, permitiendo así a tres diferentes usuarios ocuparlo al mismo tiempo.

### **2.5.3 CDMA.**

La tecnología CDMA difiere mucho de la tecnología TDMA. La CDMA, utiliza para transmitir todo el ancho de banda disponible. Usando esta tecnología es posible comprimir ente 8 y 10 llamadas digitales para que estas ocupen el mismo espacio que ocuparía una llamada en el sistema analógico.

En los sistemas CDMA todos los usuarios transmiten en el mismo ancho de banda simultáneamente, a los sistemas que utilizan este concepto se les denomina "sistemas de espectro disperso" (**SS-Spread Spectrum**). En esta técnica de transmisión, el espectro de frecuencias de una señal de datos es esparcido usando un código no relacionado con dicha señal. Como resultado el ancho de banda es mucho mayor. En vez de utilizar las ranuras de tiempo o frecuencias, como lo hacen las tecnologías tradicionales, usa códigos matemáticos para transmitir y distinguir entre conversaciones inalámbricas múltiples. Los códigos usados para el esparcimiento tienen valores pequeños de correlación y son únicos para cada usuario. Esta es la razón por la que el receptor de un determinado transmisor, es capaz de seleccionar la señal deseada.

Uno de los problemas más importantes en el diseño de un sistema de comunicaciones inalámbricas consiste en proveer facilidades de comunicación a diferentes usuarios, de tal forma que el espectro de radiofrecuencias sea aprovechado de una forma óptima y a un costo razonable. Teniendo en cuenta que el espectro de frecuencias es un recurso limitado es necesario diseñar estrategias de acceso múltiple, de tal forma que se puedan asignar, dentro de las debidas restricciones económicas de un ancho de banda previamente asignado.

En esta tecnología las señales pueden ser recibidas en presencia de niveles muy altos de interferencia. Aunque el límite práctico depende de las condiciones del canal, la recepción puede tener lugar en presencia de señales interferentes 18 dB por encima del nivel de la señal deseada. Debido a esta característica, los canales disponibles se pueden reutilizar en todos los sectores de todas las celdas. La mitad de la interferencia total provendrá de la propia celda y la otra mitad provendrá de las celdas adyacentes, encontrándose todas ellas operando en la misma frecuencia.

CDMA utiliza una velocidad básica de 9600 bits/s en cada canal de comunicación.

Esta velocidad es incrementada hasta los 1,2288 Mbits/s que se emplean para transmitir la señal por el canal de radio. Estos 9600 bits/s empleados por este sistema incluyen tanto la transmisión de la voz codificada como la señalización y la codificación para corrección de errores.

CDMA utiliza una serie de técnicas de diversidad que se clasifican en:

- **Diversidad espacial:** Consiste en emplear más de una antena en la estación base. Junto con ésta se emplea lo que se conoce como traspaso sin ruptura que consiste en que antes de que del traspaso de la llamada de una celda a otra, ambas mantengan el enlace con el móvil de manera simultánea.
- **Diversidad en frecuencia:** En un entorno con multitrayecto aparecen desvanecimientos de la señal que en el dominio de la frecuencia aparecen como filtros de ranura. El ancho de banda de frecuencia puede variar siendo suficiente para afectar a 10 canales analógicos pero sólo se elimina el 25% de CDMA.
- **Diversidad en el tiempo:** Existen dos formas, en la primera de ellas se utiliza un receptor RAKE que está formado por varias ramas que incluyen un retardo variable. Variando el retardo se consigue que las señales con diversidad en el tiempo se combinen de manera óptima. La segunda forma es usando códigos de corrección de errores seguidos de entrelazado. La pérdida de bits tiende a estar agrupada en el tiempo mientras que los algoritmos de corrección de errores funcionan mejor con los bits distribuidos. El entrelazado ayuda a la aleatorización de estos bits.

En CDMA un aumento de la potencia transmitida por un móvil afecta a todas las demás comunicaciones debido a que se incrementa la interferencia experimentada por las señales de todos los demás usuarios. CDMA intenta que todas las señales lleguen con la misma potencia usando dos formas de control: bucle abierto o bucle

cerrado. La primera se emplea para cuando la señal recibida por el móvil es alta reducirla y si es baja aumentarla. La segunda de las formas consiste en una realimentación activa desde la estación base indicando al móvil que aumente o disminuya la frecuencia.

Las ventajas y los movimientos empresariales en torno a CDMA aparecen suficientemente claras como para afirmar que la tendencia global es hacia la tecnología genérica CDMA.

Esta tecnología presenta las siguientes ventajas fundamentales:

- Mejora del tráfico telefónico.
- Mejora de la calidad de la transmisión de voz y eliminación de los efectos audibles del “fading” (atenuación) multitrayecto.
- Reducción del número de lugares necesarios para soportar cualquier nivel de tráfico telefónico.
- Simplificación de la selección de lugares.
- Disminución de las necesidades en despliegue y costos de funcionamiento debido a que se necesitan muy pocas ubicaciones de células.
- Disminución de la potencia media transmitida.
- Reducción de la interferencia con otros sistemas electrónicos.

#### **2.5.4 Camino Evolutivo de las Redes CDMA.**

El camino evolutivo de CDMA a IMT-2000 empieza con la propuesta de Qualcomm de un nuevo sistema basado en técnicas de espectro ensanchado. Esta propuesta, que luego fue estandarizada como IS-95, es el primer sistema CDMA móvil en desarrollo comercial. El acceso de conmutación por división de códigos de banda estrecha (CDMA) IS-95 estipula un espaciado de portadora de 1.25 MHz para servicios de telefonía. La Telecommunications Industry Association (TIA) empezó a definir esta especificación en 1991.

La tecnología cdmaOne: Es un nombre comercial de marca registrada, reservado para uso exclusivo de las empresas que son miembros del CDG (CDMA Development Group). El mismo describe un sistema inalámbrico completo que incorpora la interfaz aérea IS-95 CDMA y la norma de la red ANSI-41 para la interconexión por conmutación, además de muchas otras normas que integran el sistema inalámbrico completo.

La tecnología cdmaOne / IS-95-A ofrece soporte a señales de voz conmutados por circuitos y datos (conmutados por circuitos o paquetes), con velocidades de hasta 14,4kbps. Debido al enfoque inicial de proveedores y operadoras en señales de voz. Históricamente la cdmaOne /IS-95-A ha sido utilizada sólo para voz conmutada por circuitos y, más recientemente, para un pequeño volumen de datos conmutados por circuitos.

La tecnología cdmaOne /IS-95-B ofrece soporte a señales de voz conmutados por circuitos y datos, conmutados por paquetes. Las empresas KDDI, en Japón, y SKT, en Corea, están implementando esa tecnología desde 1999. En teoría, ella provee tasas de datos de hasta 115kbps, y alcanza, generalmente, valores prácticos de 64kbps. La cdmaOne /IS-95-B ahora está siendo sustituida por la cdma2000 1X, de mayor capacidad y velocidad, y difícilmente será implementada en otras regiones.

cdma2000: Identifica la norma TIA para tecnología de tercera generación, que es un resultado evolutivo de cdmaOne, el cual ofrece a los operadores que han desplegado un sistema cdmaOne de segunda generación, una migración transparente que respalda económicamente la actualización a las características y servicios 3G, dentro de las asignaciones del espectro actual, tanto para los operadores celulares como los de PCS. La interfaz de red definida para cdma2000 apoya la red de segunda generación de todos los operadores actuales,

independientemente de la tecnología: cdmaOne, IS-136 TDMA o GSM). La TIA ha presentado esta norma ante la ITU como parte del proceso IMT-2000 3G.

A fin de facilitar la migración de cdmaOne a las capacidades de cdma2000, ofreciendo características avanzadas en el mercado de una manera flexible y oportuna, su implementación se ha dividido en dos fases evolutivas.

Tecnología cdma2000 Fase I: Las capacidades de la primera fase se han definido en una norma conocida como 1XRTT. La publicación de la 1XRTT se hizo en el primer trimestre de 1999. Esta norma introduce datos en paquetes a 144 Kbps en un entorno móvil y a mayor velocidad en un entorno fijo. Las características disponibles con 1XRTT representan un incremento doble, tanto en la capacidad para voz como en el tiempo de operación en espera, así como una capacidad de datos de más de 300 Kbps y servicios avanzados de datos en paquetes.

Adicionalmente se extiende considerablemente la duración de la pila y contiene una tecnología mejorada en el modo inactivo. Ofrece todas estas capacidades en un canal existente de 1.25 MHz de cdmaOne.

cdma2000 Fase II: La evolución de cdmaOne, hasta llegar a las capacidades completas de cdma2000, continua en la segunda fase e incorpora las capacidades de 1XRTT, usa tres portadoras de 1,25 MHz en un sistema multiportadora para prestar servicios de banda ancha de 3G.

CDMA 3XRTT proporcionará velocidad de circuitos y datos en paquete de hasta 2 Mbps, incorporará capacidades avanzadas de multimedia e incluirá una estructura para los servicios de voz y codificadores de voz 3G, entre los que figuran los datos de paquetes de “voiceover” y de circuitos.

CDMA2000 1XEV: Basado en el estándar 1X, el sistema 1XEV mejora la velocidad de procesamiento de datos, obteniendo velocidades máximas de 2

Mbits/seg., sin tener que utilizar más de 1,25 MHz del espectro. Los requisitos para los operadores recién establecidos con respecto a 1XEV establecen dos fases. En la primera Cdma2000 1XEV-DO usa un transportista separado de 1.25 MHz para datos y ofrece velocidades de datos en punta de 2.4 Mbps. La fase 2, Cdma2000 1X EV-DV se centra en las funciones de datos y de voz en tiempo real, así como en la mejora del funcionamiento para mayor eficiencia en voz y en datos.

En la figura 2.22 podemos apreciar las diferentes fases de las redes CDMA según su velocidad de datos y aplicaciones:

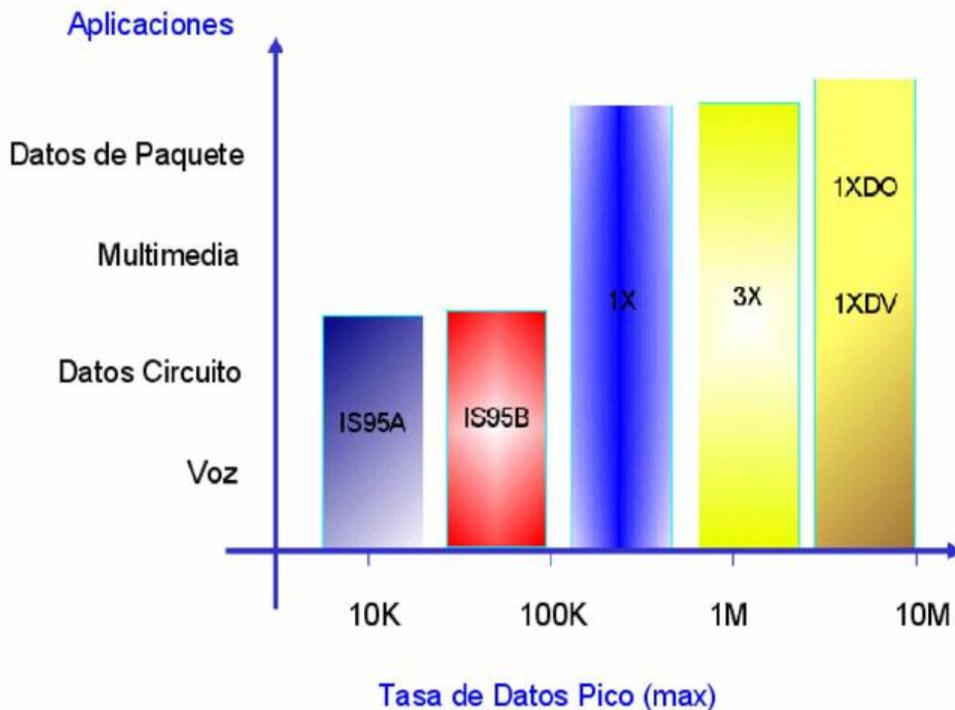


Figura. 2.22 Fases de CDMA según su velocidad de datos y aplicaciones.

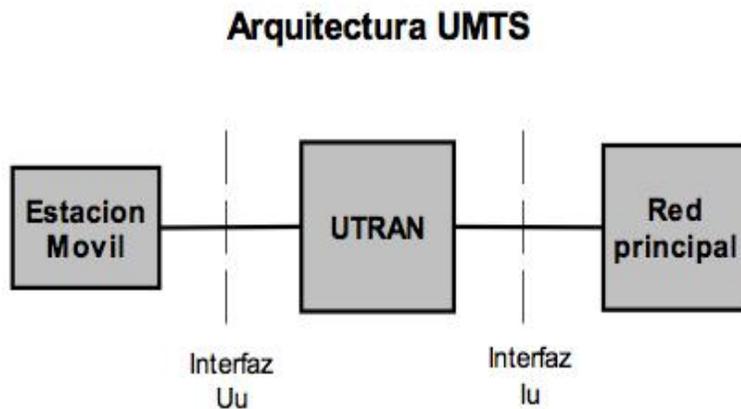
### 2.5.5 WCDMA.

WCDMA es la tecnología de interfaz de aire en la que se basa la UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), el cual es un estándar europeo de Tercera Generación (3G) para los sistemas inalámbricos.

UMTS permite introducir más usuarios que en GSM a la red global del sistema, y además permite incrementar la velocidad a 2 Mbps por usuario móvil. Es desarrollado por 3GPP (3rd Generation Partnership Project), un proyecto común en el que colaboran: ETSI (Europa), ARIB/TTC (Japón), ANSI T-1 (USA), TTA (Corea), CWTS (China).

UMTS ha sido concebido como un sistema global, que incluye tanto componentes terrestres como satelitales globales. Terminales multimodales capaces de funcionar también por sistemas de segunda generación (2G), tales como las bandas de frecuencias GSM 900, 1800 y 1900 las mismas que extenderán aún más el alcance de muchos servicios UMTS.

### 2.5.6 Estructura de la red UMTS.



**Figura 2.23 Arquitectura General de un Sistema UMTS.**

UMTS presenta una arquitectura en la cual se describen tres elementos principalmente, el UE o equipo de usuario, UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) y la red central, dicho esquema se muestra en la figura 2.23.

La interfaz Uu se encuentra entre el UE y la red UTRAN, y entre ésta y la red central o Core Network se encuentra la interfaz Iu. Cabe destacar que la interfaz

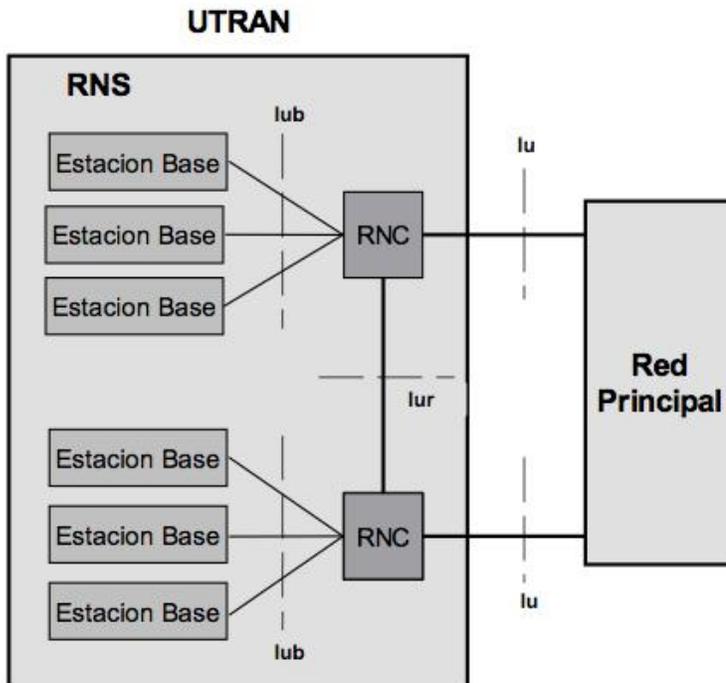
entre el UE y la red UTRAN es la tecnología WCDMA, es decir, la conexión entre el equipo de usuario y la red de acceso de radio para UMTS es mediante la tecnología WCDMA.

La estación móvil es la terminal del sistema, esta contiene dos entidades: el equipo móvil ME (Mobile Equipment) que es empleado para la comunicación sobre la interfaz Uu; y el modulo de identidad de suscriptor, USIM (Universal Subscriber Identity Module).

La UTRAN maneja toda la funcionalidad relacionada con la red principal, consiste de radio controladores de red, RNC (Radio Network Controllers) y el Nodo B conocido como estación base, juntas estas dos entidades forman un subsistema de radio de red, RNS (Radio Network Subsystem).

Las interfaces internas de la UTRAN son: la interfaz lub y la interfaz lur. La interfaz lub conecta a la estación base con el RNC, la interfaz lur es un enlace entre dos RNC. El controlador de red es el elemento de control de la UTRAN, es el punto de acceso para todos los servicios, el RNC está localizado entre las interfaces lub y lu. El RNC controla una o más estaciones base, sus funciones principales son: control de operación de la estación base, manejo del tráfico de los canales comunes, macro diversidad, modificaciones a los conjuntos activos (soft handover), manejo del tráfico de los canales compartidos, control de potencia y control de admisión.

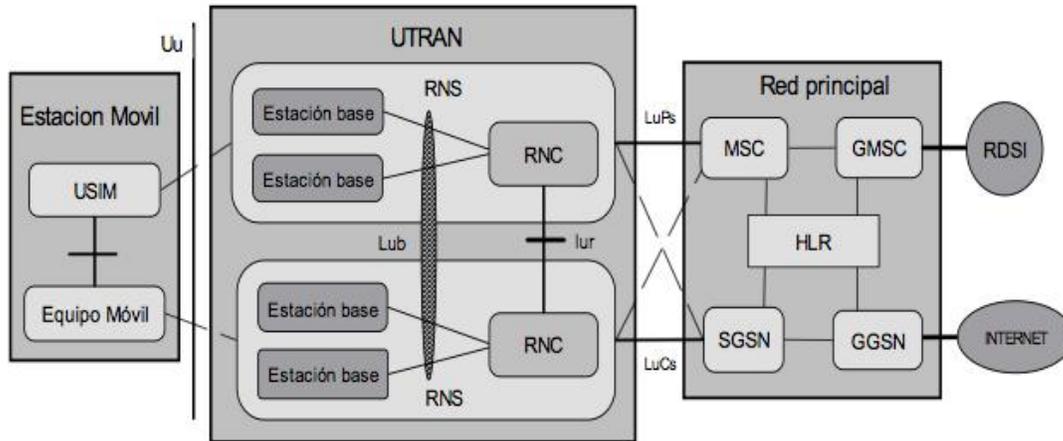
La estación base se localiza entre la interfaz Uu y la interfaz lub, sus principales tareas son: efectuar la implementación física de la interfaz Uu; la estación base implementa los canales físicos y transfiere la información de canales de transporte a los canales físicos. En la figura 2.24 se observa la arquitectura general de UTRAN.



**Figura 2.24 Arquitectura General UTRAN.**

La red principal CN es una entidad que cubre todos los elementos de red necesarios para el control de abonado y la conmutación, la red principal es dividida en dos dominios: conmutación de circuitos y conmutación de paquetes. La CN es responsable de cambiar y encaminar llamadas y conexiones de datos a redes externas. La red principal maneja los procedimientos específicos de servicio, incluyendo la dirección de movilidad, y el control de llamada.

En la red principal existen cinco entidades las cuales son: el centro de conmutación móvil, MSC (Mobile Switching Center), puerta de enlace al centro de conmutación móvil, GMSC (Gateway Mobile Switching Center), el registro de locación, HLR (Home Location Register), el nodo de apoyo al servidor GPRS, SGSN (Serving GPRS Support Node), puerta de enlace al nodo de apoyo GPRS, GGSN (Gateway GPRS Support Node.). En la figura 2.25 se muestra cada una de estas entidades.



**Figura 2.25 elementos de un sistema UMTS.**

El centro de conmutación móvil es la pieza central de la conmutación de circuitos en la red principal. Las principales funciones de un MSC son las siguientes: coordinación de llamada de todas las estaciones móviles en la jurisdicción del MSC, asignación dinámica de recursos, manejo de la transferencia de llamada, intercambio de señales entre diferentes interfaces.

En esta entidad también se encuentra el registro de visitante, VLR (Visitor Location Register) que contiene información sobre las estaciones móviles en esa área. El VLR contiene información de todos los suscriptores activos en esa área. Contiene la misma información que contiene el HLR, con la diferencia de que esta información es temporánea.

El HLR contiene los datos de suscriptor, cada perfil de información de suscriptor se guarda en un HLR. La información del suscriptor entra en el HLR cuando el usuario hace una suscripción. Hay dos tipos de información en un HLR, permanente y temporánea.

El GMSC es también un centro de conmutación móvil que se localiza entre la red digital de servicios integrados RDSI y el otro MSC en la red. Su función es dirigir las llamadas entrantes al MSC.

El SGSN es el elemento central en la conmutación de paquetes, contiene dos tipos de información: de suscripción y de localidad. El SGSN se conecta a la UTRAN mediante la interfaz LuPS. El GGSN se encarga de dirigir el tráfico saliente, también recibe información del HLR y del SGSN.

Las interfaces que contiene un sistema UMTS son las siguientes:

Interfaz Uu. Es la interfaz por la cual la estación móvil tiene acceso a la parte fija del sistema, y es por lo tanto probablemente la interfaz más importante en UMTS.

Interfaz Iu. Es una interfaz abierta que conecta la red principal con la UTRAN. Puede tener dos casos diferentes, Iu-CS (Circuit Switching) y Iu-PS (Packet Switching). La Iu-CS conecta la UTRAN a un centro de conmutación móvil, un MSC. La interfaz Iu- PS conecta la UTRAN al SGSN.

Interfaz Iub. Se sitúa entre el RNC y la estación base en la UTRAN. La interfaz Iub separa la estación base del RNC. Algunas funciones que realiza son: dirigir los recursos de transporte, maneja la información del sistema, manejo del tráfico de los canales comunes, compartidos y especiales.

Interfaz Iur. Es una interfaz abierta que conecta a dos radio controladores de red, lleva tanto la información de tráfico como de señalización.

## **2.5.7 Espectro para UMTS.**

Utiliza las siguientes bandas de frecuencias:

1920 – 1980 y 2110 – 2170 MHz, para enlaces ascendente y descendente con Duplexación por División de Frecuencia (FDD, W - CDMA), con tamaño de canal de 5 MHz y separación de 200 kHz. Un operador necesita de 3 – 4 canales (2x15 MHz o 2x20 MHz) para poder construir una red de alta velocidad y alta capacidad.

1900 – 1920 y 2010 – 2025 MHz, para Duplexación por División de Tiempo (TDD, TD/CDMA), con tamaño de canal de 5 MHz y separación de 200 kHz. Transmisión y Recepción no están separados en frecuencia.

1980 – 2010 y 2170 – 2200 MHz para enlaces satelitales ascendente y descendente.

Nuevas bandas para conseguir 160 MHz de espectro adicional 806-960 MHz, 1710- 1885 MHz y 2500-2690 MHz.

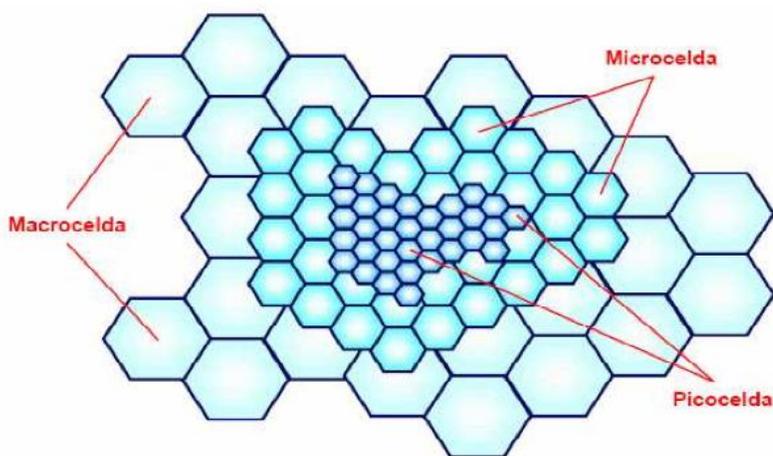
### **2.5.7.1 Tipos de Celdas UMTS.**

En su componente terrestre, tiene una estructura jerárquica, es decir; está compuesta por tres tipos de Celdas: Macro Celda, Micro Celda y Pico celda con un mínimo de 5 MHz de ancho de banda por Celda (Figura 2.26).

Las Macrocelas (radio entre 1 y 40 km) para cobertura celular en grandes áreas abiertas así como sirven de celdas paraguas para cubrir huecos en zonas con microcelas.

Las Microceldas (50 a 1000 m de radio) para cobertura celular en áreas urbanas y autopistas, sirven como antenas direccionales, y para cubrir zonas oscuras en macroceldas.

Las Picoceldas (radios inferiores a 50 m.) para uso en entornos residenciales e interiores de oficinas, la zona cubierta depende de la estructura del edificio y los materiales empleados.



**Figura 2.26 Tipos de celdas terrestres en UMTS.**

### **2.5.7.2 Seguridad.**

Las funciones de seguridad de UMTS es basado en lo que se implementa en GSM.

Algunas de las funciones de seguridad se han agregado y algunas existentes se han mejorado. El algoritmo de la encriptación es más fuerte e incluido en el Nodo-B, la aplicación de algoritmos de autenticación es más estricta y el suscriptor es confidencialmente más firme.

Los principales elementos de seguridad utilizados en GSM son: Autenticación a nivel de suscriptor, confidencialidad de la identidad del suscriptor, módulo de

identidad del Usuario (SIM), encriptación de la interfaz de radio.

Adicionalmente, UMTS en su campo de seguridad proporciona:

- Seguridad contra el uso de estaciones base falsas con autenticación mutua.
- Encriptación extendida de la AI para incluir un Nodo-B a la conexión de RNC.
- Se protegen datos de seguridad de la red en los almacenamientos de datos mediante cifrado de llaves y datos de autenticación en el sistema.
- Mecanismos para actualización de seguridad.

El tráfico del núcleo de red entre RNCs, MSCs y otras redes no se cifran y los operadores pueden implementar protecciones para su enlace de transmisión del núcleo de red.

La especificación de UMTS tiene cinco grupos de seguridad:

- Seguridad de acceso a la red que proporciona el acceso seguro a los usuarios a servicios 3G, y qué, en particular protege contra los ataques en el enlace de acceso.
- Seguridad en el dominio de red que permite nodos en el dominio del proveedor para intercambiar señalización de datos con seguridad, y protege contra los ataques en la red inalámbrica.
- Seguridad en el dominio de usuario para acceso seguro a las estaciones móviles.

- Seguridad en el dominio de aplicación que habilita aplicaciones en el usuario y en el dominio del proveedor para intercambio de mensajes con seguridad.
- Visibilidad y configuración de la seguridad que le permiten al usuario que se informe si un rasgo de seguridad está en el funcionamiento o no y si el uso y previsión de servicios deben depender del rasgo de seguridad.

Además UMTS brinda:

- Confidencialidad de identidad de usuario.
- Confidencialidad de localización del usuario.
- Usuario que no se puede rastrear para que un intruso no puede deducir si se entregan servicios diferentes al mismo usuario.

### **2.5.8 LTE.**

LTE es una tecnología estandarizada por el 3GPP el cual define un nuevo acceso de radio de alta velocidad, LTE se encuentra especificado en el 3GPP Release 8.

Las velocidades de transmisión para downlink y uplink son mayores a 100 Mbps y 50 Mbps respectivamente en un ancho de banda de 20MHz, opera en modos FDD y TDD.

LTE tiene una latencia reducida de 10 ms entre el equipo del usuario y la estación base. Se muestra como una tecnología basada en un core IP y presenta flexibilidad para operar en una amplia variedad de anchos de banda que van desde 1.4 MHz y 20 MHz.

LTE Release 8 es considerada una evolución de las redes 3GPP; en la figura 2.27 se muestran los cambios realizados, en la arquitectura, desde el Release 6

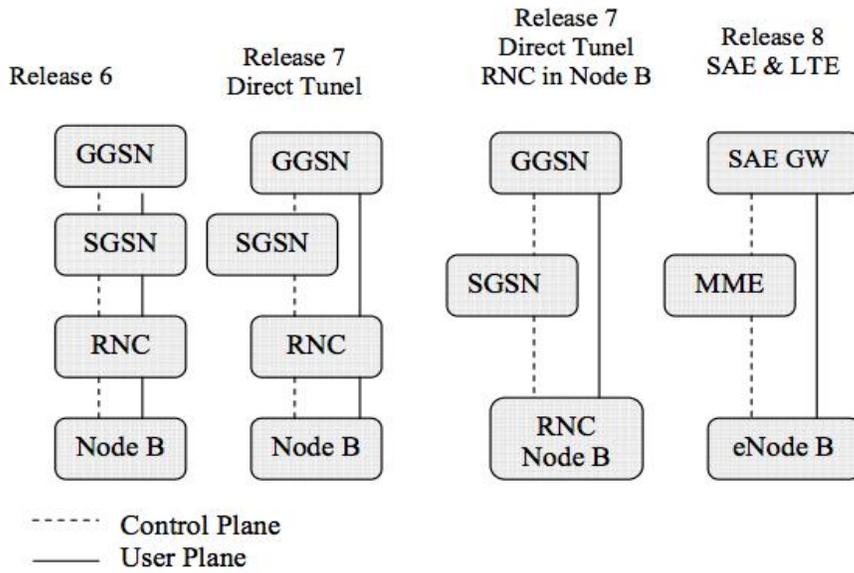


Figura. 2.27 Evolución de arquitecturas de tecnologías 3GPP.

### 2.5.8.1 Arquitectura LTE.

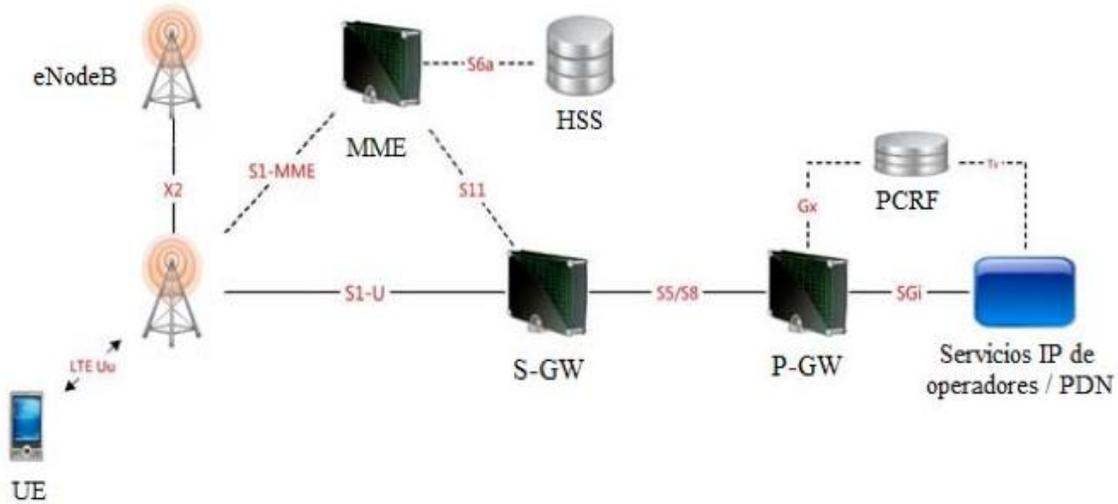


Figura 2.28 Arquitectura de red LTE

La figura 2.28 muestra la arquitectura y los elementos de red LTE, distribuidos en cuatro niveles que son:

- Servicios proporcionados por redes externas
- EPC
- E-UTRAN
- Equipo del usuario

Los servicios que se pueden ofrecer a través de la red LTE incluyen varios subsistemas los cuales pueden estar proporcionados por servicios basados en redes llamadas Subsistemas Multimedia IP (IMS) en donde el operador brinda servicios basados en el protocolo SIP (Session Initiation Protocol), servicios basados en redes no IMS en donde el usuario accede a servicios mediante un servidor que el operador coloca en su red, por ejemplo video streaming y servicios proporcionados a través de Internet donde el usuario se conecta a un servidor de Internet para acceder a servicios como navegación web o a un servidor SIP para establecer una llamada de voz (VoIP).

EPS (Evolved Packet System)

EPC, E-UTRAN y el equipo de usuario, forman la capa de conectividad IP llamada también EPS.

SAE (System Architecture Evolution) es un sinónimo de EPS cuyo nombre fue cambiado por la organización 3GPP, el cual fue diseñado como un sistema de paquetes para obtener mayor velocidad de datos.

EPS representa un cambio importante en la arquitectura de red, se elimina el nodo denominado RNC cuyas funciones son implementadas en el eNodeB reduciendo retrasos y optimizando la red.

## EPC (Evolved Packet Core)

Para aprovechar todas las ventajas de las tecnologías y permitir la coexistencia de tecnologías con arquitecturas de paquetes se ha desarrollado un nuevo núcleo de red EPC. Está basado en protocolos TCP/IP, lo cual permite la interconexión entre redes fijas e inalámbricas.

Los elementos que conforman el EPC son:

- Serving gateway
- PDN gateways

Son dos elementos de red que se conectan mediante la interfaz S5 y conforman el SAE GW que permite tener salida hacia las redes públicas de datos. Conjuntamente con la Entidad de Administración de la Movilidad (MME, Mobility Management Entity) pueden o no ubicarse en un solo nodo, de acuerdo con los proveedores y su despliegue.

Serving Gateway. Es el nodo que termina la interfaz del plano de usuario hacia la red de acceso radio. Para cada terminal de usuario con el EPC hay un único S-GW asignado en cada momento, que actúa como punto de anclaje local para la movilidad entre redes 3GPP. Algunas de sus funciones son:

- Transmisión del tráfico móvil a Internet y otras redes IP.
- Punto de anclaje local de movilidad para el handover inter-eNodeB.
- Anclaje para movilidad inter-3GPP (entre sistemas 2G/3G y el Gateway PDN).
- Es la entidad involucrada con el tráfico de usuario mediante la interfaz S4.
- Proporciona información del tráfico de usuario.
- Ruteo y envío de paquetes.

PDN Gateways. Es el nodo que permite acceder a redes de datos públicas. Puede existir más de un P-GW asignado a un mismo usuario si este está accediendo a múltiples red PDN. Puede actuar como un punto de anclaje para movilidad hacia redes no-3GPP. Sus funciones principales son:

- Brinda soporte para la interconexión entre las diferentes tecnologías 3GPP (GSM, UMTS, HSPA) y no-3GPP (Wimax o WiFi).
- Interfaz entre la red de acceso y las diferentes redes de paquetes.
- Transfiere políticas de calidad de servicio y tarificación que se aplica al tráfico de usuario.

MME. Es el elemento de control de la EPC que se encarga únicamente de la señalización. Administra la movilidad, las identidades UE y los parámetros de seguridad, también realiza tareas como la autenticación, autorización y señalización no ligada al acceso lo que permite a los operadores dimensionar la señalización y el tráfico de manera independiente. Las funciones de MME son:

- Señalización NAS (non-access stratum) y seguridad asociada.
- Señalización entre nodos de red central para movilidad entre redes de acceso 3GPP.
- Permite al operador manejar de manera independiente, la señalización y el tráfico de usuario.

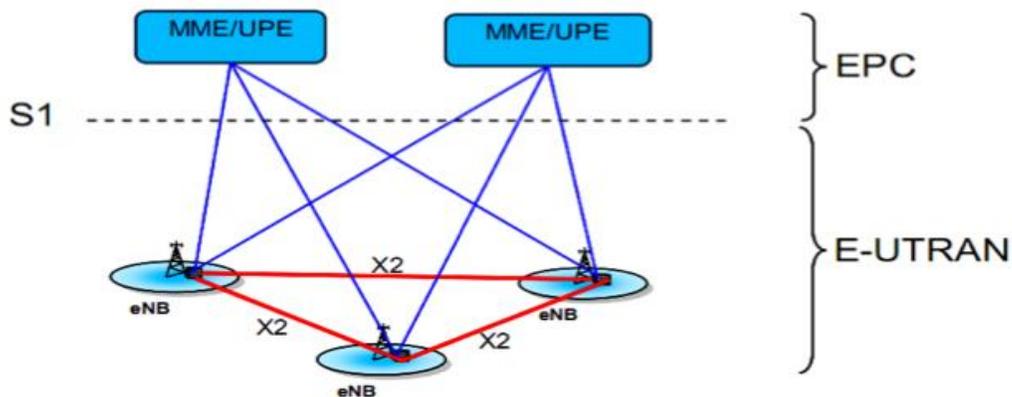
HSS. Se encarga de almacenar la información de suscripción del usuario necesaria para gestionar sesiones y datos de autorización necesarios para el acceso del usuario al sistema y se le considera como una evolución del HLR. Esta información incluye, entre otras, información de localización, de seguridad (autenticación y autorización), perfil del usuario (indica los servicios a los que el usuario tiene acceso).

PCRF. Gestiona y provisiona en la “PDN SAE GW” las políticas de calidad de servicio y tarificación a aplicar al tráfico de usuario.

E-UTRAN (Interfaz aire). La interfaz aire de LTE se llama E-UTRAN, está formada por varios eNB (Evolved Node B) conectados entre sí mediante interfaces X2, se le considera como la estación base de LTE que interconecta equipos de usuario y la red además de cumplir varias funciones de control.

La figura 2.29 muestra la estructura de la arquitectura LTE con E-UTRAN, en la que constan las conexiones de los eNB (Evolved Node B) mediante interfaces X2, eliminando así el redireccionamiento de datos a la RNC que existe en la arquitectura de red del Release 7.

E-UTRAN se enlaza al siguiente nivel, EPC, mediante la interfaz S1 que conecta los eNB con la MME y S-GW.



**Figura. 2.29 Arquitectura LTE con E-UTRAN.**

El nodo que forma E-UTRAN se denomina eNodeB, el cual es una radio base que se encuentra ubicada junto a las antenas de radio y es un elemento que enlaza al equipo de usuario con EPC, cumple la misma tarea que una BTS en una red GSM.

Sus funciones son seleccionar el MME, encaminar datos hacia S-GW, además el eNodeB revoluciona las arquitecturas actuales debido a que incorpora las características de la RNC (Radio Network Controller), lo que hace que se reduzca considerablemente la latencia del sistema.

El eNodeB es responsable de la compresión de cabecera, cifrado y entrega de paquetes. En el plano de control se encarga de funciones como la admisión, control y gestión de recursos de radio.

En la Tabla 2 se muestran las distintas bandas de operación, las frecuencias de operación tanto para downlink como para uplink y el modo de duplexaje. Esta información será de mucha utilidad para elegir la banda de frecuencia en el diseño.

Banda de operación E-UTRAN	Downlink (MHz)	Uplink (MHz)	Modo de duplexaje
1	1920-1980	2100-2170	FDD
2	1850-1910	1930-1900	FDD
3	1710-1785	1805-1880	FDD
4	1710-1755	2110-2155	FDD
5	824-849	869-894	FDD
6	830-840	875-885	FDD
7	2500-2570	2620-2690	FDD
8	880-915	925-960	FDD
9	1749.9-1784.9	1844.9-1879.9	FDD
10	1710-1770	2110-2170	FDD
11	1427.9-1452.9	1475.9-1500.9	FDD

12	698-716	728-746	FDD
13	777-787	746-756	FDD
14	788-798	758-768	FDD
15	Reservado	Reservado	FDD
16	Reservado	Reservado	FDD
17	704-716	734-746	FDD
18	815-830	860-875	FDD
19	830-845	875-890	FDD
33	1900-1920	1900-1920	TDD
34	2010-2025	2010-2025	TDD
35	1850-1910	1850-1910	TDD
36	1920-1990	1920-1990	TDD
37	1910-1930	1910-1930	TDD
38	2570-2620	2570-2620	TDD
39	1880-1920	1880-1920	TDD
40	2300-2400	2300-2400	TDD

**Tabla 2 Banda de frecuencias LTE FDD y LTE TDD**

Uno de los esquemas multiantena que LTE utiliza es MIMO (Multiple Input Multiple Output), con lo que aprovecha la propagación multitrayecto para aumentar la tasa de transmisión de datos, disminuir errores y obtener un mayor alcance.

MIMO se define como dos o más señales de radio diferentes en el mismo canal de radiotransmisión, donde cada señal lleva distinta información digital. Se estandarizó en el Release 6 de la 3GPP y se desarrolló más en el Release 7.

Con el uso de MIMO se tiene:

- Un aumento sustancial de las tasas máximas de datos.
- Eficiencia espectral mayor
- Mayor capacidad del sistema (cantidad de usuarios).

Los operadores de redes inalámbricas ven la necesidad de emplear MIMO debido a sus ventajas. Los sistemas que utilizan MIMO representan una forma económica de aumentar la capacidad, el rango y la velocidad de transmisión al usuario en una variedad de entornos, entre los cuales los más notables son los entornos cerrados y con baja interferencia de radio, como las celdas pequeñas y/o aisladas.

## CAPITULO 3. DESCRIPCION DEL ROAMING

### 3.1 Definición de Roaming.

#### 3.1.1 Punto de acceso inalámbrico (WAP o AP).

Un punto de acceso inalámbrico (**WAP o AP por sus siglas en ingles: Wireless Access Point**) es el dispositivo que conecta diferentes dispositivos de comunicación inalámbrica para formar una red inalámbrica. Lo habitual es que un WAP también permita a los dispositivos inalámbricos conectarse a una red cableada. A su vez los WAP pueden conectarse entre sí para formar una red aun mayor, realizando lo que se conoce como roaming.

#### 3.1.2 Roaming.

La itinerancia, más conocido por su término en ingles roaming es un concepto que define la capacidad de un dispositivo inalámbrico para poder desplazarse de una zona de cobertura a otra. Cada zona de cobertura está gobernada por un punto de acceso diferente. El concepto de roaming o itinerancia, cuando es utilizado en las redes inalámbricas, significa que el dispositivo cliente puede desplazarse e ir registrándose en diferentes bases o puntos de acceso, sin perder en ningún momento acceso a la red.

Para que esta itinerancia sea posible, tiene que haber una pequeña superposición en las coberturas de los puntos de acceso, de tal manera que los usuarios puedan desplazarse y siempre tengan cobertura. Los puntos de acceso incorporan un algoritmo de decisión que en base al consumo y distancias deciden cuando una estación debe desconectarse de un punto de acceso y conectarse a otro más favorable. La figura 3.1 muestra la configuración típica de centros y campus donde

existen diferentes puntos de acceso, que van proporcionando a los usuarios conexión al desplazarse por las diferentes zonas.



**Figura 3.1 Puntos de acceso inalámbricos.**

### 3.1.3 Diferencia entre Roaming y Handover.

El sistema de comunicaciones móviles ha de ser capaz de seguir la pista del usuario y saber localizarlo. Para ello, ha de poder realizar su seguimiento tanto si está o no atendiendo llamadas y actualizar así su localización, Dicho seguimiento con el usuario en estado de ocupado se denomina Handover. En caso contrario, es decir, si simplemente está conectado a la red pero sin hacer uso de servicio alguno, nos referimos al proceso de roaming.

### 3.2 Funcionamiento del Roaming.

A continuación se va a explicar el proceso de encaminamiento y de gestión que se lleva a cabo para establecer una llamada telefónica por intermedio de una red

celular GSM, teniendo en cuenta que la llamada se puede originar en un terminal móvil o en una fija.

### **3.2.1. Registro del Terminal Móvil.**

Si un terminal móvil desea obtener servicio desde una célula y, en particular, recibir llamadas en esta, deberá cerciorarse de que su usuario (representado por el SIM) se registre en el área de localización de dicha célula. El resultado del último intento de registro se almacena en la SIM, así como la identidad del área de localización. Cuando el móvil se desplaza a un lugar mejor cubierto por una célula perteneciente a otra área de localización, o cuando el móvil intenta obtener servicio en otra red, el terminal móvil debe registrar al usuario en esta nueva zona.

La información de registro se almacena en dos lugares diferentes de la infraestructura GSM: en el HLR (Home Location Register, Registro de Localización Local) y en la MSC/VLR (Mobile Switching Center/Visited Location Register, Centro de Conmutación de Servicios Móviles/Registro de Posiciones de Visitantes) visitados. De hecho, La misma información está disponible en tres lugares diferentes del sistema, siendo la SIM el tercer lugar. Esta información puede cambiar y se necesitan una serie de procedimientos para guardar coherencia entre las tres entidades.

La razón fundamental para cambiar es cuando la estación móvil decide que el área de localización que mejor le sirve, por un mejor nivel de señal o menos interferencias debe cambiar. Además de los registros debidos a cambios de área de localización, se define un registro periódico de manera que la estación móvil pueda notificar su presencia en la red a intervalos de tiempo determinados. Este registro periódico es un parámetro que determina el operador, pudiendo incluso eliminarlo, si es su deseo.

### **3.2.2 Establecimiento de la Llamada.**

Para hacer una llamada desde un terminal móvil, en primer lugar, el usuario introduce el número destino y el tipo de servicio que desea (voz, fax, etc.) y luego pulsa la tecla de envío. La estación móvil pasara esta información a la MSC. Cuando la MSC recibe el mensaje de establecimiento, analiza la petición y comprueba si puede aceptar. La aceptación de la misma depende de la capacidad de la MSC/VLR para proveer este servicio (de forma compatible con el terminal móvil que lo solicita), en las características de suscripción del cliente (determinado de forma local gracias a la información del cliente que el HLR envió a la MSC/VLR en el proceso de registro) y en la disponibilidad de recursos. Si alguno de estos requisitos falla, se aborta la llamada. Si todo está bien, la MSC comienza el establecimiento a través de la red y notifica a la estación móvil sobre este evento. Transcurrido un tiempo, la MSC recibirá de la red exterior información sobre la petición de llamada realizada, tal y como lo ve la central que se encarga de la persona llamada. Tal información puede indicar que el terminal de la persona llamada está siendo alertado, o que la llamada ha sido abortada por cualquier motivo (congestión, ocupado, no localizable, etc.). Esta información es transferida directamente al usuario móvil y, en su caso, la MSC abortará la llamada.

Si el cliente destino responde a la llamada, la MSC recibirá un mensaje indicándolo. Cuando esto ocurre, se establece un camino de voz entre los dos usuarios (hasta ahora todo había sido señalización). Entonces, el terminal móvil interrumpe la indicación de llamada, responde a la red y establece el circuito de habla a través de la interfaz de radio.

### **3.2.3 Handover.**

Existen tres motivos por los que se puede producir un handover, o traspaso entre frecuencias portadoras:

El primero y más obvio es la necesidad de que la conversación se lleve a través de otra célula dado que, por el movimiento del móvil, es necesario para poder continuar dicha comunicación.

El segundo viene referido a la necesidad de mejorar substancialmente el comportamiento de la red, disminuyendo el nivel de interferencia en la misma, al proporcionar al móvil acceso a una célula a través de la cual la comunicación se puede producir con menor nivel de señal, sin que esto implique que haya perdido cobertura de la primera célula.

El tercero, aunque es algo más complejo, es aquel handover que se produce para mejorar la condiciones de tráfico de una célula, permitiendo el handover de móviles en servicio bajo de esta célula hacia células vecinas.

### **3.2.4 Condiciones de Viabilidad.**

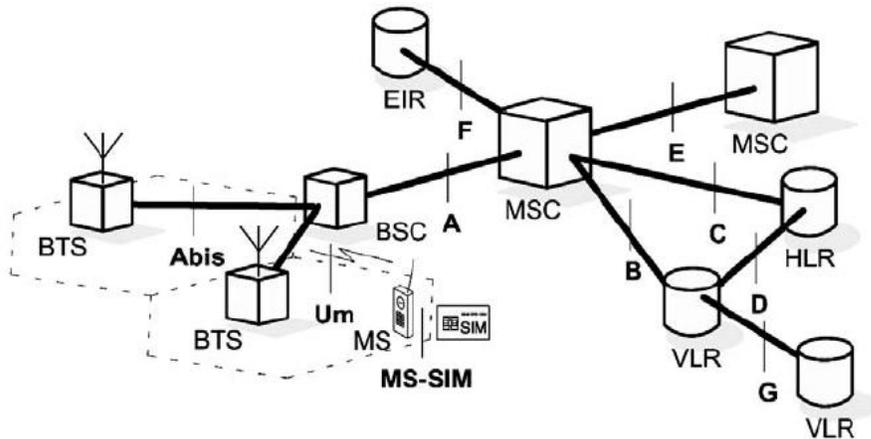
La facilidad de roaming o de itinerancia entre diversas redes sólo puede ofrecerse si se cumplen ciertos condicionantes técnicos y administrativos que lo permitan. Desde el punto de vista administrativo, deben resolverse asuntos como la tarificación, cobros, acuerdos de suscripción, etc. entre operadores. La libre circulación de terminales móviles también requiere que los cuerpos reguladores acuerden el reconocimiento mutuo de homologaciones.

Para que el roaming sea posible es necesario que se produzca la transferencia de datos de localización entre redes y que exista una única interfaz de acceso. Este punto es muy importante ya que se requiere que el usuario utilice un único equipo para acceder a diferentes redes.

Además, existen otros sistemas basados en la tecnología GSM, como son el DCS1800 y el PCS 1900, pudiendo las terminales duales realizar el cambio

automático de uno a otro, en función de qué red esté menos saturada o presente mejor nivel de cobertura.

El principal beneficio para los abonados móviles que la normalización internacional GSM ha traído, es que pueden moverse libremente no sólo dentro de sus redes domésticas, sino también en las redes internacionales de GSM y que al mismo tiempo pueden incluso tener acceso a los servicios especiales a los que se ha suscrito en casa, siempre y cuando existan acuerdos entre los operadores. Las funciones necesarias para esta itinerancia libre se conocen como roaming o funciones de movilidad. Se basan principalmente en la extensión GSM específica del **SS7 (Sistema de Señalización no. 7)**. Los procedimientos **MAP (Mobile Application Part)** relevantes para roaming son en primera, la ubicación de registro/actualización, IMSI conexión/desconexión, solicitando los datos de abonado para el establecimiento de llamada y la paginación. Además, el MAP contiene funciones y procedimientos para el control de los **SS (Supplementary Services)** y del handover, para gestión de abonados, para la gestión de IMEI, para la autenticación y gestión de la identificación, así como para el transporte de datos de usuario de SMS. Entidades MAP para los servicios de roaming residen en el MSC, HLR y VLR. Las interfaces de MAP correspondientes se definen como B (MSC-VLR), C (MSC-HLR), D (HLR-VLR), E (MSC-MSC) y G (VLR-VLR) (Figura 3.2). En la interfaz de abonado, las funciones MAP corresponden a las funciones de **MM (Mobility Management)**, por ejemplo, los mensajes de MM y procedimientos de la interfaz Um se traducen en los protocolos de MAP en el MSC.



**Figura 3.2 Interfaces en una red GSM.**

Las funciones más importantes de GSM MM están en el registro de localización con el PLMN (Public Land Mobile Network) y actualización de la ubicación para informar de la ubicación actual de una MS, así como la identificación y autenticación de los abonados. Estas acciones están estrechamente relacionadas entre sí. Durante el registro en una red GSM, durante el procedimiento de actualización de ubicación, y también durante la configuración de una conexión, la identidad de un abonado móvil debe ser determinada y verificada (autenticación).

Los datos MM son la base para crear las funciones necesarias para el enrutamiento y la conmutación de las conexiones de los usuarios y de los servicios asociados. Por ejemplo, se les solicita para él encaminamiento y llamada entrante hacia el MSC actual o para la localización de una MS antes de que se inicie la paginación. Además de la gestión de datos de movilidad, la información sobre la configuración de SS es solicitada o cambiada.

### **3.2.5 Lugar de Registro y Actualización de Ubicación.**

Antes de que una MS (Mobile Station) pueda llamar o acceder a los servicios, el abonado tiene que registrarse en la red móvil (PLMN Public Land Mobile Network). Esta suele ser la red doméstica donde el abonado tiene un contrato de servicio.

Sin embargo, el abonado igualmente puede registrarse con un proveedor de la red extranjera en cuya área de servicio está actualmente de visita, siempre que exista un acuerdo de roaming entre los dos operadores de red. El registro sólo es necesario si hay un cambio de redes, y por lo tanto un VLR de la red actual todavía no ha emitido una TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity, identidad de abonado móvil temporal) al abonado. Esto significa que el abonado tiene que informar a la red actual con su IMSI y recibir un nuevo TMSI mediante la ejecución de un procedimiento de registro de ubicación. Esta TMSI es almacenada por el MS en su almacenamiento no volátil SIM, de tal manera que incluso después de quitar la alimentación y un posterior encendido sólo se requiere un procedimiento de actualización de ubicación normal.

La secuencia de operaciones para el registro se presenta esquemáticamente en la figura 3.3.

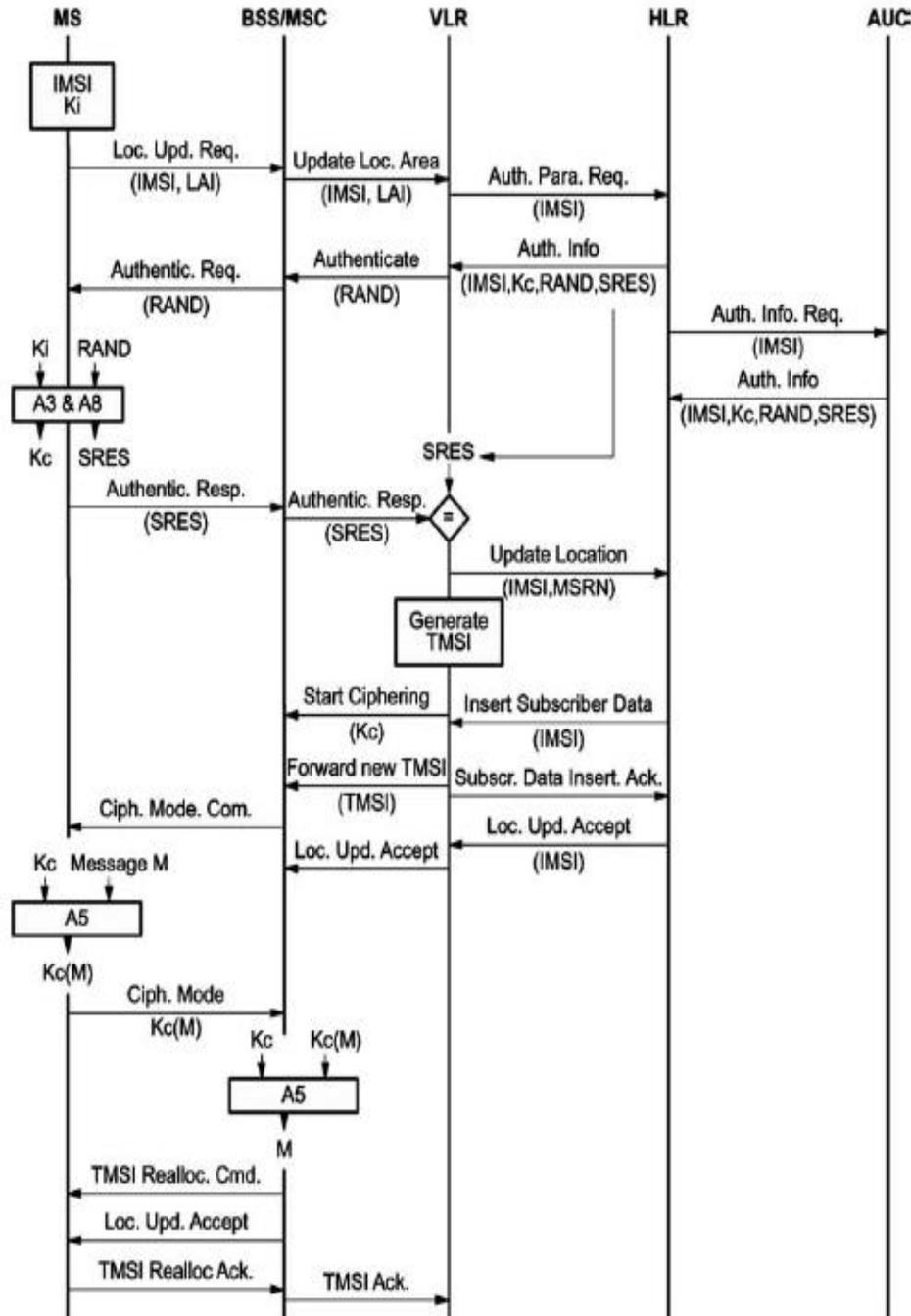
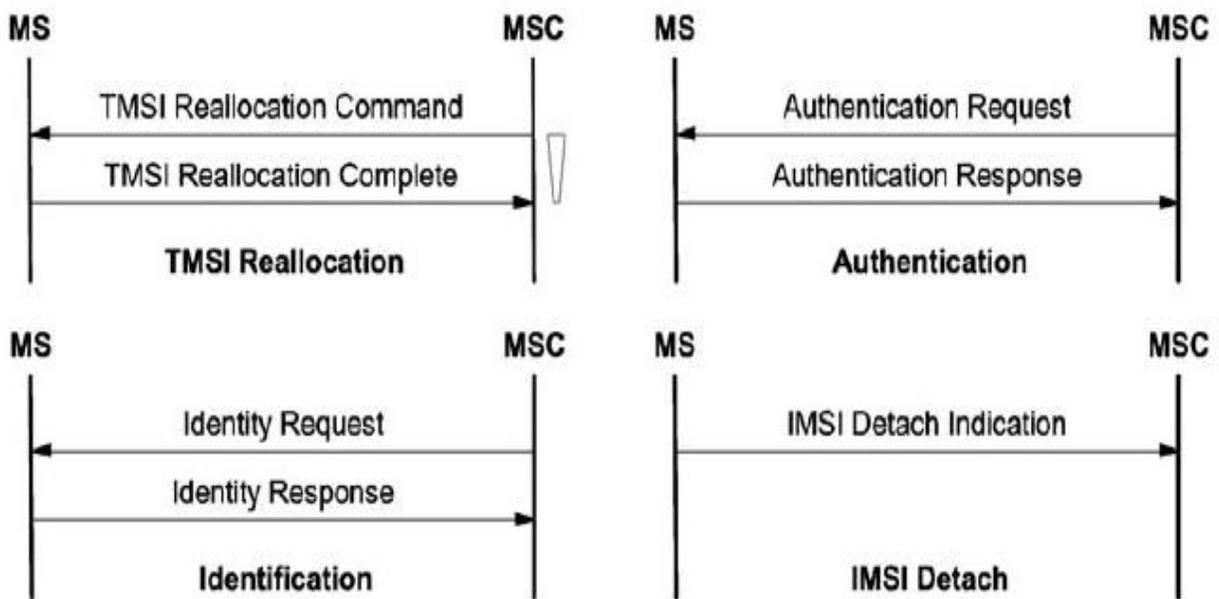


Figura 3.3 Visión general del procedimiento de registro de localización.

Después de que un abonado ha solicitado el registro en su ubicación actual mediante el envío de una solicitud de actualización de localización con su IMSI y la zona de ubicación actual (LAI), primero el MSC instruye al VLR con un mensaje

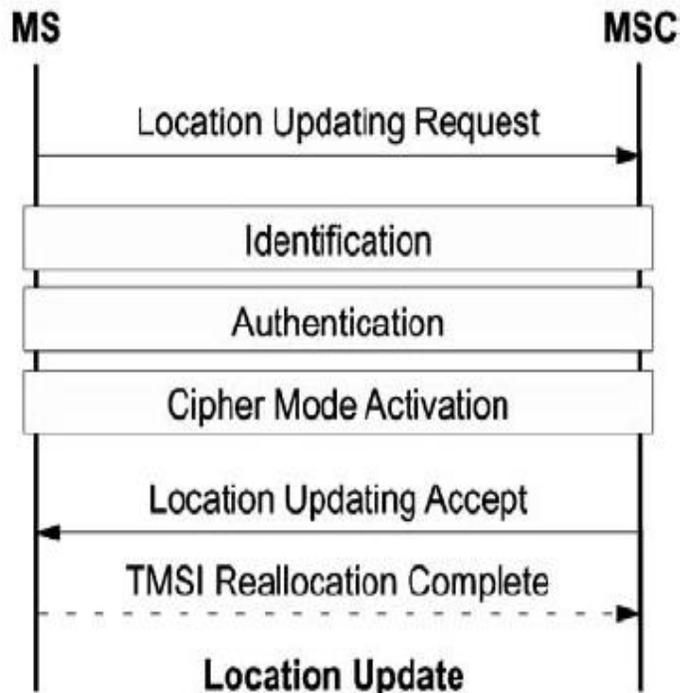
MAP “UPDATE LOCATION AREA” para registrar la MS con su actual LAI. Para que esta inscripción sea válida, la identidad del abonado se ha de comprobar primero, es decir, el procedimiento de autenticación se ejecuta. Para este propósito, los parámetros de autenticación deben ser solicitados desde el AUC a través del HLR. Los conjuntos pre calculados de los parámetros de seguridad (Kc, RAND, SRES) no se transmiten generalmente de forma individual a la VLR respectiva. En la mayoría de los casos, varios juegos completos se mantienen a la mano por varias autenticaciones. Cada conjunto de parámetros, sin embargo, sólo puede utilizarse una vez, es decir, el VLR debe actualizar continuamente su suministro de parámetros de seguridad (solicitud de parámetro de autenticación). Después de la autenticación exitosa, el abonado se le asigna un nuevo MSRN, que se almacena con el LAI en el HLR, y una nueva TMSI también está reservada para este abonado, esto es reasignación TMSI (Figura 3.4).



**Figura 3.4 MM procedimientos de señalización de la categoría “común”.**

Para cifrar los datos de usuario, la estación base necesita la clave de cifrado Kc, que recibe de la VLR por medio del MSC con el comando “START CIFRADO.” Después que el cifrado de los datos de usuario ha comenzado, el TMSI se envía en forma cifrada a la MS. Simultáneamente con la asignación TMSI, el registro

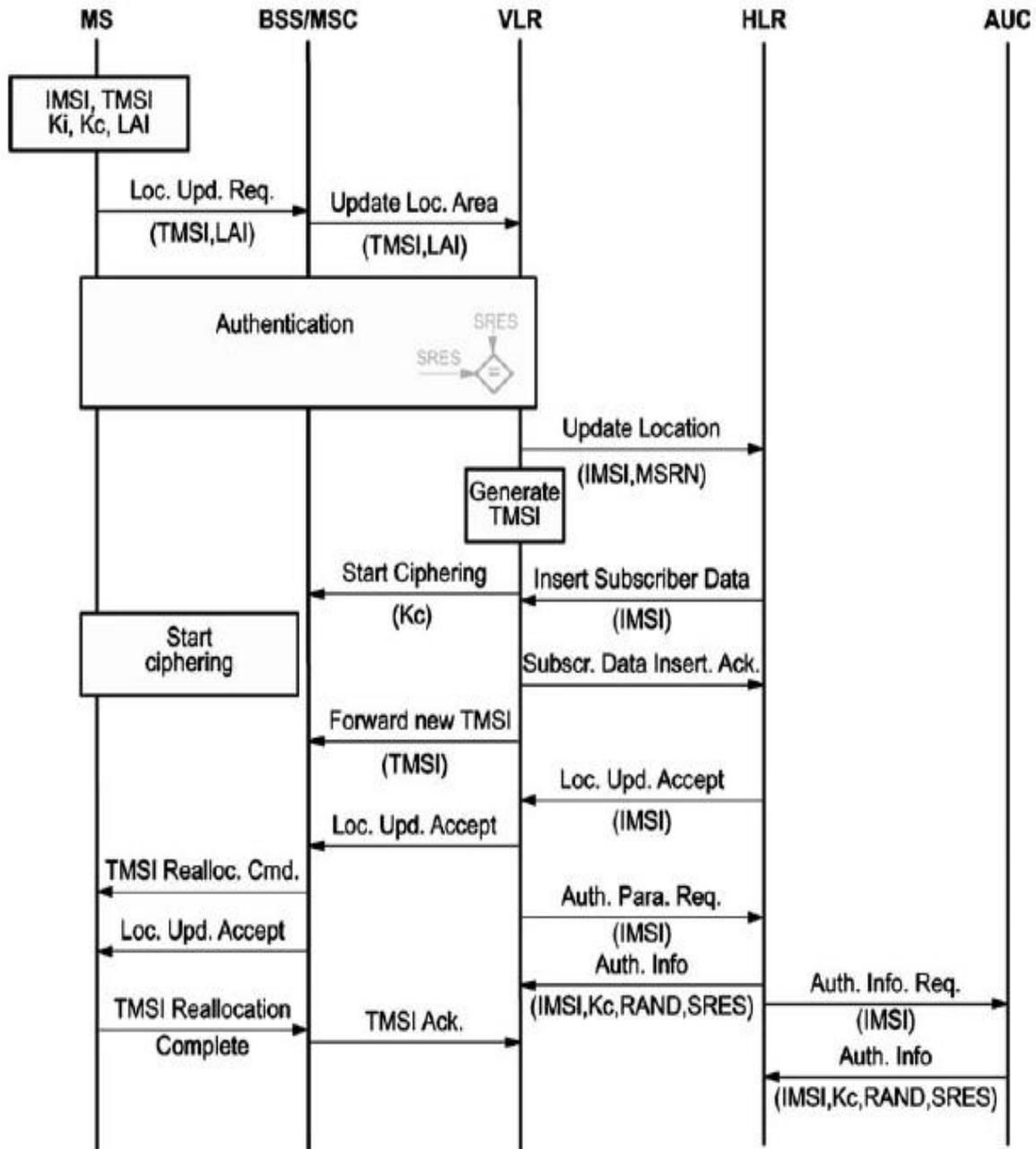
correcto y exitoso en la PLMN se reconoce (“LOCAPDATE ACCEPT”). Por último, la MS confirma la recepción correcta de la TMSI (“TMSI REALLOCATION COMPLETE”; Figura 3.5).



**Figura. 3.5 MM procedimientos de señalización de la categoría “específica”.**

Mientras que la información de ubicación se actualiza, el VLR está obteniendo información adicional sobre el abonado, por ejemplo, la categoría MS o parámetros de configuración para los SS. Para este propósito, el procedimiento de inserción de abonado de datos se ha definido (mensaje “INSERT SUBSCRIBER DATA” en la figura 3.3). Se utiliza para el registro o la actualización de la ubicación en el HLR para transmitir los datos actuales del perfil de abonado al VLR. En general, este procedimiento MAP puede ser utilizado siempre cuando los parámetros de perfil se cambian, por ejemplo, si el abonado vuelve a configurar un SS como el desvío incondicional. Los cambios se comunicarán inmediatamente al VLR con el abonado de inserción de datos interno.

El procedimiento de actualización de ubicación se ejecuta si la MS reconoce (por lectura de la difusión LAI en el BCCH) que está en un área de ubicación nueva, lo que conduce a la actualización de la información de ubicación en el registro HLR. Alternativamente, la actualización de la ubicación también puede producirse periódicamente, independientemente de la ubicación actual. Para este propósito, un valor de intervalo de tiempo se emite en la BCCH, que establece el tiempo entre actualizaciones de ubicación. El objetivo principal de esta actualización de ubicación es conocer la ubicación actual para llamadas entrantes o mensajes cortos, para que la llamada o el mensaje puedan ser dirigidos a la ubicación actual de la MS. La diferencia entre el procedimiento de actualización de la ubicación y el procedimiento de registro de localización es que en el primer caso la MS ya se le ha asignado un TMSI. La TMSI es única sólo en la conexión con un LAI, y ambos se mantienen juntos en el almacenamiento no volátil de la tarjeta SIM. Con un TMSI válido, la MS también mantiene una clave de cifrado Kc para el cifrado de datos de usuario (Figura 3.6), aunque esta clave se renueva durante el procedimiento de actualización de ubicación. Esta clave se vuelve a calcular por la MS basado en el número aleatorio RAND usado para la autenticación, mientras que en del lado de la red también se calcula en el AUC y queda disponible en el VLR.

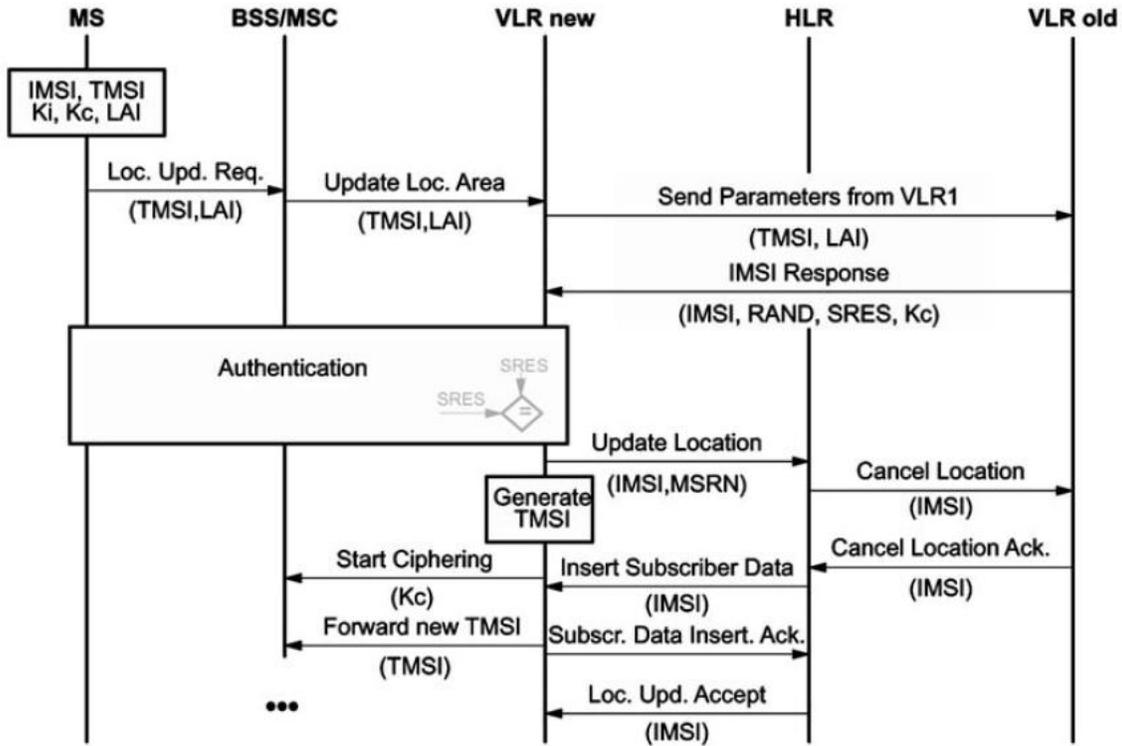


**Figura 3.6** Visión general del procedimiento de actualización de localización.

En correspondencia con el procedimiento de actualización de ubicación, existe un procedimiento de MM en la interfaz de aire de la categoría MM 'específica'. Adicionalmente a la correcta actualización de ubicación, hay tres bloques que se realizan en la interfaz aérea por tres procedimientos de la categoría "común"

(Figura 3.6): la identificación del abonado, la autenticación y el inicio de cifrado sobre el canal de radio. En el curso de la actualización de ubicación, la MS también recibe una TMSI nueva, y la ubicación actual se actualiza en el HLR. La figura 3.6 ilustra un caso estándar de actualización de ubicación. La MS ha entrado en una nueva LA o el temporizador para la actualización periódica de ubicación ha expirado, y la MS requiere actualizar su información de ubicación. Se supone que la nueva LA pertenece todavía al VLR mismo que el anterior LA, por lo que solamente un nuevo TMSI necesita ser asignado. Este es el caso más frecuente. Sin embargo, si no es tan crucial para mantener la identidad confidencial del abonado, es posible evitar la asignación de un nuevo TMSI. En este caso, sólo la información de ubicación se actualiza en el HLR / VLR.

La nueva TMSI se transmite a la MS en forma cifrada junto con el acuse de recibo de la actualización de localización exitosa. La actualización de la ubicación es completa después del reconocimiento de la MS. Después de la ejecución de la autenticación, el VLR puede completar su base de datos y sustituir el “consumed” de 3 (RAND, SRES, Kc) por otro solicitado desde el HLR / AUC.



**Figura 3.7 Ubicación de actualización después de cambiar el área VLR**

Si el cambio involucra tanto la ubicación de LA y VLR, el procedimiento de actualización de la ubicación es un poco más complicado (Figura 3.7). En este caso, el nuevo VLR tiene que solicitar la identificación y datos de seguridad para la MS desde el VLR antiguo y almacenarlos localmente. Sólo en casos de emergencia, si el VLR antiguo no puede ser determinado a partir del antiguo LAI o si el TMSI antiguo no es conocido en el VLR, el VLR nuevo puede solicitar la IMSI directamente desde la MS (procedimiento de identificación). Sólo después que una MS ha sido identificado a través de la IMSI desde el VLR antiguo y después de que los parámetros de seguridad están disponibles en el nuevo VLR, es posible que la MS sea autenticada y registrada en el nuevo VLR, para una nueva TMSI que se asignará, y para que la información de ubicación en el HLR sea actualizada. Después del registro con éxito en el nuevo VLR (“actualización de la ubicación aceptada”) el HLR ordena al VLR antiguo cancelar los datos de ubicación inválidos en el VLR antiguo (CANCELAR LOCALIZACIÓN).

En los ejemplos mostrados (Figuras 3.3, 3.6 y 3.7), la información de localización se almacena como un MSRN en el HLR. El MSRN contiene la información de enrutamiento de llamadas entrantes y esta información se utiliza para enrutar llamadas entrantes al MSC actual. En este caso, el HLR recibe la información de enrutamiento ya en el momento de la actualización de ubicación. Alternativamente, en el momento de actualización de ubicación, el HLR sólo puede almacenar el MSC actual y/o el número de VLR en relación con una TMSI, de tal manera que la información de enrutamiento sólo se determina en el momento de una llamada entrante.

### **3.2.6 Enrutamiento de Llamadas a MSs.**

El número marcado para llegar a un abonado móvil (MSISDN) no contiene ninguna información en absoluto acerca de la ubicación actual del abonado. Con el fin de establecer una conexión completa a un abonado móvil, sin embargo, se debe determinar la ubicación actual y el conmutador local responsable (MSC). Para ser capaces de enrutar la llamada a este interruptor, la dirección de encaminamiento para este suscriptor (MSRN) tiene que ser obtenida. Esta dirección de enrutamiento se asigna temporalmente a un abonado de su actual VLR asociado. A la llegada de una llamada en el GMSC, el HLR es la única entidad en la red GSM que puede suministrar esta información, y por lo tanto debe ser interrogado para cada configuración de la conexión a un abonado móvil. La secuencia principal de operaciones para el encaminamiento a un abonado móvil se muestra en la figura 3.8. Un interruptor ISDN reconoce desde el MSISDN que la llamada del abonado pertenece a un abonado móvil, y por lo tanto puede desviar la llamada al GMSC de la PLMN local del abonado basándose en la CC (Código de país) y NDC (Código de destino nacional) en el MSISDN (1). Esta GMSC ahora puede solicitar la dirección de enrutamiento actual (MSRN) para el abonado móvil desde el HLR utilizando la MAP (2,3). Por medio del MSRN la llamada es enviada a la MSC local (4), que determina el TMSI del abonado (5,6) e inicia el procedimiento de paginación en el área de ubicación correspondiente (7).

Después de que la MS ha respondido a la llamada de localización (8), la conexión se puede realizar.

Algunas variantes para determinar la vía e interrogar si el HLR existe, dependen de cómo el MSRN fue asignado y almacenado, si la llamada es nacional o internacional y dependiendo de las capacidades de los centros de conmutación asociados.

### **3.2.7 Efecto de la asignación MSRN en el enrutamiento.**

Hay dos maneras de obtener el MSRN:

- Obtener la actualización MSRN en la actualización de ubicación
- Obtener la MSRN en cada llamada.

Para la primera variante, un MSRN para la MS se le asigna en el momento de cada actualización de ubicación que se almacena en el HLR. De este modo, el HLR se encuentra en una posición para suministrar inmediatamente la información de encaminamiento necesaria para pasar una llamada a través de la MSC local.

La segunda variante requiere que el HLR tenga al menos una identificación para la actual VLR responsable. En este caso, cuando se solicita información de encaminamiento desde el HLR, el HLR primero tiene que obtener el MSRN del VLR. Esta MSRN se asigna en cada llamada, es decir, cada llamada implica la asignación de un MSRN nuevo.

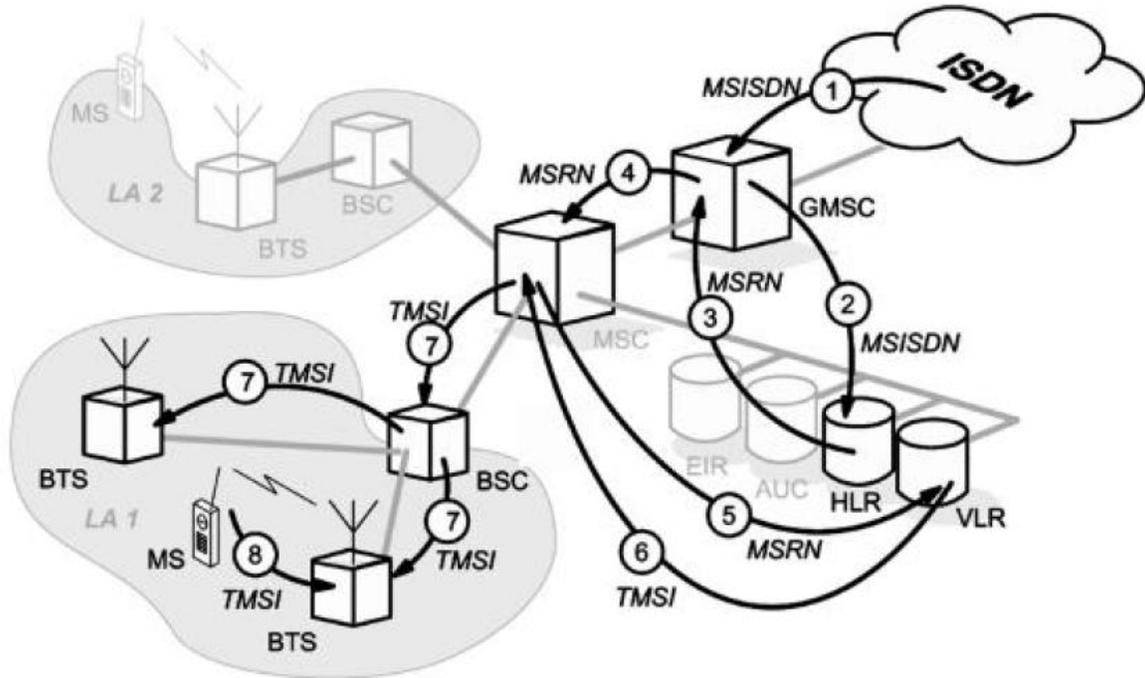
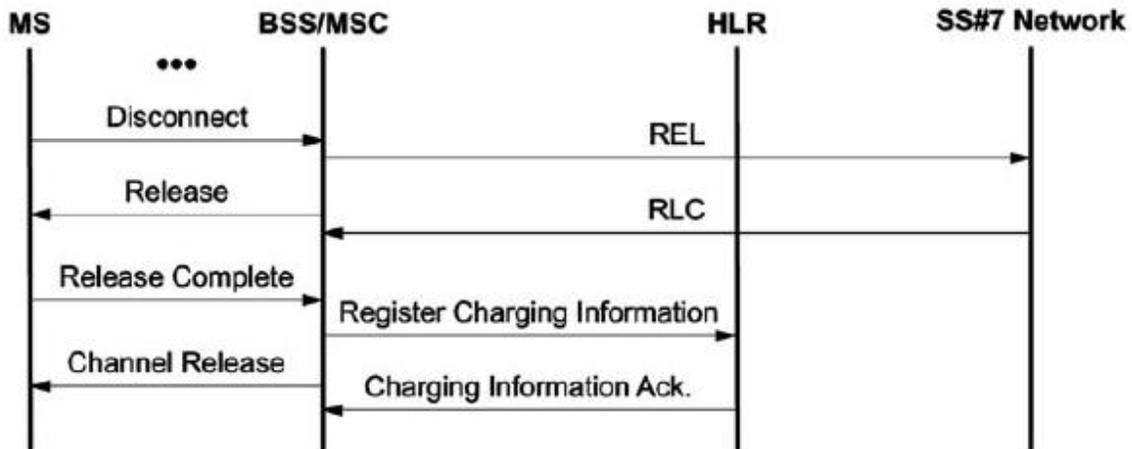


Figura 3.8 Principio de encaminamiento de las llamadas a abonados móviles.

### 3.2.8 Terminación de llamada.

En la interfaz de aire, una llamada dada puede ser terminada ya sea por el equipo móvil o por la red. El desmontaje de la conexión se inicia en la interfaz Um por medio de Mensajes CC, “DISCONNECT”, “RELEASE” y “RELEASE COMPLETE”. Esto va seguido de una liberación explícita de recursos de radio ocupados (“CHANNEL RELEASE”). En el lado de la red, la conexión entre los centros de conmutación implicados (MSC, etc) se termina usando los mensajes ISUP “REL” y “RLC” en la red SS7 (Figura 3.9).



**Figura. 3.9** Inicio de llamada móvil, terminación y almacenamiento de información de cargo.

Después de que la conexión se ha terminado, la información acerca de los costos (CHARGING INFORMATION) se almacena en el VLR o HLR utilizando MAP. Estos cargos pueden ser también necesarios para una llamada entrante, por ejemplo, si las tarifas de itinerancia son necesarias debido a que el abonado llamado no está en su PLMN local.

### 3.3 Tipos de Roaming.

Los usuarios de telefonía móvil se han acostumbrado a estar conectados en todas partes, incluso cuando viajan al exterior.

Como se menciona en capítulos anteriores Roaming es la capacidad que tiene un operador de red de brindar los mismos servicios disponibles en su red local a sus clientes, llamados “roamers”, cuando estos usan otros sistemas dentro del mismo país o en otros países. En la actualidad, hay dos tipos de “roamers”. Desde la perspectiva del operador se les define como:

- “Roamers entrantes”- Abonados de otro proveedor de servicio de telefonía móvil que llega a la red del operador local y utiliza los servicios de telefonía móvil.
- “Roamers salientes”- Abonados del proveedor de telefonía móvil local que visitan y emplean la red de otro operador.

El roaming se aplica a los mercados nacional e internacional.

### **3.3.1 Roaming Nacional.**

El roaming nacional se refiere cuando los clientes de un operador hacen uso de las redes de otros operadores dentro del mismo país. Se requiere de este tipo de roaming cuando la red local no brinda servicios en todos los territorios estados de la nación (los Estados Unidos y Brasil son buenos ejemplos). El roaming internacional se refiere a los llamados que se hacen desde fuera de la frontera del país de origen.

Para los operadores de telefonía móvil que no tienen licencia nacional, brindar una cobertura perfecta a lo largo de todo el país es, lejos, mucho más importante que el roaming internacional. Esto sucede en los Estados Unidos, donde el espectro fue otorgado en cientos de pequeñas áreas de licencias y los operadores se concentraron en la creación del roaming con otros operadores, en primer lugar, dentro del país, por esta razón el estándar ANSI-41, que se extendió masivamente en los Estados Unidos, tiene capacidades de roaming entre operadores muy sólidos. En Europa por otra parte, los operadores recibieron licencias nacionales, pero debido a los estrechos vínculos comerciales y a la proximidad de los países, el roaming internacional adquirió una gran importancia.

### **3.3.2 Roaming Internacional.**

Cada vez más, el roaming internacional se está convirtiendo en un servicio importante para los operadores de telefonía móvil por dos razones principales.

- La primera es satisfacer la demanda del cliente y, de esta manera, atraer clientes y retenerlos.
- La segunda, igualmente importante, es que el roaming internacional puede ser una significativa fuente de ingresos para los operadores.

El crecimiento de la demanda del roaming internacional está impulsado por un aumento en los viajes internacionales y una mayor penetración de la telefonía móvil. En los Estados Unidos, por ejemplo, más de 54 millones de personas viajaron al exterior, y más de 40 millones de turistas llegaron al país en el 2003, y se estimó que la cantidad de viajeros que partirían y llegarían a los Estados Unidos aumentaría un 9% en 2004. Debido a que se han instalado redes de telefonía móvil en todo el mundo y que los teléfonos móviles se han convertido en un componente estándar de la vida diaria, los viajeros quieren poder usar sus dispositivos inalámbricos cuando viajan al exterior. En un estudio realizado en Europa, el Yankee Group informó que el 41% de los encuestados usaban la telefonía móvil cuando estaban de vacaciones, y que el 34% de los clientes de telefonía móvil prepaga usaban sus teléfonos cuando estaban en el exterior.

### **3.3.3 Desafíos del Roaming Internacional.**

La habilitación del roaming internacional significa mucho más que brindar servicios de soporte que reconozcan a los “roamers” y automáticamente los incluyan en la red. Para el roaming verdaderamente universal se requieren teléfonos capaces de soportar múltiples tecnologías o deben estar diseñados para operar en diferentes bandas del espectro radial.

Asimismo, con la adopción cada vez mayor de los servicios de datos, en especial de los servicios de datos de Tercera Generación (3G), brindar una buena conexión con el contenido “local” generado en la red de origen será cada vez más importante.

### **3.3.4 Roaming Interstandard.**

En la actualidad, los servicios de telefonía móvil son abastecidos por tecnologías múltiples, incluyendo la analógica y la digital, y en una amplia gama de bandas de espectros lo que presenta desafíos significativos para ofrecer un buen servicio de roaming internacional. Los sistemas analógicos de primera generación (1G) aún operan en muchas partes del mundo en 800 y 450 MHz. En el mundo de 2G, hay cuatro estándares principales (CDMA, GSM, PDC y TDMA) que usan múltiples bandas de frecuencia (800, 900, 1700, 1800 y 1900 MHz). A medida que el mundo migra hacia la 3G, el panorama se torna incluso más complicado, ya que los sistemas CDMA2000, TD-SCDMA y WCDMA operan en 2.1 GHz y todas las otras bandas usadas para los servicios 1G y 2G. Por tanto, para brindar un roaming global verdadero, los teléfonos y las plataformas necesitan soportar los estándares analógicos y digitales de 2G y 3G en múltiples bandas de frecuencia.

El desafío con el roaming interstandard no es sólo la diferencia de bandas, sino la conversión de ANSI-41 a GSM MAP. En el pasado, el tamaño del terminal había sido tan valioso que los fabricantes no tenían mucho espacio para todo lo que era el circuito, capacidades de memoria, control de potencia y chip ASIC. Los OEM (fabricantes de equipos originales) de los teléfonos CDMA y GSM siempre buscaban formas de aumentar estas capacidades a la vez que reducían el tamaño real de cada componente. A medida que pasó el tiempo, los fabricantes de equipos CDMA lograron reducir el tamaño necesario para cada uno de estos componentes, lo que dejó mayor espacio para el mother board. Esto condujo, por

ejemplo, al desarrollo del chipset Qualcomm MSM6300, que soporta el roaming interstandard.

### 3.3.5 Roaming de datos.

A medida que los servicios de datos ganan popularidad, el roaming nacional e internacional también debe abarcar estas formas de comunicación inalámbricas. Poder permanecer comunicado mientras uno viaja incluye poder usar servicios SMS y de Mensajería Instantánea, tener acceso al correo electrónico y a las Intranet corporativas así como poder acceder al contenido local de viajes y entretenimientos, independientemente de dónde se encuentre el cliente. El roaming de datos requiere los mismos tipos de acuerdos e interconexiones de red que el roaming de voz. Sin embargo, hay un elemento crítico del roaming de datos que los operadores tienen que abordar: el acceso al contenido. Si bien éste no es un problema para el cliente que quiere usar su computadora portátil habilitada con módem para acceder a los datos corporativos o navegar por Internet, se torna un desafío cuando se trata de contenido específico del operador para las terminales, teléfonos inteligentes y dispositivos PDA.

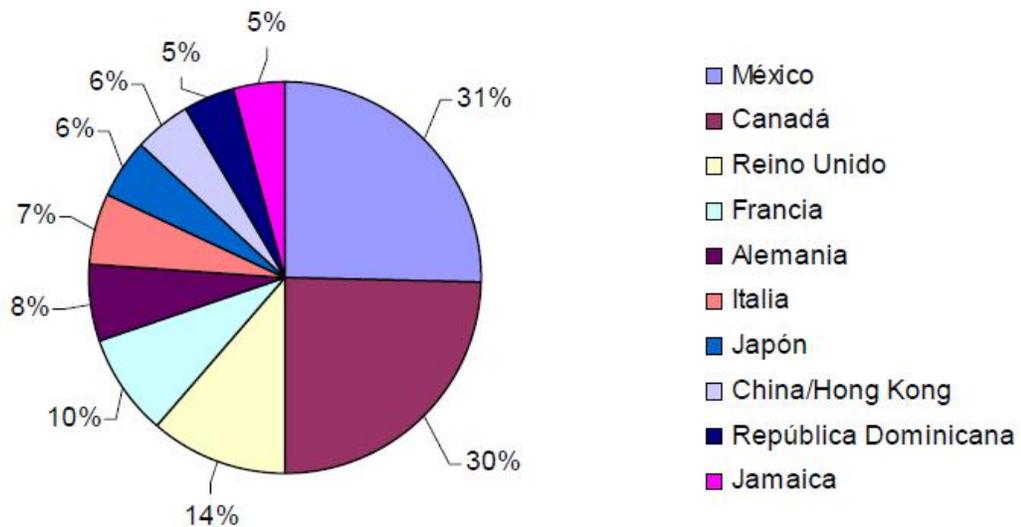
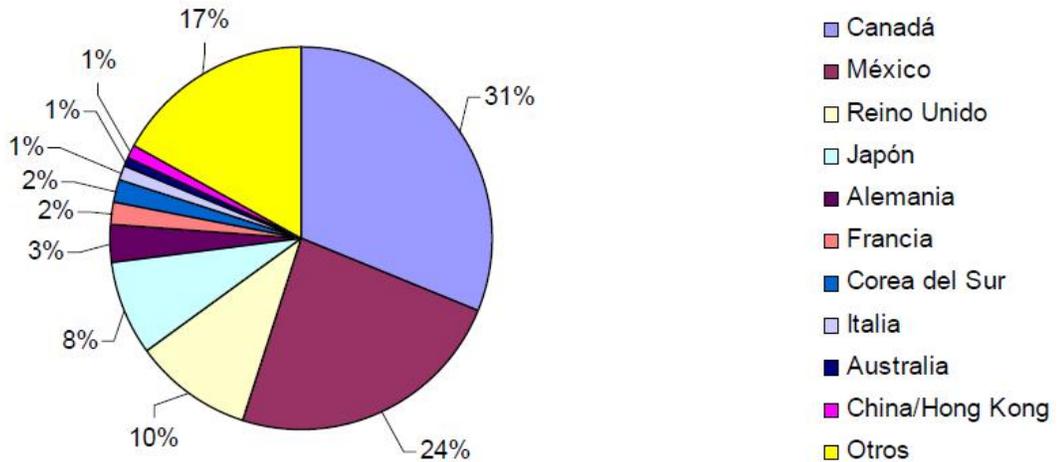


Figura 3.10 Principales destinos de los viajeros estadounidenses en el 2003.



**Figura 3.11 Viajeros que llegaron a los Estados Unidos en el 2003.**

Muchos operadores de CDMA2000 han celebrado acuerdos con operadores de GSM, lo que les permite ofrecer roaming internacional en regiones como África, Europa, Asia y el Caribe. Hasta hace poco, el roaming de CDMA2000 a GSM requería que los operadores proporcionaran teléfonos GSM en préstamo a sus abonados; con la introducción de teléfonos de modo y banda múltiples, los operadores CDMA2000 ahora pueden brindar un roaming transparente a través de las redes CDMA2000 y la mayoría de las de GSM con un único dispositivo.

## **CAPÍTULO 4 DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO DE ROAMING INTERNACIONAL.**

### **4.1 Áreas de Servicio.**

En el entorno móvil, los servicios y necesidades de comunicación están creciendo, tanto en abonados, como en servicios de tráfico de datos. Sin embargo, en cuestión de servicios de roaming, aun no se tiene un gran avance, apenas se esta empezando. En cuanto a las áreas de servicio de roaming, va a depender de la región mundial de la que se esté tratando, por lo que vamos a tener que dividir, en varias partes de roaming, para poder diferenciar cada uno de ellos. Entonces tenemos:

México y América Latina.

Norteamérica.

Europa.

Asia.

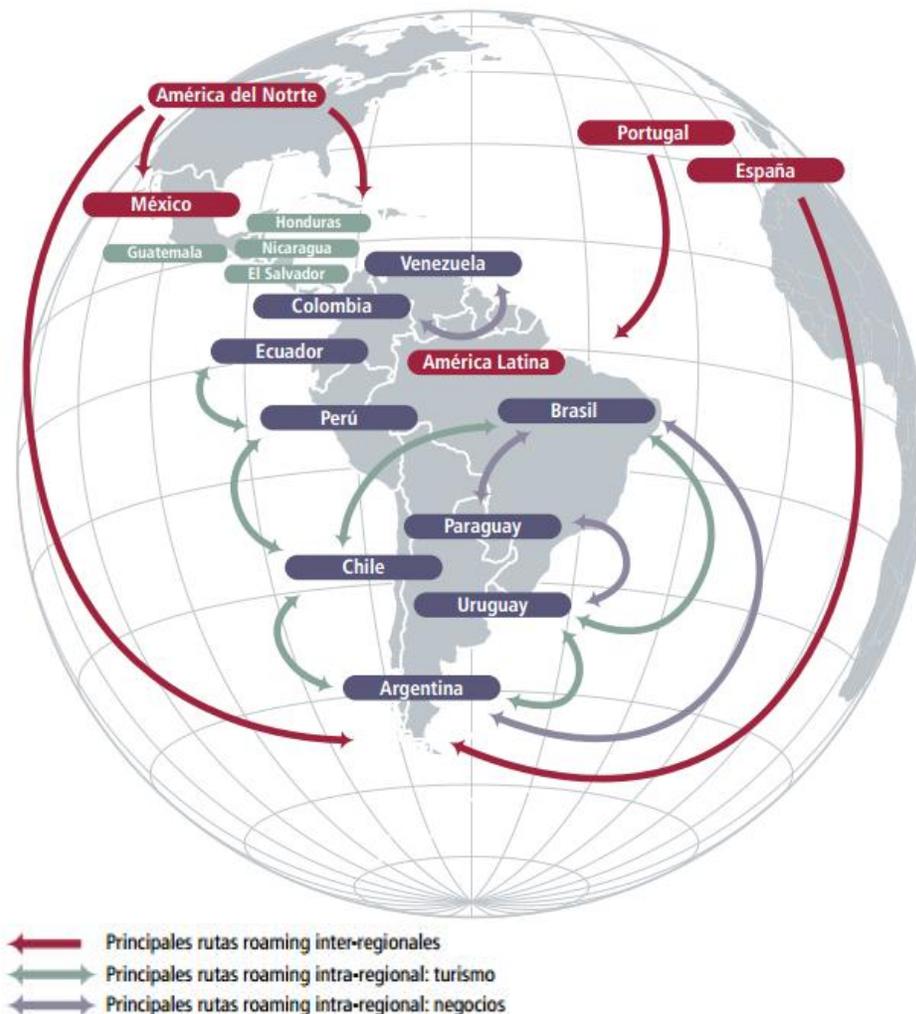
#### **4.1.1 México y América Latina.**

Los países de América Latina se encuentran en diferentes procesos dentro de la economía mundial, en su desarrollo económico, con diferencias en sus tasas de inflación, los tipos de cambio, costos laborales, Producto Interno bruto per cápita PIB. El PIB en algunos países es hasta 12 veces mayor que en otros, pero en comparación con regiones de Europa el roaming ha tenido un avance muy pobre. En América Latina solo el 7% de la población viajo al extranjero en el 2011, teniendo un bajo consumo de datos en el uso del roaming por las grandes distancias entre países, y tarifas de viaje caras.

En cuanto al tráfico de usuarios de roaming, se tiene un 90% de uso en llamadas de negocio, y el resto llamadas de carácter personal, por lo que la penetración en cuanto uso del móvil, varía en función de la región.

En América Latina existen mas de 500 acuerdos de servicio de roaming y van creciendo junto con las rutas que se están desarrollando, donde se da especial interés, a rutas de negocios, comercio y turismo.

Las rutas de roaming, varían de operador a operador, pero se puede ver en la figura 4.1 un análisis de como se ha venido dando el tráfico en la región.



**Figura 4.1 Principales rutas de roaming en las regiones de América Latina.**

La GSMA el 10 de septiembre del 2012, lanza un plan de transparencia de roaming de datos en la región teniendo a mas de 40 operadores de redes móviles involucrados en este. Ofreciendo mayor visibilidad en sus costos a los usuarios en el uso de sus datos, mediante mensajes de texto, con topes de gastos mensuales en roaming, y la suspensión temporal del uso de datos cuando se exceda. Todo esto con la finalidad de ayudar al usuario y que tenga una mejor experiencia.

#### **4.1.2 Norteamérica.**

Los usuarios de la región norteamericana, son los que en la actualidad tienen los mas altos costos por el uso de roaming, a lo que también se esta trabajando en esto para poder mejorarlos. En México se ofrecen planes para los usuarios, donde se pueden ahorrar hasta un 80% en costos, cuando los contratan, lo mismo pasa con operadoras estadounidenses. Lo importante aquí es que el usuario este informado, y pueda elegir entre la diversa gama de productos y servicios, para poder hacer uso de estos.

#### **4.1.3 Asia.**

Dependiendo del uso y costos de roaming, los usuarios han optado por sustituir los servicios de roaming por los del uso de una SIM local, en particular en Asia utiliza esta modalidad, gente que visita constantemente esta región, personas tales como trabajadores extranjeros o emigrantes. Ante esto las operadoras del medio oriente han optado por ofrecerles un número local por medio de una tarjeta SIM que trabaja en paralelo con su número de su localidad, pero sin la necesidad de tener una SIM adicional.

Por ejemplo los usuarios de la región de Asia- Pacific están haciendo uso de sustitos de roaming, Han adoptado el uso de la Tarjeta SIM, en diversas partes de esta región. Esto se ve reflejado, llamada tras llamada, en el mercado de Asia, y el

uso del sustituto se ha venido incrementando, tendiendo a la baja los precios de roaming.

#### 4.1.4 Europa.

El uso de la tecnología GSM en la región europea ha tenido mayor aceptación, y por ubicación geográfica de los países Europeos, comúnmente unidos entre sí. Los usuarios tienen mayor movilidad, para trasladarse de un país a otro, por consiguiente los acuerdos de roaming entre países europeos han tenido un mejor avance. En cuanto a la utilización, existe una 35% de usuarios de móviles, que ya sea por negocios, turismo utilizan estos servicios. Los proveedores de servicio ofrecen tarifas globales de roaming que son comparadas en costo a las tarifas locales, beneficiando a los usuarios con un gran ahorro.

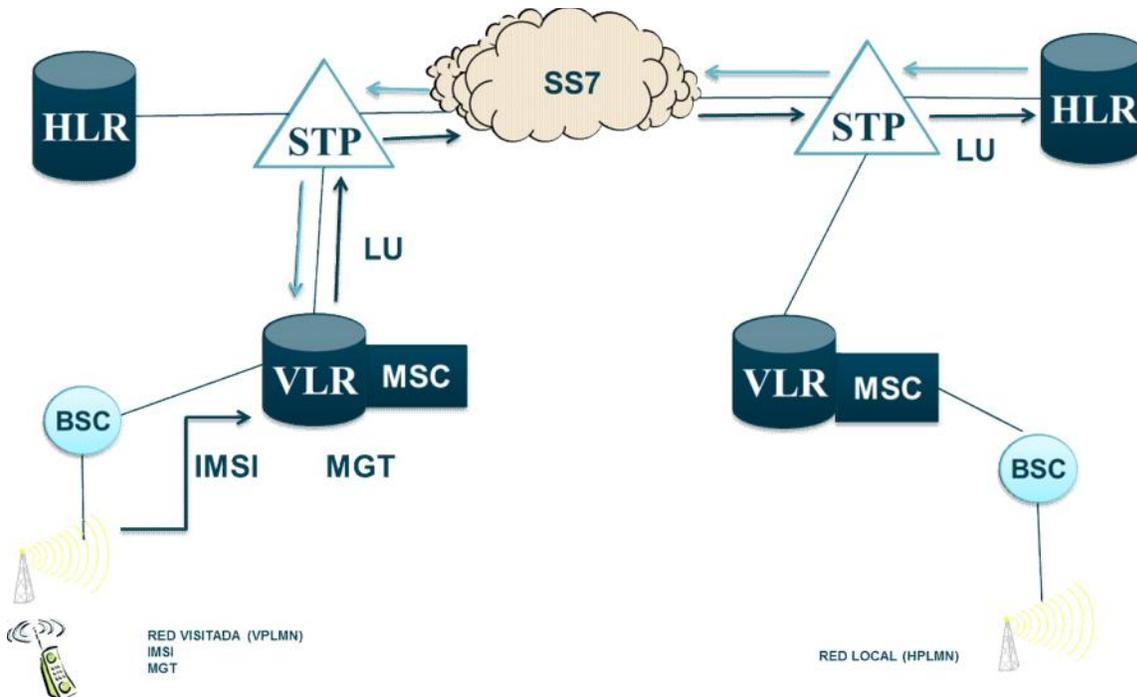
En Europa, los operadores de telefonía móvil están obligados, desde marzo de 2010, a informar a sus clientes los precios cuando se conectan a una red de datos por primera vez, aunque se reconoce que esto puede significar un costo para las compañías.

#### 4.2 Proceso de registro

Cuando una estación móvil (subscriber) se mueve de una **LAC (Código de área de Localización)** a otra, se puede considerar como un caso de Roaming y también cuando el usuario se ha movido de un país a otro (diferente LAC) o a otra **PLMN (VPLMN Red Móvil Pública Visitada)**. El proceso de registro se inicia cuando es encendido el móvil en una nueva LAC o cuando se cambia de una LAC a otra. Si la nueva LAC pertenece a una nueva MSC/VLR, el MSC/VLR informa al HLR de la nueva dirección de VLR. Durante este proceso se realiza un intercambio de mensajes de señalización **MAP (Parte de aplicación Móvil. Mobile Application Part)** entre el móvil, el HLR y la MSC/VLR tales como

Location Update (LU actualización de localización), IMSI **attach**/IMSI **detach** (registro o apagado de móvil) y la autenticación.

La figura 4.2 ilustra el proceso de registro cuando un usuario enciende su equipo en otra red.



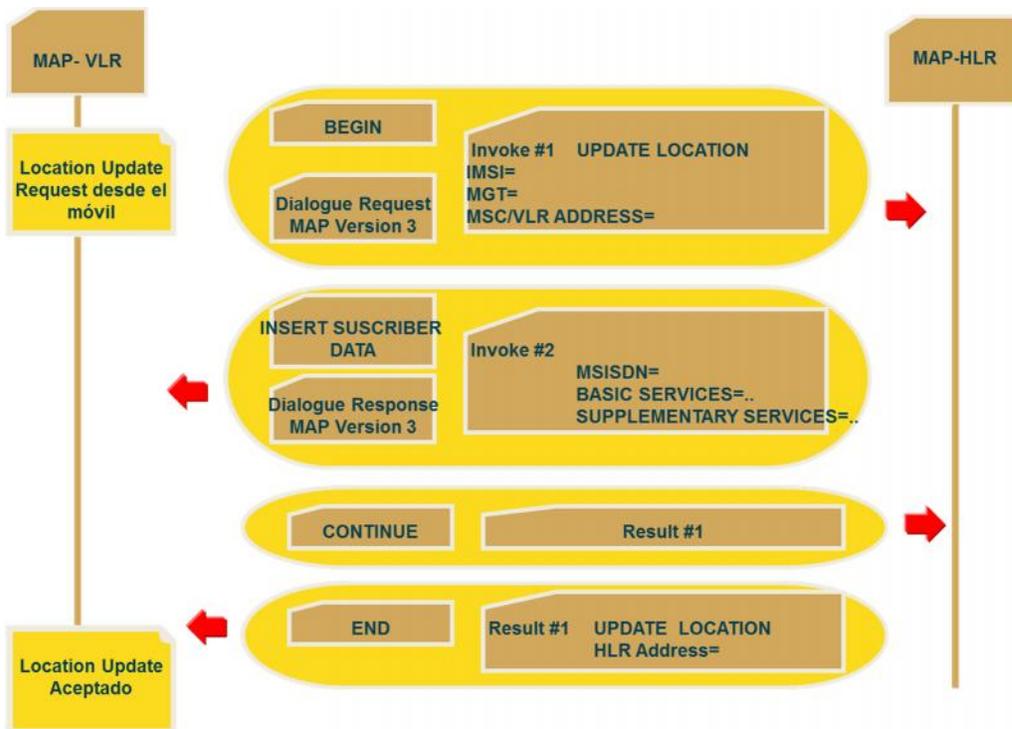
**Figura 4.2 Proceso de Registro en una red visitada (VPLMN).**

El suscriptor visitante envía su IMSI a la MSC/VLR para encaminar e iniciar el intercambio de señalización con el HLR de la HPLMN.

La MSC/VLR recibe el IMSI y busca en sus tablas el **MGT (Mobile Global Title)** que le corresponde a ese rango de IMSI (primeros dígitos del IMSI). Con el rango de IMSI y el MGT se realiza una traslación y se envía una solicitud de LU Request (mensaje de MAP) al HLR de la red local (HPLMN). Este mensaje de LU viaja a través de una red de señalización (entre carriers (portadoras) de señalización) y es entregado el mensaje al STP de la red HPLMN y este a su vez identifica el número trasladado para identificar a que HLR pertenece el suscriptor visitante. Después

que el HLR haya actualizado la información, envía un mensaje de respuesta usando la dirección del MSC/VLR del mensaje previo. El procedimiento de registro continúa por el HLR, el cual envía un mensaje MAP con datos del suscriptor al VLR incluyendo los servicios suplementarios y las restricciones en caso de que el usuario las tenga.

La figura 4.3 muestra los mensajes MAP que se intercambian durante el proceso de LU, así como la información intercambiada.



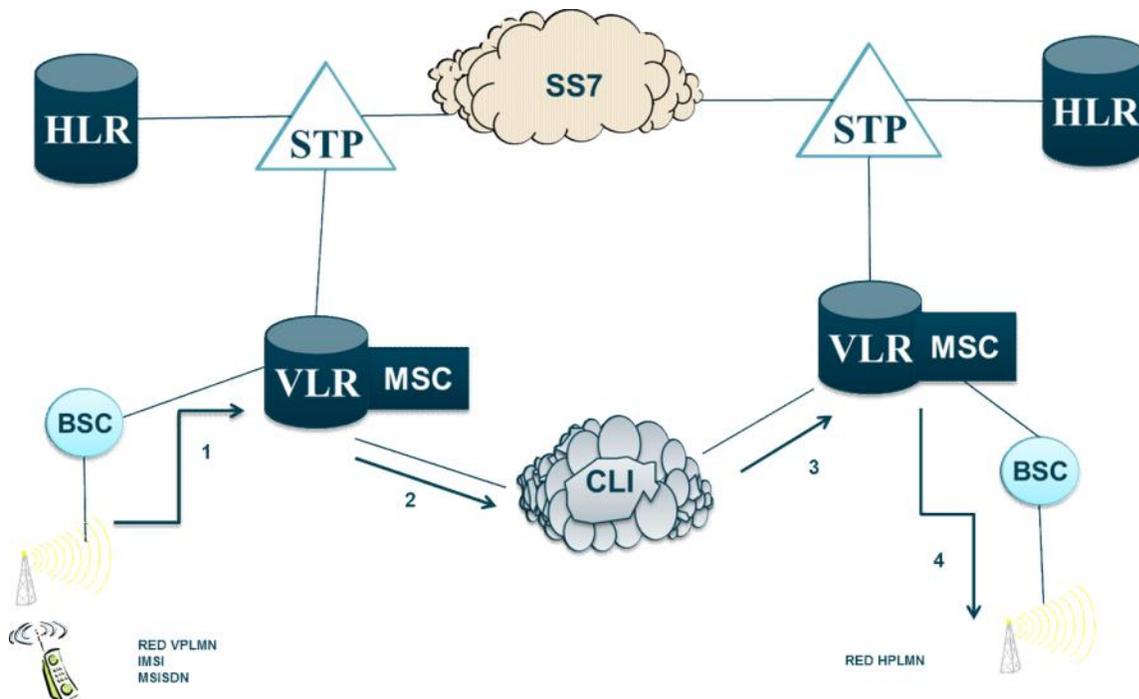
**Figura 4.3 Mensajes de señalización intercambiados durante el proceso de LU.**

### 4.3 Escenarios en Roaming

Una vez se ha realizado el proceso de registro (LU), el suscriptor o roamer esta listo para realizar y recibir llamadas, así como enviar y recibir mensajes cortos. Los principales escenarios en Roaming son:

- Llamada saliente
- Llamada entrante
- Mensajes cortos saliente y entrante

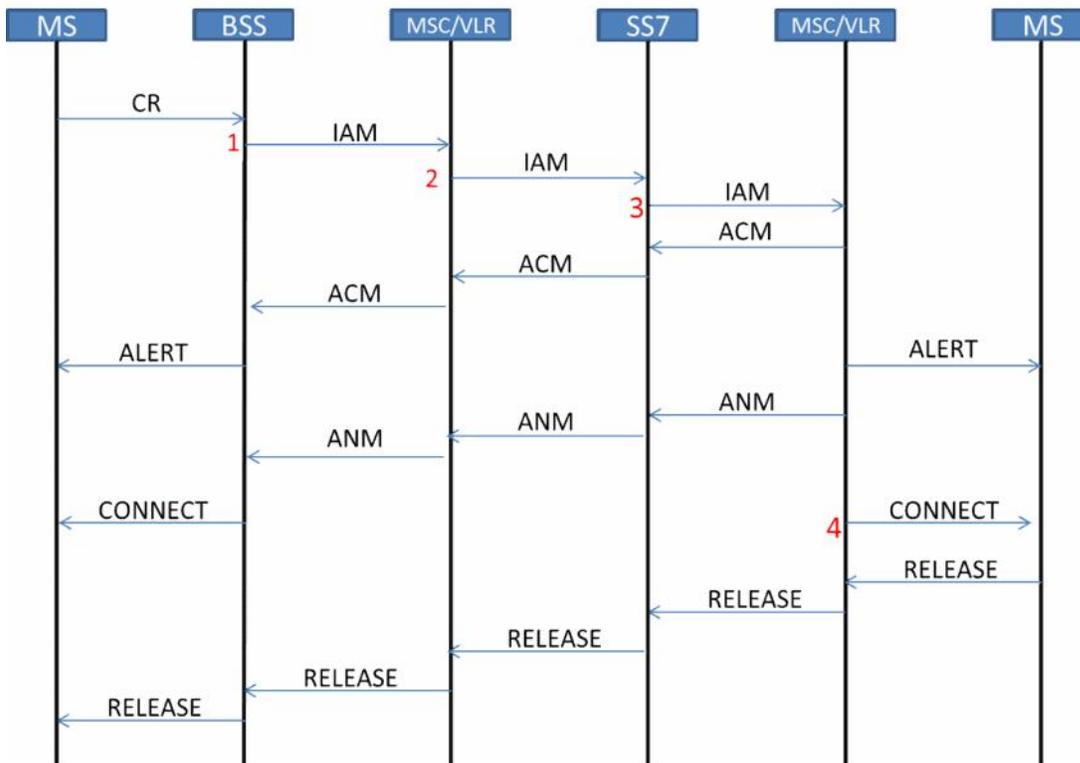
#### 4.3.1 Llamada saliente.



**Figura 4.4 Llamada saliente (MOC Mobile Originated Call).**

El suscriptor se encuentra en la VPLMN y realiza una llamada a otro usuario que se encuentra en su red origen HPLMN.

(1) La MSC de la red visitada recibe la llamada del suscriptor y realiza un análisis del número marcado, (2) al ver que no es un número perteneciente al plan de numeración local encamina la llamada a un carrier de larga distancia internacional (**CLI International Long distance Carrier**), este a su vez (3) completa la llamada hacia la MSC de la red local HPLMN y (4) la MSC local termina la llamada al usuario destino.



**Figura 4.5 MOC Flujo de señalización.**

- CR Call Request
- IAM Initial Address Message
- ACM Address Complete Message
- ANM Answer Message
- ALERT aviso de posible llamada en curso
- CONNECT la llamada es conectada y esta en curso
- RELEASE la llamada termina y el canal de señalización se libera

### 4.3.2 Llamada entrante.

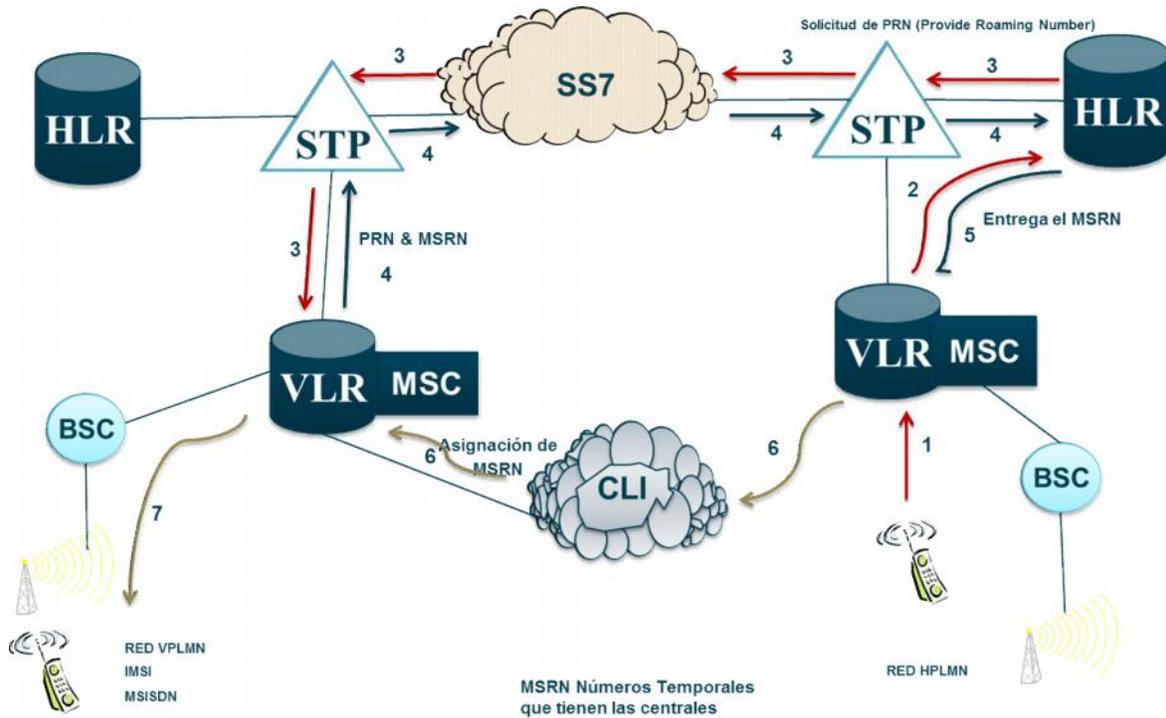


Figura 4.6 Llamada entrante (MTC Mobile Terminated Call).

El usuario visitante recibe una llamada desde su país origen.

(1) La radio base (BSC) envía la solicitud de llamada a la central MSC

(2) La MSC por medio del análisis de MSISDN, localiza en que HLR se encuentra la información del suscriptor a quién se le marco y le envía la llamada. El HLR tiene la capacidad de solicitar la localización actual del suscriptor para saber en que VLR se encuentra registrado.

(3) Una vez el HLR sabe donde esta registrado el usuario envía una solicitud de número temporal de Roaming (**PRN Provide Roaming Number**) a través de la red de señalización a la central donde se encuentra registrado el suscriptor. Cada central tiene una serie de números temporales asignados exclusivamente para uso del servicio de Roaming, estos números se les conoce como **MSRN (Mobile**

**Station Roaming Number**), esto es porque para enrutar una llamada a una estación móvil que esté haciendo Roaming se le debe asignar un número perteneciente a la red en donde se encuentre.

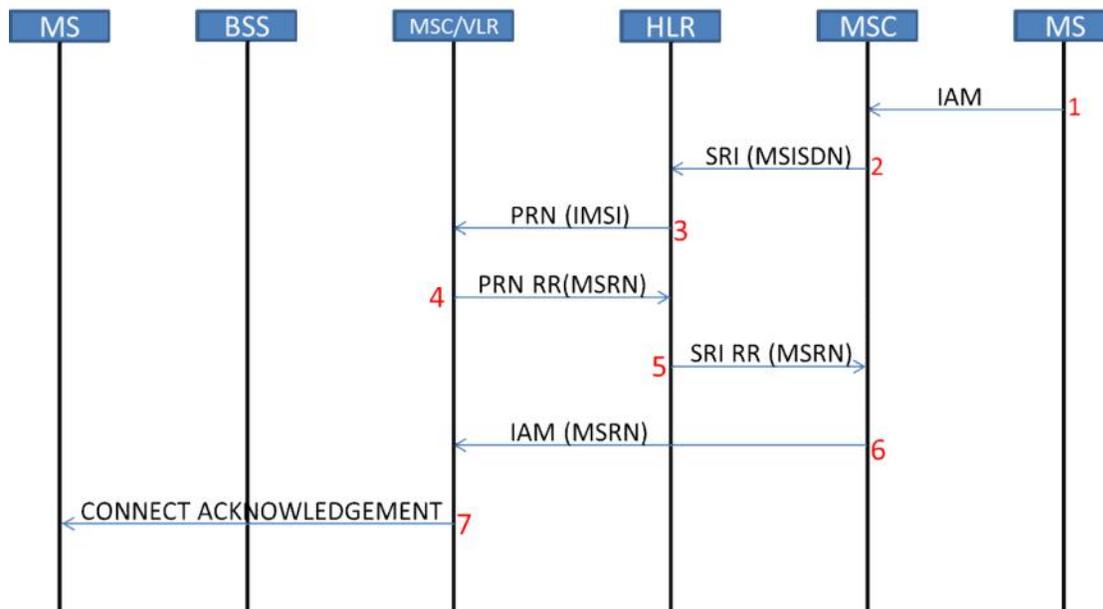
(4) La MSC de la red visitada (VPLMN) asigna este número temporal y lo envía al HLR de la red local (HPLMN)

(5) este le contesta a la MSC que recibió la llamada, enviándole el número temporal asignado para que la central por un canal.

(6) enlace la llamada hacia la central visitada y

(7) finalmente esta central entregue la llamada al suscriptor llamado.

La figura 4.7 ilustra los mensajes de señalización generados en este escenario.



**Figura 4.7 MTC Flujo de señalización.**

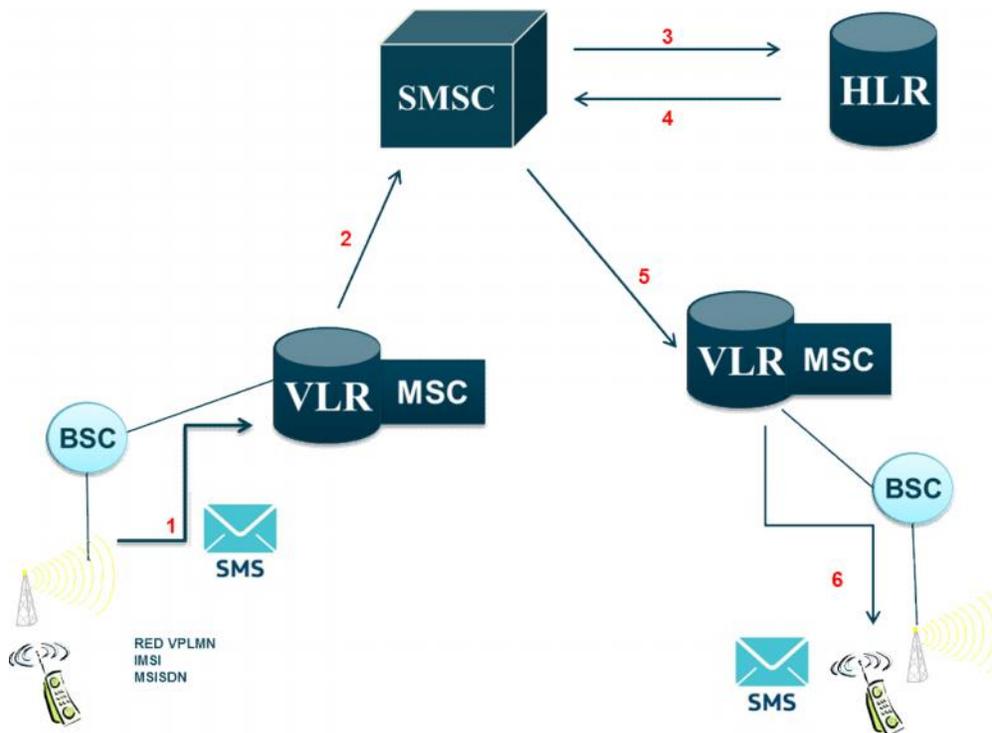
- IAM Initial Address Message
- SRI Send Routing Information
- PRN Provide Roaming Number
- RR Request Response

#### 4.3.3 Mensajes Cortos (SMS Short Message Service).

El servicio de mensajes cortos es la transmisión de mensajes de texto de un suscriptor a otro. Los mensajes están compuestos de 160 caracteres máximo.

El envío y recepción de sms se divide en dos partes. La primer parte es el envío del SMS y la recepción en el Centro de Mensajes (**SMSC, SMS Center**), la segunda parte es la entrega al suscriptor que lo recibe.

En este trabajo analizaremos el envío de SMS entre dos suscriptores que están en la misma red visitada (VPLMN).



### Figura 4.8 Servicio de mensajes cortos.

(1) El mensaje corto (SM) es enviado desde la estación móvil hacia la MSC que le da servicio (MSC). La dirección del SMSC a donde debe ser enviado el mensaje se encuentra almacenado en la **SIM card (Módulo de Identificación del usuario. Subscriber Identity Module)** del suscriptor origen y debe ser enviado a la MSC con el mensaje.

(2) la MSC envía el SM al SMSC. El SMSC regresa una respuesta positiva (ACK Acknowledge) o negativa (NACK Non Acknowledge) indicando si el mensaje fue recibido o no.

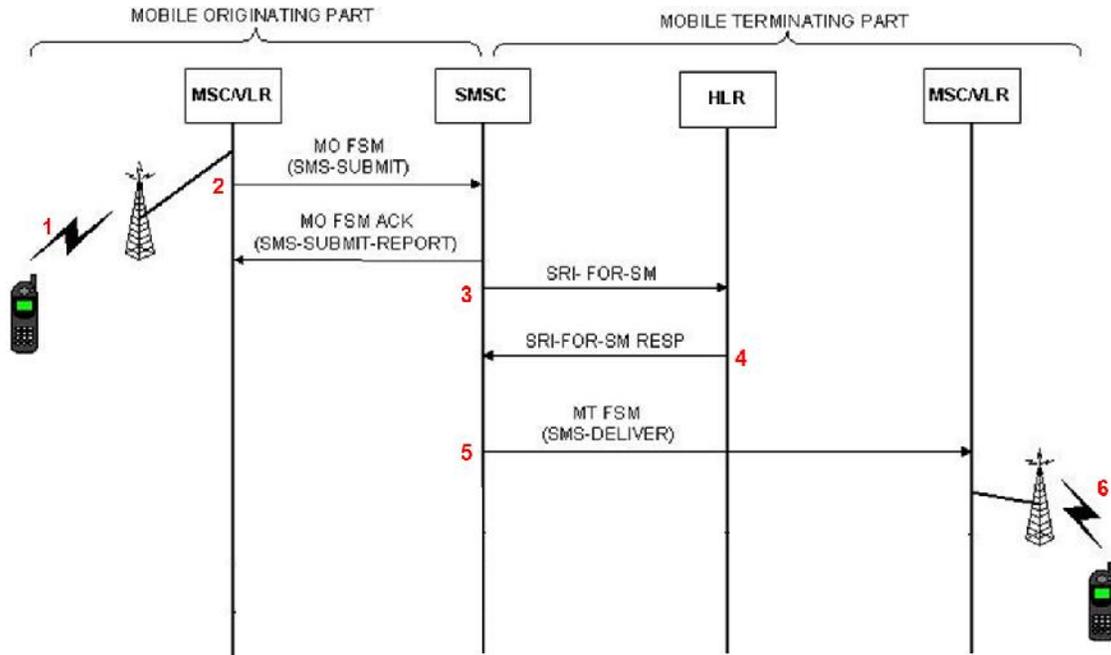
(3) Para que el MS sea entregado, el SMSC tiene que encontrar la MSC e IMSI que le da servicio al suscriptor que va a recibir el mensaje. Esta información es regresada por el HLR basado en el MSISDN del suscriptor que recibe el SM.

(4) El HLR entrega la información de enrutamiento al SMSC, incluye el IMSI y el número de la MSC que le da servicio.

(5) Basado en esta información el SMSC entrega el SM a la MSC y esta a su vez

(6) entrega el SM al suscriptor destino.

Los mensajes de señalización que se generan en este escenario se ilustran en la figura 4.9.



**Figura 4.9 SMS Flujo de Señalización.**

- MO FSM (MO Forward SM - Mobile Originating Forward Short Message)
- SRI-SM (Send Routing Information for Short Message)
- MT FSM (MT Forward SM - Mobile Terminating Forward Short Message)

## CAPITULO 5. PROCESO DE CERTIFICACION

### 5.1 GSMA. GSM Asociación.

El Interworking Roaming Expert Group (IREG) ha elaborado el documento IR24 que contempla los posibles escenarios en GSM Association Phase 1 (2ª Generación) que puede utilizar un usuario en roaming. Este formulario de pruebas debe ser completado con éxito e intercambiado con el roaming partner para su posterior verificación.

Los casos de prueba están divididos según el tipo de servicio en 3 grandes grupos:

- Servicios Básicos.
- Servicios Suplementarios.
- SMS.

También se pueden dividir según la participación de los operadores como:

- Pruebas Comunes que tienen que realizarse con la participación de ambos roaming partners.
- Pruebas Individuales que cada operador desarrolla por cuenta propia.

Una buena estrategia a la hora de desarrollar las pruebas es optar por realizar primero los escenarios de pruebas individuales y finalmente las pruebas comunes para de esta forma tener cierto grado de seguridad en relación al éxito de las pruebas comunes. Lo complicado de las pruebas comunes es que deben de coordinarse tiempos, espacios y recursos no solamente dentro de la propia empresa sino también externamente con el roaming partner por lo que, en la

medida de lo posible, se debe de llegar a esta etapa cuando ya se tienen suficientes indicios para pensar que las pruebas resultarán exitosas.

Los objetivos principales que persigue la asociación GSM con el desarrollo de los casos de prueba descritos en el documento IR24 son:

1. Probar que el “Location Updating” (actualización de la ubicación del suscriptor) y el asociado “Inserting of Subscriber data” (inserción de la información del usuario) puede ser ejecutado exitosamente por la estación móvil (MS). Además también probar que “cancel location” (servicio de cancelación de la ubicación) funcione correctamente.
2. Probar que en las llamadas entrantes los siguientes procedimientos son efectuados:
  - a) HPLMN solicitando el Mobile Subscriber Roaming Number (MSRN) al VPLMN.
  - b) HPLMN enrutando adecuadamente la llamada.
  - c) VPLMN conectando la llamada.
3. Probar que se pueden efectuar las siguientes llamadas salientes:
  - a) Llamadas de Emergencia.
  - b) Llamadas locales.
  - c) Llamadas Internacionales.
4. Probar que los servicios suplementarios pueden ser registrados y activados.
5. Probar que el SMS está disponible entre el Centro de Mensajería (SMSC) del país de procedencia del roamer y la estación móvil.

## **5.2 Descripción del Protocolo IR24**

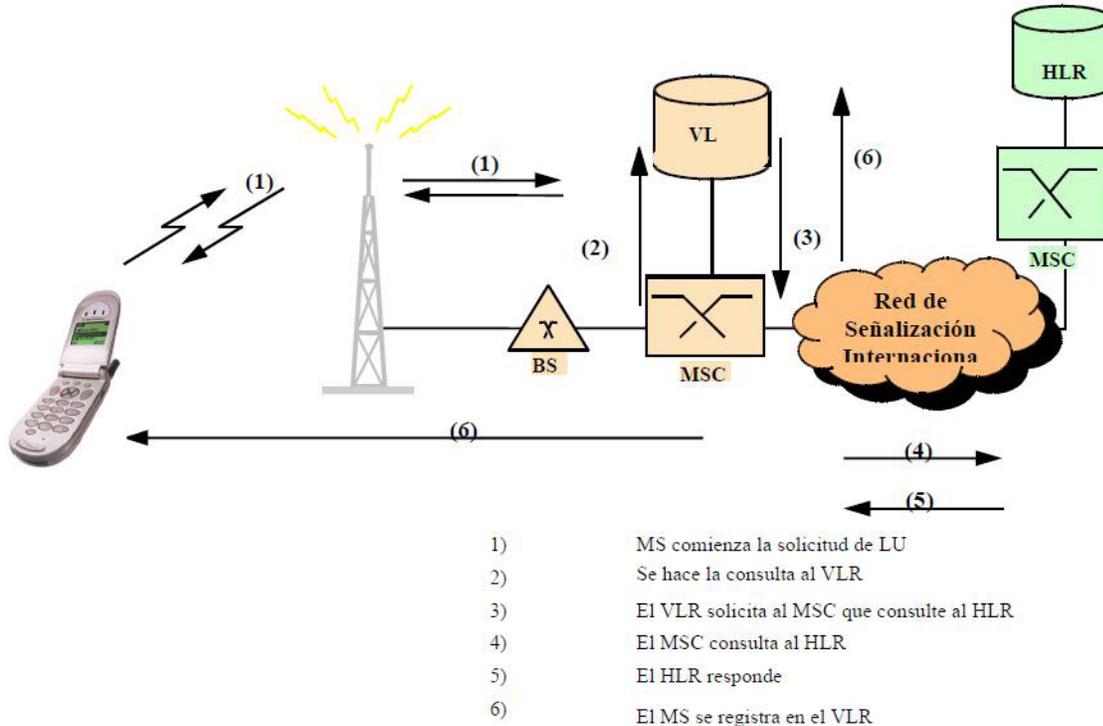
### **5.2.1 Descripción Teórica de las Pruebas IREG**

#### **5.2.1.1 Formulario IR24 Escenario de Prueba A.2.1.1 – Location Update (LU) en la VPLMN.**

Este es el primer evento que realiza un roamer cuando ingresa a una PLMN diferente a la contratada y en la cual existe ya establecido un acuerdo de roaming.

En el formulario de pruebas IR24 este evento debe documentarse y es la simulación del caso en el que el suscriptor (MS conteniendo la SIM card de prueba) entra en la nueva red, la cual no posee en el VLR información previa sobre el nuevo usuario que es ajeno a la red (VPLMN). Sin embargo, el HLR de la red donde pertenece el suscriptor contiene la información básica y de servicios suplementarios disponibles y restringidos del usuario y basta que se encienda el MS para que en un primer momento el cliente se registre en la nueva red, proceso conocido como Location Registration, la primera vez que el usuario se registra y a partir de esta vez se conoce como Location Update (LU).

En señalización el MSC/VLR visitado solicita al HLR de donde pertenece el roamer que defina si ese usuario tiene privilegios para hacer roaming, el HLR responde enviando toda la información de los servicios aprovisionados y las restricciones en caso de que el usuario esté habilitado para hacer uso del servicio.



**Figura 5.1 Location Update.**

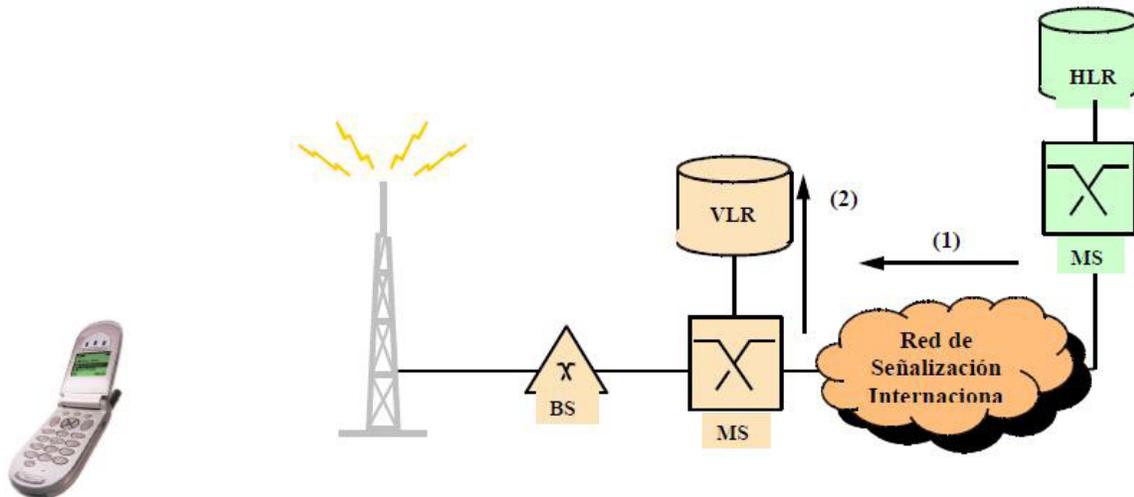
Entre los requisitos para desarrollar este caso de prueba está no tener registro del suscriptor en el VLR visitado y sí en el HLR de la red de procedencia. Se debe colocar la SIM en el MS y luego se debe encender el terminal, en ese momento comienza todo el diálogo de señalización entre los puntos de señalización de ambos operadores. La prueba será exitosa si el suscriptor logra registrarse, es decir si se puede corroborar que toda la información del roamer está presente en el VLR visitado.

### 5.2.1.2 Formulario IR24 – Control del Operador Sobre el Servicio y Autenticación de la Identidad del Suscriptor.

Escenario de Prueba A.2.1.2 Parte A – Cancelación del registro de suscripción del cliente.

Este caso de prueba tiene por objetivo determinar el control de la HPLMN sobre sus suscriptores en otras redes y por tanto debe de realizarse con la participación

de ambos operadores, este escenario es particularmente importante pues entre otras cosas comprueba la posibilidad de los operadores de retirar la suscripción del servicio a cualquier cliente que esté haciendo roaming. Esta es la primera de las pruebas comunes y como condición se debe de contar en el VLR visitado con la información del roamer.



**Figura 5.2 Cancelación del registro del suscriptor (LocUp cancellation).**

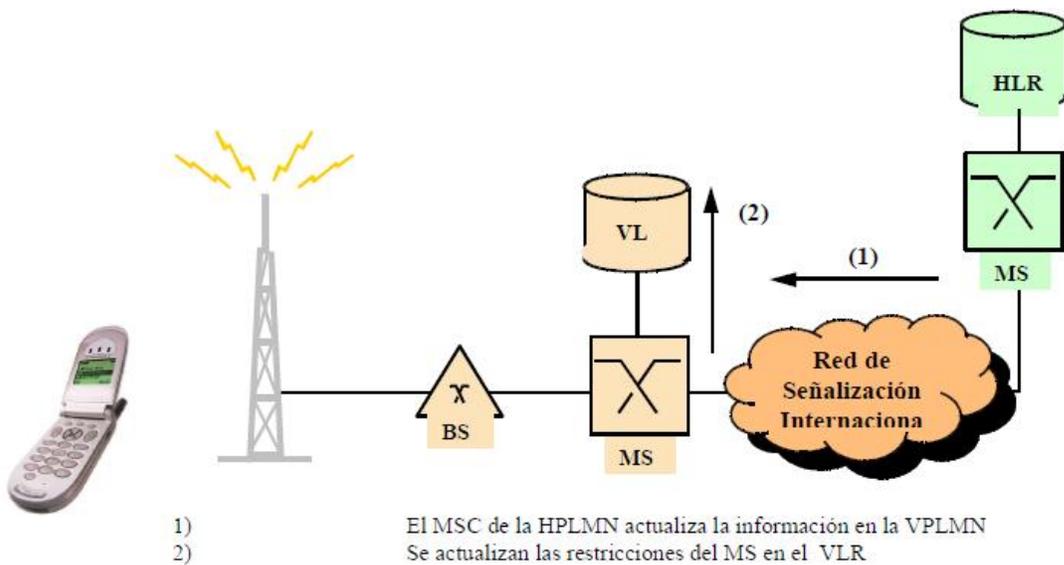
Mientras el roamer está registrado en la VPLMN, el personal de la HPLMN debe de cancelar el servicio desde el propio HLR, para esto el personal del VPLMN debe de proporcionar la información de la SIM con la cual se desarrollará la prueba (MSISDN o IMSI). En señalización el MSC de la HPLMN envía la solicitud al MSC/VLR de la VPLMN para borrar la información del suscriptor, esto se comprueba al buscar al suscriptor en el VLR, el cual debe mostrar que el usuario no está registrado, inmediatamente se debe de intentar realizar una llamada desde el móvil de prueba (cuya suscripción ha sido removida) y ésta no deberá completarse.

Como un paso opcional se puede apagar el Terminal y realizar Location Update (LU) nuevamente para chequear que la VPLMN hace la solicitud de autenticación a la HPLMN.

Escenario de Prueba A.2.1.2 Parte B – Bloqueo del operador de las llamadas entrantes y salientes.

Un operador debe de estar capacitado para en cualquier momento bloquear las llamadas de un suscriptor haciendo roaming. Esta propiedad es útil, entre otras cosas, para limitar el uso del servicio cuando se ha identificado que un roamer presenta un alto consumo o existe sospecha de fraude. El bloqueo de llamadas entrantes y salientes es una opción para los operadores, quienes pueden autorizar el servicio a sus clientes, teniendo la posibilidad de bloquear el mismo cuando los cargos alcanzan un monto máximo establecido (operadores como ICE Costa Rica han adoptado esta política).

La primera condición para realizar este caso de prueba es que el suscriptor se encuentre registrado en el VLR. Si lo anterior se cumple entonces el personal del HPLMN debe activar el Operator Determined Barring para todas las llamadas entrantes y salientes (ODB). El ODB se activa en el HLR de donde pertenece el suscriptor y esta información es actualizada en ese mismo momento en el VLR donde el suscriptor se encuentra haciendo roaming.

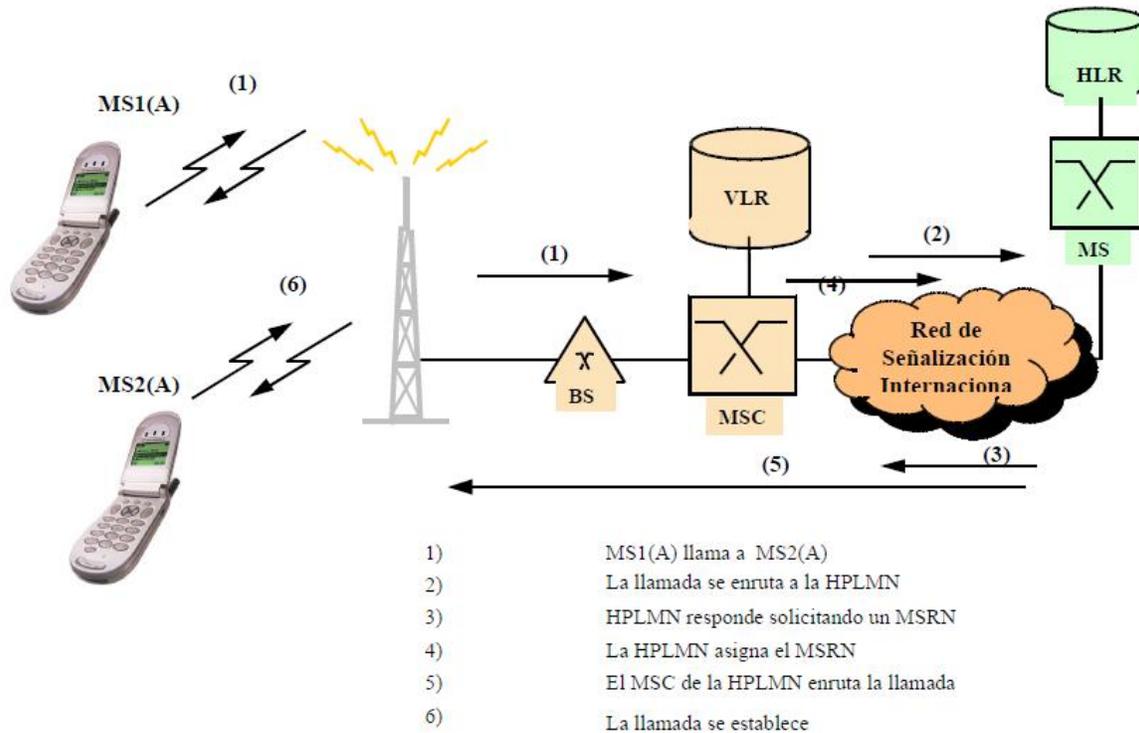


### **Figura 5.3 Bloqueo del servicio de roaming establecido por la HPLMN.**

El operador en el VLR debe verificar que efectivamente el ODB ha sido activado ingresando los comandos de consultas del estado del suscriptor en una Terminal habilitada (estos comandos varían según el fabricante de MSC/VLR y el tipo de interfaz). Inmediatamente después de comprobar que el ODB ha sido activado se debe realizar una llamada para comprobar que efectivamente no se puede completar; sin embargo, también se debe llamar al número de emergencia nacional para comprobar que independientemente del bloqueo es posible solicitar ayuda a este número en caso de alguna emergencia, además se debe de intentar llamar sin éxito al número bloqueado. Si todos los resultados anteriormente mencionados son obtenidos entonces la prueba será calificada como exitosa.

#### **5.2.1.3 Formulario IR24 Escenario de pruebas A.2.1.3 – MS1(a) llama a MS2(a) ambos haciendo roaming en la misma VPLMN.**

La condición previa para realizar este escenario es que ambos suscriptores se encuentren registrados en la VPLMN. El MS1(a) marca el MSISDN del MS2(a); sin embargo, aunque ambas estaciones móviles pertenecen a la misma red. El MS1(a) debe de marcar como si fuese una llamada internacional, precisamente porque de eso se trata. El MS1(a) se encuentra en la VPLMN y desea llamar a un número del cual no sabe su ubicación pero sí sabe que pertenece a la HPLMN. En este momento el MSC de la VPLMN enruta la llamada a la MSC de la HPLMN, la MSC de la red a donde pertenece el roamer que ha originado la llamada consulta a su propio HLR sobre la ubicación del suscriptor llamado, una vez recibida esta información el MSC del VPLMN debe solicitar a la MSC de la VPLMN un número temporal para llamar al MS2(a), esto porque para enrutar una llamada a una estación móvil que esté haciendo roaming se le debe de asignar un número perteneciente a la red en donde se encuentre, a este número se le conoce como Mobile Station Roaming Number (MSRN).



**Figura 5.4 Un roamer llama a otro ambos presentes en la misma VPLMN.**

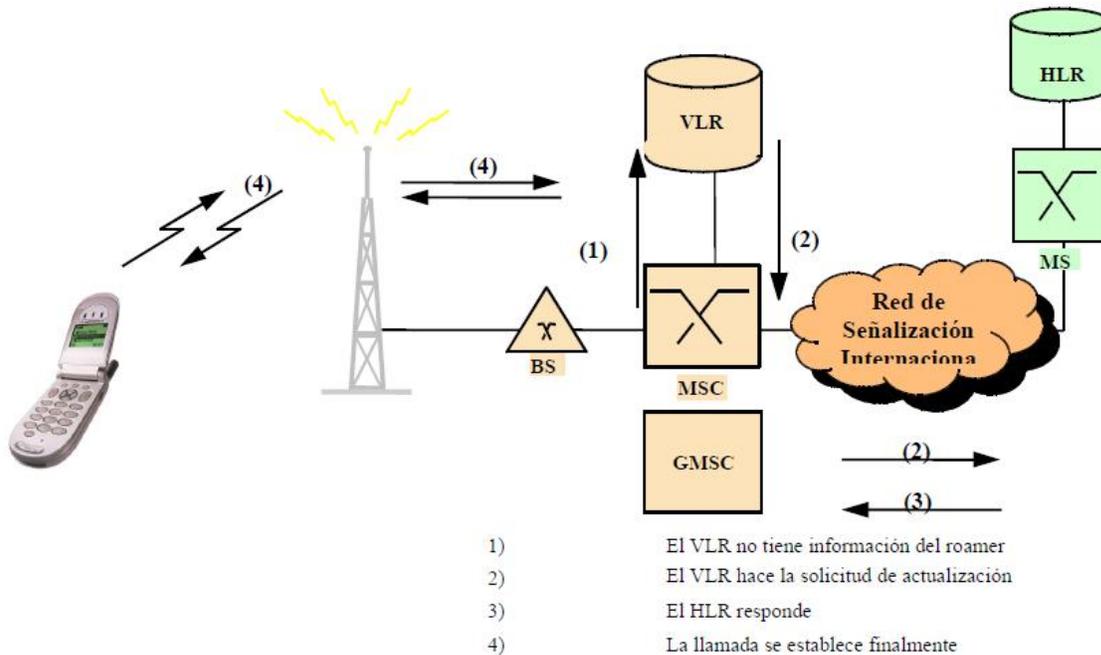
La MSC de la VPLMN asigna este número temporal al MS2(a) y lo envía al MSC de la HPLMN para que este pueda finalmente terminar la llamada. Los operadores tienen definidos rangos de MSRN reservados únicamente para este servicio.

**5.2.1.4 Formulario IR24 Escenario de pruebas A.2.1.4 – Un teléfono de la PLMN visitada llama a un roamer pero el VLR ha perdido el registro para ese roamer.**

Como condición previa para realizar esta prueba se debe de desregistrar a la estación móvil visitante del VLR, pero en el HLR de la red de donde proviene se debe de indicar que el suscriptor se encuentra en la VPLMN.

Después de haber cumplido con el requisito previo el número local debe de intentar llamar al MS visitante. Si la llamada resulta exitosa se debe de mantener la conversación por al menos un minuto. Si la llamada no se puede completar

entonces se debe de realizar nuevamente Location Update e intentar una vez más la llamada.

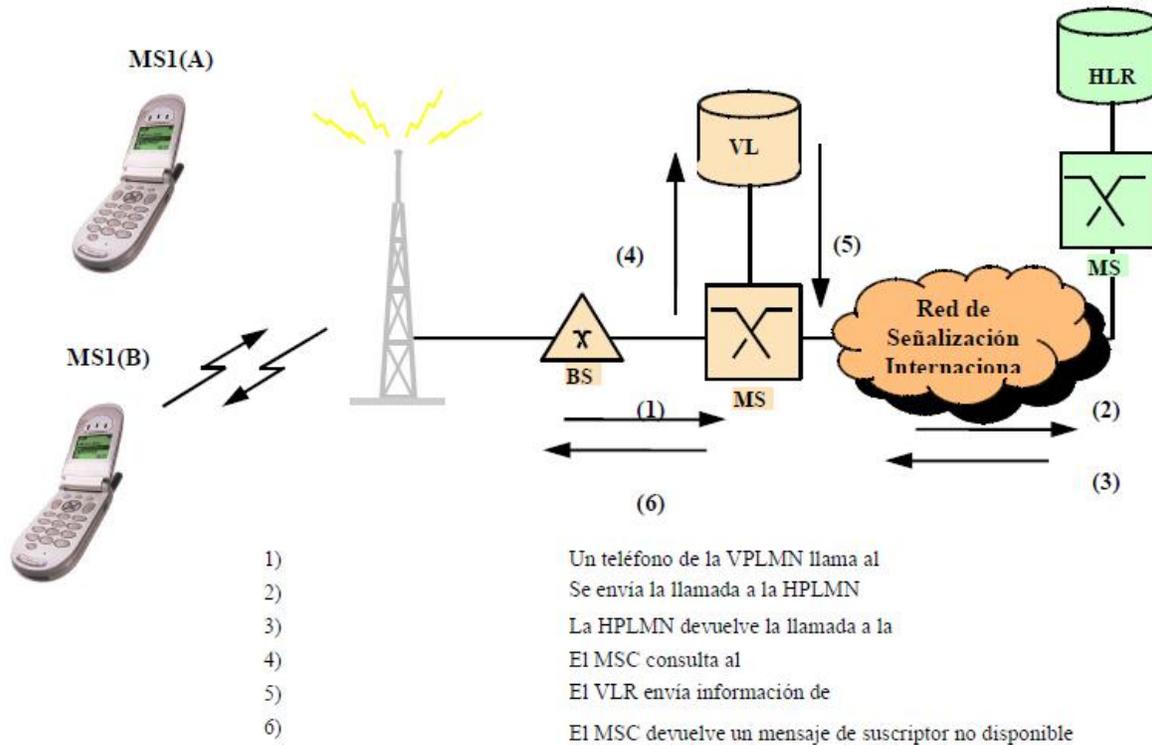


**Figura 5.5 Llamada terminada en el roamer cuando el VLR se ha borrado el registro.**

Si la llamada no fuese exitosa en el primer intento debería de poder completarse en el segundo intento. Esta prueba verifica el proceso de recuperación de información del VLR.

### 5.2.1.5 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.1.5 – Un teléfono de la PLMN visitada llama a un roamer pero la estación móvil llamada está apagada.

Debe de asegurarse que el Terminal esté apagado pero que el suscriptor se encuentre registrado en el VLR antes de intentar la llamada. La llamada debe de iniciarse pero el abonado llamante debe de recibir un mensaje de la VPLMN de que no es posible completar la llamada.

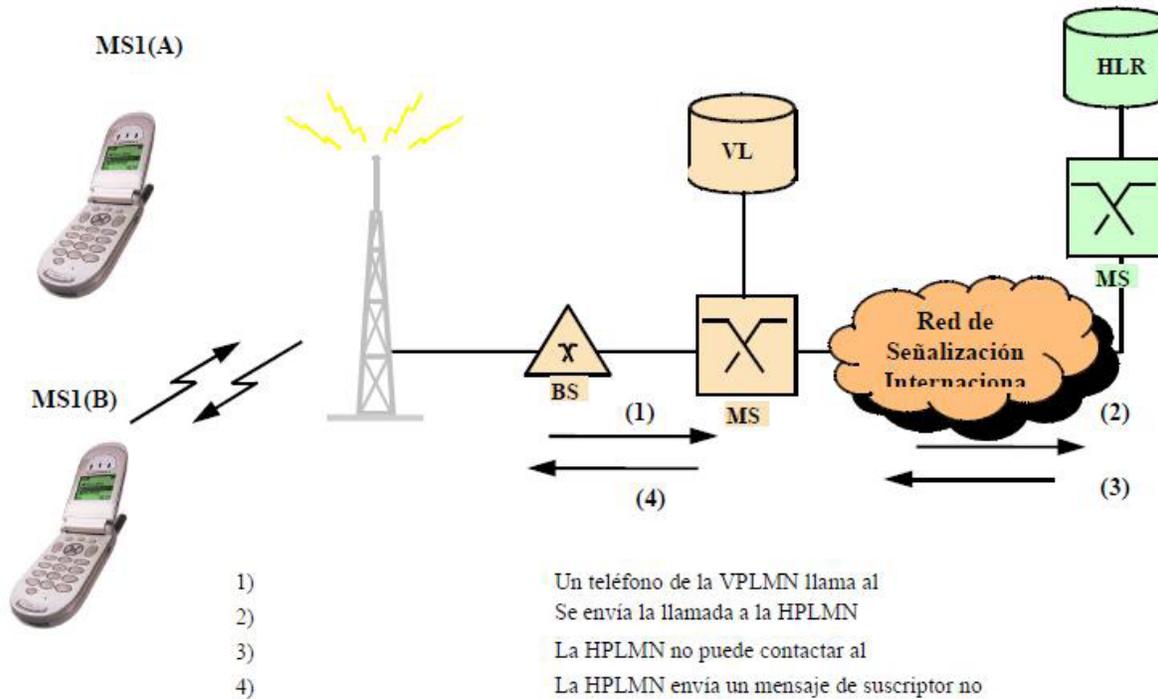


**Figura 5.6 Llamada terminada cuando el MS está apagado.**

Esta prueba demuestra que es posible recibir un mensaje de ausencia del suscriptor proveniente del último PLMN en donde el Terminal ha hecho Loc Up si el Terminal ha sido apagado.

**5.2.1.6 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.1.6 – Un teléfono de la PLMN visitada llama a un roamer pero este se encuentra fuera de cobertura.**

La estación móvil debe haber realizado Loc Up en la VPLMN, pero se debe simular un comportamiento de suscriptor fuera del área de cobertura retirando la batería del Terminal cuando éste aún se encuentra encendido.



**Figura 5.7 Llamada terminada cuando el MS está fuera de cobertura.**

Posteriormente se debe de intentar hacer una llamada a la estación móvil y se debe de recibir un mensaje de suscriptor no alcanzado, proveniente desde la HPLMN.

## 5.2.2 Servicios Suplementarios.

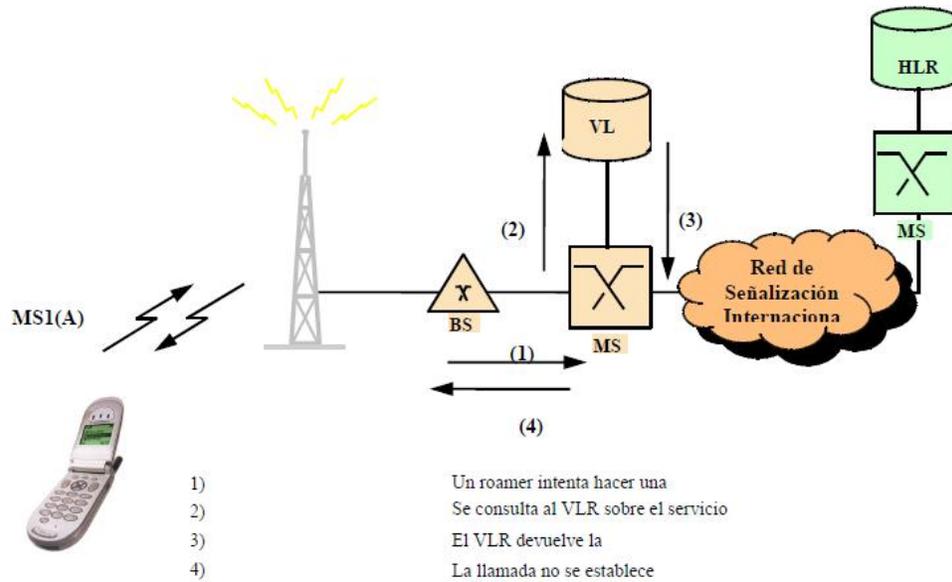
### 5.2.2.1 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.1 – Bloqueo de todas las llamadas salientes.

Debe activarse el Barring of All Outgoing Calls (BAOC), esto puede realizarse desde el Terminal. Con esto el suscriptor puede asegurarse de que únicamente podrá recibir llamadas y nadie podrá originar llamadas desde esa estación móvil, salvo la excepción que veremos a continuación.

La primera llamada que debe de realizarse es al número de emergencia nacional.

Independientemente de que el BAOC esté activo las llamadas al número de emergencia deben completarse, las llamadas de emergencia son completamente gratuitas por lo que el usuario no incurre en cargos por este tipo de eventos.

Esta llamada debe completarse aunque no es recomendable ni obligatorio que se mantenga la comunicación por mucho tiempo debido a que las razones saltan a la vista.



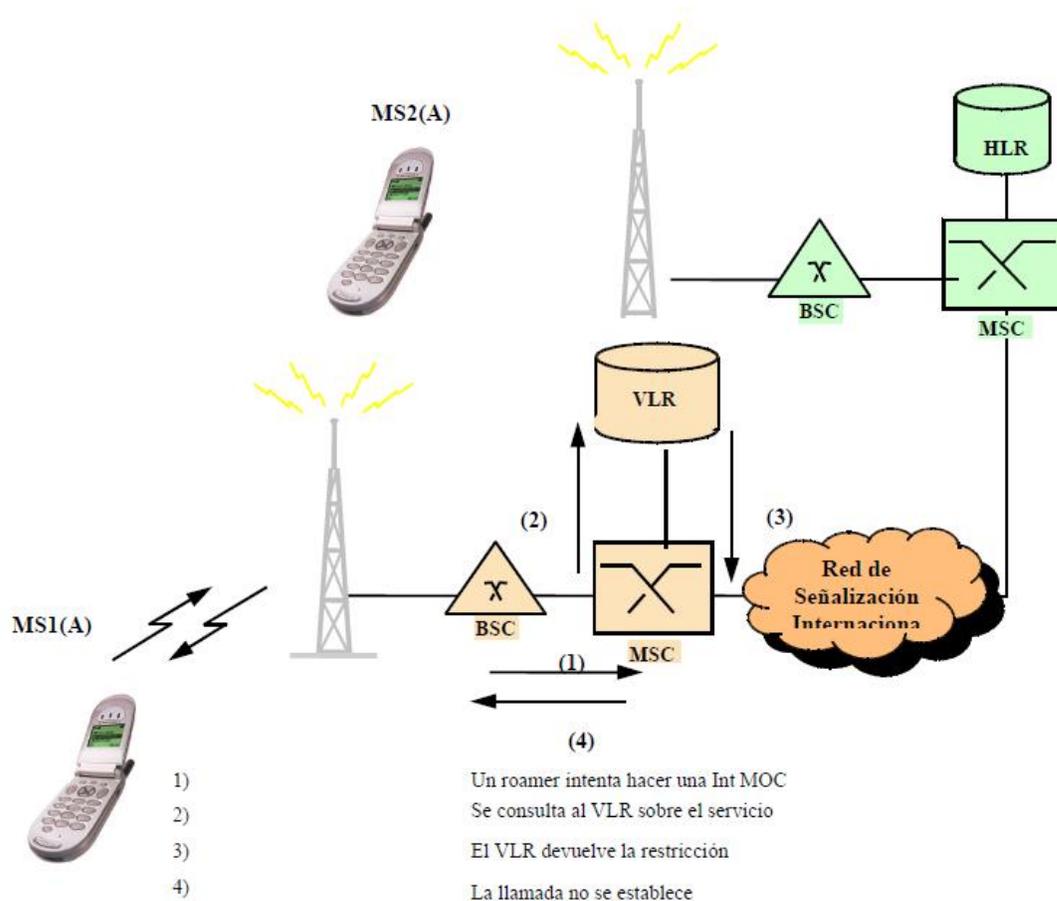
**Figura 5.8 Bloqueo de llamadas salientes.**

Luego se debe de intentar hacer una segunda llamada a un número en la VPLMN, esta llamada si está dentro del grupo de llamadas restringidas y por lo tanto no debe completarse.

**5.2.2.2 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.2 – Bloqueo de las llamadas salientes internacionales.**

Luego de habilitado el Barring of Outgoing International Calls (BOIC), se debe intentar hacer una llamada a un número de la VPLMN, esta llamada debe completarse pues se trata de una llamada local.

Luego se debe intentar llamar sin éxito a un número de la HPLMN. Esto comprueba que las llamadas internacionales han sido restringidas mas no así las llamadas locales. Como último paso se debe de deshabilitar el BOIC.



**Figura 5.9 Bloqueo de llamadas salientes internacionales.**

### 5.2.2.3 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.3 – Bloqueo de las llamadas salientes internacionales excepto al país de origen.

Para esta prueba cabe la posibilidad de que la red no soporte este servicio, en ese caso al activar el bloqueo, el comportamiento será similar al de un BOIC. Sin

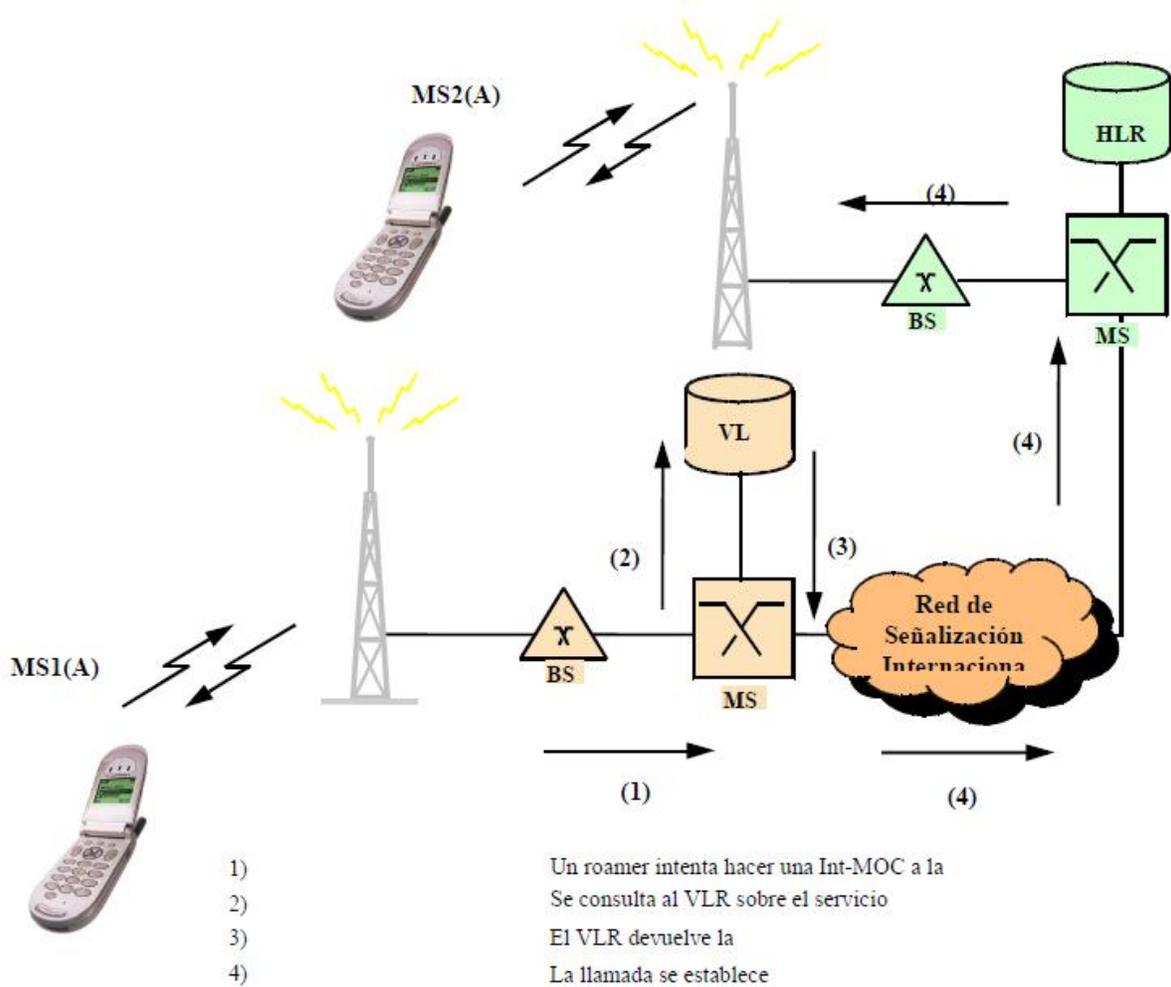
embargo, a continuación se describe la prueba para cuando el servicio si es soportado.

Como condición previa al desarrollo de las pruebas se debe de habilitar el Barring of Outgoing International Calls except to Home PLMN Country (BOIC ex HC).

En este escenario de pruebas se debe de realizar tres intentos de llamadas. En el primer intento el número que está haciendo roaming debe de conseguir llamar a un número del país de donde el roamer procede, una vez que la llamada es establecida se debe de mantener la conversación por al menos un minuto. Por lo general el número que se elige para contactar es un número de fax elegido al azar.

El segundo intento se debe de realizar a un número local, es decir a la red en donde el roamer se encuentra actualmente. Esta llamada debe hacerse como si se tratase de una llamada internacional, marcando el prefijo de llamada internacional definido por el operador visitado o simplemente marcando el signo “+” previo al número. Esta llamada también debe resultar exitosa y una vez establecida debe de prolongarse por al menos un minuto.

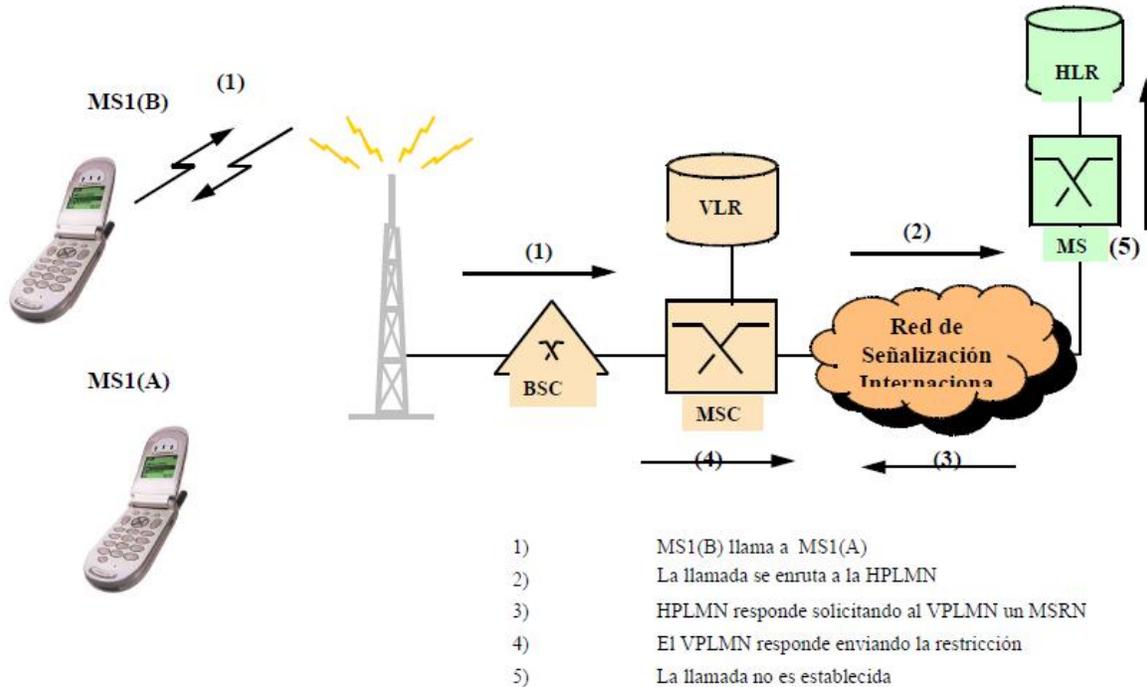
El último intento de llamada debe de realizarse a un número internacional diferente al del país de donde procede el roamer. Para la selección del número a llamar se emplea el mismo criterio utilizado para la primera llamada; sin embargo, esta llamada no debe de establecerse pues pertenece al rango de números restringidos por el barring.



**Figura 5.10 Bloqueo de llamadas Internacionales excepto a la HPLMN.**

#### 5.2.2.4 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.4 – Bloqueo de todas las llamadas entrantes.

Una vez activado el Barring of All Incoming Calls (BAIC). Se debe de intentar hacer una llamada al número de prueba y esta deberá fallar, por lo tanto, al no completarse este evento no deberá de producir ningún registro.



**Figura 5.11 Bloqueo de llamadas entrantes.**

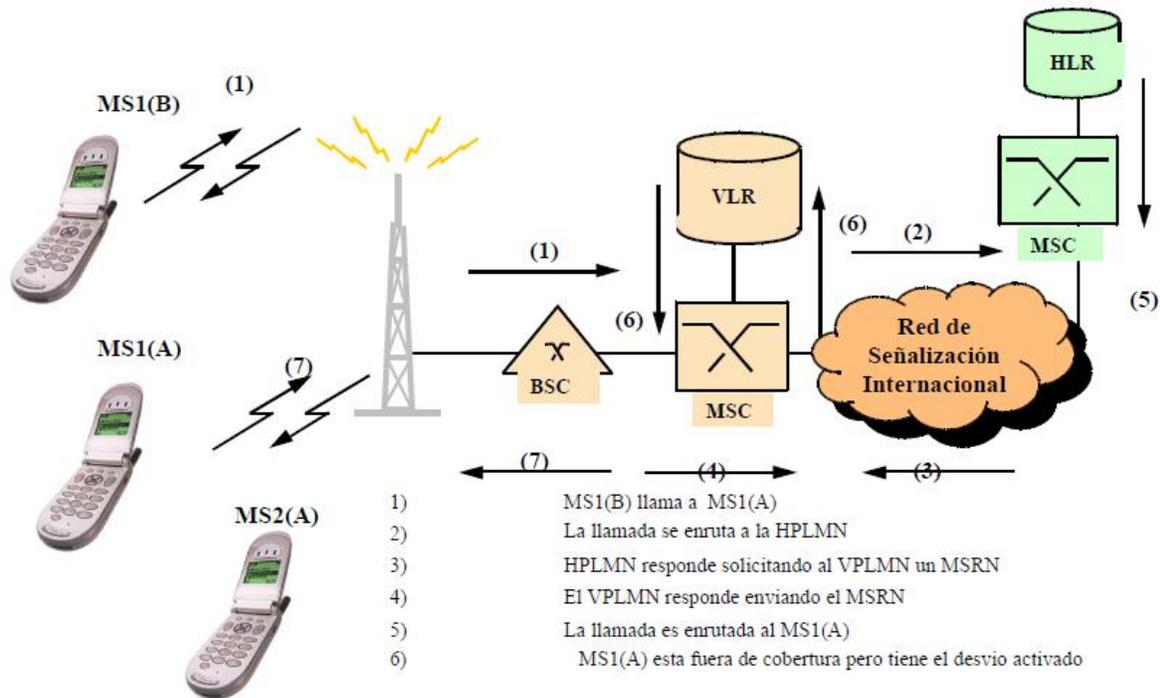
**5.2.2.5 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.5 – Desvío de llamadas si el roamer está fuera de cobertura (Antes de remover el IMSI).**

En roaming pueden existir ciertas restricciones para realizar desvíos de llamadas hacia otros destinos internacionales. En ese caso, el número a donde se desviará la llamada podrá ser otro número de roaming de prueba perteneciente al mismo operador y si no se puede usar ese número entonces se usará un número local (VPLMN).

Una vez que ya se han definido los números a utilizar y el servicio se encuentra activado entonces se procede a preparar el resto de condiciones para simular el caso en que el usuario está fuera de cobertura. Esto se consigue removiendo la batería mientras el teléfono se encuentra encendido.

Una vez que todas las condiciones se han cumplido se llama al número en donde se ha activado el servicio de Call Forwarding on Not Reachable (CFNRC) pero ya

están producidas las condiciones para que la estación móvil no pueda responder al paging, por lo tanto la llamada deberá enrutarse al número de desvío establecido.

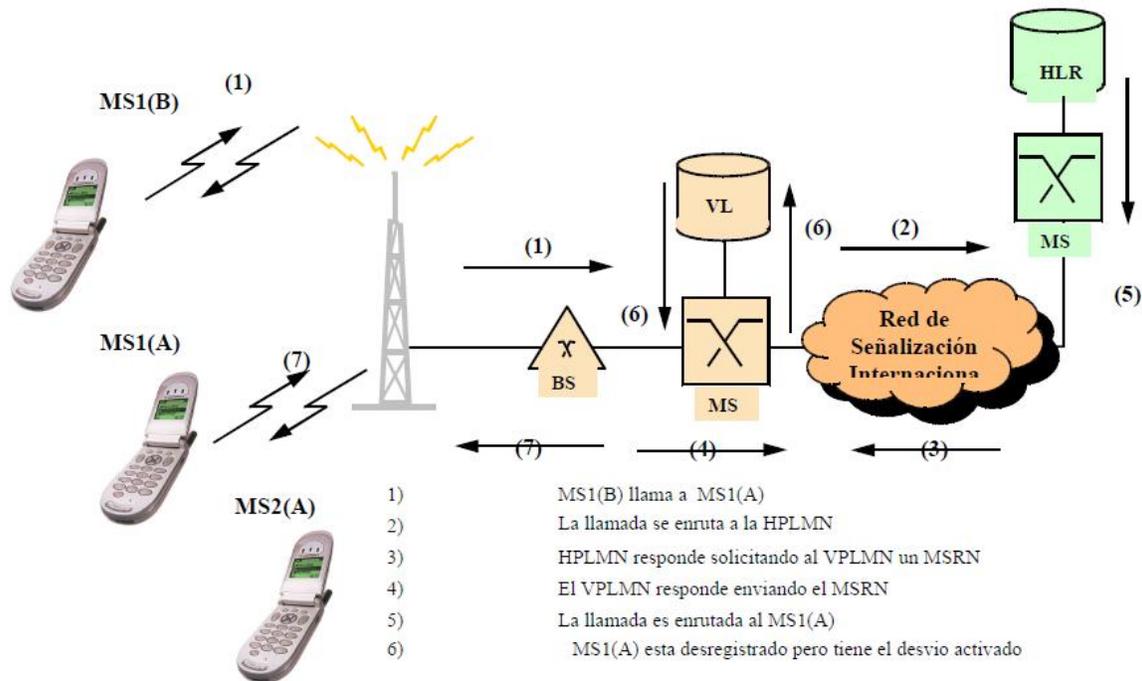


**Figura 5.12 Call Forwarding on Not Reachable (antes de remover el IMSI).**

**5.2.2.6 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.6 – Desvío de llamadas si el roamer está fuera de cobertura (después de remover el IMSI).**

Al igual que en la prueba anterior se debe de activar el CFNRc; sin embargo, en esta oportunidad en lugar de remover la batería se apagará el terminal. Esto con el objeto de quitar del registro el IMSI del VLR.

El procedimiento, luego de cumplir con todas las condiciones, es similar el seguido en la sección anterior.



**Figura 5.13 Call Forwarding on Not Reachable (después de Remove el IMSI).**

**5.2.2.7 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.7 – Desvío de llamadas si el roamer está ocupado.**

Este es un escenario de pruebas que resulta particularmente complicado para quienes no tienen mucha experiencia en el desarrollo de pruebas IREG para la apertura del servicio de roaming.

Como se ha hecho para todos los escenarios de servicios suplementarios, previo a la realización del intento de llamadas se debe haber activado el servicio, para este caso, de Call Forwarding on Busy (CFB). Ahora para cumplir finalmente con los requisitos de esta prueba la estación móvil que posee el desvío deberá de iniciar una llamada con otro número local.

Mientras la comunicación establecida previamente aún continúa, se debe de originar una llamada al número de prueba, esta llamada deberá enrutarse al número de desvío configurado ya que se cumple que el número llamado está ocupado y desvío para esta situación está activado.

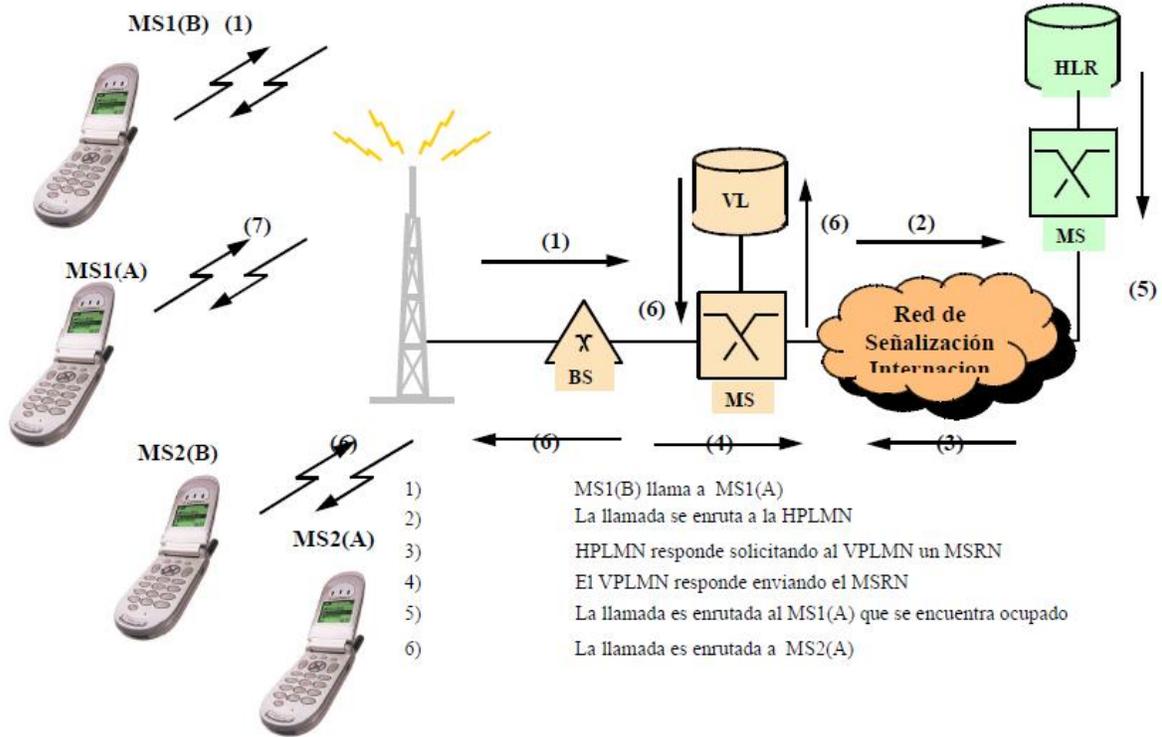
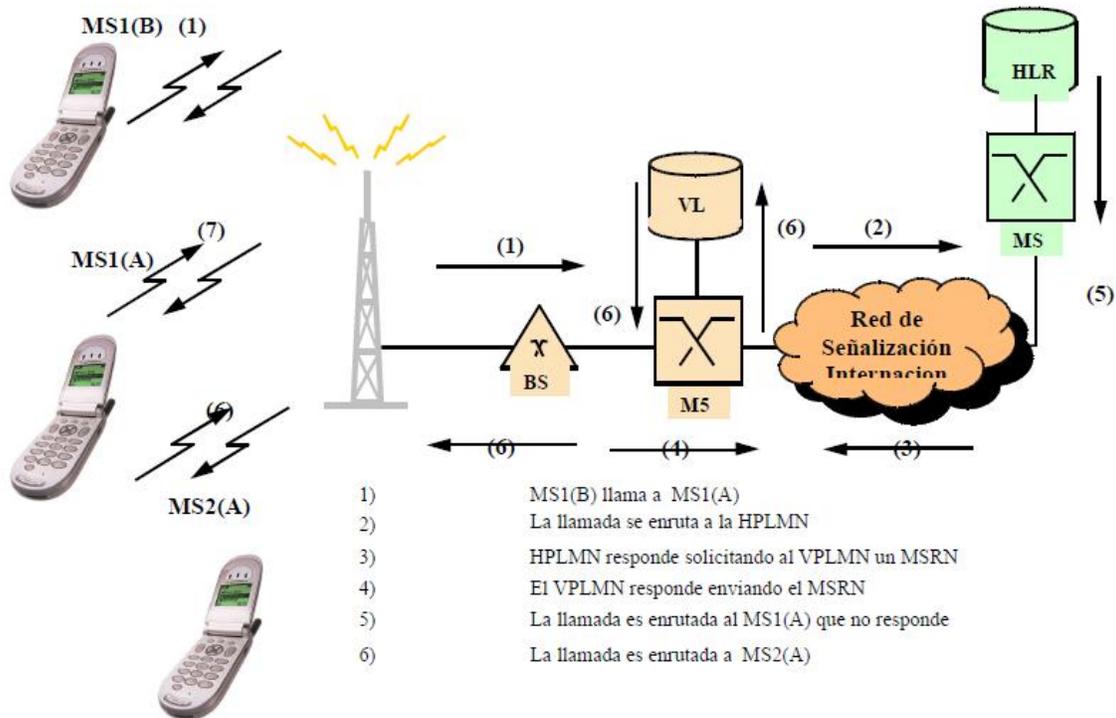


Figura 5.14 Desvío de llamada en ocupado.

### 5.2.2.8 Formulario IR24 Escenario de Pruebas A.2.2.8 – Desvío de Llamadas si el abonado no responde.

Cuando ya se ha establecido el Call Forwarding on No Reply (CFNRy) se debe hacer una llamada al número en donde el servicio está activado. La llamada alcanzará a la estación móvil activándose el tono de alerta de llamada, pero la llamada no será contestada. Luego de que el tono de alerta alcanza el tiempo establecido (No Reply Timeout) se procede con el enrutamiento de la llamada al número definido.

El resultado de la prueba será exitoso si la llamada consigue desviarse al número configurado y la calidad de la misma es por lo menos satisfactoria (sin presencia de ruido ni distorsión).



**Figura 5.15 Desvío de llamada cuando no hay respuesta.**

### 5.2.3 Formulario IR24 – Servicio de Mensajería Instantáneo (SMS).

#### 5.2.3.1 Escenario de Pruebas A.2.3.1 – Mensaje Saliente y Entrante.

Para realizar esta prueba se debe de contar con dos estaciones móviles de prueba haciendo roaming, ambas estaciones deberán haber hecho LU en la red visitada; sin embargo sólo una de ellas estará encendida. El terminal apagado será el designado para recibir el mensaje.

El terminal encendido deberá enviar un mensaje de texto no mayor de 160 caracteres al número que se encuentra apagado. Posterior al envío de mensaje se deberá encender el segundo terminal para que pueda recibir finalmente el mensaje desde el centro de mensajería (SMS-C) de donde provienen ambos roamers.

La prueba será considerada exitosa si el mensaje llega a su destino y el contenido del mismo continúa siendo consistente.

## **5.3 Protocolos de pruebas**

### **5.3.1 Casos de Pruebas de Servicios Básicos**

Caso 2.1.1 Actualización de la ubicación de la MS en VPLMN.

Condiciones previas: MS1 contiene la SIM de HPLMN. No existe registro VLR para la MS. El registro HLR contiene información de servicios básicos y complementarios.

Proceso: Encender el MS1 y realizar el registro de localización en la VPLMN. Comprobar el registro en el VLR para el IMSI / MSISDN de la MS1.

Resultado esperado: Prueba exitosa si el registro VLR es idéntico a la información previa a la prueba suministrada por la PLMN. Resultado infructuoso si cualquiera de los servicios básicos y suplementarios probados en el presente documento o la totalidad de la información falta.

Comentarios: Este caso confirma la operación de actualización de la ubicación y los procedimientos de insertar datos de suscriptores.

Caso 2.1.2 Control del operador de servicio

Prueba A. Cancelación de registro del MS en la VPLMN.

Condiciones previas: El VLR en la VPLMN contiene información de suscripción del MS.

Proceso: En la HPLMN se elimina la suscripción del MS del HLR utilizando interface con acceso a los HLRs. Comprobar el registro del MS en el VLR.

Resultado esperado: Prueba exitosa si el registro VLR para la MS ha sido borrado.

Comentarios: Esta prueba confirma que el procedimiento de "cancelación de ubicación" funciona correctamente.

Prueba B. Restricción para todas las llamadas salientes y entrantes en roaming en la MS (ODB Operator Determined Barring).

Condiciones previas: El VLR en la VPLMN contiene información de suscripción del MS.

Proceso: En la HPLMN se activa ODB para todas las llamadas salientes y entrantes en roaming para el MS en el HLR usando una interface con acceso al HLR.

Resultado esperado: Prueba exitosa si el registro VLR para la MS contiene información ODB y ninguno de los intentos de llamada es exitoso.

Comentarios: Esta prueba confirma que los procedimientos de ODB funcionan correctamente.

Caso 2.1.3 Llamada de MS1 a MS2, ambas en roaming en la VPLMN.

Condiciones previas: La MS1 y la MS2 tienen actualizada la ubicación satisfactoriamente en la VPLMN.

Proceso: MS1 establece una llamada con MS2. La llamada es contestada y se mantienen por un minuto. Evaluación de la calidad.

Resultado esperado: Resultado exitoso si la llamada se establece en 30 segundos, se mantiene estable en las fases de no contestada y contestada, no hay un eco perceptible en ningún usuario, permanece en la fase de conversación llamada inteligible / alta calidad durante un minuto. Esta prueba también confirma la entrega correcta de la información CLI (o falta de la misma) en un escenario de roaming.

Comentarios: Esta prueba confirma las secuencias de llamadas Móvil Originada y Móvil Terminada para usuarios de roaming. Se comprueba la ayuda de la operación "Provide Roaming Number Map" entre la PLMN(a) y PLMN(b). Se comprueba la capacidad de establecer una llamada internacional entre los dos PLMNs usando los números de roaming. Esto implica la capacidad de las PLMNs para deshabilitar instancias excesivas de dispositivos de control de eco.

Caso 2.1.4 Llamada de un teléfono de la PLMN del país visitado a la MS que se encuentra en roaming en la VPLMN pero el VLR ha perdido el registro para esa MS1.

Condiciones previas: MS no tiene un registro en la VMSC pero el HLR indica que la MS1 esta en roaming en la VMSC. MS1 está activo, pero no tiene ubicación actualizada (periódica, normal o registro de IMSI) desde que el registro en el VLR se eliminó.

Proceso: PSTN llama MS. Si la llamada se ha establecido correctamente, a continuación, mantener la llamada contestada por un minuto. Evaluar la calidad. Si el intento de llamada devuelve "Error del sistema", entonces hacer que la MS realice una actualización de ubicación y repetir esta prueba.

Resultado esperado: Prueba exitosa si alguno de los casos, primera tentativa de llamada se establece o el mensaje "Error del sistema" devuelve en 30 segundos. Además la llamada contestada, que se estableció en el primer intento o después

de la actualización de la ubicación, no tiene eco perceptible en cualquiera de los usuarios, y que la conexión con aceptable calidad puede ser mantenida. Esta prueba también confirma la entrega correcta de la información CLI (o falta de la misma) en un escenario de roaming.

Comentarios: Esta prueba confirma el mecanismo de recuperación de VLR, que puede utilizar la operación de MAP, Enviar Parámetros. También comprueba que la MSC Gateway (en la PLMN) correctamente inserta un dispositivo de cancelación de eco, e implica que las otras instancias de dispositivos de control de eco se han configurado correctamente.

Caso 2.1.5 Llamada de un teléfono de la PLMN del país visitado a la MS que se encuentra en roaming en la VPLMN(b) pero la estación móvil llamada está apagada.

Condiciones previas: MS es dado de baja en el VLR en la VPLMN, pero el VLR contiene el registro de la MS.

Proceso: Comprobar que el abonado se da de baja en el VLR, si es posible. Intente una llamada del teléfono de la PSTN a la MS.

Resultado esperado: Prueba exitosa si la PSTN recibe un aviso de que la MS no se puede alcanzar o no está disponible.

Comentarios: Esta prueba confirma que al razón de "abonado ausente" se da como resultado de una consulta de número de roaming al VLR cuando la MS ha realizado una desconexión. El estado de desconexión del abonado debe ser comprobado, en el VLR, ya que el procedimiento de desconexión de un móvil no garantiza que el abonado será dado de baja, porque ningún mensaje de acuse de recibo es enviado desde el VLR a la MS. El anuncio puede ser en el idioma de la

PLMN, ya que se pueden generar en el GMSC, pero también puede ser en el idioma de la PSTN en el país que se encuentra la PLMN.

Caso 2.1.6 Llamada de un teléfono de la PSTN a MS que está en la VPLMN y no contesta al paging (llamado).

Condiciones previas: MS está registrado.

Proceso: Quitar la batería al MS de manera que no pueda responder al paging (El MS no debe enviar mensaje de desconexión al VLR). Verificar que en el VLR el suscriptor sigue registrado. Inmediatamente realizar una llamada desde la PSTN al MS.

Resultado esperado: El resultado será exitoso si el teléfono de la PSTN recibe un anuncio de que el usuario móvil no puede ser alcanzado.

Comentarios: Tome en cuenta que habrá un retraso antes de que el anuncio se escuche mientras el paging se está realizando. El anuncio será en el lenguaje de la VLMN.

### **5.3.2 Casos de Pruebas de Servicios Complementarios**

Caso 2.2.1 Restricción de llamadas salientes.

Condiciones previas: En el HLR debe existir activa la restricción de llamadas salientes BAOC (BarringAllOutgoingCalls).

Proceso: (i) MS realiza una llamada al número de emergencias (112).  
(ii) MS realiza una llamada a la PSTN.

Resultado esperado: Prueba exitosa si solo la llamada (i) es completada y la (ii) es fallida.

Comentarios: Este caso de prueba confirma que este servicio suplementario es soportado por la VPLMN y que el servicio de emergencias esta disponible para los visitantes.

#### Caso 2.2.2 Restricción de llamadas salientes Internacionales

Condiciones previas: EL HLR debe contener activa la restricción de llamadas salientes internacionales BOIC (Barring Outgoing International Calls).

Proceso: (i) MS realiza una llamada a las PSTN de la VPLMN.

(ii) MS realiza una llamada a su red local (HPLMN)

Resultado esperado: la prueba es exitosa si la llamada (i) es completada y la (ii) es fallida.

Comentarios: este caso de pruebas confirma que la red visitada VPLMN soporta los servicios suplementarios.

Caso 2.2.3 Restricción de llamadas salientes internacionales excepto al país origen.

Verificar primero si la VPLMN soporta la restricción BOICexHC, si lo soporta continuar con la prueba A, si no lo soporta continuar con la prueba B.

#### Prueba A

Condiciones previas: El HLR contiene activa la restricción de llamadas salientes internacionales excepto el país origen BOICexHC (BarringOutgoing International Callexcept Home Country).

Proceso: (i) MS realiza una llamada a la PSTN de su país origen.

(ii) MS realiza una llamada a un número del país donde se encuentra registrado utilizando la marcación en formato internacional.

(iii) MS realiza una llamada internacional a otro país que no sean los mencionados en las pruebas (i) y (ii).

Resultado esperado: la prueba es exitosa si las llamadas (i) y (ii) son completadas y la (iii) es fallida.

#### Prueba B

Condiciones previas: El HLR contiene activa la restricción para la llamadas salientes internacionales excepto el país origen BOICexHC (BarringOutgoing International Callexcept Home Country).

Proceso: (i) MS realiza una llamada a la PSTN del país visitado.

(ii) MS realiza una llamada a su país origen.

Resultado esperado: la prueba es exitosa si las llamadas (i) y (ii) son fallidas.

Comentarios: esta prueba confirma si la red visitada soporta este servicio suplementario. En el caso de que no los soporte se hace una restricción de toda llamada originante.

#### Caso 2.2.4 Restricción de todas las llamadas entrantes

Verificar que la VPLMN soporta las restricciones de llamadas entrantes BAIC (Barring All Incoming Call). Si la soporta realizar la prueba A, en caso de no soportarla realizar la prueba B.

## Prueba A

Condiciones previas: El HLR no contiene la restricción de llamadas entrantes.

Proceso: MS en la red visitada VPLMN activa la restricción BAIC. La PSTN realiza una llamada al suscriptor MS.

Resultado esperado: la prueba es exitosa si la llamada falla.

## Prueba B

Condiciones previas: el HLR no contiene la restricción de llamadas entrantes.

Proceso: MS en la red visitada activa la restricción BAIC. La PSTN llama al suscriptor MS.

Resultado esperado: prueba exitosa si la llamada falla.

Comentarios: este caso de prueba confirma que la VPLMN soporta este servicio suplementario.

Caso 2.2.5 Desvío de llamadas en no disponible (sin orden de desconexión).

Condiciones previas: El registro en el HLR del MS contiene "SS: CNFRc: Activo" desvío a PSTN. (Definido por MS).

En algunos PLMNs existen restricciones de HLR para realizar registro de un desvío hacia una dirección que está fuera del HPLMN. Hay también algunos PLMNs en las que las MSC restringen una llamada hacia un país lejano. En estos casos el desvío será al MS2. Si el MS2 no se puede utilizar, la transmitirá a la PSTN.

MS1 debe estar registrado. Si se utiliza MS2 también debe ser registrado.

Proceso: Deshabilitar MS1 para que no permita contestar el paging [Nota MS1 no debe enviar orden de desconexión durante el deshabilitado. Esto se puede lograr quitando la batería mientras el teléfono está encendido]. Inmediatamente intentar una llamada de la PSTN1 al MS1. La contestación resultante es del MS2 o de otro número de la PSTN2.

Resultado esperado: La prueba es exitosa si se completa la llamada al MS2 o la PSTN2 y la calidad de la llamada es aceptable.

Comentarios: Este caso de prueba confirma que CFNRc (sin orden de desconexión) funciona correctamente, e implica que los ecos de cancelación están configurados correctamente.

Caso 2.2.6 Desvío de llamadas en no disponible (con orden de desconexión).

Condiciones previas: El registro en el HLR del MS contiene "SS: CNFRc: Activo" desvío a PSTN. (Definido por MS).

En algunos PLMNs existen restricciones de HLR para realizar registro de un desvío hacia una dirección que está fuera del HPLMN. Hay también algunos PLMNs en las que las MSC restringen una llamada hacia un país lejano. En estos casos el desvío será al MS2. Si el MS2 no se puede utilizar, la transmitirá a la PSTN.

MS1 no debe estar registrado en el VLR, pero el VLR tiene un registro del MS1. Si se utiliza MS2 también debe ser registrado.

Proceso: Si es posible comprobar que el usuario MS1 y no tiene registro en el VLR.

Intente una llamada de teléfono PSTN2 al MS1. El resultado es una llamada al MS2 o a la PSTN.

Resultado esperado: La prueba es exitosa si se completa la llamada al MS2 o la PSTN2 y la calidad de la llamada es aceptable.

Comentarios: Este caso de prueba confirma que CFNRc (con orden de desconexión) funciona correctamente, e implica que los ecos de cancelación están configurados correctamente.

El estado individual del usuario se puede consultar en el VLR, ya que el procedimiento de desconexión de un móvil no es garantía de que el usuario será desconectado, porque ningún mensaje de acuse de recibo es enviado desde el VLR a la MS.

Caso 2.2.7 Desvió de llamadas porque el móvil está ocupado (CFB).

Condiciones previas El registro en el HLR del MS contiene "SS: CFB: Activo" desvío a PSTN. (Definido por MS).

En algunos PLMNs existen restricciones de HLR para realizar registro de un desvío hacia una dirección que está fuera del HPLMN. Hay también algunos PLMNs en las que las MSC restringen una llamada hacia un país lejano. En estos casos el desvío será al MS2. Si el MS2 no se puede utilizar, la transmitirá a la PSTN.

MS1 debe estar ocupado. Si se utiliza MS2 también debe ser registrado.

Proceso: MS1 se encuentra en estado de conversación.

Intente una llamada de teléfono PSTN al MS1. La llamada resultante es al MS2 o al PSTN2.

Resultado esperado: La prueba es exitosa si se completa la llamada al MS2 o la PSTN2 y la calidad de la llamada es aceptable.

Comentarios: Este caso de prueba confirma que la CFB funciona correctamente.

#### Caso 2.2.8 Desvío de llamadas, el móvil no contesta (CFNRY)

Condiciones previas: El registro en el HLR del MS contiene "SS: CFNRY: Activo" desvío a PSTN. (Definido por MS).

MS1 esta registrado y disponible. Si se utiliza MS2 también debe ser registrado.

Proceso: MS1 inicia un proceso de "Interrogación de información de desvío". MS1 muestra la información. Intente una llamada de teléfono PSTN a MS1. Después de un período de tiempo durante el cual MS1 "timbra", la llamada es desviada a MS2 o PSTN donde es contestada.

Resultados esperados: La prueba es exitosa si MS1 muestra la información equivalente a la almacenada en el HLR y si MS1 "timbra" el tiempo igual a "No Reply Timeout" valor almacenado en el HLR y la llamada se completa a MS2 o PSTN2, y la calidad de la llamada es aceptable.

Comentarios: Este Caso de prueba confirma que CFNRY funciona correctamente. También que la confirmación del procedimiento "Interrogar el desvío de llamada" funciona correctamente.

### 5.3.3 Casos de pruebas SMS

Condiciones previas: SMS-MO/MT esta provisionado en la subscripción del HLR. MS1 y MS2 se registran en VPLMN.

Proceso: Encienda MS1. Apague MS2.

Utilice MS1 para transmitir un mensaje de 160 caracteres a MS2 a través del centro de mensajes del HPLMN.

Encienda MS2.

Esperar la entrega de mensajes cortos a MS2.

Verifique el contenido de mensajes cortos con los transmitidos.

Resultados esperados: Prueba exitosa si el mensaje cortos es entregado correctamente dentro de 2 minutos una vez encendido MS2.

Comentarios: Este caso de prueba confirma el funcionamiento correcto de SMS - saliente/entrante.

### 5.4 Elementos de la red que intervienen en MOC, MTC, SMS y CF

Los elementos que intervienen en las llamadas originantes y terminantes, en el sistema de mensajes cortos y renvío de llamadas, podemos decir que se encuentran dentro de 2 sistemas:

- Sistema de Conmutación (SS)
- Sistema de Estaciones Base (BSS)

Al igual que otras redes los nodos o componentes incluidos en éstos 2 sistemas pueden ser supervisados y operados desde algún centro computarizado (NMC).

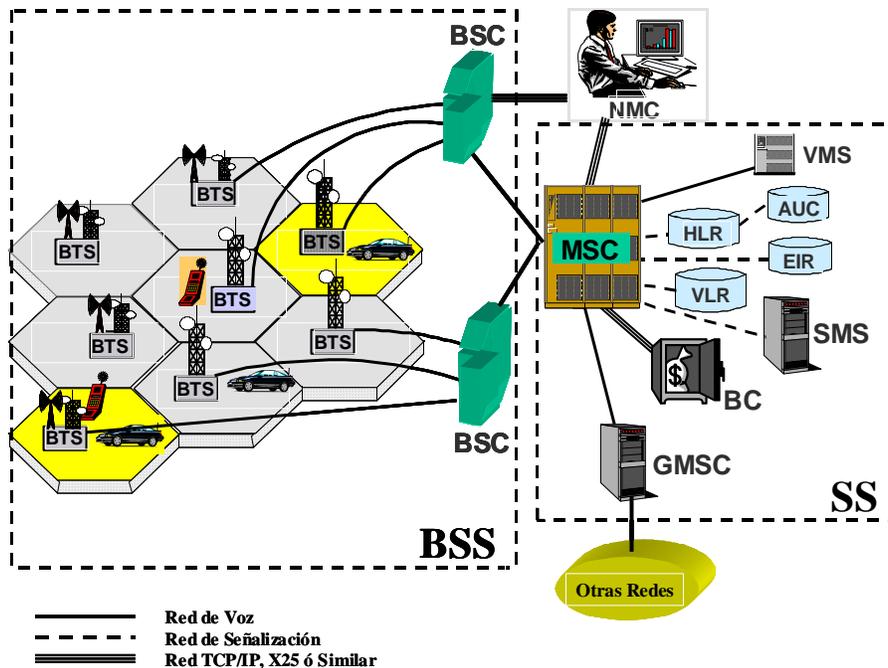


Figura 5.16 Elementos de la red

### 5.4.1 Sistema de Conmutación (SS)

Este sistema es el encargado de llevar a cabo el análisis del número marcado por el abonado celular y enrutar la llamada al destino final. Para que esto sea posible se tienen enlaces dedicados conectados desde éste sistema hacia otros MSCs de nuestra propia Red y a la PSTN.

Está constituido por los siguientes componentes:

- MSC (Mobile services Switching Center)
- HLR (Home Location Register)
- VLR (Visitor Location Register)
- AUC (AUthentication Center)

- EIR (Equipment Identity Register)
- VMS (Voice Mail System)
- SMS (Short Message System)
- BC (Billing Center)
- GMSC (Gateway MSC)

#### **5.4.2 Sistema de Estaciones Base**

Aquí se efectúa el acceso a la parte de Radio (Interface de aire hacia el suscriptor) y la conmutación de ésta información hacia el SS.

Está compuesto por el siguiente equipo:

- BSC (Base Station Controller)
- BTS (Base Transceiver Station)
- MSC (Mobile services Switching Center)

Este equipo desempeña las funciones de conmutación telefónica en una Red GSM, aquí normalmente se cuenta con los accesos hacia otras redes de Voz y Datos (PSTN, Redes de Datos Pública, Redes Privadas de Voz/Datos y otras Redes Móviles).

La funcionalidad del Gateway MSC (GMSC) normalmente está integrada en el mismo MSC, ésta función permite hacer consultas en el HLR para hacer posible el enrutamiento de una llamada proveniente de otras redes hacia un Suscriptor móvil y/o poder enrutar un abonado móvil de nuestra red hacia redes externas.

HLR (Home Location Register)

En éste nodo se encuentra almacenada toda la base de datos para la administración de los suscriptores móviles de la red. Aquí se encuentra

almacenada información de cada suscriptor desde que se agregan a la red hasta el momento que cancelan su suscripción.

Los datos almacenados incluyen:

- Identidad del suscriptor
- Servicios suplementarios a los cuales tiene derecho el suscriptor
- Información del área de suscripción del usuario
- Información de Autenticación del usuario
- Etc...

#### AUC (AUthentication Center)

El Centro de Autenticación es la parte de la red que evita el fraude debido a la clonación de suscriptores entre otras razones.

El AUC se conecta a través del HLR proporcionando una base de datos la cual contiene parámetros de autenticación asignados por abonado, evitando el uso indebido de los servicios móviles cuando estos códigos o parámetros encriptados no coinciden con los del suscriptor original.

#### EIR (Equipment Identity Register)

EIR es una base de datos adicional que contiene cierta información de la identidad del equipo móvil, la cual permite bloquear llamadas de MEs (Mobile Equipment) robados, defectuosos o no autorizados vía el IMEI (International Mobile Equipment Identity). Esta base de datos es un buen auxiliar debido a lo complejo que resulta en GSM (por la separación que existe entre Subscriber-Equipo) el poder realizar un bloqueo automático de suscriptores.

EIR es una funcionalidad opcional dentro de GSM, por lo que no todas las redes cuentan con ella.

#### VLR (Visitor Location Register)

La base de datos del VLR contiene información acerca de cada uno de los suscriptores móviles que se encuentran actualmente localizados dentro del área de servicio del MSC.

Por lo regular ésta base de datos se encuentra colocada dentro del mismo MSC y los registros que se encuentran en ella son de tipo temporal (mientras que el suscriptor móvil permanece en una de las celdas controlados por el mismo MSC).

A través de ésta funcionalidad es posible que cualquier suscriptor móvil visitante (abonados de nuestra red adscritos a otra área de servicio, abonados roamers de otros carriers, etc.) obtengan servicio automáticamente al encender o ser captado su MS por el MSC.

El VLR consulta la información tanto de los abonados locales como de los visitantes a los HLRs involucrados y realiza una copia sobre éstos datos en sus registros logrando dar continuidad al servicio.

#### SMS (Short Message System)

El servidor de mensajes cortos ofrece el servicio de valor agregado a nuestros suscriptores de poder no solo enviar o recibir llamadas de voz, sino también intercambiar mensajes de texto pequeños (normalmente no mayores a 150 caracteres).

Éste fue uno de los primeros servicios de datos integrados en una red comercial de comunicación móvil.

### VMS (Voice Mail System)

El servicio que brinda a un suscriptor la facilidad de contar con un buzón de voz en el cuál le pueden dejar grabados mensajes verbales en el momento que su teléfono éste apagado o fuera de servicio lo ofrece éste servidor.

### BC (Billing Center)

El centro de facturación ofrece la funcionalidad de llevar el post-proceso de todos los registros de facturación de los suscriptores de renta mensual o post pago principalmente.

Calculado en base a todas la llamadas realizadas (CDRs) por el suscriptor, el costo monetario equivalente a ser cubierto en el periodo de cobro generando la factura correspondiente.

### BSC (Base Station Controller)

El BSC hace las funciones de administrador de Estaciones Base (BTS), realizando el interface entre el MSC y las propias BTSs a su cargo.

Dentro de sus tareas más importantes están:

- Realizar el Hand-off ó Handover de las MSs.
- Administrar los datos de las BTSs (Translations)
- Asignación de los canales de Radio
- Obtener datos de desempeño de la parte de Radio
- Etc...

### BTS (Base Transceiver Station)

Las BTSs o también conocidas como estaciones base o radiobases, proveen del enlace de radio (Interface de aire) hacia los suscriptores móviles a través de un grupo de antenas de transmisión o recepción.

El acceso de radio establecido con los suscriptores GSM se hace a través de tecnología TDMA.

#### MS (Mobile Station)

Es la terminal móvil o teléfono que se le asigna a cada suscriptor para hacer uso del servicio de comunicación.

La estación móvil (MS) en GSM está constituida por los siguientes componentes:

#### Terminal móvil (ME)

#### Módulo de Identidad de Suscriptor (SIM, Subscriber Identity Module)

A comparación de otros estándares en GSM el suscriptor está separado de la terminal móvil, esto se hace posible por medio de una pequeña tarjeta SIM en donde se almacenan los datos del suscriptor.

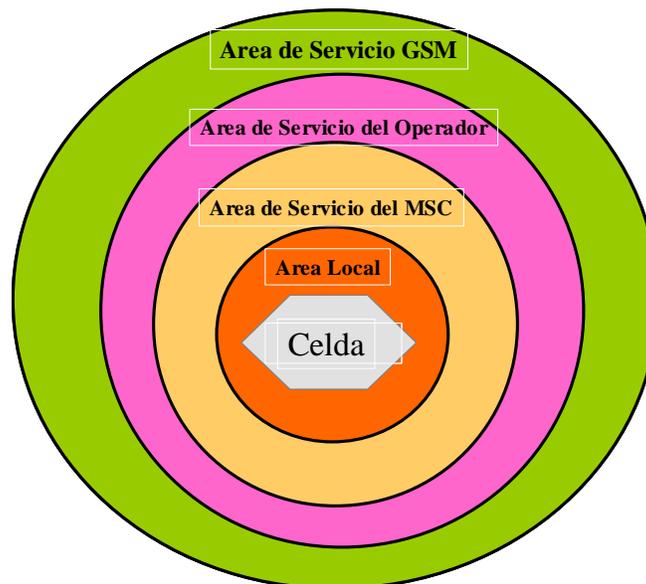
La SIM es una tarjeta portátil cuya información puede introducirse dentro de la terminal móvil o armazón del teléfono, así, si a un suscriptor le roban su terminal móvil puede seguir haciendo llamadas con su SIM al insertar sus datos en otra terminal móvil.

La terminal móvil es el armazón del teléfono el cual cuenta con la pantalla, el teclado, los circuitos de transmisión/recepción, la antena y la batería del mismo.

### 5.4.3 Elementos que intervienen en la cobertura geográfica

Dependiendo de la escalación en cobertura que se vaya deseando en un Red móvil GSM se manejan los siguientes conceptos:

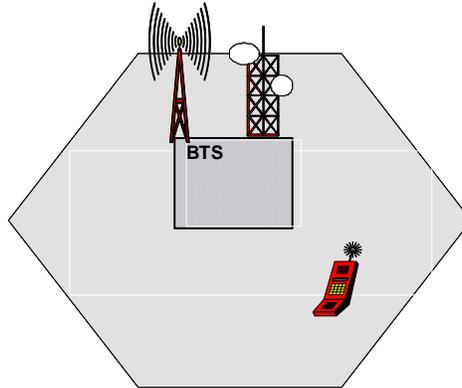
- Celda
- Área de Localización
- Área de Servicio del MSC
- Área de Servicio del Operador
- Área de Servicio de GSM



**Figura 5.17 Área de cobertura**

Celda (Cell)

Una celda o célula es la unidad básica de cobertura y es el radio que abarca una BTS. A cada celda se le asigna un número único llamado CGI (Cell Global Identity).

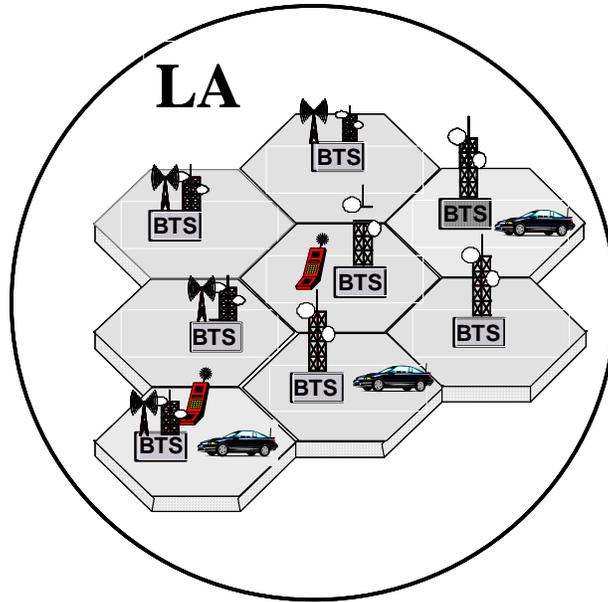


**Figura 5.18 Celda**

Área de Ubicación (LA, Location Area)

Un área de ubicación se define como un conjunto de células dentro de la Red. La localización exacta de un suscriptor se da por la LA, en el momento que un suscriptor pasa de una célula de una LA a otra célula que se encuentra en un LA diferente se da el reporte al MSC de un cambio de localización, por lo cual el registro del VLR se actualiza con la Identidad de la nueva LA.

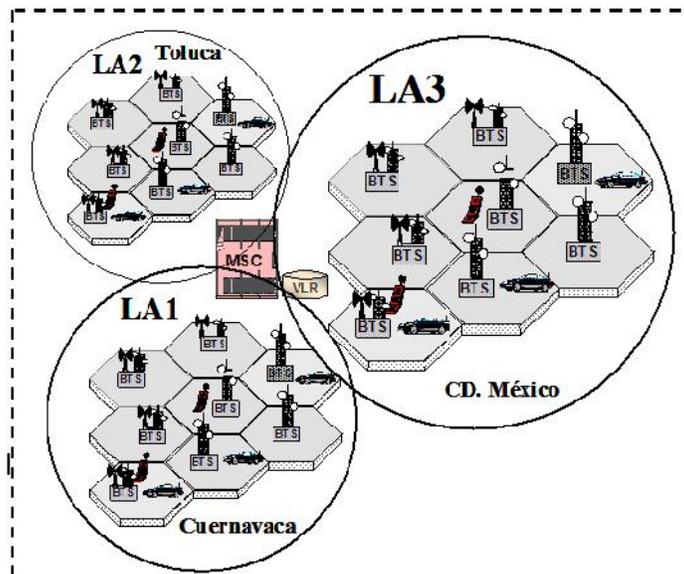
Generalmente un mismo MSC tiene a su cargo más de una LA, por ejemplo un MSC de la Cd. de México puede contar con 4 LAs: Cd. de México, Toluca, Cuernavaca y Puebla.



**Figura 5.19 Área de Ubicación**

**Área de Servicio del MSC**

El área de servicio de un MSC se forma por el conjunto de LAs que esta tiene a su cargo. El área de servicio de un MSC es almacenada en el registro de HLR del suscriptor.



**Figura 5.20 Área de servicio de un MSC**

## Área de Servicio del Operador

Es aquella en donde un operador determinado ofrece cobertura móvil a sus suscriptores. Por ejemplo en México existen al menos 5 áreas de servicio de operador respecto a telefonía celular se refiere:

Las ofrecidas por: Telcel, Iusacell, Unefon, Telefónica Movistar-Pegaso y Nextel.



**Figura 5.21 Área de servicio del operador**

## Área de Servicio de GSM

Es el área en donde un suscriptor GSM puede tener cobertura dentro y fuera de su país. Esta área es de mayor tamaño en la medida que más operadores realicen convenios de Roaming. Actualmente hay alrededor de 400 operadores en 182 áreas/países a nivel mundial trabajando con tecnología GSM.

## 5.5 Procedimiento pruebas IREG

El preámbulo a una comunicación móvil celular en roaming es mucho más complicado que la marcación de un número telefónico en la Estación Móvil (MS). Muchas veces puede pasar mucho tiempo (incluso varios meses) antes de que el servicio de roaming esté disponible en un destino específico y al final es requerido el esfuerzo y la participación de muchas personas para que esa llamada pueda realizarse exitosamente.

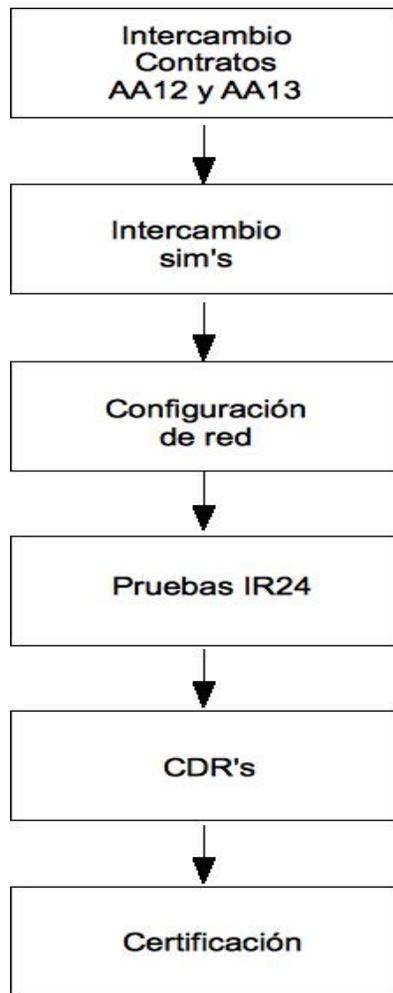
Existe un sitio web propiedad de la asociación GSM donde, entre otras cosas, se encuentran registrados todos los operadores móviles que usan esta tecnología. En esta base de datos se puede encontrar la información necesaria para contactar al representante de cada operador. La dirección es <https://infocentro.gsm.org>. Por supuesto esta página está disponible únicamente para sus miembros por lo tanto para ingresar es indispensable estar registrado.

Para los operadores el roaming debe ser un servicio estratégico y sobre todo rentable en donde intervienen principalmente dos factores de evaluación para la apertura del servicio:

- La expansión de la cobertura hacia otros países (de allí el carácter estratégico).
- La demanda de tráfico desde y hacia los nuevos destinos y operadores (de allí el carácter rentable del servicio).

El acercamiento entre operadores ocurre generalmente a través del correo electrónico. Los operadores evalúan los factores ya definidos e identifican a los que contactarán para iniciar negociaciones.

La siguiente figura 5.22 ilustra el procedimiento global para implementar un acuerdo de roaming.



**Figura 5.22 Procedimiento global de implementación**

### **5.5.1 Negociación del acuerdo de roaming internacional e intercambio de contratos**

El acuerdo de roaming se compone de tres documentos denominados AA.12, AA.13 y AA.14. El primero de ellos es el acuerdo propiamente dicho, los últimos dos son los anexos comunes y anexos individuales respectivamente.

El AA.14 no puede ser negociado en ningún momento pues contiene las características individuales de cada operador principalmente los servicios disponibles, información de contacto y tarifas.

El AA.13 es el principal documento de negociación pues en él se contemplan los procedimientos, cargos moratorios, sanciones, etc. entre los operadores involucrados en la negociación.

El AA.12 es un contrato marco cuyas modificaciones por lo general son mínimas y en la mayoría de los casos son cambios relacionados con la redacción y conceptos.

Una vez se han concluido las negociaciones uno de los dos operadores debe de generar o imprimir 2 originales del AA.12 y AA.13 para pasarlo a firmas del representante o de las autoridades designadas en la empresa y una vez firmado enviarlo al roaming partner para que éste estampe las firmas de su lado, al final cada operador debe de poseer un original firmado del acuerdo de roaming. El AA.14 también se intercambia.

### **5.5.2 Intercambio de SIM cards de pruebas**

Algo muy importante es el intercambio de SIM cards de prueba entre los operadores. Cada operador debe enviar a su respectivo roaming partner un número de SIM cards definido durante la etapa de negociación, esto con el objeto de hacer las pruebas para verificar el correcto funcionamiento del servicio, estas pruebas consisten en la emulación de los posibles escenarios que un usuario de roaming podría usar y están definidos en el formulario de pruebas IR24. Las SIM cards se envían a través de una compañía de mensajería y una vez que el operador las recibe debe notificar al roaming partner para recibir el detalle referente a las mismas, el cual consiste en el MSISDN, el IMSI, el PIN, el código de barring o de bloqueo y el número serial principalmente, además por razones de

seguridad las SIM cards se envían bloqueadas y no es hasta la confirmación de recepción que se activan; sin embargo, no podrán ser utilizadas hasta que no se cargue la información del roaming partner en la red.

### **5.5.3 Configuración de Red.**

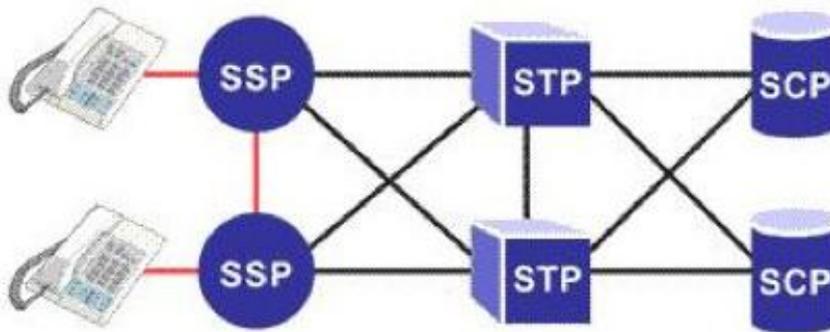
#### **5.5.3.1 Apertura del enlace de señalización.**

Los canales de comunicación están divididos principalmente en dos grandes grupos: canales de tráfico y canales de señalización. El sistema de señalización empleado en GSM es el SS7 y es un estándar definido por la Internacional Telecommunications Union (ITU). Este estándar define los procedimientos y protocolos para el intercambio de información de enrutamiento y control entre los diferentes elementos de la red. Como se dijo al inicio la señalización ocurre en canales dedicados, esta característica ofrece ventajas sobre la señalización que ocurre dentro del ancho de banda, como ejemplo el establecimiento de la llamada es más rápido y existe mayor eficiencia en el uso de los canales de voz.

Los puntos de señalización son únicos y están identificados por un point code. Los SP (Signal Point) son transportados a través de mensajes entre puntos de señalización para identificar la fuente y el destino de cada mensaje. Cada punto de señalización posee una tabla de enrutamiento para seleccionar la ruta apropiada para cada mensaje.

Existen 3 tipos de puntos de señalización en una red SS7 (figura 5.23):

- SSP (signaling switching point)
- STP (signal transfer point)
- SCP (signal control point)



**Figura 5.23 Red simple de SS7.**

Los SSPs son switches que originan o terminan llamadas. Un SSP envía los mensajes de señalización para establecer, manejar y liberar los circuitos de voz necesarios para completar una llamada. Un SSP puede también enviar una consulta a una base de datos (SCP) para determinar el enrutamiento de la llamada. El SCP envía una respuesta que contiene el número o números de enrutamiento al SSP que envió la consulta. Una ruta alternativa puede ser empleada por el SSP si el primer número está ocupado o si la llamada no es contestada en un tiempo determinado.

El tráfico de red puede ser enrutado a través de un switch que conmuta sólo señalización conocido como STP. El STP envía cada mensaje entrante por un enlace de señalización basado en la información de enrutamiento misma contenida en el mensaje. El STP actúa como un concentrador de red (hub) que hace más eficiente la red de señalización evitando la necesidad de conexiones directas entre puntos de señalización. Es por eso que existen proveedores de señalización para roaming, pues sería poco práctico para los operadores mantener enlaces de señalización diferentes para cada uno de los roaming partners, de esta forma toda la información de señalización concerniente a cada roaming partner se envía únicamente a un solo nodo STP y de aquí se distribuye al destino correspondiente.

Un STP puede desarrollar la Traducción de Títulos Globales (Global Title Translation), un procedimiento mediante el cual el destino del mensaje de señalización es determinado por los dígitos presentes en el mensaje.

El enlace de señalización se debe solicitar al proveedor del servicio con un tiempo de anticipación que se establece al inicio de la contratación del servicio.

### **5.5.3.2 Carga de información en la red.**

Una vez que ya se ha confirmado la apertura del nuevo enlace de señalización y se han recibido las SIM cards de prueba enviadas por el roaming partner se puede proceder a cargar en la red la información técnica del otro operador contemplada en el IR21 que es el principal documento técnico de intercambio entre las compañías. Cada compañía posee un IR21 donde se definen las direcciones de los nodos de señalización, los rangos de MSISDN, las especificaciones para la traducción de títulos globales, etc. Una vez que se ha realizado la carga de la información del operador se hacen pruebas preliminares que consisten en el desarrollo de Location Update (LU), llamadas originadas (MOC), llamadas terminadas (MTC) y Short Message Service (SMS). Cuando se ha comprobado el éxito de estos eventos se puede pasar a completar formalmente el formulario de pruebas IR24.

#### **5.5.3.2.1 Definición y configuración SCCP: Enrutamiento por Global Title.**

Se requiere señalar con la PLMN visitada a través de la traducción de Global Title (GT). Debemos notar que si este es el primer acuerdo de roaming internacional y si los mensajes son recibidos directamente de la red internacional señalada, la traducción GT debe existir también para la propia dirección del HLR (en E.164), para la dirección de encaminamiento (envío) y también para el análisis de IMSI (basada en E.214).

### **5.5.3.2.2 Definiendo procedimientos del MSC/VLR en la red HPLMN.**

*La configuración SCCP: La traducción de Global Title.*

La traducción de GT es requerida en el GMSC sólo si es utilizada como un acceso SCCP entre la PLMN local y la red internacional de señalización.

El análisis del Roaming Number (MSRN).

El análisis MSRN es creado en el GSMC de la HPLMN. El resultado del análisis (roaming number) es entregado a través de una ruta saliente hacia el VPLMN.

Si las llamadas logran terminar a un móvil del HPLMN anfitrión para el otro VPLMN son ya posibles, entonces ningún análisis adicional es requerido.

El MSRN es un MSISDN regular obtenido a raíz de la solicitud para entregar una llamada terminada al roamer. El análisis MSRN es requerido en el PLMN anfitrión para encontrar la ruta hacia el VMSC.

### **5.5.3.2.3 Definiendo procedimientos del MSC/VLR en VPLMN.**

Defina configuración SCCP: La traducción global del título.

Las traducciones de GT son requeridas en todos los VMSCs en el PLMN visitado. Las traducciones de GT son también requeridas en todas las MSC de la VPLMN. La traducción de GT es creada para la dirección de los VLRs del HPLMN en E.164 y E.214 y la dirección E.164 del HLR.

## El análisis IMSI

El IMSI de los suscriptores es analizado en todos los VMSCs en el PLMN visitado para permitir el registro del móvil.

El análisis IMSI está definido en todos los VMSCs de la PLMN. El código del país MCC y el código de la red móvil se usan para analizar y comunicarse con la PLMN correspondiente al roamer. Usualmente los primeros dos dígitos se usan para indicar al suscriptor en el HLR de la HPLMN.

## Definiendo datos de la PLMN

Se definen los datos específicos de la PLMN, lo cual es necesario para dar los servicios de roaming específicos tales como el tipo de cifrado, nombre de la PLMN, autenticación, registro, etc.

## Análisis SMSC

Si un servicio de mensajería corto está soportado por el operador a la que pertenece el roamer y también por la PLMN visitada, entonces el análisis de GT es creado en todos los VMSCs dentro del PLMN visitado. Y si ambas redes soportan entonces el análisis de GT de todos los SMSC están creados en el los HLRs dentro de la HPLM.

### **5.5.4 Elaboración del IR24**

Anteriormente se ha explicado el protocolo IR24.

### **5.5.5 Obtención de CDR's y envío.**

Cuando se completa un evento telefónico se genera un archivo en formato binario, hexadecimal o raw que contiene la información del mismo, a estos archivos se les llama Call Detail Records (CDR's). Así mismo, cuando se realiza un escenario de prueba la información sobre el caso en particular se guarda en estos CDR's y junto con el documento IR24 debe enviarse al roaming partner para que éste verifique el resultado de las pruebas y los cargos por el uso del servicio.

### **5.5.6 Certificación.**

El roaming partner utilizará el formulario IR24 como guía para identificar cada uno de los casos de prueba dentro de todos los casos recibidos, por lo tanto esta información debe de coincidir. Es por esto que es muy importante que antes de enviar la información sobre las pruebas, se corrobore que exista consistencia entre el documento y los registros y de esto trata la verificación de CDRs.

Una vez se haya corroborado que los CDR's coinciden con el IR24 y se valide que las tarifas coinciden con las tarifas estipuladas en el AA14 se procede a generar el documento de certificación llamado Certificado de finalización del TAP (TCC, TAP Completion Certificate).

## CAPITULO 6: GUÍA CONDENSADA PARA LA CERTIFICACIÓN DEL ROAMING INTERNACIONAL.

Para que los usuarios de una red móvil puedan tener servicio en otra red móvil de un país diferente de su HPLMN (red propia) se requiere establecer acuerdos entre operadores de los diferentes países. Los acuerdos se logran con pruebas de servicio y su respectiva certificación.

A continuación se describe brevemente el proceso de certificación del roaming internacional.

Todo proceso se debe iniciar con el intercambio de los siguientes documentos:

- Contratos: AA12 y AA13
- IR21
- IR24
- AA14

Además es necesario contar con los siguientes elementos:

- 2 Terminales o equipos móviles (MS).
- 2 SIM cards del operador.
- Contactos técnicos del operador con el que se va establecer el acuerdo.

El proceso de certificación se detalla en las siguientes líneas:

- Intercambio del paquete de Información (Infopack): contratos, AA14, SIMs, IR21 e IR24, esta parte del proceso es realizado por el grupo de negocio.
- Configuración de la red.
- Elaboración del IR24.
- Obtención y envío de cdr's.
- Certificación.

## 6.1 Intercambio de Infopack

El grupo de negocios se encarga de generar, firmar y enviar los contratos AA12 y AA13, así como intercambiar el archivo con tarifas establecidas AA14, las SIM cards y los documentos técnicos IR21 e IR24.

## 6.2 Configuración de la Red

Previo a la realización de las pruebas IREG, se solicita al grupo encargado de la administración de la red, la carga de información técnica del roaming partner necesaria para que las SIM cards a utilizar puedan registrarse, realizar y recibir llamadas y mensajes de texto. La configuración en la red que se requiere es:

- Solicitar la apertura del enlace de señalización.
- Realizar la traducción del Global Title (GT) con el E.164 (rango del plan de numeración del país de donde pertenece el roamer) y el E.214 (rango del MGT).
- Análisis del MSRN
- Análisis de IMSI, el cual es realizado en todos los VMSCs.
- Análisis del SMSC (SMS center) en los VMSCs y HLRs.

## 6.3 Elaboración del IR24

Una vez la red esta configurada con la información del roaming partner se ingresan las dos SIM cards a los dos teléfonos y se procede a elaborar las pruebas que se describen en el IR24 (figura 6.1):

### Pruebas comunes

Estas pruebas se requieren realizar en conjunto con el roaming partner, quién estará enviando el comando de cancelación al HLR.

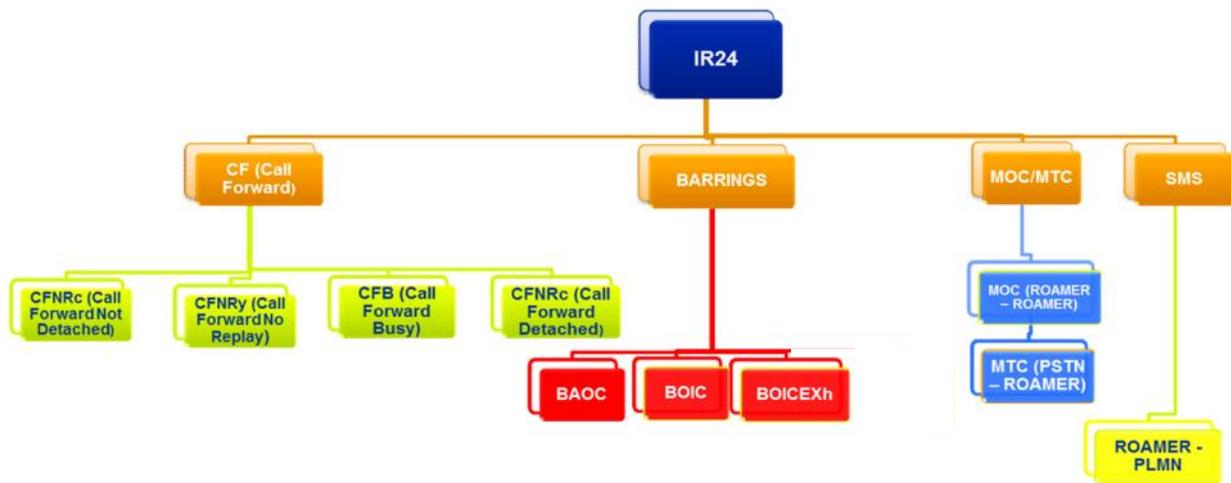
- Registro en la red (LU, Location Update)
- Cancelación de registro (Cancel location)

## Pruebas individuales

Para realizar estas pruebas no se requiere la presencia del roaming partner.

- Llamadas salientes
- Llamadas entrantes
- Desvío de llamadas
- Bloqueo de llamadas
- Mensajes cortos (SMS)

### 6.4 Obtención y Envío de CDR's



**Figura 6.1 Pruebas del IR24**

Se va registrando en el documento de pruebas IR24 los datos y resultados de cada prueba conforme se realiza cada una de las pruebas.

Al terminó de las pruebas, se solicitan al área correspondiente los registros que se generaron en cada una de las pruebas, los cuales son enviados en archivo binario en conjunto con el IR24 al roaming partner.

## **6.5 Certificación**

El roaming partner recibe los registros junto con el IR24 y procede a validarlos junto con las tarifas utilizando el AA14 (documento con tarifas establecidas).

Si las tarifas y los registros están correctos el partner procede a elaborar el documento que aprueba y certifica las pruebas IREG llamado TCC.

## CONCLUSIONES

El rápido crecimiento del número de abonados móviles en todo el mundo durante la última década ha cambiado drásticamente el panorama de las telecomunicaciones. La telefonía móvil se ha convertido en la forma dominante de las telecomunicaciones en los países tanto desarrollados como en desarrollo, con el número de líneas móviles superando a teléfonos fijos en la mayoría de países de todo el mundo. Sin duda, la telefonía móvil ofrece enormes ventajas para los individuos, las empresas y las economías.

La tecnología actual en cuanto a comunicación móvil ha tenido una revolución de forma muy rápida, permitiendo a los usuarios de telefonía móvil contar con una variedad de servicios, que muchas veces se ve limitado cuando viaja fuera de su ciudad de origen, ya que se queda sin acceso a la red, para que sea posible continuar teniendo servicio, es necesario que los operadores de redes móviles, cuenten con acuerdos entre ellas para poder seguir dándolo.

Cada operador tiene que tener acuerdos con los demás operadores, y es una situación que se puede convertir en un problema de administración engorroso y muy lento, si no existen acuerdos, normas, procedimientos, manuales o protocolos.

Los servicios móviles internacionales de roaming permitirán a los clientes de un operador de red móvil utilizar los servicios móviles cuando viajan al extranjero. Estos servicios están habilitados debido a la relación entre el operador home y visitado. Como resultado de la expansión mundial de los mercados de telefonía móvil y la creciente demanda de comunicaciones internacionales, los ingresos de roaming móvil internacional constituyen en la actualidad una parte importante de los ingresos de los operadores móviles.

Para que la relación entre el operador home y el visitado se logre, es necesario establecer acuerdos de roaming mediante la certificación del servicio en las redes visitadas. Para definir el proceso de certificación, en el capítulo 5, primero se tomo en cuenta los documentos que el grupo de trabajo IREG ha venido elaborando, la certificación se lleva a cabo realizando pruebas del servicio, las cuales se determinan en el protocolo de pruebas llamado IR24, aquí se explica de manera detallada todo el procedimiento que se tiene que llevar por las dos partes, o compañías interesadas en certificar el servicio de roaming internacional. Desde que un abonado móvil llega a un lugar diferente a su localidad, su equipo móvil empieza a realizar una serie de comunicaciones con la red visitada, para poder registrarse en esta y así mismo gozar de los servicios que tiene disponibles través de su compañía local, y no tenga que dejar de disponer del servicio, pero todo este proceso es posible, gracias a que previamente las dos empresas de telecomunicaciones lograron ponerse de acuerdo para brindar el servicio de roaming entre ellas, pero si aun no se han hecho este tipo de acuerdos, el usuario no tendrá servicio, para eso es importante contar con la información de acuerdo a las necesidades del usuario y así mismo los costos. Si existe un acuerdo entre las compañías, los costos tienden a bajar considerablemente. Teniendo esta premisa, es una gran ventaja que cada vez mas operadores cuenten con una certificación de pruebas de roaming internacional, y al revisar este manual, les pueda ser de mucha utilidad, en este proceso.

Para tener claro como se comportan los usuarios que requieren tener servicios de roaming, se tienen que revisar las áreas de servicio, como lo tratamos en el capítulo 4, donde se ve por regiones la movilidad del usuario roamer, ya sea por negocios o por turismo. Un usuario común no se da cuenta de todo el proceso que tiene que pasar para que se establezca una llamada de voz, en una región diferente a su servicio local, es decir el proceso de registro, o bien el tipo de escenario que pueda existir, y esto se tuvo que considerar al momento de realizar este manual, explicando todo el proceso que realizan los sistemas de señalización móviles así como su arquitectura.

También dentro de los procesos a revisar, se toma en cuenta a usuarios con cierto límite en el crédito de llamadas, que si llegan a ese punto, el servicio se tiene que desactivar, esto con la finalidad también de evitar fraudes, el bloqueo de llamadas entrantes o salientes, sin dejar sin servicio los servicios de emergencia. También hay que revisar cuando el móvil se borra del registro en el lugar visitado, pueda volverse a registrar, casos como cuando el usuario esta fuera del área de cobertura son vistos dentro de las pruebas. Si un usuario, por situaciones que a él le convengan, requiere solo hacer llamadas salientes, o bien solo tener servicio de llamadas entrantes, ya sea llamadas de la localidad visitada o bien de su área local, las operadoras deben de tener esa capacidad de control, en las pruebas de certificación.

El objetivo fue el establecer un manual, que permita definir el proceso de pruebas y los acuerdos para que los empresas que prestan servicios de telecomunicaciones móviles obtengan la certificación del servicio de Roaming internacional de voz sobre una red GSM, ya que en México esta información no es fácil de conseguir, o bien es necesario pagar por ella a asociaciones tales como la GSMA. Como tal, nunca se ha publicado o desarrollado un trabajo similar al aquí expuesto, así mismo, por ser un tema actual, no existe una bibliografía específica que trate a fondo el tema.

El objetivo de este trabajo se logró debido a que este manual permite al empleado de cualquier operador móvil con un conocimiento básico de telefonía celular generar las pruebas de servicio y así lograr la certificación. Esto es posible debido a que en este trabajo alcanzamos conjuntar los aspectos necesarios para el entendimiento de los elementos que conforman una red celular, su papel dentro de los diferentes escenarios en roaming internacional y el proceso a realizar.

Tener un grupo de negociación es importante, ya que debe realizar el primer contacto con los operadores con los que se va a establecer un acuerdo de

roaming. Se debe analizar las principales ruta de roaming de manera que los acuerdos sean beneficiosos para los usuarios y la operadora.

Este trabajo va llevando de la mano en el proceso de certificación. Se describe qué es el servicio de roaming, los tipos de roaming y el proceso de registro. Se detalla los diferentes escenarios de roaming que se certifican y los elementos de la red celular tanto de la red home como la visitada que intervienen en cada uno de los escenarios.

La certificación es un proceso completo donde se debe cumplir estándares que la GSMA estipula. El protocolo de pruebas IR24 se detalla en su totalidad, cada prueba es determinante para comprobar el adecuado funcionamiento del servicio en la red visitada.

En el capítulo 6 se detalla los pasos a seguir antes y durante el proceso de pruebas, cada una de los escenarios y la forma en que debe de realizarse cada una de las pruebas. Esta guía condensada es la base para llevar a cabo de manera satisfactoria cada una de las pruebas para lograr una certificación exitosa.

La certificación de las pruebas conforme a este manual ayudará a los operadores de telefonía celular con intenciones de proveer el servicio de roaming internacional a sus usuarios mejorar los tiempos de pruebas y así lograr un mayor número de acuerdos con otros operadores internacionales, incrementando así sus ingresos de forma importante. El especialista encargado de la certificación podrá utilizarlo como una herramienta indispensable de trabajo.

En esta tesis logramos sintetizar todo el proceso de roaming. En las páginas de las diferentes asociaciones u organizaciones internacionales, no se encuentra un manual tan detallado y sencillo como este, es por eso que toma mucha relevancia este trabajo.

## **ANEXO A**

La GSMA representa los intereses de los operadores móviles del mundo. Abarca más de 220 países, la GSMA une a casi 800 operadores de telefonía móvil del mundo con más de 230 empresas en el más amplio ecosistema móvil, incluyendo fabricantes de teléfonos, compañías de software, proveedores de equipos y compañías de Internet, así como a las organizaciones de los sectores de la industria tales como las de servicios financieros, salud, medios de comunicación, transporte y servicios públicos. La GSMA también produce eventos líderes de la industria tales como el Mobile World Congress y el Mobile Asia Expo .

### **Misión**

Los esfuerzos de la GSMA se centran en la innovación, la incubación y la creación de nuevas oportunidades para sus miembros, con el objetivo final de conducir el crecimiento de la industria de las comunicaciones móviles.

### **Historia**

En el año de 1985, 'GAP' (Groupe d'Analyse et de Previsión) celebró reuniones que llevaron a la aprobación de la Comisión Europea del proyecto GSM, un año después, los jefes de Estado aprueban el proyecto GSM. La Comisión Europea propone la iniciativa que reserva el espectro de 900 MHz para el GSM, acordada en el Consejo de Telecomunicaciones EC. Es firmado el acuerdo de cooperación cuadripartito entre Francia, Alemania, Italia y el Reino Unido (para apoyar la práctica de la normativa y el intercambio de datos de investigación), así mismo, se realizan ensayos de diferentes esquemas digitales de transmisión de radio en varios países, con una evaluación comparativa de la CEPT GSM en París

Diez años más tarde, en 1995 se forman Grupos de GSMA de interés regional Regional Interest Groups (RIGs) y al siguiente año se crean los premios GSMA.

En el 2003, la GSMA crea un nuevo CEO a nivel de Junta Directiva y en 2006 los miembros de la GSMA exceden de 900 empresas incluyendo a más de 700 operadores.

Para el 2007 se celebra el primer congreso GSMA Mobile en Asia en Macao SAR, China y la GSMA Celebra su 20 aniversario, en 2008 se reúnen más de 55,000 visitantes en el Congreso Móvil Mundial GSMA en Barcelona y para entonces la GSM supera 3 mil millones de conexiones, los estándares LTE son completados y se aprueba una resolución que permite a los operadores LTE unirse a la Asociación, las conexiones móviles globales superan los 4 mil millones.

En el año 2009 el congreso GSMA Mobile de Asia es celebrado en Hong Kong y sale el primer comercial de redes LTE, para el año 2010 las conexiones móviles globales superan los 5 mil millones, las ventas de dispositivos móviles a nivel mundial asciende a 1.6 billones, un año después se reúnen más de 60,000 visitantes en el Mobile World Congress de Barcelona. Anne Bouverot es nombrado Director General de la GSMA y se elige Barcelona como la capital mundial de los móviles, las conexiones móviles globales superan los 6 mil millones.

## GLOSARIO

2G 2nd Generation

3D Three Dimensional

3G 3rd Generation

3GPP Third Generation Partnership Project

ACK Acknowledge

ACM Address Complete Message

ADRG ARC Digitized Raster Graphics

ALERT aviso de posible llamada en curso

AML Arc Marco Language

AMPS Advanced Mobile Phone System

ANM Answer Message

ASCII American Standard Code for Information Interchange

AuC Authentication Centre

BC Broadcast

BER Bit Error Rate

BIL Band Interleaved by Line by Line

BPSK Binary Phase Shift Keying

BS Base station

BSC Base station controller

BSQ Band-Sequential

BSS Base Station Sub-system

BTS Base Transceiver Station

CAD Computer-aided drafting

Carrier de señalización portador de señalización

CC Country Code

CDMA Code Division Multiple Access

CLI International Long Distance Carrier

CN Core Network

CONNECT la llamada es conectada y esta en curso  
COST European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research  
CR Call Request  
CS Circuit Switched  
D-BPSK Differential Binary Phase Shift Keying  
DECT Digital Enhanced Cordless Telecommunications  
DL Down Link  
DS Direct Sequence  
DXF Drawing Interchange Format  
EDGE Enhanced Data rates for GSM Evolution  
EIR Equipment Register  
EIRP Effective Isotropic Radiated Power  
ERP Effective Radiated Power  
ESRI Environmental Systems Research Institute  
E-TACS Extended Total Access Communication System  
ETSI European Telecommunication Standards Institute  
FACSIMÍL Procedimiento de transmisión de información a distancia, de imágenes fijas por medio de ondas hercianas o líneas telefónicas o telegráficas.  
FDD Frequency Division Duplex  
FDMA Frequency Division Multiple Access  
FER Frame Error Rate  
FH-CDMA Frequency-Hopping spread spectrum  
GGSN Gateway GPRS Support Node  
GIS Geographic Information System  
GMSC Gateway Mobile Services Switching Center  
GoS Grade of service  
GPRS General Packet Radio System  
GRASS Geographic Resources Analysis Support System  
GSM Global System for Mobile Communications  
GTD Geometric Theory of Diffraction  
HIMM High Interactive MultiMedia

HLR Home Location Register

HMM High MultiMedia

HSCSD High-Speed Circuit Switched Data

IAC Inter-application communications

IAM Initial Address Message

IMSI attach/IMSI detach registro o apagado de móvil

IMT-2000 International Mobile Telecommunications 2000

IP Internet Protocol

IS-136 Interim Standard 136

IS-54 Interim Standard 54

IS-95 Interim Standard 95

ISDN Integrated Services Digital Network

ITU International Telecommunication Union

LAC Location Area Code

LIMADURA Pequeños fragmentos o partículas que se desprenden de alguna pieza de metal o de materia semejante al friccionar su superficie repetidamente con la lima.

MAP Mobile Application Part. Parte de aplicación móvil. Protocolo en las redes GSM para el intercambio de información entre las centrales de conmutación (MSC) y los nodos de las bases de datos (por ejemplo, HLR), para los procesos de autenticación, identificación de equipos, roaming, etc.

ME Mobile Equipment

MM Multimedia

MO FSM Mobile Originating Forward Short Message

MS Mobile Station

MSC Mobile Switching Center

MSK Minimum Shift Keying

MSRN Mobile Station Roaming Number

MT FSM Mobile Terminating Forward Short Message

NACK Non Acknowledge

NDC National Destination Code

NMT Nordic (Scandinavian) Mobile Telephone system  
OBQ Offered Bit Quantity  
OMC Operations and Maintenance Centre  
OVSF Orthogonal Variable Spreading Factor  
PDC Personal Digital Cellular  
PLMN Public Land Mobile Network  
PRN Provide Roaming Number  
PS Packet Switched  
PSK Phase Shift Keying  
PSTN Public Switched Telephone Network  
QoS Quality of Service  
QPSK Quadrature Phase-Shift Keying  
RDB Relational Data Base  
RELEASE la llamada termina y el canal de señalización se libera  
RLC Run-Length-Coding  
RNC Radio Network Controller  
RNS Radio Network Subsystem  
RR Request Response  
SGSN Serving GPRS Support Node  
SIM card Subscriber Identity Module Card  
SMS Short Message Service  
SRI Send Routing Information  
SRI SM Send Routing Information for Short Message  
SSDT Site Selection Diversity Transmission  
TDD Time Division Duplexing  
TDMA Time Division Multiple Access  
TIFF Tag image file format  
TIN Triangulated irregular Network  
TRX Transceiver  
UDP User Datagram Protocol  
UE User Equipment

UL Up Link

UMTS Universal Mobile Telecommunications System

USIM UMTS Subscriber Identity Module

UTD Uniform Theory of Diffraction

UTM Universal Transverse Mercator

UTRAN Universal Terrestrial Radio Access Network

VAT value attribute table

VHE Virtual Home Environment

VLR Visitor Location Register

VPLMN Visit Public Land Mobile Network

WCDMA Wideband Code Division Multiple Access

WWW World-Wide Web

## BIBLIOGRAFÍA.

### Libros.

Baltazar Sánchez Angel Gabriel, Medina Rodríguez María del Rocío, Montiel García Amor Eunice, *“Sistemas de telefonía móvil basados en el estándar WCDMA”*, Instituto Politécnico Nacional, 2007

C. Smith, D. Collins, *“3G Wireless Networks”*, Estados Unidos, McGraw-Hill, 2003.

Francisco Sivianes Castillo, Gemma Sánchez Antón, Jorge Roperó Rodríguez, Octavio Rivera Romero, Jaime Benjumea Mondejar, Julio Barbancho Consejero, María del Carmen Romero Ternero, *“Servicios en Red”*, Sistemas Microinformáticos en Redes, España, Paraninfo, 2010

HSIAO-HWA CHEN, *“CDMA Technologies”*, UK, Ed Wiley, 2007

Huidoro José Manuel, *“Tecnologías de Telecomunicaciones”*, 2006

Jörg Eberspächer *“GSM Architecture, Protocols and Services”* Editorial Wiley 3ª Edición, 2009

Jose M. Caballero, *“Redes de Banda Ancha”*, Barcelona (España), marcombo Boixareu Editores, 1998

Jose Manuel Huidobro Moya, *“Redes y servicios de Telecomunicaciones”*, Madrid España, Thomson Editores Paraninfo, 2006.

José Manuel Huidobro, *“Telecomunicaciones Tecnologías redes y servicios”*, RA-MA, 2010

José Manuel Huidoro Moya “Redes y Servicios de Telecomunicaciones” Editorial Thomson 4<sup>a</sup> Edición

Jose Maria Hernando Rabanos, “Comunicaciones Móviles”, Madrid España, Editorial Universitaria Ramón Areces, 2004.

L. Harte, D. Bowler, “Introduction to Mobile Telephone Systems”, Wireless Systems, Estados Unidos, Althos Publishing, 2004

Louis E. Frenzel, “Sistemas Electrónicos de Comunicaciones”, Alfaomega, Primera edición

Miguel Angel Alberto Mineros Valencia, Carlos Guillermo Montoya Peña, “Sistema de monitoreo de Roaming Internacional a través de la interpretación de CDRs para una compañía de telefonía móvil local”, Universidad Don Bosco, 2007

Oriol Sallent Roig, Jose Luis Valenzuela Gonzalez, Ramón Agustí Comes. “Principios de comunicaciones móviles”, España. Universidad Politécnica de Catalunya, 2003.

Roy Blake, “Sistemas Electrónicos de Comunicaciones”, Thomson, Segunda edición

St-Pierre Armand, Stéphanos William, “Redes locales e Internet”, Trillas, 1997

Tara Ali-Yahiya, “Understanding LTE and its Performance”, London, Springer, 2011

Tomasi Wayne, “Sistemas de comunicaciones electrónicas”, Prentice Hall, 2003

## **Revistas.**

D. Luis Mendo Tomás, *“Capacidad en sistemas celulares W-CDMA”*, Universidad Politécnica de Madrid, 2001

Manual del participante, Fundamentos de telecomunicaciones, Axtel mayo del 2008.

Revista Espiral, Teléfonos de México, privatización y nuevas relaciones laborales  
Ignacio Medina Lopez, Espiral, Estudios sobre Estado y sociedad Vol. 3  
Mayo/Agosto de 1995, Págs. 133-135

## **Tesis**

Apuntes de Telefonía, UNAM – Facultad de Ingeniería.

Katia Gabriela Torres Pérez, *“La industria de la telefonía móvil: Telefónica Móviles México un caso de éxito”*, Universidad Nacional Autonomía de México, 2010

## **Paginas Web**

Agilent 3GPP Long Term Evolution <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-8139EN.pdf><http://www.iridium.com>

AIRCOM <http://www.aircom.co.uk> Chapter 2 Pages 11-22

Call Flow [http://gsmfordummies.com/gsmevents/mobile\\_originated.shtml](http://gsmfordummies.com/gsmevents/mobile_originated.shtml)

CDMA [http://www.upv.es/satelite/trabajos/Grupo3\\_99.00/GlobalStar8.htm](http://www.upv.es/satelite/trabajos/Grupo3_99.00/GlobalStar8.htm)

4G Américas/Statistics <http://www.4gamericas.org>

GSM Mobile Originating SMS Call Flow <http://whytelecom.com/content/gsm-mobile-originating-sms-call-flow>

GSM Mobile Terminated Call Flow

<http://telecomtigers.blogspot.mx/2009/11/mobile-originated-mo-sms-flow.html>

GSM Technology for engineers <http://www.telecomsource.net/forum.php>

Introducción a Tecnologías de Redes vía Satélite, Luis Alejos, Administrador REDDIG SAM, Lima, Perú -Julio2011

<http://www.lima.icao.int/>

Introducción a WCDMA

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/fajardo\\_p\\_d/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/fajardo_p_d/capitulo2.pdf)

Multiplexaciones de Canales (TDMA, FDMA, CDMA)

[www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r80352.DOC](http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r80352.DOC)

Nabarg\_doc\_36\_011\_ic\_213043.ppt

<https://infocentre.gsm.org/cgi-bin/docdisp.cgi?213043>

NABARG Doc 36\_011, IR24 Workshop

<https://infocentre.gsm.org/cgi-bin/docdisp.cgi?213043>

Página de la GSMA

[www.gsma.com](http://www.gsma.com)

<http://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2012/08/GSMA-Mobile-roaming-web-Spanish.pdf>

<http://www.gsma.com/publicpolicy/roaming-overview/operator-transparency/>

<http://www.gsma.com/latinamerica/gsma-latin-america-lanza-un-plan-de-transparencia-de-roaming-de-datos/>

Revista Digital, Órgano de Comunicación del CICESE, *Artículo: La jubilación proviene de júbilo...*, SEMBLANZA, Arturo Velázquez Ventura, De médico a ingeniero y doctor: un viaje sin retorno, Por Ulises Cruz.  
<http://gaceta.cicese.mx/ver.php?topico=semblanza&ejemplar=97&id=137&from=buscador>

Scenarios GSM

<http://what-when-how.com/roaming-in-wireless-networks/scenarios-global-system-for-mobile-communication-gsm-part-2/>

Seminario de Redes SS7/GSM/(E)GPRS

<http://www.ladeprofesional.com.ar/seminariok15-gsm-gprs.pdf>

Sistemas Móviles GSM, CDMA, TDMA

[http://www.une.edu.ve/~iramirez/te1/sistemas\\_moviles.htm](http://www.une.edu.ve/~iramirez/te1/sistemas_moviles.htm)

Sitio Oficial CDMA (Un consorcio de empresas que se han unido para liderar la adopción y evolución de los sistemas CDMA inalámbricas de todo el mundo).  
[www.cdg.org](http://www.cdg.org) 2005.

Sitio Oficial CDMA (Un consorcio de empresas que se han unido para liderar la adopción y evolución de los sistemas CDMA inalámbricas de todo el mundo).  
[www.cdg.org](http://www.cdg.org) 2005.

SMS in GSM Network <http://learntelecom.com/telephony/gsm/sms-in-gsm-network>

TAC 2 Workshop <http://es.scribd.com/doc/47285338/call-flow-new>

The Mobile Broadband Standard, 3GPP A Global Initiative/ Technologies  
<http://www.3gpp.org>

UMTS Fórum/ Media Centre <http://www.umts-forum.org/>