

**EDGE – OPCION TECNOLOGICA PARA LA EVOLUCION DE LA RED MOVIL  
CELULAR DE COLOMBIA HACIA UNA INFRAESTRUCTURA DE TERCERA  
GENERACION**



**JUAN CARLOS MUÑOZ ANTE  
DIANA MARIA VALENCIA ROJAS**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE TRANSMISION  
GRUPO I+D EN NUEVAS TECNOLOGIAS EN TELECOMUNICACIONES  
POPAYAN  
2002**

**EDGE – OPCION TECNOLOGICA PARA LA EVOLUCION DE LA RED MOVIL  
CELULAR DE COLOMBIA HACIA UNA INFRAESTRUCTURA DE TERCERA  
GENERACION**

**JUAN CARLOS MUÑOZ ANTE  
DIANA MARIA VALENCIA ROJAS**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE TRANSMISION  
GRUPO I+D EN NUEVAS TECNOLOGIAS EN TELECOMUNICACIONES  
POPAYAN  
2002**

**EDGE – OPCION TECNOLOGICA PARA LA EVOLUCION DE LA RED MOVIL  
CELULAR DE COLOMBIA HACIA UNA INFRAESTRUCTURA DE TERCERA  
GENERACION**

**JUAN CARLOS MUÑOZ ANTE  
DIANA MARIA VALENCIA ROJAS**

**Monografía presentada como requisito para obtener el título de Ingeniero en  
Electrónica y Telecomunicaciones**

**Director  
GUEFRY AGREDO MENDEZ  
INGENIERO EN ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE TRANSMISION  
GRUPO I+D EN NUEVAS TECNOLOGIAS EN TELECOMUNICACIONES  
POPAYAN  
2002**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>1. ANALISIS DE LAS NORMAS MOVILES DE ACCESO POR RADIO DE SEGUNDA GENERACION.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 TDMA/IS-136.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.1 Estandarización TDMA .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.2 Aspectos técnicos de TDMA/IS-136 .....</b>	<b>8</b>
1.1.2.1 Bandas de frecuencia para TDMA/IS-136 .....	8
1.1.2.2 Características principales de TDMA/IS-136.....	9
1.1.2.3 Canales de control y tráfico para TDMA/IS-136.....	10
1.1.2.4 Transmisión de datos en TDMA/IS-136 .....	12
<b>1.1.3 Arquitectura del sistema TDMA/IS-136 .....</b>	<b>12</b>
1.1.3.1 MSC/VLR – Centro de Conmutación Móvil/Registro de Localización de Visitantes .....	13
1.1.3.2 BS – Estación Base .....	14
1.1.3.3 HLR – Registro de Localización de Residentes.....	14
1.1.3.4 MS – Estación Móvil .....	15
<b>1.2 GSM.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.1 Estandarización GSM .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2 Aspectos técnicos de GSM.....</b>	<b>16</b>
1.2.2.1 Bandas de frecuencia para GSM.....	16
1.2.2.2 Características principales de GSM .....	17
1.2.2.3 Canales de control y tráfico para GSM .....	18
1.2.2.4 Transmisión de datos en GSM.....	19
<b>1.2.3 Arquitectura del sistema GSM.....</b>	<b>20</b>
1.2.3.1 SS – Sistema de Conmutación .....	21
1.2.3.2 BSS – Sistema de Estación Base .....	23
1.2.3.3 OSS – Sistema de Operación y Soporte .....	23
1.2.3.4 MS – Estación Móvil .....	23
<b>1.3 CDMA/IS-95.....</b>	<b>24</b>
<b>1.3.1 Estandarización CDMA/IS-95 .....</b>	<b>24</b>
<b>1.3.2 Aspectos técnicos de CDMA/IS-95.....</b>	<b>24</b>
1.3.2.1 Bandas de frecuencia para CDMA/IS-95 .....	25
1.3.2.2 Características principales de CDMA/IS-95.....	26
1.3.2.3 Canales de control y tráfico para CDMA/IS-95.....	28
1.3.2.4 Transmisión de datos en CDMA/IS-95 .....	28
<b>1.3.3 Arquitectura del sistema CDMA/IS-95.....</b>	<b>29</b>
1.3.3.1 MSC/VLR – Centro de Conmutación Móvil / Registro de Localización de Visitantes .....	30
1.3.3.2 BSC – Controlador de Estación Base.....	30
1.3.3.3 BTS – Estación Transceptora Base.....	30

1.3.3.4 HLR/AUC – Registro de Localización de Residentes / Centro de Autenticación .....	30
1.3.3.5 IWF – Función de Interoperabilidad .....	30
1.3.3.6 HDML – Servidor de Lenguaje del Dispositivo para Marcación .....	31
1.3.3.7 OA&M – Operación, Administración y Mantenimiento. ....	31
1.3.3.8 MS – Estación Móvil .....	31
<b>2. ANALISIS DE LAS NORMAS MOVILES DE ACCESO POR RADIO DE 2.5G Y TERCERA GENERACION .....</b>	<b>32</b>
<b>2.1 GPRS – NORMA MOVIL DE 2.5G .....</b>	<b>32</b>
<b>2.1.1 Estandarización GPRS .....</b>	<b>32</b>
<b>2.1.2 Aspectos técnicos de GPRS .....</b>	<b>33</b>
2.1.2.1 Características principales de GPRS .....	33
2.1.2.2 Canales de control y tráfico para GPRS .....	34
2.1.2.3 Transmisión de datos en GPRS .....	35
<b>2.1.3 Arquitectura del sistema GPRS e impacto sobre GSM y TDMA/IS-136.....</b>	<b>37</b>
2.1.3.1 Elementos GPRS.....	37
2.1.3.2 Impacto sobre la arquitectura de red GSM.....	38
2.1.3.3 Impacto sobre la arquitectura de red TDMA/IS-136.....	41
<b>2.2 NORMAS MOVILES DE ACCESO POR RADIO DE TERCERA GENERACION...42</b>	<b>42</b>
<b>2.2.1 Bandas de frecuencia IMT 2000.....42</b>	<b>42</b>
<b>2.2.2 UMTS.....45</b>	<b>45</b>
2.2.2.1 Estandarización UMTS .....	45
2.2.2.2 Aspectos técnicos de UMTS.....	46
2.2.2.2.1 Características principales de UMTS.....	48
2.2.2.2.2 Canales de control y tráfico para UMTS.....	49
2.2.2.2.3 Transmisión de datos en UMTS .....	50
2.2.2.3 Arquitectura de UMTS.....	51
2.2.2.3.1 UTRAN – Red Terrestre de Acceso por Radio UMTS.....	53
2.2.2.3.2 CN – Núcleo de Red.....	55
2.2.2.3.3 UE – Equipo de Usuario .....	58
2.2.2.4 QoS en redes UMTS .....	58
<b>2.2.3 CDMA2000.....60</b>	<b>60</b>
2.2.3.1 Estandarización CDMA2000.....	60
2.2.3.2 Aspectos técnicos de CDMA2000 .....	61
2.2.3.2.1 Características principales de CDMA2000 1X .....	62
2.2.3.2.2 Canales de control y tráfico para CDMA2000 1X .....	62
2.2.3.2.3 Transmisión de datos en CDMA2000 1X.....	64
2.2.3.3 Arquitectura del sistema CDMA2000 1X.....	64
<b>3. EDGE – VELOCIDADES DE DATOS MEJORADAS PARA LA EVOLUCION</b>	
<b>GLOBAL.....67</b>	<b>67</b>
<b>3.1 ESTANDARIZACION.....67</b>	<b>67</b>
<b>3.2 TECNOLOGIA EDGE .....</b>	<b>69</b>
<b>3.2.1 EDGE fase I.....69</b>	<b>69</b>
3.2.1.1 Visión general de la interfaz de aire EDGE.....	69
3.2.1.2 Diseño del protocolo de radio.....	70
<b>3.2.2 EDGE fase II.....73</b>	<b>73</b>
<b>3.3 MODOS DE IMPLEMENTACION DE EDGE.....73</b>	<b>73</b>

3.3.1 Modo Classic.....	73
3.3.2 Modo Compact .....	74
<b>3.4 IMPACTO DE EDGE SOBRE LAS REDES EXISTENTES .....</b>	<b>76</b>
<b>3.4.1 Impacto sobre los equipos de la interfaz de aire .....</b>	<b>76</b>
<b>3.4.2 EDGE en sistemas GSM/GPRS.....</b>	<b>77</b>
3.4.2.1 Impacto sobre la arquitectura de red GSM/GPRS .....	77
3.4.2.2 Planificación de la red de radio.....	78
<b>3.4.3 EDGE en sistemas TDMA/IS-136+ .....</b>	<b>80</b>
3.4.3.1 Impacto sobre la arquitectura de red TDMA/IS-136+ .....	80
3.4.3.2 Planificación de la red de radio.....	81
<b>3.5. GERAN – RED DE ACCESO POR RADIO GSM/EDGE .....</b>	<b>82</b>
<b>3.5.1 Clases de QoS en UMTS y GSM/EDGE .....</b>	<b>82</b>
<b>3.5.2 Arquitectura del sistema GERAN.....</b>	<b>84</b>
<b>3.5.3 Gestión de movilidad en el sistema GERAN.....</b>	<b>86</b>
<b>4. EDGE – SOLUCION DE MIGRACION PARA LA EVOLUCION DE</b>	
<b>LA RED MOVIL CELULAR DE COLOMBIA HACIA 3G.....</b>	<b>89</b>
<b>4.1 CAMINOS DE EVOLUCION DE LAS NORMAS DE ACCESO POR</b>	
<b>    RADIO DE 2G HACIA 3G .....</b>	<b>89</b>
<b>4.1.1 Caminos de evolución para GSM.....</b>	<b>90</b>
4.1.1.1 GSM → GPRS → EDGE → GERAN → UMTS.....	90
4.1.1.2 GSM → GPRS → UMTS .....	92
<b>4.1.2 Camino de evolución para CDMA/IS-95 .....</b>	<b>92</b>
4.1.2.1 CDMA/IS-95 → CDMA2000 1X → CDMA2000 1xEV-DO →	
CDMA2000 1xEV-DV .....	92
<b>4.1.3 Caminos de evolución para TDMA/IS-136 .....</b>	<b>93</b>
4.1.3.1 TDMA/IS-136 → GPRS → UWC-136.....	93
4.1.3.2 TDMA/IS-136 → GSM → GPRS → UMTS .....	94
4.1.3.3 TDMA/IS-136 → GSM → GPRS → EDGE → GERAN → UMTS .....	96
4.1.3.4 TDMA/IS-136 → CDMA/IS-95 → CDMA2000 1X → CDMA2000 1xEV-DO	
→ CDMA2000 1xEV-DV.....	97
<b>4.2 SELECCION DEL CAMINO DE EVOLUCION MAS VIABLE PARA LA RED</b>	
<b>    TDMA/IS-136 DE COLOMBIA.....</b>	<b>98</b>
<b>4.2.1 Parámetros claves a tener en cuenta para la selección .....</b>	<b>99</b>
4.2.1.1 Espectro.....	99
4.2.1.2 Interoperabilidad entre TDMA/GSM y TDMA/CDMA .....	100
4.2.1.3 Terminales .....	101
4.2.1.4 Consumo de baterías de terminales .....	103
4.2.1.5 Despliegue mundial de las tecnologías CDMA y GSM .....	103
4.2.1.6 Infraestructura.....	106
4.2.1.7 Roaming global.....	107
4.2.1.8 Economías de escala .....	108
4.2.1.9 Estandarización.....	108
<b>4.2.2 Selección del camino de migración para Colombia .....</b>	<b>109</b>

<b>4.3 ESTRATEGIAS DE TRANSICION PARA UN OPERADOR TDMA/IS-136</b>	
<b>HACIA GSM.....</b>	<b>110</b>
4.3.1 Despliegue agresivo .....	112
4.3.2 Existencia paralela .....	112
4.3.3 Introducción futura .....	113
<b>4.4 PARAMETROS DE COEXISTENCIA Y MIGRACION DE LOS SISTEMAS</b>	
<b>TDMA/IS-136 HACIA GSM.....</b>	<b>113</b>
4.4.1 Retorno de la inversión .....	113
4.4.2 Coexistencia comercial .....	114
4.4.3 Retención de los subscriptores TDMA/IS-136.....	115
4.4.4 Oportunidades de ingresos TDMA/IS-136.....	115
<b>4.5 EDGE EN COLOMBIA.....</b>	<b>115</b>
<b>5. PANORAMA DE ADOPCION DE LAS NORMAS DE ACCESO POR RADIO</b>	
<b>2G Y 3G A NIVEL MUNDIAL .....</b>	<b>119</b>
<b>5.1 MODELO DE NEGOCIO DE LOS OPERADORES CELULARES.....</b>	<b>120</b>
5.1.1 Operadores 2G .....	120
5.1.2 Operadores hacia 3G.....	121
<b>5.2 ESPECTRO Y LICITACIONES.....</b>	<b>123</b>
5.2.1 El proceso de asignación de espectro .....	123
5.2.2 Mecanismo de distribución del espectro .....	124
5.2.3 Valor del espectro.....	124
5.2.4 Concurso Vs subasta .....	125
5.2.5 Licencias UMTS .....	126
<b>5.3 TENDENCIAS DE LAS NORMAS MOVILES A NIVEL MUNDIAL .....</b>	<b>126</b>
5.3.1 Europa .....	126
5.3.2 América.....	127
5.3.2.1 Estados Unidos .....	128
5.3.2.2 Latinoamérica .....	128
5.2.3.3 Roaming en América.....	131
<b>5.4 TENDENCIAS DE LAS NORMAS MOVILES EN COLOMBIA .....</b>	<b>132</b>
5.4.1 Introducción de PCS .....	132
5.4.2 Situación de operadores colombianos .....	135
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>137</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>140</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>142</b>
<b>ACRONIMOS.....</b>	<b>145</b>

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos por la contribución con sus conocimientos y colaboración para la realización de este trabajo de grado a:

Guefry Agredo Méndez, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca.

Giovanny López, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca.

Victor Quintero, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca.

Alvaro Eugenio Rodríguez, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. ETB.

Ariel Sánchez, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. ASITEC.

Carlos Javier Riascos, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Nortel Networks.

Edgar López, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Siemens.

Enrique Ariza, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. ETB.

Fernando Linares Castro, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. EPM Bogotá.

José Fernández Riva, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Lucent Technologies.

Hernando López, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Ericsson de Colombia

Luis Eduardo Niño, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Alcatel de Colombia S.A.

Omar Eduardo Arenas, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Comcel.

Oscar Bernal, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Siemens.

Walter Correa, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. BellSouth.

William Gooding, Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. EPM Bogotá.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Normalización de IMT 2000	6
Figura 1.2. Aplicaciones y servicios de los sistemas IMT 2000	7
Figura 1.3. Bandas de frecuencia para TDMA/IS-136	9
Figura 1.4. Canales de control para TDMA/IS-136	11
Figura 1.5. Arquitectura del sistema TDMA/IS-136	13
Figura 1.6. Bandas de frecuencia para GSM	16
Figura 1.7. Arquitectura del sistema GSM	21
Figura 1.8. Bandas de frecuencia para CDMA/IS-95	26
Figura 1.9. Arquitectura del sistema CDMA/IS-95	29
Figura 2.1. Impacto de GPRS sobre el sistema GSM	38
Figura 2.2. Impacto de GPRS sobre el sistema TDMA/IS-136	41
Figura 2.3. Bandas IMT 2000 – WRC2000	44
Figura 2.4. Arquitectura del sistema UMTS	52
Figura 2.5. Diferencias de las BTS de los sistemas móviles celulares de 2G y 3G. a. BTS de 2G; b. BTS de 3G	53
Figura 2.6. Arquitectura del RNC	55
Figura 2.7. Arquitectura UMTS – Red multimedia IP	57
Figura 2.8. Arquitectura del sistema CDMA2000 1X	64
Figura 3.1. Formato de trama EDGE	70
Figura 3.2. Patrón de reutilización de frecuencia efectivo de 4/12 para Compact	75
Figura 3.3. Impacto de EDGE en el sistema GSM/GPRS	77
Figura 3.4. Impacto de EDGE en el sistema TDMA/IS-136+	81
Figura 3.5. Arquitectura del sistema GERAN	84
Figura 3.6. Gestión de movilidad: Redes principales de 2G y 3G separadas	87
Figura 3.7. Gestión de movilidad: Redes principales de 2G y 3G integradas	88

Figura 4.1. Caminos de evolución de GSM, CDMA/IS-95 y TDMA/IS-136 hacia 3G	90
Figura 4.2. Estadísticas globales por estándar de 2G	105
Figura 4.3. Crecimiento de los subscriptores 2G	106
Figura 4.4. Fases de migración de un operador TDMA/IS-136 hacia GSM	111
Figura 5.1. Circulo virtuoso del modelo de negocio en Europa	120

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Esquemas de codificación para GPRS	35
Tabla 2.2. QoS en UMTS	59
Tabla 3.1. Esquemas de modulación y codificación para EGPRS	72
Tabla 3.2. Características básicas para modos Classic y Compact	76
Tabla 5.1. Diferencias entre los modelos de negocio Europeo y Norteamericano	121
Tabla 5.2. Ventajas y desventajas del concurso	125
Tabla 5.3. Ventajas y desventajas de la subasta	125
Tabla 5.4. Distribución de licencias de 3G en Europa	126
Tabla 5.5. Operadores celulares en América Latina	130
Tabla 5.6. Crecimiento de suscriptores para los operadores colombianos	136

## INTRODUCCION

Las normas de acceso por radio de segunda generación han tenido éxito en la industria global de las telecomunicaciones y siguen evolucionando en cuanto a servicios de valor agregado, capacidad, cobertura, ancho de banda y costos, con un nivel de calidad garantizado de punto a punto. La tasa de crecimiento de la telefonía móvil de segunda generación indica que las comunicaciones móviles están penetrando completamente el mercado en masa.

El desafío inmediato es hacer que las redes existentes evolucionen hacia sistemas de tercera generación, integrando multimedia, conmutación por paquetes y acceso de radio de banda ancha que permitan brindar servicios múltiples en tiempo real a través de redes públicas y privadas. La transición a capacidades de tercera generación debe estar basada en un camino de migración factible que permita realizar empresas virtuales, negocios, transacciones y compras de una manera más potente, flexible y eficaz, mejorando la calidad de vida de los usuarios.

La comunicación móvil multimedia de 3G es un tema tecnológico de actualidad que ha llamado la atención de proveedores y operadores de telecomunicaciones a nivel mundial. El desarrollo de las tecnologías en telecomunicaciones es vertiginoso y es evidente que Colombia, debido a su situación tecnológica y económica no puede adoptar esos cambios inmediatamente, por lo tanto, es imprescindible un análisis de las tecnologías emergentes a nivel mundial para implementar la mejor solución en el momento propicio. Por esta razón, la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, al destacarse como líder en el campo de las telecomunicaciones en Colombia, debe asistir a los cambios que se presentan en la tecnología y cumplir con su cometido de proyección, al realizar labores de estudio para sugerir las formas y las tecnologías que más se adapten a la realidad socio-económica del país.

Con el objetivo de establecer la viabilidad de la migración de la red TDMA/IS-136 de Colombia hacia una infraestructura de 3G, se realiza un análisis de los estándares existentes de 2G y 3G para determinar con criterios tecnológicos y de mercado, los impactos de introducción de nuevas tecnologías como GPRS, EDGE y CDMA2000 1X sobre las redes existentes, teniendo en cuenta la tendencia mundial de los organismos de desarrollo de estándares, proveedores y operadores. Además, se analizan las ventajas y desventajas de los posibles caminos de migración que tienen los

operadores de red TDMA/IS-136 en el mundo y se sugiere el camino que se considera más factible para Colombia, de acuerdo con la situación económica y necesidades del país.

En el capítulo 1, se realiza un análisis sobre los sistemas móviles celulares de 2G y se da a conocer una visión general de las principales características, aspectos técnicos y arquitecturas de TDMA/IS-136, GSM y CDMA/IS-95. El objetivo es comprender las plataformas base para luego incluir las plataformas de generaciones posteriores sobre ellas y llegar a una infraestructura de 3G.

En el capítulo 2, se analizan los estándares GPRS de 2.5G y UMTS/CDMA2000 de 3G, se describen sus principales características, aspectos técnicos, arquitecturas y su impacto sobre las redes de 2G, estudiadas en el capítulo 1. El objetivo de este capítulo es determinar las bondades y exigencias de las tecnologías de 3G que van a ser implementadas en las redes existentes a nivel mundial y junto con los conceptos del capítulo 1 se puedan comprender los posibles caminos de evolución hacia 3G que tienen los operadores de redes actuales, que se desarrollarán en el capítulo 4.

En el capítulo 3, se describe la tecnología EDGE, sus principales características, aspectos técnicos, arquitectura, posibilidad de reutilización de infraestructura y el impacto sobre las redes TDMA/IS-136+ y GSM/GPRS estudiadas en el capítulo 2. El objetivo de este capítulo es dar a conocer las bondades y exigencias de la implementación de EDGE, que deben tener en cuenta los operadores de red de los sistemas TDMA/IS-136 y GSM para brindar capacidades de 3G sobre sus redes.

En el capítulo 4, se indican los posibles caminos de evolución de las normas de acceso por radio de 2G hacia 3G, se analiza el panorama de migración para los operadores de red TDMA/IS-136, las estrategias de migración de TDMA/IS-136 hacia GSM y se sugiere el camino de evolución más viable para Colombia, desde el punto de vista tecnológico y socioeconómico.

En el capítulo 5, se presenta la situación actual y tendencias de las normas móviles de 2G y 3G en Europa, América y en Colombia. Además, se analiza la forma de distribución de licencias UMTS, la entrada de PCS y la situación actual de los operadores Colombianos.

Finalmente, en el anexo A, se recopilan las soluciones comerciales existentes en el mercado de algunos proveedores de infraestructura, equipos y terminales referentes al camino de evolución sugerido para la migración de la red móvil celular de Colombia hacia una infraestructura de tercera generación y en el anexo B, se da a conocer la ley 555 de 2000 que regirá la entrada de los servicios PCS al país.

Este trabajo de grado condensa aspectos importantes acerca de las tecnologías de telefonía móvil celular de 2G y 3G, brindando un panorama sobre la actualidad y el impacto económico, de negocio y de mercado de estas tecnologías sobre el sector de las telecomunicaciones y las entidades que pertenecen a él.

## **CAPITULO 1. ANALISIS DE LAS NORMAS MOVILES DE ACCESO POR RADIO DE SEGUNDA GENERACION**

En este capítulo se realiza un análisis sobre los sistemas móviles celulares de 2G y se da a conocer una visión general de las principales características, aspectos técnicos y arquitecturas de TDMA/IS-136, GSM y CDMA/IS-95. El objetivo es comprender las plataformas base para luego incluir las plataformas de generaciones posteriores sobre ellas y llegar a una infraestructura de 3G. La importancia del estudio de las tecnologías de 2G radica en que los operadores de red TDMA/IS-136 existentes tienen la posibilidad de migrar hacia 3G por medio de los sistemas GSM y CDMA/IS-95.

Hasta el momento se han desarrollado tres generaciones de sistemas móviles celulares.

La primera generación se conoce como telefonía móvil celular analógica, que se desarrolló en los años 80 mediante los sistemas AMPS (Advanced Mobile Phone System – Sistema Telefónico Móvil Avanzado), TACS (Total Access Communications System – Sistema de Comunicaciones de Acceso Total) y NMT (Nordic Mobile Telephone – Telefonía Móvil Nórdica). En esta década, el teléfono celular solamente brindaba servicios de voz. La primera generación no se implementó en Colombia, debido a que la tecnología móvil celular llegó en el año 1994.

La segunda generación (2G) surgió en los años 90, cuando los sistemas celulares dejaron de ser analógicos para convertirse en digitales. Los teléfonos móviles de esta generación revolucionaron la infraestructura de la primera y se convirtieron en una herramienta para prestar servicios de voz y valor agregado.

El acceso por radio de 2G ha tenido mucho éxito en la industria global de las telecomunicaciones a través de los sistemas móviles celulares como GSM (Global System for Mobile Communication – Sistema Global para Comunicación Móvil), TDMA/IS-136 (Digital Cellular Standard IS-136 – Estándar Celular Digital IS-136), CDMA/IS-95 (Digital Cellular Standard IS-95 – Estándar Celular Digital IS-95) y PDC (Personal Digital Communication – Comunicación Personal Digital).

Las normas digitales inalámbricas de 2G siguen evolucionando en cuanto a servicios de valor agregado, cobertura, capacidad, calidad, costos, ancho de banda y servicios de datos o multimedia. Cada norma celular de 2G está siendo desarrollada para dar capacidades de tercera generación (3G).

Las normas de 3G deben facilitar la migración eficaz de acceso por radio de banda ancha a los sistemas dominantes de 2G para tener éxito, definir una forma de integrar multimedia, conmutación de paquetes y ser capaces de interoperar con redes existentes. El desafío inmediato es hacer que las redes actuales entreguen servicios múltiples de voz, datos y vídeo en tiempo real, a través de redes públicas y privadas, con un nivel de calidad garantizado de punto a punto.

3G incluye acceso por radio de alta velocidad y servicios basados en IP, lo que significa que los usuarios están “always on” o siempre en línea, pero la facturación se realiza sobre la transferencia de datos. Además, incorpora una manera potente, flexible y eficaz de hacer negocios. Los sistemas de 2G y 3G brindarán servicios con terminales de modo dual para ofrecer cobertura completa, incluyendo regiones rurales y remotas.

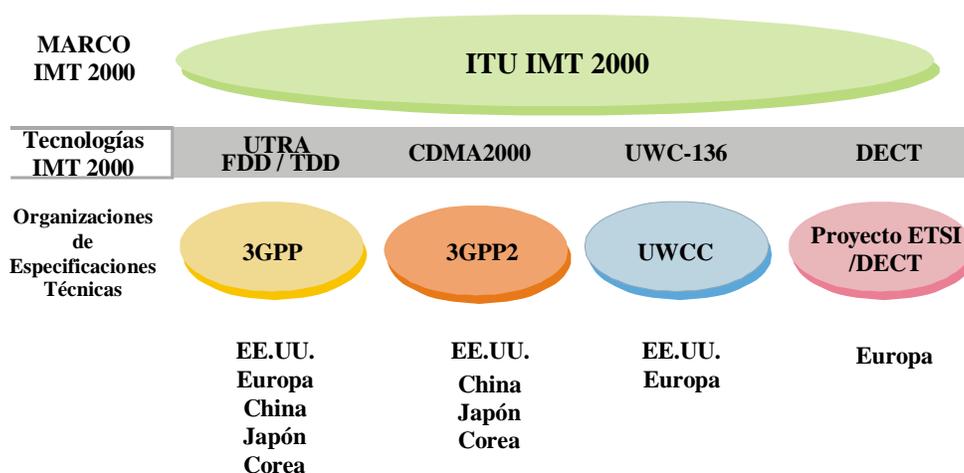
El cambio dentro del mundo de las telecomunicaciones de conmutación de circuitos a paquetes y la exigencia de nuevos servicios para subscriptores 2G son los impulsores de la evolución de los sistemas móviles celulares hacia 3G. Además, el número actual de abonados 2G (forma una base importante de clientes, que representa considerables inversiones de operadores y desarrollos de proveedores de equipos), el incremento de usuarios de Internet fijo y la necesidad de integrarlo como servicio a los sistemas celulares han estimulado esta evolución.

Los miembros de la industria de las telecomunicaciones se han puesto completamente de acuerdo en un escenario global armonizado para normas de acceso por radio 3G, para alcanzar este objetivo se ha tratado de reducir al máximo el número de interfaces de aire.

La estandarización de los sistemas de comunicaciones móviles de 3G está progresando rápidamente en todas las regiones del mundo. El trabajo está basado en las recomendaciones de la ITU (International Telecommunication Union – Unión Internacional de Telecomunicaciones) para IMT 2000 (International Mobile Telecommunications 2000 – Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000). En la actualidad, las cinco interfaces de radio terrestres estandarizadas para IMT 2000 son:

- IMT DS / UTRA FDD (WCDMA FDD).
- IMT TC / UTRA TDD (WCDMA TDD).
- IMT MC / CDMA2000.
- IMT SC / UWC-136.
- IMT FT / DECT.

En la Figura 1.1 se observan las cinco interfaces de radio para IMT 2000 y las organizaciones líderes que están trabajando en las especificaciones técnicas para esta normalización como 3GPP (Third Generation Partnership Project – Proyecto de Colaboración de 3G), 3GPP2 (Third Generation Partnership Project 2 – Proyecto de Colaboración 2 de 3G), UWCC (Universal Wireless Communications Consortium – Consorcio Universal de Comunicaciones Inalámbricas) y ETSI/DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications – Telecomunicaciones Inalámbricas Digitales Mejoradas).



**Figura 1.1. Normalización de IMT 2000**

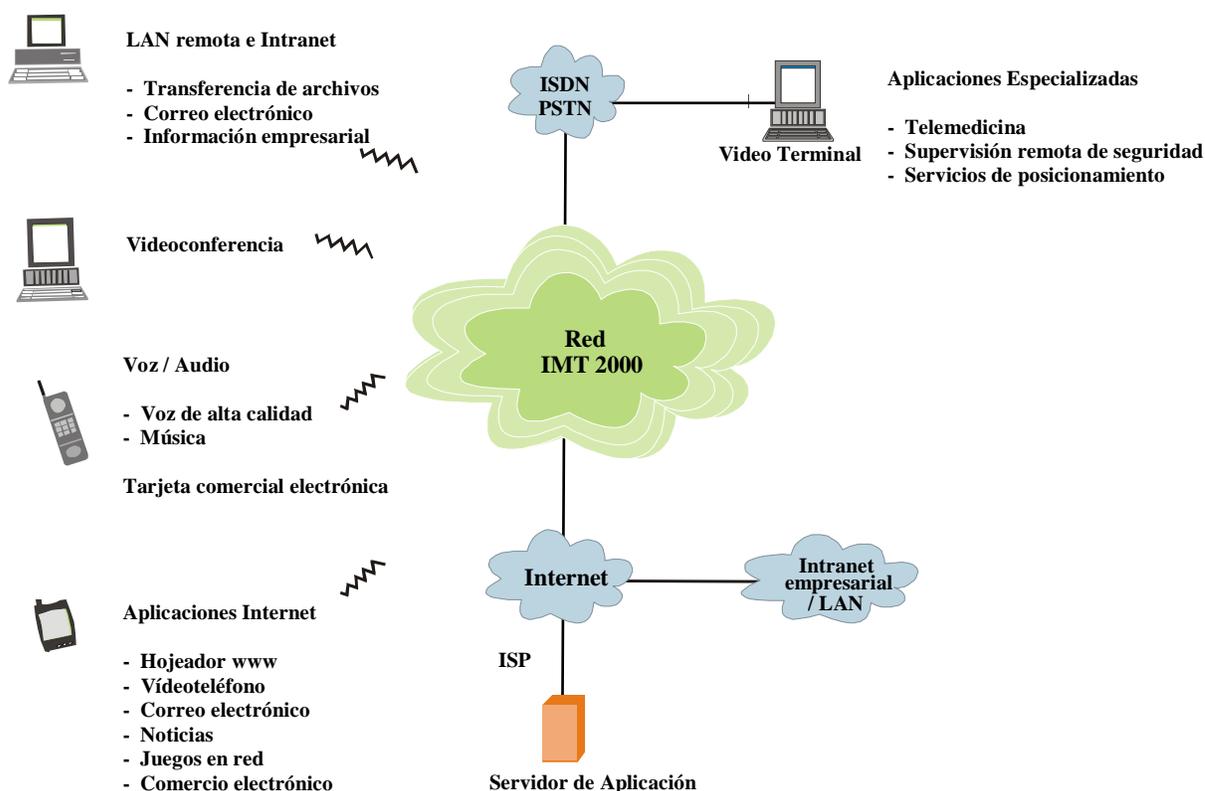
Todas las tecnologías IMT 2000 de radio terrestre competirán en el mercado, pero no todas las normas de radio 3G disfrutarán de la misma acogida, el mercado finalmente decidirá cuál de estas tecnologías será la más adecuada para asegurar el despliegue con éxito de los sistemas de comunicaciones móviles 3G.

En resumen, los sistemas 3G deben cumplir con los siguientes requisitos de IMT 2000:

- Servicios de comunicación de alta velocidad:
  - 144 Kbit/s en movilidad alta (vehículos)
  - 384 Kbit/s en movilidad media (caminando)
  - 2 Mbit/s en movilidad baja (interiores)
- Transmisión de datos simétrica y asimétrica.
- Asignación dinámica de ancho de banda.
- Servicios por conmutación de circuitos y paquetes.

- Buena calidad de voz y seguridad, comparable a la de PSTN (Public Switched Telephone Network – Red Telefónica Pública Conmutada) / ISDN (Integrated Services Digital Network – Red Digital de Servicios Integrados).
- Mayor capacidad y eficiencia espectral que los sistemas de 2G.
- Interconexión con sistemas celulares de 2G y servicios móviles por satélite.
- Roaming global entre distintos operadores IMT 2000.
- Economías de escala y normas globales que cumplan con las necesidades del mercado en masa.

El propósito de los organismos de estandarización y desarrollo de los sistemas de 3G es brindar a los usuarios nuevos servicios y aplicaciones como se ilustra en la Figura 1.2.



**Figura 1.2. Aplicaciones y servicios de los sistemas IMT 2000**

Actualmente, la fase de implementación de las redes móviles celulares en la que se encuentran los países del primer mundo se conoce como 2.5G.

## **1.1 TDMA/IS-136**

### **1.1.1 Estandarización TDMA**

La especificación TDMA fue definida en 1988 por TIA (Telecommunications Industry Association – Asociación de Industrias de Telecomunicaciones), con el objetivo de transformar a un formato digital la norma AMPS. El desarrollo de los estándares TDMA se indica a continuación:

- D-AMPS/IS-54. Introduce un canal de tráfico digital TDMA a la plataforma tecnológica AMPS.
- TDMA/IS-136. Es compatible hacia atrás con D-AMPS y AMPS, trabaja en las mismas bandas de frecuencia, utiliza los mismos canales de D-AMPS e incluye un canal físico DCCH (Digital Control Channel – Canal de Control Digital), mejorando las prestaciones de los estándares anteriores. TDMA/IS-136 utiliza la tecnología CDPD (Cellular Digital Packet Data – Servicio Celular Digital de Paquetes de Datos) para la transmisión de datos.
- TDMA/IS-136+. Introduce nuevas técnicas de difusión como SMS (Short Message Service – Servicio de Mensajería Corta) y paquetes de datos GPRS (General Packet Radio Service – Servicio General de Paquetes por Radio).
- TDMA/IS-136HS. Introduce EGPRS (Enhanced GPRS – GPRS Mejorado).

### **1.1.2 Aspectos técnicos de TDMA/IS-136**

TDMA/IS-136 (Digital Cellular Standard IS-136 – Estándar Celular Digital IS-136) es una tecnología de transmisión digital que utiliza el sistema TDMA (Time Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Tiempo), permitiendo que un número determinado de usuarios accedan a un canal simplex de radio frecuencia sin interferirse, mediante la asignación de un TS (Time Slot – Intervalo de Tiempo) específico para la transmisión de cada suscriptor dentro de cada canal. A cada usuario se le asigna un TS específico para la transmisión. El estándar actual TDMA/IS-136 utiliza portadoras de 30 KHz y divide un canal simplex en 6 TS. TDMA es la técnica de acceso para los sistemas celulares GSM y PDC.

#### **1.1.2.1 Bandas de frecuencia para TDMA/IS-136**

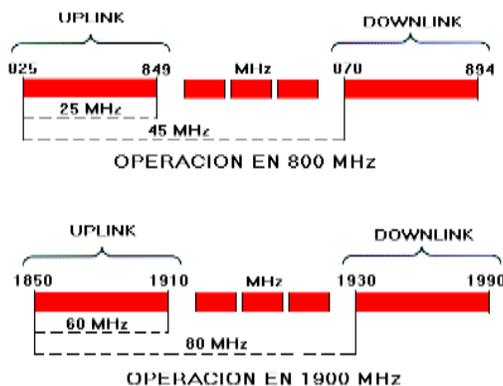
FCC (Federal Communications Commission – Comisión Federal de Comunicaciones) asignó un ancho de banda de 40 MHz (Espectro no Expandido – NES), comprendido entre los 800 y 900 MHz para el servicio de radio celular, con 666 canales (cada canal de 30 KHz). Posteriormente, asignó

10 MHz adicionales (Espectro Expandido – ES), aumentando 166 canales. En total se tienen 832 canales simplex, 790 de voz y 42 de control.

El ancho de banda adjudicado para la operación de TDMA/IS-136 en 800 MHz es de 50 MHz para las bandas A y B, en cada banda se tienen 12,5 MHz para el enlace Uplink y 12,5 MHz para el Downlink. Maneja un enlace Uplink de 825 – 849 MHz y un enlace Downlink de 870 – 894 MHz. Entre los enlaces Uplink y Downlink hay una separación de 45 MHz.

El ancho de banda adjudicado para la operación de TDMA/IS-136 en 1900 MHz es de 120 MHz, con canales simplex de 30 KHz. El sistema TDMA/IS-136 1900 MHz maneja un enlace Uplink de 1850 – 1910 MHz y un enlace Downlink de 1930 – 1990 MHz. Entre los enlaces Uplink y Downlink hay una separación de 80 MHz.

En la Figura 1.3 se muestra la distribución del espectro utilizado por el sistema celular TDMA/IS-136 en 800 y 1900 MHz.



**Figura 1.3. Bandas de frecuencia para TDMA/IS-136**

#### 1.1.2.2 Características principales de TDMA/IS-136

- Un canal simplex de radio frecuencia (30 KHz) está dividido en 6 TS, cada TS tiene una duración de 6,66 ms y la duración de trama TDMA/IS-136 es de 40 ms.
- La voz se digitaliza y se envía en diferentes TS asignados, utilizando una portadora común de 30KHz.
- TDMA/IS-136 utiliza canales dúplex de radio frecuencia, que constan de dos frecuencias, una de transmisión y otra de recepción.
- Brinda una velocidad de 16,2 Kbit/s por canal.
- Utiliza modulación DQPSK (Differential QPSK – QPSK Diferencial).

- Los canales de control se basan en los de D-AMPS.
- El mismo canal de radio no puede ser utilizado en celdas o sectores adyacentes, para evitar interferencia co-canal y de canal adyacente.
- TDMA/IS-136 utiliza un plan de frecuencia de  $N=7$ , esto significa que divide todos los canales simplex de frecuencia disponibles en 21 grupos, con un canal de control por grupo y los grupos son distribuidos en 7 celdas formando un cluster. Cada celda utiliza sectorización de  $120^\circ$ , es decir, se obtienen 3 sectores, cada uno de ellos con un canal de control. Mediante este método se logra la reutilización de frecuencias aumentando la capacidad y eficiencia del sistema celular.
- TDMA/IS-136 permite jerarquización de celdas por medio de las diferentes clases de BS (Base Station – Estación Base). Se tienen macroceldas, microceldas y picoceldas. La microcelda sirve para cubrir espacios sin cobertura o para resolver problemas de capacidad en ambientes de macrocelda (nivel metropolitano). Este sistema permite cubrir puntos activos/inactivos de la macrocelda y descargar su tráfico; cuanto más tráfico pueda captar la microcelda hay más recursos disponibles para que la macrocelda de servicio a sus subscriptores.
- Los estándares norteamericanos AMPS, TDMA/IS-136 y CDMA/IS-95 utilizan las mismas bandas de frecuencia NES y ES, pero CDMA/IS-95 utiliza teóricamente 10 portadoras para el enlace Uplink y 10 portadoras para el enlace Downlink, cada una de 1,25 MHz.

#### 1.1.2.3 Canales de control y tráfico para TDMA/IS-136

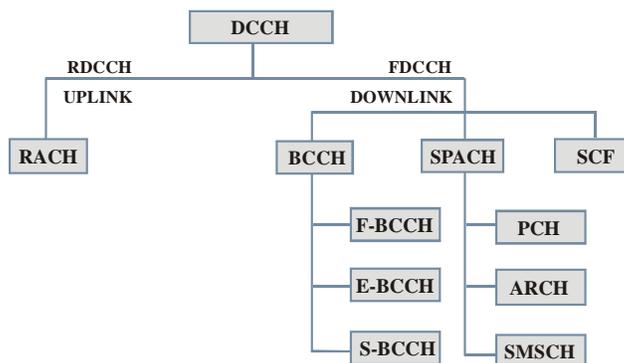
Los canales de tráfico FDTC (Forward Digital Traffic Channel – Canal de Tráfico Digital para el enlace Downlink) y RDTC (Reverse Digital Traffic Channel – Canal de Tráfico Digital para el enlace Uplink) son utilizados para servicios de voz y datos.

#### Principio de operación de los canales de control

Existen dos clases de canales de control: físicos y lógicos. Un canal físico puede contener varios canales lógicos. Los canales físicos son realmente fracciones de ancho de banda que constan de frecuencias y divisiones de tiempo. Los canales lógicos fluyen en ambas direcciones (enlace Uplink y Downlink), ordenan y dan prioridad a las señales de información de acuerdo a su uso funcional.

El conjunto de canales de control DCCH puede ser asignado a cualquier canal de frecuencia dentro de una banda de operación y se utiliza para asignación y señalización de canal. Consta de los canales físicos FDCCCH (Forward DCCH – Canal de Control Digital para el enlace Downlink) y RDCCH (Reverse DCCH – Canal de Control Digital para el enlace Uplink).

En la Figura 1.4 se ilustra los canales de control para TDMA/IS-136. Se observa que el canal FDCCH consta de varios canales lógicos que llevan información de la BS a la MS (Mobile Station – Estación Móvil) y el canal RDCCH consta de un solo canal lógico que lleva información de la MS a la BS.



**Figura 1.4. Canales de control para TDMA/IS-136**

#### Enlace Uplink

- RACH (Random ACH – Canal de Acceso Aleatorio). Canal unidireccional que utiliza todos los TS usados para tener acceso al sistema.

#### Enlace Downlink

- BCCH (Broadcast Control Channel – Canal de Control de Difusión). Lleva información sobre la configuración del sistema y las reglas que las MS deben seguir para tener acceso al sistema. Está conformado por los canales F-BCCH, E-BCCH y S-BCCH.

F-BCCH (Fast BCCH – Canal Rápido de Control de Difusión). Lleva la información que la MS necesita inmediatamente como la identificación del sistema e información de registro.

E-BCCH (Extended BCCH – Canal Extendido de Control de Difusión). Lleva información que no es de tiempo crítico, tal como las listas de las celdas vecinas.

S-BCCH (Service BCCH – Canal de Servicio de Control de Difusión).

- SPACH (SMS, Paging and Access Channel – Canal de Acceso, Búsqueda y SMS). Canal multiplexado que consta de SMSCH, PCH y ARCH.

SMSCH (SMS Channel – Canal SMS). Canal utilizado para SMS.

PCH (Paging Channel – Canal de Búsqueda).

ARCH (Access Response Channel – Canal de Respuesta de Acceso). Provee las respuestas a las peticiones de las MS e información de administración.

- SCF (Shared Channel Feedback – Canal de Retroalimentación Compartido). Canal utilizado para proveer un mecanismo de prevención de colisiones para el enlace Uplink.

#### 1.1.2.4 Transmisión de datos en TDMA/IS-136

TDMA/IS-136 utiliza la tecnología CDPD para la transmisión de datos, ofreciendo alta calidad y un rendimiento de velocidad de 19,2 Kbit/s a través de los canales de tráfico de voz, utilizando modulación GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying – Modulación por Desplazamiento Mínimo Gausiano). Los paquetes de datos se transmiten a través de canales libres de tráfico. La red CDPD se superpone a la red TDMA/IS-136, incluyendo transeptores de datos en la BS y un sistema para datos en el MSC (Mobile Switching Center – Centro de Conmutación Móvil).

También utiliza la tecnología SMS (Short Message Service – Servicio de Mensajería Corta) para transmisiones de datos, que a diferencia de CDPD, usa canales de control como el SMSCH en lugar de los canales de tráfico, evitando reducir la capacidad del tráfico de voz en el sistema.

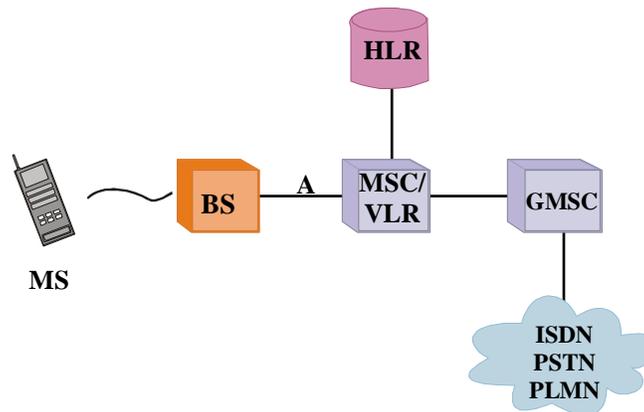
### 1.1.3 Arquitectura del sistema TDMA/IS-136

La arquitectura del sistema TDMA/IS-136 consta de 4 partes principales:

- MSC (Mobile Switching Center – Centro de Conmutación Móvil) / VLR (Visitor Location Register – Registro de Localización de Visitantes).
- BS (Base Station – Estación Base).
- HLR (Home Location Register – Registro de Localización de Residentes).
- MS (Mobile Station – Estación Móvil).

La interfaz entre el MSC – BS se denomina Interfaz A.

En la Figura 1.5 se observa la arquitectura del sistema TDMA/IS-136.



**Figura 1.5. Arquitectura del sistema TDMA/IS-136**

#### 1.1.3.1 MSC/VLR – Centro de Conmutación Móvil/Registro de Localización de Visitantes

El MSC es un equipo de conmutación digital para telefonía celular que ha tomado el modelo del conmutador de la PSTN y se le han agregado las características necesarias para dar funcionamiento al sistema móvil celular.

Las principales funciones del MSC son:

- Controlar el enrutamiento, establecimiento y desconexión de llamadas entre la PSTN – BS, MS – MS, MS – PSTN, PSTN – MS, MSC – PSTN y MSC – PLMN (Public Land Mobile Network – Red Terrestre Móvil Pública).
- A través del GMSC (Gateway MSC – Pasarela del Centro de Conmutación Móvil) provee las interfaces necesarias para conectar el MSC con otros MSC y redes PSTN, ISDN y PLMN. Durante el establecimiento de las llamadas a los terminales, el GMSC pide información sobre la localización del terminal al HLR, quien provee esta información en forma de enrutamiento. El GMSC se puede implementar en el mismo nodo del MSC.
- Generar un registro detallado de cada llamada para efectos de facturación.
- Realizar diagnósticos de rendimiento y fallas de una BS, del enlace y del mismo MSC, registrando información estadística y de operación/mantenimiento (O&M).
- Manejar el hand off (Transferencia de llamadas intercelular).
- Validar subscriptores por medio del VLR, que es una base de datos dinámica utilizada para almacenar información necesaria de los abonados localizados fuera de su área original (en Roaming), permitiendo gestionar las llamadas que hacen o reciben. El VLR se comunica a

través del MSC con el HLR de la red original para obtener la información del suscriptor visitante.

- Administrar el HLR.
- Brindar interconectividad entre sistemas que utilizan el protocolo de señalización ANSI-41, permitiendo la comunicación entre varios MSC y el roaming de las MS.

#### 1.1.3.2 BS – Estación Base

El término BS se utiliza para referirse a la ubicación física del equipo de radio que proporciona cobertura dentro de una celda. Incluye transceptores de RF (Radio Frecuencia), fuentes de alimentación y sistemas de antenas.

Las principales funciones de la BS son:

- Transmitir y recibir señales de RF.
- Proveer los canales físicos y lógicos empleados en la red de radio.
- Regular dinámicamente la potencia de salida de la MS (Uplink), limitando el nivel de interferencia desde todas las MS de la red.
- Introducir parámetros para jerarquización de celdas que guían a las MS hacia varias capas de celdas macro, micro y pico, seleccionando el ambiente de mínima interferencia para dar servicio a las MS.

#### 1.1.3.3 HLR – Registro de Localización de Residentes

El HLR es una base de datos fija que contiene información sobre todos los abonados y sus servicios, se utiliza para almacenar los siguientes datos:

- Información del perfil de abonado: Nombre, dirección y servicios adicionales contratados.
- MIN (Mobile Identification Number – Número de Identificación Móvil).
- ESN (Electronic Serial Number – Número Serial Electrónico).
- DN (Directory Number – Número de Directorio).
- Localización/ubicación actual.
- Estado de servicio.
- Período de validación.
- Duración de las llamadas.
- Información pertinente para negar el servicio.
- Datos suplementarios sobre el origen y terminación de las llamadas.

- Información sobre el proveedor del servicio.

Las principales funciones del HLR son:

- Servir a varios MSC y almacenar información que indica a qué MSC pertenece el suscriptor.
- Proporcionar al MSC la información de enrutamiento que habilita a la central para enrutar o terminar llamadas entrantes.
- Mantener contacto con el VLR, para que éste le informe cuando un suscriptor se ha registrado en el sistema.

#### 1.1.3.4 MS – Estación Móvil

La MS se utiliza para comunicaciones de voz y datos. Se compone de una unidad de control y un transceptor portátil, para comunicarse con el equipo de radio de una BS en cualquiera de los canales disponibles y trabaja en modo full-duplex, maneja un enlace Uplink y otro Downlink con separación de 45 MHz entre ellos, para proteger los canales de mutua interferencia.

Cada MS tiene un número telefónico de 10 dígitos representado por el MIN, formado por MIN1 y MIN2. El MIN1 contiene 7 dígitos para el número telefónico y el MIN2 contiene 3 dígitos para el código de área. Cada móvil viene programado de fábrica con un número serial electrónico (ESN), el cual es útil para prevenir la clonación.

## 1.2 GSM

### 1.2.1 Estandarización GSM

La especificación GSM fue definida en 1989 por ETSI (European Telecommunications Standards Institute – Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones), con el objetivo de desarrollar un único estándar digital paneuropeo para facilitar el roaming internacional entre estos países. En la estandarización de GSM participaron grupos de investigación, operadores y proveedores de equipos como se indica a continuación:

- En 1982 se fundó el grupo GSM (Group Special Mobile) en el centro de desarrollo de France Telecom, con el objetivo de crear un nuevo estándar digital para comunicaciones inalámbricas, solucionando la incompatibilidad de las normas analógicas europeas de primera generación.
- Los operadores empeñados en la estandarización de GSM fundaron MoU (Memorandum of Understanding) en 1987, reservando la banda de 900 MHz para este servicio.

- En 1988 se creó ETSI y en 1989 publicó la norma móvil de acceso por radio de 2G GSM.
- En 1991 se instaló la primera red GSM precomercial, dando inicio a la operación comercial en el año 1992.

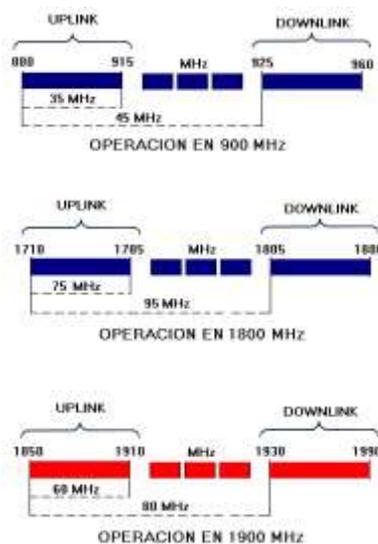
En la actualidad, GSM es la principal norma global de 2G en términos de número de suscriptores y área de cobertura. Además, es la tecnología base para evolucionar hacia UMTS (Universal Mobile Telecommunications System – Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles) de IMT 2000.

### 1.2.2 Aspectos técnicos de GSM

GSM (Global System for Mobile Communication – Sistema Global para Comunicación Móvil) es una tecnología de transmisión digital que utiliza el sistema de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), con 8 TS y espaciamiento entre portadoras de 200 KHz. GSM se diseñó para suministrar servicios de voz y datos por conmutación de circuitos.

#### 1.2.2.1 Bandas de frecuencia para GSM

GSM opera en las bandas de frecuencia 900, 1800 y 1900 MHz. En la Figura 1.6 se muestra la distribución del espectro utilizado por el sistema celular GSM en estas bandas.



**Figura 1.6. Bandas de frecuencia para GSM**

Inicialmente, el ancho de banda adjudicado para la operación en 900 MHz fue de 50 MHz, con 250 canales simplex (cada canal de 200 KHz). Posteriormente, se asignó una extensión del ancho de

banda en 20 MHz, aumentando 100 canales. En total se tienen 350 canales simplex. El sistema GSM 900 MHz maneja un enlace Uplink de 880 – 915 MHz y un enlace Downlink de 925 – 960 MHz. Entre los enlaces Uplink y Downlink hay una separación de 45 MHz.

El ancho de banda adjudicado para la operación en 1800 MHz es de 150 MHz, con canales de 200 KHz. El sistema GSM 1800 MHz maneja un enlace Uplink de 1710 – 1785 MHz y un enlace Downlink de 1805 – 1880 MHz. Entre los enlaces Uplink y Downlink hay una separación de 95 MHz.

El ancho de banda adjudicado para la operación en 1900 MHz es de 120 MHz, con canales de 200 KHz. El sistema GSM 1900 MHz maneja un enlace Uplink de 1850 – 1910 MHz y un enlace Downlink de 1930 – 1990 MHz. Entre los enlaces Uplink y Downlink hay una separación de 80 MHz.

#### 1.2.2.2 Características principales de GSM

- Espaciamiento de portadora de 200 KHz.
- Cada canal simplex de 200 KHz se divide en 8 TS, cada TS tiene una duración de 0,072 ms y la duración de trama GSM es de 0,577 ms.
- Digitaliza y comprime voz y datos.
- Está basado en la tecnología de acceso TDMA.
- GSM utiliza canales duplex de radio frecuencia, que constan de dos frecuencias, una de transmisión y otra de recepción.
- La velocidad de transmisión es de 9,6 Kbit/s por canal.
- Utiliza modulación GMSK.
- Plan de frecuencia  $N=4$ .
- Soporta estructura jerárquica de celdas.
- La multitrama de tráfico está formada por 26 tramas y la multitrama de control por 52 tramas.
- Provee algoritmos de encriptación para autenticar al usuario y cifrar las conversaciones.
- Utiliza una tarjeta inteligente – del tamaño de una tarjeta de crédito – denominada SIM (Subscriber Identity Module – Módulo de Identificación del Subscriptor) como mecanismo de acceso a la red. La identidad del subscriptor se encuentra en la tarjeta y no en el equipo, permitiendo al usuario cambiar el dispositivo celular y conseguir un nuevo modelo o con características adicionales. También facilita a operadores y proveedores mejorar las características de sus terminales con costo efectivo, suministrando nuevas tarjetas a los usuarios sin afectar los teléfonos. SIM soportará la evolución a 3G mediante protocolos especiales y

herramientas que ofrecerán posibilidades de descarga de archivos y ejecución de nuevas aplicaciones en el terminal.

- Soluciona problemas de propagación como desvanecimiento (fading), interferencia multitrayectoria y de canal adyacente mediante ecualización, codificación del canal, intercalado (interleaving), diversidad de recepción y saltos lentos de frecuencia. Estos saltos de frecuencia (Slow Frequency Hopping) son opcionales en las BTS (Base Transceiver Station – Estación Transceptora base), obligatorios en las MS y el salto máximo posible es de 25 MHz.
- El control de potencia de GSM es opcional, garantizando la adecuada operación del sistema con o sin él. En caso de que exista una falla en el control de potencia no hay degradación del servicio.
- Ofrece roaming global.
- Brinda la oportunidad de implementar sistemas de bajo costo debido a la economía de escala desarrollada.
- Utiliza la misma banda de operación de 1900 MHz que TDMA/IS-136 y CDMA/IS-95.

### 1.2.2.3 Canales de control y tráfico para GSM

Los canales de tráfico TCH (Traffic Channel) son utilizados para servicios de voz y datos. Los canales de control se emplean para tareas de operación y gestión de red. Entre ellos se encuentran los siguientes:

#### Enlace Uplink

- RACH (Random ACH – Canal de Acceso Aleatorio). Canal unidireccional que utiliza todos los TS usados para tener acceso al sistema.

#### Enlace Downlink

- BCCH (Broadcast Control Channel – Canal de Control de Difusión). Se ubica siempre en el TS0 y se localiza en las tramas 2 a 5 de la multitrama de control (trama 52). Informa los parámetros de la red: código de área local, código de la red móvil, frecuencia de las estaciones vecinas, canales de uso dentro de ellas, listados de estaciones, funcionamiento de la red. Complementan sus funciones los canales FCCH y SCH.

FCCH (Frequency Correction Channel – Canal de Corrección de Frecuencia). Proporciona una referencia para que el móvil haga un ajuste de frecuencia.

SCH (Synchronization Channel – Canal de Sincronización). Proporciona al móvil una secuencia fija que le sirve para corregir retardos y sincronizarse con la BTS.

- CCCH (Common Control Channel – Canal de Control Común). Hay dos tipos: PCH y ACH. Utiliza los TS0 que no ocupan los BCCH. Sirve para el establecimiento de llamadas.

PCH (Paging Channel – Canal de Búsqueda). Lo utiliza la BTS para enviar señales de control al móvil, llamadas entrantes o SMS.

ACH (Access Channel – Canal de Acceso). Es la respuesta de la BTS a la llegada de un RACH (Random ACH), le informa a la MS el TCH (canal de tráfico) a utilizar y la corrección de retardos para sincronización.

#### Bidireccionales (Uplink/Downlink)

- DCCH (Dedicated Control Channel – Canal de Control Dedicado). Hay tres tipos: SDCCH, SACCH, FACCH. Tienen el mismo formato y función tanto en el enlace Uplink como Downlink, se envían en cualquier TS excepto en el TS0.

SDCCH (Stand-alone Dedicated Control Channel – Canal de Control Dedicado Autónomo). Se utiliza para señalización entre BTS y MS, actualiza los registros de señalización de la MS o señalización previa a una llamada y envía información de autenticación y alarmas.

SACCH (Slow Associated Control Channel – Canal Lento de Control Asociado). Se utiliza para enviar información de potencia de las celdas vecinas, informa a la BTS de los parámetros de retardo del móvil, se usa asociado a un TCH o a un SDCCH. En el Downlink se utiliza para enviar información de los cambios de potencia.

FACCH (Fast Associated Control Channel – Canal Rápido de Control Asociado). Puede llevar la misma información que SACCH pero a mayor velocidad.

#### 1.2.2.4 Transmisión de datos en GSM

SMS es una técnica de almacenamiento y reenvío (store and forward) que utiliza el canal de control PCH y permite a los subscriptores GSM enviar mensajes alfanuméricos máximo de 160 caracteres.

GSM ha introducido una tecnología por conmutación de circuitos denominada HSCSD (High Speed Circuit Switched Data – Datos de Alta Velocidad por Conmutación de Circuitos) con el objetivo de exceder la velocidad de transferencia de 9,6 Kbit/s. Esto se realiza dedicando dos o hasta cuatro TS para una llamada de datos.

En la Versión 7 de GSM (R7), cada canal es capaz de transportar 9,6 Kbit/s y reservando máximo 4 TS se obtiene una velocidad de transferencia hasta de 38,4 Kbit/s. En la Versión 8 de GSM (R8), cada canal puede transportar 9,6 Kbit/s y 14,4 Kbit/s, dependiendo del tipo de codificación. Así, si una llamada reserva 4 TS de 14,4 Kbit/s se obtiene una velocidad de transferencia de 57,6 Kbit/s.

HSCSD es un servicio portador de GSM para la conexión a cualquier clase de red que utilice el protocolo TCP/IP, esto es posible utilizando un terminal GSM y una computadora portátil o un teléfono WAP (Wireless Application Protocol – Protocolo de Aplicación Inalámbrico). HSCSD provee baja latencia y un mejor desempeño para flujo continuo de datos y aplicaciones que requieren una conexión ininterrumpida a la red. Las principales aplicaciones de HSCSD son el correo electrónico, descarga de archivos, WWW y transferencia de vídeo en tiempo real.

HSCSD da una mayor prioridad a las llamadas de un solo canal (1 TS) sobre las multicanal (máximo 4 TS), logrando una mayor eficiencia al permitir que las llamadas HSCSD solo utilicen los recursos de la red de radio inactivos.

### **1.2.3 Arquitectura del sistema GSM**

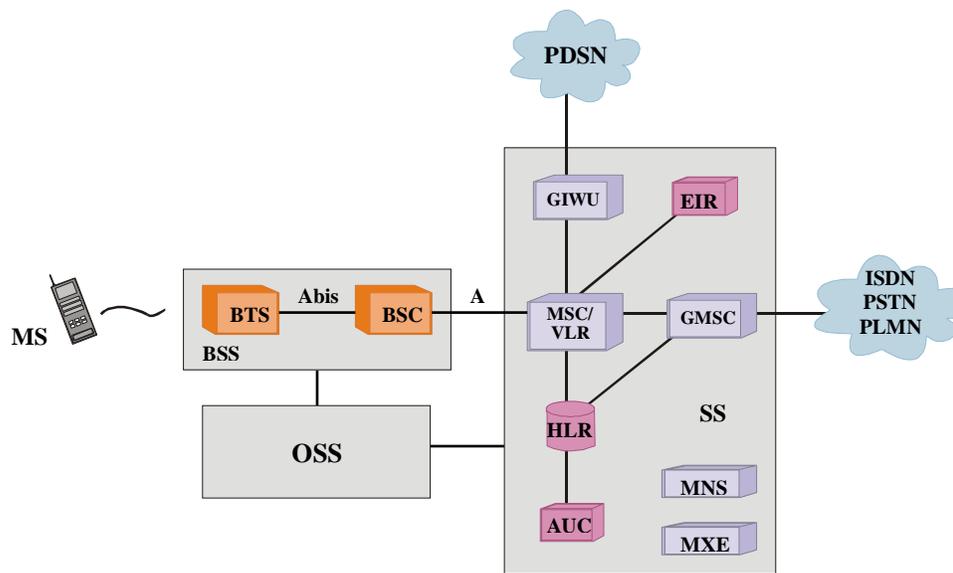
La red GSM se divide en 3 sistemas principales:

- SS (Switching System – Sistema de Conmutación).
- BSS (Base Station System – Sistema de Estación Base).
- OSS (Operation and Support System – Sistema de Operación y Soporte).

Un elemento importante en la arquitectura de GSM es la MS (Mobile Station – Estación Móvil), que introduce la funcionalidad de la tarjeta SIM.

La interfaz entre el MSC y el BSC se denomina interfaz A y la interfaz entre el BSC y la BTS se conoce como Interfaz *Abis*.

En la Figura 1.7 se observa los sistemas principales de la arquitectura de GSM y sus unidades funcionales.



**Figura 1.7. Arquitectura del sistema GSM**

#### 1.2.3.1 SS – Sistema de Conmutación

El SS es el responsable del procesamiento de llamadas y de funciones relacionadas con los suscriptores. Incluye las siguientes unidades funcionales:

- MSC (Mobile Switching Center – Centro de Conmutación Móvil) es el nodo principal del sistema GSM, realiza las funciones de establecimiento, enrutamiento, control y terminación de llamadas de voz y/o datos. Además, provee interfaces de red, señalización de canal común, gestión de hand over entre MSC, facturación y estadísticas.
- VLR (Visitor Location Register – Registro de localización de Visitantes) es una base de datos que contiene información temporal acerca de los suscriptores que se encuentran en roaming. Cuando un terminal se mueve al área de cobertura de un nuevo MSC, el nuevo VLR solicita información al HLR del suscriptor. El HLR provee una copia de los detalles del suscriptor y actualiza la información de localización del terminal. VLR y MSC están dentro del mismo nodo físico.
- HLR (Home Location Register – Registro de Localización de Residentes) es una base de datos permanente y centralizada para el almacenamiento y administración de suscriptores de un operador específico. HLR es considerada la base de datos más importante de la red y almacena datos como clase de servicio, información de localización y estado de actividad del suscriptor.

HLR tiene comunicación con los MSC, GMSC, VLR y AUC del sistema para mantener actualizada su información.

HLR se puede implementar en el mismo nodo MSC/VLR, convirtiéndose en una buena solución para una red GSM pequeña, debido a que ahorra nodos y carga de señalización en los enlaces entre MSC/VLR y HLR. Por otra parte, la implementación fuera del nodo MSC/VLR es una solución adecuada para redes GSM grandes, permitiendo que exista mayor capacidad para el procesamiento de llamadas y evitando congestión de tráfico en el MSC.

- AUC (Authentication Center – Centro de Autenticación) provee parámetros de autenticación y encriptación que verifican la identidad de los usuarios y aseguran la confidencialidad del servicio, protege a los operadores de la red de diferentes tipos de fraude y brinda parámetros de autenticación al HLR antes de que se realice cualquier actividad de cambio o uso de la información del subscritor. El AUC puede ser implementado en una configuración independiente o integrado con otros nodos (HLR, MSC/VLR, MSC/VLR/HLR).
- EIR (Equipment Identity Register – Registro de Identificación de Equipos) es una base de datos que tiene la función de validar los terminales utilizados por los subscritores. El procedimiento utiliza el IMEI (International Mobile Equipment Identity – Identificación Internacional de Equipo Móvil) para asegurar que el terminal es un equipo válido. EIR y AUC se pueden implementar en un mismo nodo o por separado.
- GMSC (Gateway Mobile Switching Center – Pasarela del Centro de Conmutación Móvil) provee las interfaces necesarias para conectar el MSC con otros MSC y redes PSTN, ISDN y PLMN. Durante el establecimiento de las llamadas a los terminales, el GMSC pide información sobre la localización del terminal al HLR, quien provee esta información en forma de enrutamiento. El GMSC se puede implementar en el nodo del MSC.
- GIWU (GSM Interworking Unit – Unidad de Interoperabilidad GSM) consta de hardware y software, provee una interfaz hacia varias redes de datos y se localiza en el MSC. A través del GIWU, los usuarios pueden alternar servicios de voz y datos durante la misma llamada.

#### Elementos funcionales adicionales del SS

- MXE (Message Center – Centro de Mensajería) es un nodo que provee integración de voz y datos, maneja SMS, e-mail, buzón de voz o datos.

- MSN (Mobile Service Node – Nodo de Servicio Móvil) es un nodo que soporta servicios de red inteligente (IN).

#### 1.2.3.2 BSS – Sistema de Estación Base

Realiza todas las funciones de RF, asigna los canales de tráfico por conmutación de circuitos y realiza el hand off. Está conformado por las BTS y BSC.

- BSC (Base Station Controller – Controlador de Estación Base) provee todas las funciones de control y enlaces físicos entre el MSC y la BTS. Es un conmutador de alta capacidad que soporta funciones de hand over, datos de configuración de celda y control de niveles de potencia de RF en las BTS. Un MSC sirve a varias BSC.
- BTS (Base Transceiver Station – Estación Transceptora base) maneja la interfaz de radio de la MS, consta del equipo de radio (transceptores y antenas). Un BSC controla un grupo de BTS.

#### 1.2.3.3 OSS – Sistema de Operación y Soporte

El OMC (Operation and Maintenance Center – Centro de Operación y Mantenimiento) se conecta a todos los equipos del SS y al BSC. La implementación del OMC se denomina OSS. El OSS es una unidad funcional donde cada operador de red monitorea y controla el sistema, su objetivo es ofrecer a los operadores celulares el soporte de operación y mantenimiento centralizado de costo efectivo requerido para una red GSM y su función principal es proveer gestión de red y actividades de soporte y mantenimiento.

#### 1.2.3.4 MS – Estación Móvil

Utiliza la tarjeta inteligente SIM (Subscriber Identity Module – Módulo de Identificación del Subscriptor) como mecanismo de acceso a la red, permitiendo al cliente usar cualquier terminal GSM para conectarse a la red y ser identificado a través de su tarjeta y no por el terminal utilizado.

## 1.3 CDMA/IS-95

### 1.3.1 Estandarización CDMA/IS-95

La especificación del estándar norteamericano CDMA/IS-95 empezó a definirse por TIA en 1991 con el objetivo de desarrollar un nuevo estándar digital para comunicaciones inalámbricas. El desarrollo del estándar CDMA/IS-95 se indica a continuación:

- CDMA/IS-95. Se normalizó en julio de 1993 y se conoce como DS-SS (Direct Sequence CDMA – CDMA de Secuencia Directa).
- CDMA/IS-95A. Opera en las bandas de frecuencia de 800 y 1900 MHz.
- CDMA/IS-95B. Complementa la interfaz de aire CDMA/IS-95A e incluye mejoramientos para transferencia obligada en ambientes de portador múltiple y en parámetros que afectan el control de transferencias condicionadas. Además, integra velocidades de bit más altas por conmutación de circuitos.
- cdmaOne. Se reconoce a nivel mundial como la marca comercial de IS-95, integra la interfaz de aire CDMA/IS-95 y el protocolo de red ANSI-41. Su lanzamiento comercial se realizó en septiembre de 1995.

### 1.3.2 Aspectos técnicos de CDMA/IS-95

CDMA/IS-95 (Digital Cellular Standard IS-95 – Estándar Digital Celular IS-95) es una tecnología de transmisión digital que utiliza el sistema CDMA (Code Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Código) y maneja un espaciamiento de portadora de 1,25 MHz para servicios de voz y datos. Se basa en la técnica de modulación de SS (Spread Spectrum – Espectro Ensanchado), donde múltiples usuarios tienen acceso a la misma banda de frecuencia, es decir, a la misma portadora; ésto se consigue asignando un código ortogonal único a cada usuario (código Walsh).

El espectro ensanchado se obtiene mediante la técnica DS (Direct Sequence – Secuencia Directa) que significa distribuir la potencia sobre un ancho de banda de transmisión dado. Esto se obtiene de la siguiente forma: los datos generados por el usuario tienen una velocidad denominada velocidad de bit, cada bit es multiplexado con un flujo de bits (secuencia de Pseudo Ruido PN) que tiene una velocidad pseudoaleatoria más alta para lograr un flujo final de salida a una velocidad conocida como velocidad de chip. Este proceso aumenta el ancho de banda que ocupaba la información original.

Los sistemas CDMA utilizan tres códigos especiales para lograr la modulación SS:

- Código Walsh. Identifica al subscriptor dentro de la celda, asignándole un canal de comunicación (código único). Los códigos Walsh son ortogonales.
- Código corto PN. Distingue sectores y celdas. Los códigos cortos PN son ortogonales.
- Código largo de usuario. Distingue las MS con un código único para cada una de ellas y permite recuperación de señal en la BTS. Los códigos largos de usuario no son ortogonales, pero son suficientemente diferentes para permitir una decodificación fiable sobre el enlace Uplink. Este código contiene el ESN y el MIN.

El concepto de ortogonalidad implica independencia entre señales, por lo tanto en el sistema CDMA se minimiza la interferencia entre MS, permitiendo que la misma portadora sea utilizada por varias de ellas.

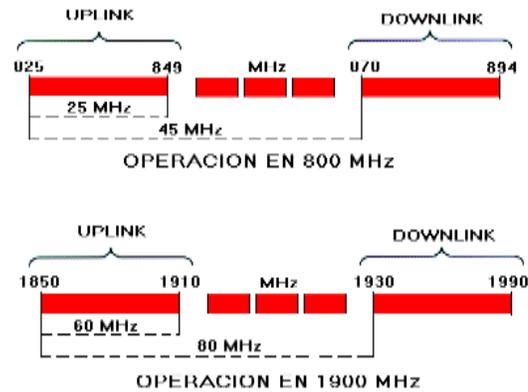
#### 1.3.2.1 Bandas de frecuencia para CDMA/IS-95

Los estándares norteamericanos CDMA/IS-95, AMPS y TDMA/IS-136 utilizan las mismas bandas de frecuencia NES y ES, pero CDMA utiliza en teoría 10 portadoras para el enlace Uplink y 10 portadoras para el enlace Downlink para cada banda (A ó B), cada una de 1,25 MHz. En la práctica utiliza 8 portadoras para cada enlace debido a las bandas de guarda.

El ancho de banda adjudicado para la operación de CDMA/IS-95 en 800 MHz es de 50 MHz para las bandas A y B. En cada banda se tienen 12,5 MHz para el enlace Uplink y 12,5 MHz para el Downlink, por lo tanto se obtienen 10 portadoras de 1,25 MHz para cada enlace. Maneja un enlace Uplink de 825 – 849 MHz y un enlace Downlink de 870 – 894 MHz. Entre el enlace Uplink y Downlink hay una separación de 45 MHz.

El ancho de banda adjudicado para la operación de CDMA/IS-95 en 1900 MHz es de 120 MHz. El sistema CDMA/IS-95 1900 MHz maneja un enlace Uplink de 1850 – 1910 MHz y un enlace Downlink de 1930 – 1990 MHz. Entre el enlace Uplink y Downlink hay una separación de 80 MHz.

En la Figura 1.8 se muestra la distribución del espectro utilizado por el sistema celular CDMA/IS-95 en 800 y 1900 MHz.



**Figura 1.8. Bandas de frecuencia para CDMA/IS-95**

### 1.3.2.2 Características principales de CDMA/IS-95

- Espaciamiento de portadora 1,25 MHz.
- Cada portadora soporta (teóricamente) 64 códigos Walsh (64 usuarios), a cada usuario se le asigna un código ortogonal único, donde cada código es un canal.
- La técnica de dispersión de espectro no aporta beneficios por sí misma, es la combinación de dispersión con la ausencia de ésta, lo que hace que CDMA sea atractivo.
- En la transmisión de espectro ensanchado (SS), una señal se transmite utilizando un ancho de banda de RF mayor que el requerido y un nivel de potencia bajo, haciendo que la señal sea más fácil de detectar en el receptor al reducir el ruido de fondo en la celda.
- Con la técnica de espectro ensanchado (SS) se obtiene inmunidad frente a interferencias y confidencialidad de las comunicaciones, logrando baja probabilidad de clonación.
- La velocidad de la secuencia de Pseudo Ruido (PN) es de 1,25 MHz, obteniendo 10 portadoras del espectro celular de 12,5 MHz para el enlace Uplink o Downlink de ambas bandas (A/B).
- Las funciones de la secuencia PN son extender los datos en todo el ancho de banda de transmisión del canal utilizado e identificar a cada usuario.
- La velocidad de transmisión es de 9,6 – 14,4 Kbit/s por canal.
- Utiliza modulación OQPSK (Orthogonal QPSK – QPSK Ortogonal).
- Ofrece mayor eficiencia espectral debido a la reutilización de  $N=1$ , permitiendo que múltiples usuarios ocupen la misma banda de frecuencia.
- La interferencia multitrayectoria deja de ser una molestia destructiva para CDMA/IS-95. Cada MS selecciona las tres señales de multitrayectoria más fuertes y coherentemente las combina para producir una mejor señal.

- Utiliza un generador de tiempo, el cual se basa en un receptor GPS (Global Positioning System – Sistema de Posicionamiento Global) y circuitos osciladores. La BTS obtiene la base de tiempo de su receptor GPS y a su vez, las MS la obtienen de la BTS.
- Es una tecnología limitada por el ruido, debido a que un sin número de usuarios utilizan una misma frecuencia para transmitir. Entre mas usuarios sean cubiertos por una BTS, la cobertura de ésta se reduce, disminuyendo la calidad del servicio.
- Sistema simplificado de planeación de frecuencias  $N=1$ , mediante el uso de las mismas portadoras en cada celda (máximo 8 portadoras por celda). Las portadoras disponibles para el servicio celular se pueden reutilizar en todas las celdas por medio de la restricción de códigos, los cuales no se deben reutilizar en la misma portadora de celdas adyacentes, sino en portadoras de frecuencias diferentes.
- El control de potencia en CDMA/IS-95 es una condición necesaria para el buen funcionamiento del sistema. Se requiere que las señales lleguen a la BTS desde las MS con la misma fuerza y viceversa, a pesar de sus distancias y condiciones de propagación entre ellas.
- El sistema CDMA proporciona soft hand off, softer hand off y hard hand off:

El soft hand off consiste en hacer una conexión a la nueva celda mientras se mantiene la conexión con la celda original, además se sostiene una conexión simultánea del canal de tráfico con ambas celdas. En el enlace Downlink, la MS demodula y combina las señales provenientes de dos BTS diferentes para producir una señal compuesta de mejor calidad. En el enlace Uplink, la señal transmitida por la MS es recibida por ambas BTS, que demodulan la señal separadamente y envían las tramas al MSC, el cual elige la mejor. Esta estrategia reduce el número de llamadas caídas y asegura que la llamada sea transferida.

El softer hand off ocurre cuando una MS transmite a dos sectores diferentes de la misma celda. En el enlace Downlink, la MS usa su receptor para combinar y demodular las señales recibidas de los dos sectores. En el enlace Uplink, los dos sectores reciben simultáneamente señales de la MS, las cuales son demoduladas y combinadas dentro de la BTS y se envía solo una trama al MSC.

El sistema CDMA usa dos tipos de hard hand off. El Digital to Digital hand off ocurre cuando el móvil está pasando entre dos portadoras CDMA o entre dos operadores. El Digital to Analog hand off ocurre cuando una llamada CDMA es atendida en una red analógica.

### 1.3.2.3 Canales de control y tráfico para CDMA/IS-95

Los canales de tráfico TCH (Traffic Channel) son utilizados para servicios de voz y datos, responder comandos y solicitar información a la BTS.

Cada enlace de radio Uplink y Downlink de CDMA/IS-95 consta de los siguientes canales de control:

#### Enlace Downlink

- PICH (Pilot Channel – Canal Piloto). Es utilizado por la MS para obtener la fase, el período de reloj y referencia del nivel de señal de varias BTS. Cada sector de la celda utiliza un canal piloto con un código único, llamado código corto PN, que le permite distinguirse a sí mismo de otros sectores y otras BTS.
- PCH (Paging Channel – Canal de Búsqueda). Es utilizado por la BTS para transmitir parámetros del sistema como información de control y señalización.
- SCH (Synchronization Channel – Canal de Sincronización). Es utilizado para sincronizar la MS, ajuste de potencia y retardos.
- TCH (Traffic Channel – Canal de Tráfico). Es utilizado para comunicar BTS y MS para tráfico de voz y datos.

#### Enlace Uplink

- ACH (Access Channel – Canal de Acceso). Es utilizado por la MS para acceder al sistema, solicitar un canal de tráfico, originar una llamada, responder al paging y registrarse al sistema.
- TCH (Traffic Channel – Canal de Tráfico). Es utilizado para comunicar MS y BTS para tráfico de voz y datos.

### 1.3.2.4 Transmisión de datos en CDMA/IS-95

CDMA/IS-95 maneja una velocidad de transmisión de datos por conmutación de circuitos de 9,6 – 14,4 Kbit/s por canal, mediante el módulo IWF (Interworking Function – Función de

Interoperabilidad) encargado de proporcionar servicios de datos, SMS y conexiones a Internet, permitiendo que la red CDMA/IS-95 se conecte con redes de datos públicas o privadas.

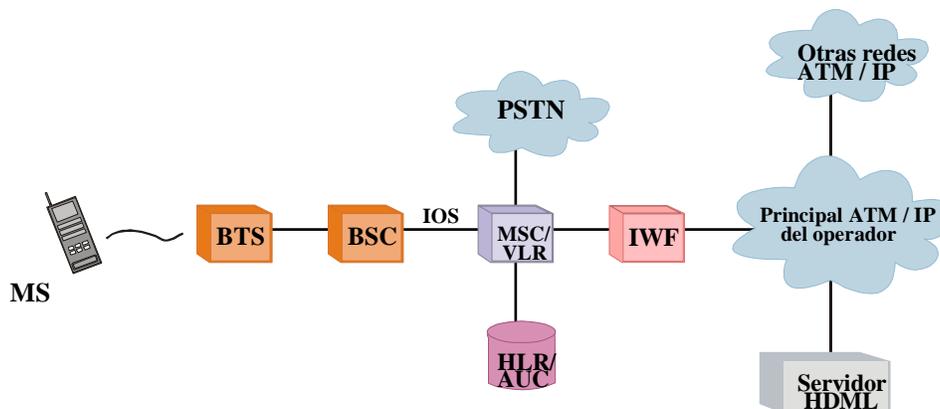
### 1.3.3 Arquitectura del sistema CDMA/IS-95

Los elementos principales de los sistemas CDMA/IS-95 son:

- MSC / VLR.
- BSC.
- BTS.
- HLR/AUC.
- IWF.
- HDML (Handheld Device Markup Language – Servidor de Lenguaje del Dispositivo para Marcación).
- OA&M (Operation, Administration and Maintenance – Operación, Administración y Mantenimiento).
- MS.

La norma original para la interfaz entre el MSC y el BSC en sistemas CDMA fue definida en la especificación IS-634 de TIA. En los sistemas cdmaOne, la interfaz entre el MSC y el BSC se define como IOS (Interoperability Standard – Norma de Interoperabilidad). La IOS es un perfeccionamiento de la especificación IS-634 y ha sido adoptada en términos generales por operadores de cdmaOne en todo el mundo.

En la Figura 1.9 se observan los elementos principales de la arquitectura del sistema CDMA/IS-95.



**Figura 1.9. Arquitectura del sistema CDMA/IS-95**

#### 1.3.3.1 MSC/VLR – Centro de Conmutación Móvil / Registro de Localización de Visitantes

Realiza las funciones típicas de un MSC para sistemas de 2G, nombradas anteriormente en este capítulo.

#### 1.3.3.2 BSC – Controlador de Estación Base

Realiza las funciones típicas de un BSC para sistemas de 2G, además se encarga de funciones de movilidad, incluyendo soft hand off y control de potencia avanzado, necesario para el óptimo funcionamiento del sistema CDMA/IS-95.

El BSC se conecta con la PSTN por medio del MSC para llamadas de voz. Para llamadas de datos por conmutación de circuitos se establece una comunicación vía módem, donde el BSC se conecta a la PSTN a través del MSC y la función de interoperabilidad IWF.

#### 1.3.3.3 BTS – Estación Transceptora Base

Realiza las funciones típicas de una BTS para sistemas de 2G. Además, se encarga de pasar la información de banda base a SS para el enlace Downlink y para el enlace Uplink realiza el DS (Despread Spectrum – Espectro Desensanchado), que es un proceso por medio del cual se pasa la información ensanchada a banda base, recuperando la información original.

#### 1.3.3.4 HLR/AUC – Registro de Localización de Residentes / Centro de Autenticación

Realiza las funciones típicas del HLR y AUC para sistemas de 2G. AUC puede implementarse en el mismo nodo que HLR. HLR/AUC maneja el ESN para verificar la legalidad del terminal, realiza funciones de autenticación para determinar la validez de un abonado móvil y de los servicios disponibles. Además, maneja la información del IMSI (International Mobile Station Identity – Número Internacional de Identificación de MS) para permitir llamadas entre terminales en redes nacionales e internacionales.

#### 1.3.3.5 IWF – Función de Interoperabilidad

La función de interoperabilidad es un elemento externo en la mayor parte de los sistemas cdmaOne que proporciona servicios de datos y conexiones de Internet a los abonados, es decir, conecta la red CDMA/IS-95 con redes de datos públicas o privadas por conmutación de circuitos.

#### 1.3.3.6 HDML – Servidor de Lenguaje del Dispositivo para Marcación

Es utilizado para entregar contenido de Internet a teléfonos cdmaOne que tengan microhojeadores HDML.

#### 1.3.3.7 OA&M – Operación, Administración y Mantenimiento.

El sistema OA&M se conecta al MSC y al BSC, permitiendo el monitoreo del desempeño de la red, sus funciones son: soporte para configuración de red, servicios de seguridad de administración, identificación de tendencias de tráfico, mantenimiento y administración remota de BTS.

#### 1.3.3.8 MS – Estación Móvil

CDMA/IS-95 maneja un control de potencia estricto para el óptimo funcionamiento del sistema y la durabilidad de las baterías de los terminales.

## **CAPITULO 2. ANALISIS DE LAS NORMAS MOVILES DE ACCESO POR RADIO DE 2.5G Y TERCERA GENERACION**

En este capítulo se analizan los estándares GPRS de 2.5G y UMTS/CDMA2000 de 3G, se describen sus principales características, aspectos técnicos, arquitecturas y su impacto sobre las redes de 2G estudiadas en el capítulo 1. El objetivo general es unificar los conceptos de este capítulo relacionados con las bondades y exigencias de las tecnologías de 3G, que se van a implementar en las redes existentes a nivel mundial, con los conceptos del capítulo 1 para comprender los posibles caminos de evolución hacia 3G que pueden tomar los operadores de redes actuales, los cuales se explicarán en el capítulo 4.

### **2.1 GPRS – NORMA MOVIL DE 2.5G**

#### **2.1.1 Estandarización GPRS**

La estandarización GPRS como parte del estándar GSM se lleva a cabo en el grupo técnico SMG (Special Mobile Group – Grupo Móvil Especial) de ETSI. La publicación del estándar GSM de 1997 incluye GPRS fase 1 y la publicación de 1999 incluye GPRS fase 2 para los sistemas GSM y UMTS. Las fases de estandarización GPRS incluyen:

Fase 1 (Publicación de 1997).

- Servicios portadores PTP (Point To Point – Punto A Punto).
- Servicios portadores PTM (Point To Multipoint – Punto A Multipunto).
- Interfaces en el núcleo de red GPRS.
- Soporte para TCP/IP.

Fase 2 (Publicación de 1999).

- Introducción de la interfaz de aire EDGE.
- Interoperabilidad Móvil-IP.
- Definición de QoS (Quality of Service – Calidad de Servicio).
- Acceso a ISP (Internet Service Providers – Proveedores de Servicio Internet) e Intranets.
- Facturación (incluyendo prepago) y cobro avanzado.

- Sistema de información de fraude.

EDGE es el parámetro principal de la publicación de 1999 que tendrá el mayor impacto en los operadores móviles ya que aumenta las velocidades ofrecidas por GPRS y permite ofrecer servicios con características IMT 2000. El despliegue masivo de GPRS Versión 99 se estima para el año 2002.

GPRS también ha sido aceptado por TIA como el estándar de servicios por conmutación de paquetes para el sistema celular TDMA/IS-136. La implementación de GPRS en este sistema se conoce como TDMA/IS-136+.

### **2.1.2 Aspectos técnicos de GPRS**

GPRS (General Packet Radio Service – Servicio General de Paquetes por Radio) es una red superpuesta que introduce servicios de datos por conmutación de paquetes a los sistemas celulares existentes GSM y TDMA/IS-136 para la transmisión de datos, permitiendo la utilización eficiente del espectro actual y altas velocidades de bit. GPRS es considerada como una tecnología de 2.5G.

GPRS permite a los operadores de las PLMN ofrecer acceso a redes externas basadas en el protocolo IP tales como Internet e Intranets, reutilizando la infraestructura celular existente y elementos de red basados en IP (enrutadores, DNS, y servidores, entre otros).

GPRS agrega los nodos SGSN (Serving GPRS Support Node – Nodo Servidor de Soporte GPRS) y GGSN (Gateway GPRS Support Node – Nodo de Soporte de Pasarela GPRS) a la infraestructura celular para realizar la gestión de movilidad y proveer servicios de acceso a redes de paquetes. Igualmente brinda soporte a servicios como SMS, WAP, I-mode y a otras facilidades que complementan los servicios actualmente ofrecidos mediante conmutación de circuitos.

GPRS se beneficia de la economía de escala desarrollada por la industria GSM para promover el roaming global entre los sistemas TDMA/IS-136 y GSM, convirtiéndose en un paso importante en la ruta de migración de estas redes hacia sistemas de 3G. El sistema de 3G UMTS se basa en el concepto de conmutación de paquetes y la funcionalidad “always on” introducida por GPRS.

#### **2.1.2.1 Características principales de GPRS**

- Utiliza modulación GMSK.
- GPRS utiliza el mismo canal de radio de 200 KHz de GSM.

- Introduce conmutación de paquetes a GSM y TDMA/IS-136, utilizando esquemas de codificación necesarios para aumentar la velocidad de transmisión de datos.
- No requiere una conexión física extremo a extremo y brinda alta eficiencia espectral porque los recursos de red y ancho de banda son asignados dinámicamente, es decir, se utilizan solamente cuando hay flujo efectivo de datos a pesar de tener una conexión continua.
- La conexión se realiza en el momento de utilización del canal y no se establece un canal dedicado para cada usuario.
- "always on" – siempre en línea. GPRS proporciona una casi instantánea y continua conexión a redes de datos, sin necesidad de marcación.
- Se crean nuevos esquemas de tarificación basados en la cantidad de datos transmitidos y no en el tiempo de conexión, generando rentabilidad para los usuarios.
- Soporta comunicaciones simultáneas de voz y datos en las MS.
- No hay almacenamiento y reenvío.
- GPRS incluye los protocolos principales para transmisión de paquetes de datos utilizados en Internet (IP y X.25), permitiendo que cualquier aplicación IP o X.25 existente pueda operar sobre una conexión móvil celular.
- Velocidades de bit en el rango de 14,4 Kbit/s (1 TS) a 115 Kbit/s (8 TS), superadas a las posibilidades del terminal móvil y la interferencia de la portadora.
- Obtiene la misma cobertura de las redes celulares actuales.
- GPRS soporta diferentes clases de QoS, permitiendo que los terminales actuales GSM o TDMA funcionen correctamente, pero se necesita un nuevo terminal para tener acceso a las características de GPRS.
- Eficiencia. En GPRS, menos usuarios activos implican que cada usuario tiene acceso a más ancho de banda, a medida que crece el número de usuarios activos, disminuye el ancho de banda asignado a cada usuario.
- Incrementa los ingresos y ganancias a los operadores celulares por concepto de servicios de datos.
- Es el primero y más importante paso en el camino hacia sistemas de 3G, permitiendo una migración suave.

#### 2.1.2.2 Canales de control y tráfico para GPRS

Se han definido nuevos canales lógicos para GPRS que incluyen canales de control y de tráfico de paquetes de datos.

El canal físico asignado para tráfico de GPRS se denomina PDCH (Packet Data Channel – Canal de Paquetes de Datos), que soporta una multiplexación eficiente de tráfico de paquetes hacia y desde

las MS. Un PDCH se mapea en 1 TS, utilizando la misma estructura de canal físico que los canales de conmutación de circuitos de GSM.

Los PDCH en una celda pueden ser fijos o asignados dinámicamente para cumplir con las fluctuaciones del tráfico y QoS. Por medio de la multiplexación de paquetes, los PDCH asignados pueden ser compartidos por cada usuario de GPRS en la celda, por lo tanto los canales físicos que no estén actualmente siendo utilizados por el servicio de conmutación de circuitos pueden ser puestos a la disposición del tráfico GPRS.

Varias MS pueden compartir dinámicamente el conjunto de canales de paquetes de datos de una celda y se pueden utilizar varios PDCH simultáneamente para una sola conexión, es decir, un paquete de datos de usuario puede ser transmitido por múltiples canales de paquetes de datos y reensamblado en el otro extremo.

GPRS constituye un eslabón clave no solo en cuanto al avance tecnológico hacia 3G sino en lo que se refiere a la culturización de los actuales usuarios de telefonía celular; las aplicaciones que pueden ser implementadas sobre GPRS con la ayuda de IPv6, I-mode (que apenas entra a Europa) y WAP constituirán una buena manera de introducir a los usuarios a los servicios de los cuales se dispondrá una vez “montada” la infraestructura 3G.

#### 2.1.2.3 Transmisión de datos en GPRS

GPRS soporta los servicios actuales de datos SMS, I-mode y WAP. Con el objetivo de mejorar estos servicios y hacer un uso óptimo de las condiciones variables de radio, se han definido cuatro esquemas diferentes de codificación de canal para optimizar las velocidades de transmisión de datos en GPRS. En la Tabla 2.1 se observan estos esquemas de codificación.

Esquema de Codificación de Canal	Bits de Datos en el Bloque de Radio	Velocidad de Bit por TS en la Capa de Radio (Kbit/s)	Máxima Velocidad de Bit por 8 TS (Kbit/s)
CS-1	181	9,05	72,4
CS-2	268	13,4	107,2
CS-3	312	15,6	124,8
CS-4	428	21,4	171,2

**Tabla 2.1. Esquemas de codificación para GPRS.**

Aunque un subscriptor experimenta una conexión continua, la conexión de red necesita ser abierta y cerrada para cada sesión. Antes de que la MS pueda comunicarse con una red externa de paquetes

de datos, debe activarse el contexto PDP (Packet Data Protocol – Protocolo de Paquetes de Datos), el cual describe las características de conexión a la red externa y QoS.

Entre las características principales de la transmisión de paquetes en GPRS se encuentran:

- Posibilidad de asignación de más de 1 TS a un usuario durante la transferencia de paquetes.
- Los paquetes de datos de usuario son segmentados, codificados y enviados en el mismo canal físico de 200 KHz que transporta voz codificada en circuitos conmutados.
- El conjunto de tramas que resulta de un solo paquete de datos de un usuario se marca con un TFI (Temporary Flow Identifier – Identificador Temporal de Flujo), que se utiliza en recepción para volver a ensamblar el paquete de datos original.
- Para poner en marcha la transmisión de paquetes en el enlace Uplink, la MS pide recursos a la red y ésta le indica qué PDCH debe usar.
- Para poner en marcha la transmisión de paquetes en el enlace de Downlink, la red envía un mensaje de asignación a la MS, indicando qué PDCH será utilizado y el valor del TFI asignado para la transferencia.

GPRS alcanza velocidades altas debido a los esquemas de codificación y el soporte de múltiples TS, sin embargo hay tres aspectos que le impiden llegar a la velocidad teórica:

- Asignación de TS. Debido a que GSM y GPRS utilizan el mismo recurso de radio, es improbable que un operador de red asigne los 8 TS al tráfico GPRS mientras que la voz siga siendo el servicio dominante, por lo tanto GPRS brindará una capacidad variable.
- Restricciones de las MS. La MS debe incorporar transmisión y recepción de 8 TS para ser capaz de enviar y recibir un máximo teórico de 171,2 Kbit/s, esto requiere cantidades considerables de procesamiento en la MS, agregando gran complejidad a tan pequeño dispositivo. Además, se espera que las MS iniciales de GPRS sean de uno, dos o tres TS, limitando el ancho de banda disponible para el usuario.
- Disponibilidad de los esquemas de codificación. Implementar CS3 y CS4 en las redes celulares es muy costoso debido al mejoramiento que requiere la interfaz *Abis* para soportar estos esquemas de codificación, esto significa que GPRS ofrece máxima capacidad a costo efectivo con CS2. La decisión es implementar CS3/CS4 o esperar a EDGE.

La realidad es que las redes móviles tienen siempre la probabilidad de presentar velocidades más bajas que las redes fijas para la transmisión de datos. Se estima que las velocidades tipo CS3/CS4 no serán efectivas antes de que EDGE sea implementado.

### 2.1.3 Arquitectura del sistema GPRS e impacto sobre GSM y TDMA/IS-136

#### 2.1.3.1 Elementos GPRS

Los nuevos elementos claves en una red GPRS son:

- SGSN (Serving GPRS Support Node – Nodo Servidor de Soporte GPRS) está conectado al BSC por medio de la interfaz *Gb* y tiene el mismo nivel jerárquico que el MSC. Es el nodo que envía y recibe los paquetes de datos hacia y desde las MS, realiza la gestión de movilidad al guardar la trayectoria de las MS dentro del área de servicio, envía consultas a los HLR para obtener los datos de perfil del subscriber GPRS, valida usuarios, detecta nuevas MS GPRS en un área de servicio dada, realiza recolección de datos de facturación, funciones de seguridad y gestiona el control de acceso. En gran medida tiene la misma función que el MSC para el servicio de conmutación de circuitos.

Los SGSN se comunican unos con otros, actualizan la localización del usuario accediendo a los VLR vía el MSC local para averiguar los perfiles de la MS visitante, brindando roaming al subscriber. Además, establece y mantiene un enlace lógico con la MS y al final de la transmisión o cuando la MS se mueve fuera de su área, el enlace lógico es liberado y los recursos asociados con éste pueden ser reasignados.

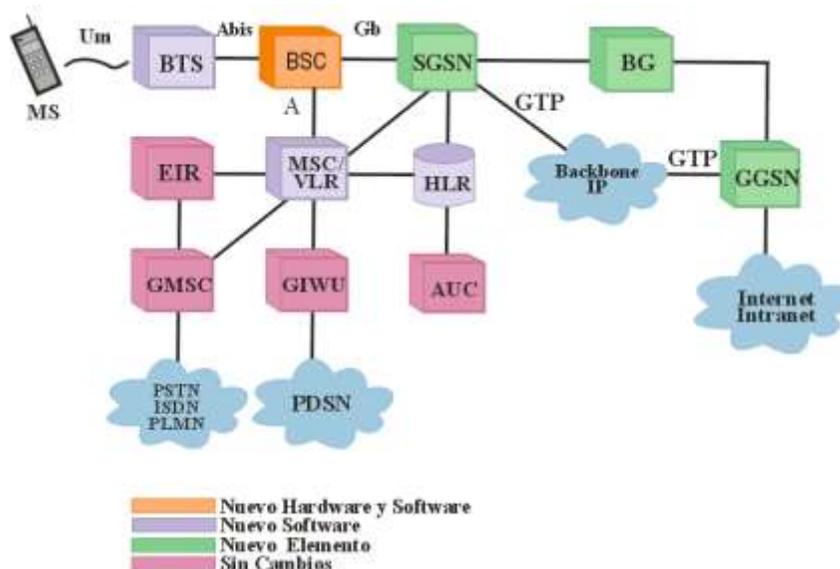
- GGSN (Gateway GPRS Support Node – Nodo de Soporte de Pasarela GPRS) es el nodo que hace de interfaz con la PDN (Public Data Network – Red Pública de Paquetes de Datos), Internet y X.25. El GGSN está conectado al SGSN mediante una red principal IP y mantiene la información de enrutamiento necesaria para entunelar las PDU (Protocol Data Unit – Unidad de Protocolo de Datos) hacia los SGSN que sirven a una MS en particular. El GGSN asigna una dirección IP a la MS, la cual se puede realizar de tres formas:
  - Fija. Direcciones IP guardadas en el HLR.
  - Dinámica. Un conjunto de direcciones IP se localizan en el dominio de GGSN.
  - Dinámica. Direcciones IP pueden ser localizadas por el servidor externo del ISP.
- GTP (GPRS Tunneling Protocol – Protocolo de Entunelamiento GPRS). Es un protocolo especializado que opera sobre la parte superior del estándar de protocolos TCP/IP para encapsular paquetes IP ó X.25 de tal manera que puedan ser remitidos entre el GGSN y SGSN. El PDP es un túnel de dos vías entre el SGSN y el GGSN utilizado para llevar paquetes de usuarios encapsulados.

- BG (Billing Gateway – Pasarela de Facturación) realiza una modificación en los registros de facturación siempre que haya flujo efectivo de datos en la red. La BG puede ser implementada de forma independiente, en cualquier elemento centralizado existente de la red, en el SGSN o en el GGSN. Sus funciones principales son:
  - Almacenamiento de CDR (Call Detail Records – Registros Detallados de Llamadas) durante sesiones de GPRS.
  - Recolección de CDR de los nodos GPRS y comparación de los CDR para consolidar la información procedente de varios CDR generados durante una sesión.
  - Tarifación de CDR basada en volumen de datos.
  - Traducción de nuevos tipos de CDR a formatos que puedan ser manejados por los sistemas de facturación existentes.
  - Buffering y transferencia de CDR hacia los sistemas de medición/facturación.

Los CDR generados por el SGSN y el GGSN indican hacia qué red de paquetes externa fue realizada la conexión, el volumen de datos que fue transferido, la calidad del servicio ofrecido, la fecha, la hora y la duración de la sesión, permitiendo que los cobros se basen en una tarifa plana o en los volúmenes de los datos transferidos.

### 2.1.3.2 Impacto sobre la arquitectura de red GSM

En la Figura 2.1 se observa el impacto de GPRS sobre el sistema GSM, los elementos que se introducen y los nodos que requieren cambios de hardware o software.



**Figura 2.1. Impacto de GPRS sobre el sistema GSM**

GPRS adiciona los nodos SGSN y GGSN a la red GSM existente, logrando un impacto de migración suave, ya que algunos elementos GSM requieren solamente actualización de software, exceptuando el BSC que requiere nuevo hardware. Los nodos SGSN y GGSN interactúan con el HLR, MSC/VLR y los BSS.

- Plan celular

GPRS ha introducido el concepto RA (Routing Area – Area de Enrutamiento) para la localización de suscriptores, en vez del concepto LA (Location Area – Area de Localización) utilizado en GSM, no obstante LA y RA deben convivir en un mismo escenario, con el objetivo de tener una red que permita ofrecer servicios por conmutación de circuitos y de paquetes al mismo tiempo.

En el caso de que el tráfico GPRS no constituya una parte significativa del tráfico de la red, los operadores pueden utilizar los mismos parámetros de celda y cobertura que para los sistemas por conmutación de circuitos. Más tarde, a medida que crezca el tráfico GPRS se deben replantear estos parámetros.

GPRS puede ser introducido definiendo recursos compartidos o dedicados en los transceptores existentes. También se pueden apartar nuevos transceptores y frecuencias especiales para GPRS.

- Sistemas de facturación y administración de clientes

Con la introducción de GPRS, el servicio de datos para los suscriptores actuales experimenta una mejoría y aparecen nuevas categorías de clientes. Estos y otros cambios tendrán un impacto en los sistemas de facturación y administración de clientes existentes. Para moderar este impacto, GPRS introduce la BG que puede ser conectada entre el SGSN/GGSN y el sistema de facturación.

- MSC/VLR – Centro de Conmutación Móvil / Registro de Localización de Visitantes

El software del MSC/VLR debe ser actualizado para soportar GPRS. La actualización permite que el MSC/VLR sea conectado al SGSN para soportar gestión de movilidad integrada para terminales clase A y B.

- HLR – Registro de Localización de Residentes

Para soportar GPRS, el Software del HLR debe ser actualizado permitiendo registrar perfiles de usuarios GPRS y responder las consultas originadas en los SGSN que consideran esos perfiles. La actualización añade funciones para:

- Operar como un HLR para SGSN y subscriptores de GPRS.
- Soporte de la transferencia de SMS sobre GPRS.
- Combinar la movilidad de gestión por conmutación de paquetes y circuitos para terminales clase A y B.

- BSS – Sistema de Estación Base

El BSC gestiona todos los recursos de radio y asigna el conjunto de canales físicos para una celda, como canales GSM por conmutación de circuitos o como canales por conmutación de paquetes para tráfico GPRS. El BSC requiere nuevo hardware y software para soportar GPRS. En términos de hardware, el BSC necesita una PCU (Packet Control Unit – Unidad de Control de Paquete), que es responsable de las capas de control RLC y MAC para la interfaz de aire y gestiona la transferencia de paquetes de datos entre las MS y el SGSN. Las BTS solamente requieren una actualización de software.

- MS – Estación Móvil

Los terminales GPRS son compatibles hacia atrás con GSM para llamadas de voz. En el estándar de GPRS se han definido tres nuevos tipos de MS:

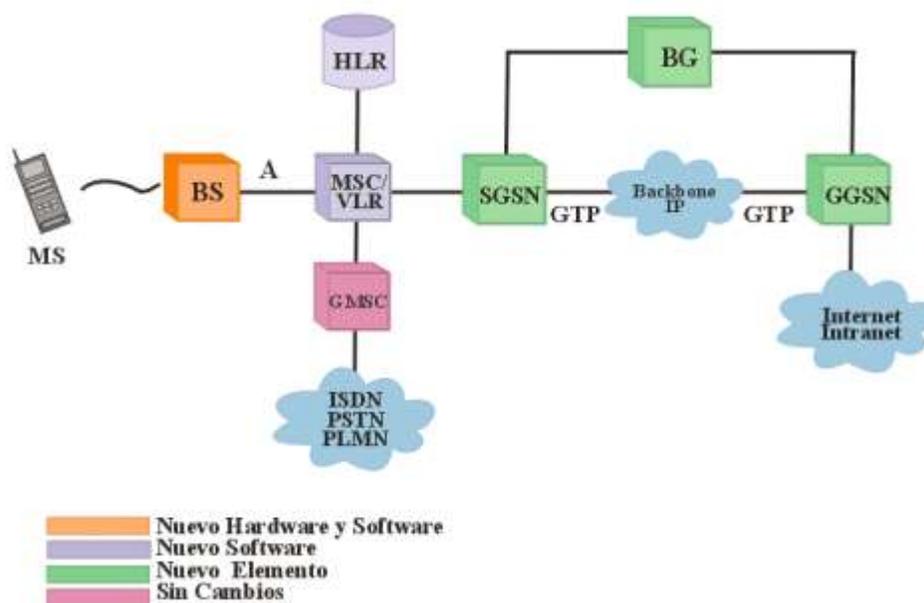
- MS clase A. Soporta tráfico simultáneo por conmutación de circuitos y paquetes.
- MS clase B. Soporta tráfico por conmutación de circuitos o paquetes pero no ambos simultáneamente.
- MS clase C. Se conecta como terminal por conmutación de paquetes o como terminal por conmutación de circuitos.

Además, los tipos de MS se diferencian por su capacidad para gestionar la operación multi-intervalos.

### 2.1.3.3 Impacto sobre la arquitectura de red TDMA/IS-136

Al igual que en la red GSM, los MSC/VLR, HLR y BS de TDMA/IS-136 requieren de actualización de software. Las BS requieren actualización de hardware para gestionar los recursos de radio, asignando canales por conmutación de paquetes para tráfico GPRS y canales por conmutación de circuitos para tráfico TDMA/IS-136. GPRS introduce los nodos GGSN y SGSN a la red TDMA/IS-136 existente, al igual que la BG para brindar el nuevo modelo de facturación.

En la Figura 2.2 se observa el impacto de GPRS sobre el sistema TDMA/IS-136, los elementos que se introducen y los nodos que requieren cambios de hardware o software.



**Figura 2.2. Impacto de GPRS sobre el sistema TDMA/IS-136**

Un aspecto específico para GPRS-136 es que la red TDMA/IS-136 está basada en el protocolo de gestión de movilidad ANSI-41, en lugar del MAP (Mobile Application Part – Parte de Aplicación Móvil) de GSM. Para minimizar los cambios en ambos sistemas, se tiene un HLR separado (por lo menos funcionalmente) para GPRS, de esta manera, hay dos sistemas paralelos, cada uno con su propio protocolo para gestión de movilidad. Sin embargo, la coordinación para gestión de movilidad se mantiene a través del entunelamiento.

El principio de entunelamiento a través del SGSN, utilizado para minimizar los cambios a los sistemas TDMA/IS-136 y GPRS, permite conectar nodos GPRS a sistemas que no son GSM sin

exigir a los nodos de GPRS interpretar los protocolos no GSM. Este principio es un gran logro de flexibilidad para la evolución futura hacia sistemas de 3G.

#### Gestión de la movilidad en GPRS-136

Las bases de datos para gestión de movilidad e información de suscriptor residen en el SGSN (con funcionalidad como la del VLR) y en el HLR. El IMSI se utiliza como la clave primaria para el acceso a las bases de datos de la red y la información del suscriptor relacionada con GPRS, en el HLR puede verse como una extensión de la información GSM. El esquema de seguridad GPRS también se deriva de GSM MAP.

La red de paquetes de datos GPRS-136 se obtiene por combinación de los elementos de red ANSI-41 con los elementos de red GPRS. Para la interacción entre la MS y los elementos de red ANSI-41, una MS 136 interactúa con un MSC TDMA/IS-136 por medio de entunelamiento de mensajes de señalización IS-136 transparentemente a través del SGSN, el cual no interpreta los mensajes de señalización IS-136 que fluyen de un lado a otro entre la MS y el MSC. Los procedimientos combinados RA/LA no son posibles, ya que ellos requieren interpretación de la actualización LA por parte del SGSN, lo cual es contrario al principio de entunelamiento.

La gestión de movilidad en GPRS-136 incluye las entidades para GMM (GPRS Mobility Management – Gestión de Movilidad GPRS) y 136MM (IS-136 Mobility Management – Gestión de Movilidad IS-136), que se implementan de forma paralela.

La entidad GMM desempeña procedimientos de gestión de movilidad para paquetes de datos mientras se obtiene servicio del sistema GPRS-136. La entidad GMM en una MS GPRS-136 desempeña estas funciones mediante interacción con los elementos de la red GPRS.

La entidad 136MM desempeña procedimientos de gestión de movilidad para servicios no GPRS basados en circuitos. Esta entidad en una MS 136 desempeña estos procedimientos mediante interacción con los elementos de red ANSI-41 por entunelamiento de mensajes de señalización IS-136 transparentemente a través del SGSN.

## **2.2 NORMAS MOVILES DE ACCESO POR RADIO DE TERCERA GENERACION**

### **2.2.1 Bandas de frecuencia IMT 2000**

En las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones WARC92 (World Administrative Radio Conference 1992) y WRC95 (World Radio Conference 1995) se definió el espectro de radio a

utilizar por los sistemas de 3G (sistemas terrestre y satelital para UMTS en Europa y el IMT 2000). Un total de 230 MHz del espectro, entre 1885 y 2025 MHz y entre 2110 a 2200 MHz, se identificó para ser utilizado por países que deseen implementar IMT 2000. Sin embargo, para la aplicación europea de IMT 2000, denominada UMTS, las bandas reales son 1900 a 2025 MHz y 2210 a 2200 MHz.

Las siguientes bandas centrales fueron seleccionadas para el IMT2000/UMTS terrestre en la WRC95 para el año 2002:

- 1900 a 1980 MHz.
- 2010 a 2025 MHz.
- 2110 a 2170 MHz.

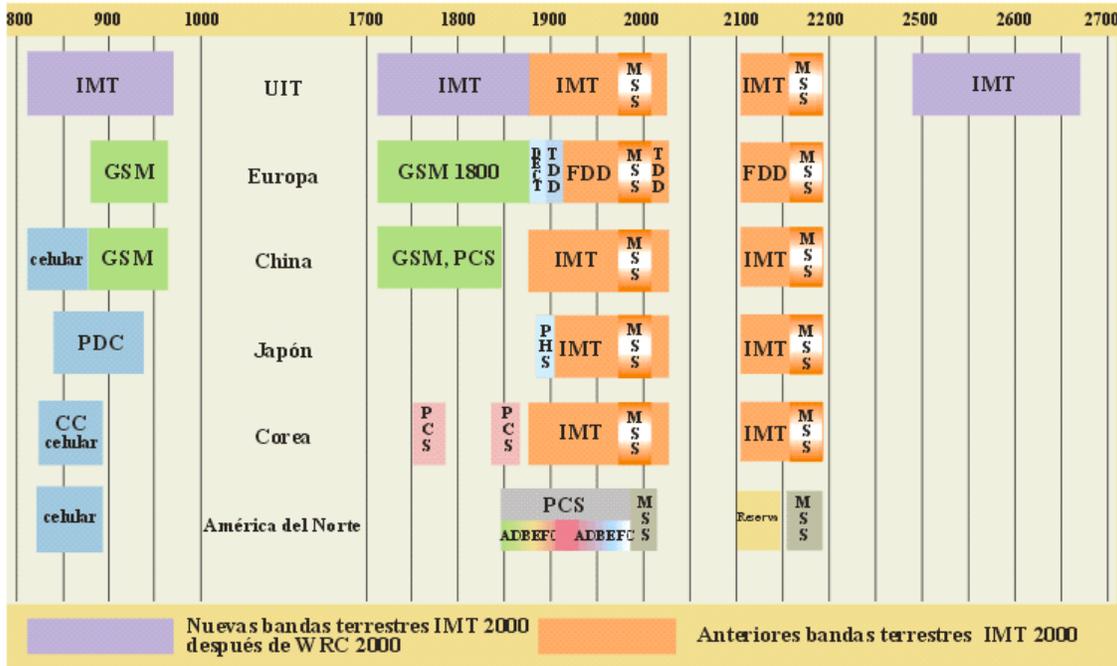
Se asignaron las bandas de 1980 a 2010 MHz y de 2170 a 2200 MHz para los sistemas por satélite. Así, WRC95 asignó un total de 155 MHz a nivel mundial para los servicios terrestres IMT2000/UMTS. Muchas administraciones ya están tomando las acciones necesarias para hacer que estas frecuencias estén disponibles para el año 2002, de acuerdo con las directivas de la Unión Europea.

En la WRC2000, celebrada en mayo de 2000 en Estambul, se tomaron decisiones sobre las bandas de frecuencia adicionales para el IMT2000/UMTS. La conferencia alcanzó un consenso global para identificar bandas adicionales para los componentes terrestres de IMT2000/UMTS (Figura 2.3):

- 806 a 960 MHz (propuesta por Estados Unidos).
- 1710 a 1885 MHz (propuesta por Estados Unidos y CITELE).
- 2500 a 2690 MHz (propuesta por Estados Unidos y CEPT).

La WRC2000 adoptó dos resoluciones fundamentales concernientes a los componentes terrestres de IMT2000/UMTS: Resolución 223 (bandas de frecuencia adicionales por encima de 1 GHz) y la Resolución 224 (bandas de frecuencia adicionales por debajo de 1 GHz). Estas decisiones tomadas en la WRC2000 proporcionan a los países flexibilidad cuando decidan cómo implantar los servicios IMT 2000.

La Figura 2.3 muestra todas las bandas IMT2000/UMTS adoptadas en WARC92, WRC95 y WRC2000.



**Figura 2.3. Bandas IMT 2000 – WRC2000**

En los Estados Unidos, FCC y TIA han publicado recientemente dos informes considerando la posibilidad de introducir sistemas IMT 2000 de 1,8 y 2,5 GHz para este país.

La disponibilidad de estas bandas para el IMT 2000 está siendo estudiada para preparar todos los elementos necesarios para una posible subasta en junio de 2002. Consecuentemente, numerosos estudios relacionados con los aspectos del reparto están en marcha en Estados Unidos y Europa.

Se ha asignado al Working Party WP8F de ITU, la responsabilidad de los siguientes estudios para la preparación de la conferencia WRC2003:

- Implicaciones y posibilidades de reparto para todos los servicios con asignaciones en las bandas identificadas.
- Reordenación de frecuencias armonizadas para la aplicación de IMT 2000, teniendo en cuenta los servicios que utilizan esas bandas actualmente o que planeen utilizarlas, reordenación de las frecuencias compatibles requeridas para los sistemas 2G y la necesidad de facilitar la evolución de los sistemas móviles actuales hacia 3G.
- La forma de facilitar la movilidad global usando diferentes bandas regionales dentro de las bandas identificadas para IMT 2000.

- Las predicciones de demanda de espectro relacionadas con la densidad de tráfico y con el tiempo.
- El estudio de la provisión de acceso de radio fijo utilizando las tecnologías de IMT 2000.

Hasta la fecha, no existe un consenso global acerca de cómo identificar las bandas de frecuencia que serán utilizadas para implementar los sistemas de 3G.

La identificación de la solución (identificación de tres bandas separadas como se indicó anteriormente) como una banda de extensión de IMT 2000 inicialmente perjudicó al estado de la armonización global. Sin embargo, la reciente consideración de la banda de 2,5 GHz por los Estados Unidos para la implantación de IMT 2000 y la elección de las reordenaciones de la frecuencia en la banda de 1,8 GHz compatible con el GSM 1800 muestra una actitud positiva hacia la armonización global.

## **2.2.2 UMTS**

### **2.2.2.1 Estandarización UMTS**

El objetivo de la estandarización de UMTS para IMT 2000 es producir un estándar global para los sistemas móviles de 3G que genere desarrollo comercial y asegure el camino para la evolución de los sistemas de 2G hacia UMTS.

La estandarización comprende el CN (Core Network – Núcleo de Red) de UMTS, UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network – Red Terrestre de Acceso por Radio UMTS) basada en WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Código en Banda Ancha) y UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access – Acceso por Radio Terrestre UMTS), que incluye los modos FDD (Frequency Division Duplex – Duplexación por División de Frecuencia) y TDD (Time Division Duplex – Duplexación por División de Tiempo). El modo FDD está basado en WCDMA puro, mientras que el modo TDD incluye un componente adicional TDMA.

WCDMA ha sido elegida como la tecnología básica de acceso por radio para UMTS en todas las regiones principales del mundo.

El desarrollo de la estandarización de UMTS se indica a continuación:

- En 1997, ETSI eligió WCDMA como la tecnología principal para UTRA FDD y el organismo de estandarización Japonés ARIB (Association of Radio Industries and Broadcasting – Asociación de Industrias de Radio y Difusión) realizó un estándar para WCDMA que fue armonizado con el estándar europeo de ETSI.
- En 1998, ETSI continuó desarrollando refuerzos y refinaciones para UTRA, obteniendo una descripción completa de la interfaz de radio.
- En 1999, el 3GPP (Third generation Partnership Project – Proyecto de Colaboración de Tercera Generación) publicó las especificaciones técnicas para la normalización de UTRA FDD (Versión 99), determinando que UTRAN debe utilizar ATM (Asynchronous Transfer Mode – Modo de Transferencia Asíncrona) para su transporte interno y conectarse a un núcleo de red basado en GSM.
- En 2001, la Versión 00 conocida como Versión 4 incluye dos modos de funcionamiento TDD (1,28 y 3,84 Mchip/s), mejoras al UTRA FDD y peticiones de cambio de la Versión 99. Esta Versión no incluye ninguna mejora perceptible por los usuarios.
- En 2002, la Versión 5 incluirá el transporte basado en IP para UTRAN, servicios multimedia IP con integración de voz/datos, QoS garantizados y una mejora para el soporte de datos por paquetes en condiciones óptimas conocida como HSDPA (High Speed Downlink Packet Data Access – Acceso de Alta Velocidad para Paquetes de Datos del enlace Downlink).

#### 2.2.2.2 Aspectos técnicos de UMTS

UMTS ha sido diseñado para ofrecer servicios de 3G cumpliendo con las especificaciones IMT 2000.

WCDMA ha sido escogido debido a limitaciones de la interfaz radio UMTS como caudal variable de bits y QoS variables. La interfaz de radio WCDMA utilizada para UMTS emplea portadoras de ancho de banda de 5 MHz, ofrece servicios de altas velocidades de bit y mejoramientos sobre la interfaz de radio CDMA de 2G, tales como:

- Cobertura y capacidad, gracias al mayor ancho de banda utilizado y mejor detección coherente del enlace Uplink.
- Traspaso necesario de frecuencias para soportar estructuras de celda jerárquicas de gran capacidad.
- Tecnologías de refuerzo de capacidad como antenas inteligentes o adaptativas y detección de multitrayectoria.
- Protocolo de acceso por paquetes rápido y eficaz.

WCDMA utiliza el modo básico FDD para el funcionamiento con bandas pareadas y el modo TDD con bandas no pareadas.

Las transmisiones de los enlaces Uplink y Downlink para WCDMA FDD utilizan dos portadoras diferentes localizadas en bandas de frecuencia específicas. Los usuarios que usan el mismo juego de portadoras se distinguen por distintos códigos de dispersión.

Las transmisiones de los enlaces Uplink y Downlink para WCDMA TDD se transportan sobre las mismas portadoras utilizando TS sincronizados. Los TS están divididos en parte emisora y receptora. La información se transmite alternativamente sobre el enlace Uplink y Downlink. Además, los usuarios que comparten los mismos TS y portadora están multiplexados en modo CDMA.

WCDMA TDD incluye dos modos TDD a 3,84 Mchip/s y TDD a 1,28 Mchip/s. Las diferencias entre los modos TDD son la velocidad de chip y la estructura de tramas.

El modo TDD a 3,84 Mchip/s es el más adecuado para la cobertura de pico y microcelda en áreas densamente pobladas, mientras que el modo FDD es el más adecuado para un área de cobertura más extensa. TDD utiliza mejor los recursos de radio que FDD para tráfico asimétrico y alta velocidad de bit. El modo TDD a 1,28 Mchip/s hereda algunas características del TDD a 3,84 Mchip/s. Además, se considera que tiene algunas ventajas comparado con el FDD y el modo TDD 3,84 Mchip/s como:

- Capacidad más alta que el FDD y el TDD de 3,84 Mchip/s.
- Adecuado para la cobertura de pico a macroceldas (los rangos máximos de cobertura son comparables a los de FDD).
- Mejora de la flexibilidad de planificación de frecuencia. Este es un aspecto muy importante desde el punto de vista de los operadores, ya que a cada operador se le ha asignado únicamente una banda de 5 MHz en el espectro no pareado.
- Soporte de movilidad a alta velocidad.

La definición de la forma de onda del TDD a 1,28 Mchip/s facilita el uso de antenas adaptativas y la detección de multitrayectoria. Las antenas adaptativas reducen las interferencias del sistema, dando lugar a una capacidad más alta y a un incremento de la sensibilidad, lo que a su vez conduce a un área de cobertura más amplia.

Los sistemas WCDMA están diseñados para que sean independientes del servicio, permitan la introducción de nuevos servicios y una mezcla de ellos, esto implica que UTRAN debe ser conectada tanto a redes por conmutación de circuitos y paquetes. La independencia del servicio está habilitada por la interfaz *Iu*, que proporciona RAB (Radio Access Bearers – Portadores de Acceso por Radio) correspondientes a un nivel requerido de QoS.

#### 2.2.2.2.1 Características principales de UMTS

- WCDMA es una técnica limitada por ruido y requiere un estricto control de potencia para su óptimo funcionamiento, ya que los UE (User Equipment – Equipo de Usuario) deben aproximarse al Nodo B (BTS de UMTS) o elevar su potencia de transmisión para obtener una buena calidad de servicio mientras aumenta el número de UE cubiertos por la celda. Esto indica que la cobertura depende de la cantidad de tráfico en la celda.
- No es necesaria la planificación de frecuencias debido a que los subscriptores son diferenciados por códigos, por lo tanto el factor de reutilización es  $N=1$ .
- Utiliza modulación QPSK (Quadrature PSK – PSK de Cuadratura) y BPSK (Binary PSK – PSK Binaria).
- Utiliza diversidad de transmisión espacio/tiempo, donde los datos del enlace Downlink se transmiten por dos antenas simultáneamente usando una forma de codificación especial. La ganancia de capacidad obtenida puede ser transformada en un aumento de la velocidad de bit del subscriptor.
- WCDMA provee diversidad de frecuencia, es decir, dos de los trayectos múltiples pueden ser distinguidos fácilmente y combinados por los UE. Como dos celdas adyacentes pueden utilizar la misma portadora, es posible conectar simultáneamente un UE a dos Nodos B para beneficiarse de la diversidad de los dos trayectos.
- Uno de los mayores retos para la infraestructura UMTS es transportar diferentes tipos de aplicaciones en el mismo soporte, respetando los objetivos de QoS definidos.
- La red UMTS deberá soportar volúmenes de tráfico con distintos anchos de banda y distintos requerimientos de QoS.
- Soporta estructuras de celda jerárquicas en puntos problemáticos, arreglos adaptativos de antenas y detección de QoS múltiples.
- WCDMA permite la transferencia entre celdas (hand off).
- Compartición de tráfico entre celdas. Los requisitos de potencia de transmisión de UTRAN aumentan con el incremento del tráfico en las celdas y un mayor tráfico significa menor cobertura. Una manera de evitar la división de celdas es agregar portadoras en los Nodos B existentes o restringir la carga en una celda que pertenezca a un grupo de celdas adyacentes. Umbrales de celda individuales y máxima capacidad de celda son los mecanismos que hacen

posible estas medidas. El primero de ellos consiste en hacer que los UE que empleen la selección de celda prefieran determinadas celdas adyacentes, reduciendo así la carga en otras celdas y el segundo implica que el control de admisión limita la capacidad de tráfico en determinadas celdas adyacentes para los UE que empleen hand off.

- Compartición de tráfico intercelular e intersistemas. La compartición de tráfico por celdas adyacentes mejora la eficiencia de manejo de congestión y la probabilidad de acceso a servicios de alta velocidad de bit. WCDMA soporta mejor los servicios de alta velocidad de bit al dirigir los servicios de baja velocidad de bit a GSM cuando la carga de tráfico es alta.
- Estructuras de celda jerárquicas. La pérdida de ortogonalidad en el enlace de recepción implica un incremento en la interferencia intracelular. Las microceldas proporcionan las mejores condiciones de radio, lo que se traduce en mayor capacidad y en las macroceldas, la pérdida de ortogonalidad puede ser menos grave que en las microceldas sin ninguna propagación de camino significativa. UTRAN dirige los UE de baja movilidad a las microceldas y los de alta movilidad a las macroceldas.

#### 2.2.2.2.2 Canales de control y tráfico para UMTS

La interfaz de aire utiliza el canal físico DPCH.

- DPCH (Dedicated Physical Channel – Canal Físico Dedicado) se usa para transportar comandos de control de potencia para el enlace de transmisión y voz por conmutación de circuitos.

La interfaz de aire consta de tres tipos de canales lógicos:

- CCCH (Common Control Channels – Canales de Control Común).

BCCH (Broadcast Control Channel – Canal de Control de Difusión).

PCH (Paging Channel – Canal de Búsqueda).

Short RACH y Long RACH (Random Access Channels – Canales corto y largo de Acceso Aleatorio).

Short FACH y Long FACH (Forward Link Access Channels – Canales corto y largo de Acceso para el enlace Downlink). Los canales RACH/FACH se utilizan también para transmitir paquetes de datos de baja velocidad hacia y desde varios UE.

- DCCH (Dedicated Control Channels – Canales de Control Dedicado).

SDCCH (Stand-alone Dedicated Control Channel – Canal de Control Dedicado Autónomo) es un canal bidireccional punto a punto que transfiere información de control entre el UE y el RNC (Radio Network Controller – Controlador Red de Radio) e intercambia información sobre la selección del servicio, la autenticación y las actualizaciones de ubicación. El SDCCH se utiliza solamente después de un acceso aleatorio y después de usarlo se libera la conexión.

ACCH (Associated Control Channel – Canal de Control Asociado) es un canal bidireccional punto a punto que transfiere información de control entre un UE y el RNC.

- TCH (Traffic Channels – Canales de Tráfico).

DTCH (Dedicated Traffic Channel – Canal de Tráfico Dedicado) es un canal bidireccional punto a punto que transmite y recibe información del suscriptor. Soporta transmisión discontinua de voz y datos a alta velocidad.

UPCH (User Packet Data Channel – Canal de Paquetes de Datos de Usuario) es un canal bidireccional punto a punto entre el MSC y un UE que se utiliza para servicios de paquetes de datos de usuario y control.

DSCH (Downlink Shared Channel – Canal Compartido para el enlace Downlink) proporciona recursos de código común que pueden ser compartidos por varios suscriptores y mejora la capacidad para servicios interactivos.

HS-DSCH (High Speed DSCH – Canal Compartido de Alta Velocidad para el enlace Downlink) es un canal de transporte introducido por HSDPA para paquetes de datos en condiciones óptimas de radio. Utiliza códigos de canalización común compartidos por varios usuarios, asignándoles un TTI (Transmission Time Interval – Intervalo de Tiempo de Transmisión). El recurso de códigos se comparte en el dominio del tiempo, donde se asigna a un suscriptor a la vez y en algunos casos se puede asignar el mismo TTI para transmisión simultánea de 2-4 suscriptores.

#### 2.2.2.2.3 Transmisión de datos en UMTS

HSDPA es un soporte para servicios de transmisión de datos en condiciones óptimas de radio, reduce el retardo de ida – vuelta, aumenta capacidad y velocidades de bit hasta en 10 Mbit/s. Esta técnica es apropiada para RAB con requisitos de retardo menos exigentes, tales como los RAB

interactivos. Para lograr estos objetivos, se introduce un nuevo canal denominado HS-DSCH y dos tecnologías fundamentales:

- La tecnología de adaptación de enlace rápido habilita el uso de modulación de orden superior con eficiencia espectral cuando las condiciones del canal lo permiten y cambia a modulación QPSK robusta durante condiciones menos favorables del canal.
- La tecnología rápida híbrida de ARQ (Automatic Repeat Request – Petición Automática de Repetición) pide rápidamente la retransmisión de los datos que faltan y combina la información de la transmisión original con cualquier retransmisión antes de decodificar el mensaje. La ARQ híbrida aumenta las prestaciones, brinda robustez contra errores de adaptación de enlace y hace un ajuste de la velocidad efectiva de código. Se piden retransmisiones hasta que los datos hayan sido decodificados correctamente. El mecanismo ARQ reside en el Nodo B, por lo tanto las retransmisiones pueden ser pedidas rápidamente.

Las tecnologías anteriores se localizan en el Nodo B y dan la posibilidad de una prestación de servicios desigual ofreciendo mayores velocidades de bit a los suscriptores que estén en condiciones favorables de radio.

HSDPA no necesita ninguna portadora adicional para introducir sus servicios, por lo tanto, los terminales de la Versión 99 y Versión 5 podrán estar simultáneamente en la misma portadora. Inicialmente, los servicios HSDPA serán ofrecidos en los puntos de mayor tráfico de la red, cuando el UE abandone la zona donde se ofrece HSDPA, la llamada en curso se transfiere de forma transparente desde el HS-DSCH a cualquiera de los canales existentes de la Versión 99 utilizando el mecanismo de transferencia suministrado por WCDMA, reflejándose en una reducción de velocidad para el suscriptor.

### 2.2.2.3 Arquitectura de UMTS

Los principales parámetros que influyen en la definición de la arquitectura UMTS son:

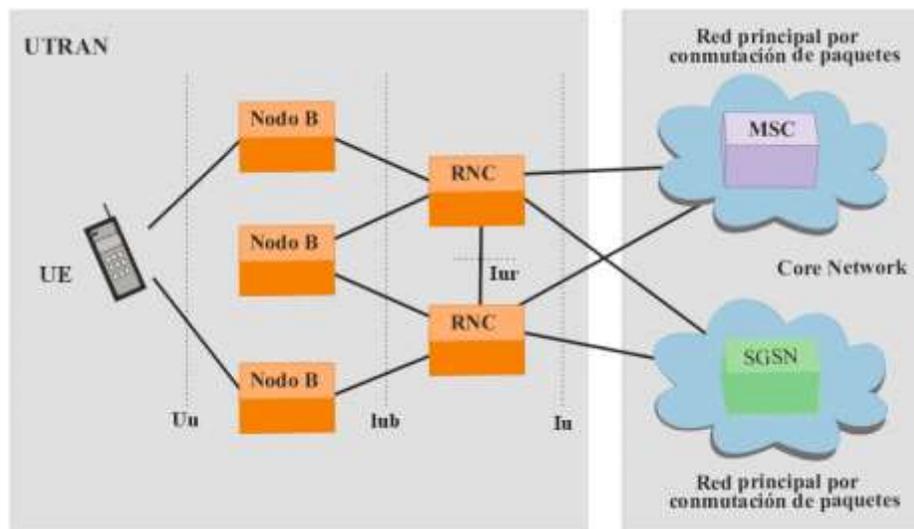
- La señalización y la red de transporte de datos se encuentran lógicamente separadas.
- Las funciones de UTRAN y del CN se encuentran totalmente separadas de las funciones de transporte.
- UTRAN soporta la movilidad para el RRC (Radio Resources Control – Control de Recursos de Radio).

Estos principios generales se han establecido para solucionar las limitaciones de GSM.

Una comparación de la arquitectura UMTS con GSM indica:

- UTRAN corresponde al BSS de GSM.
- La interfaz *Iu* entre UTRAN y el CN corresponde a la interfaz *A* de GSM y a la interfaz *Gb* de GPRS.
- La interfaz *Iub* de UTRAN corresponde a la interfaz *Abis* de GSM.
- La interfaz de aire *Um* entre la BTS y la MS de GSM corresponde a la interfaz de aire *Uu* entre el UE y Nodo B de UTRAN.
- La interfaz *Iur* entre los RNC es nueva y permite la transferencia de celdas entre dos Nodos B adyacentes gestionados por dos RNC diferentes.

La arquitectura de UMTS se ilustra en la Figura 2.4.



**Figura 2.4. Arquitectura del sistema UMTS**

La arquitectura UMTS consta de dos subsistemas:

- UTRAN encargado del acceso por radio de los UE.
- CN encargado de la conmutación por paquetes y circuitos.

Un elemento importante en la arquitectura de UMTS es el UE – Equipo de usuario.

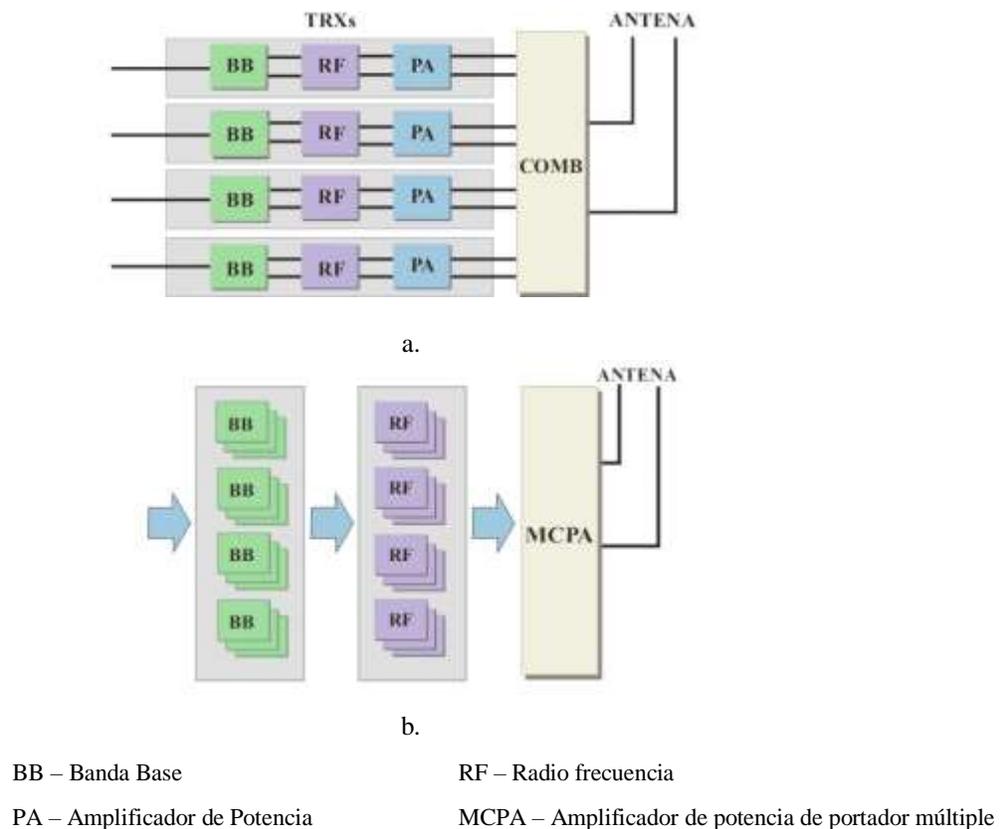
### 2.2.2.3.1 UTRAN – Red Terrestre de Acceso por Radio UMTS

UTRAN está conectada al CN en modo circuito por medio de la interfaz *Iu-cs* (conmutación de circuitos) y en modo paquete por la interfaz *Iu-ps* (conmutación de paquetes).

UTRAN consta de dos elementos:

- Nodo B

Participa en la gestión de recursos de radio y es el equivalente BTS de GSM. Este nodo tiene una arquitectura flexible para gestionar servicios por conmutación de paquetes y circuitos. Para cumplir con los requisitos de flexibilidad, se estructuró una arquitectura hardware de acuerdo con la función, en vez de usar una arquitectura basada en el canal, como se hizo en los sistemas de 1G y 2G. El Nodo B utiliza una arquitectura de reunión de recursos. En la Figura 2.5 se muestran las diferencias de estas arquitecturas.



**Figura 2.5. Diferencias de las BTS de los sistemas móviles celulares de 2G y 3G.**

**a. BTS de 2G; b. BTS de 3G**

La arquitectura del Nodo B permite que la portadora sea asignada libremente para usuarios de diferentes QoS. En cada Nodo B se puede conectar una capacidad de tráfico correspondiente a:

- 6 sectores con una portadora de 5 MHz por sector.
- 3 sectores con dos portadoras de 5 MHz por sector.

El Nodo B soluciona en gran medida el problema de limitación por ruido del sistema, solicitando a cada UE que transmita con la suficiente potencia para ser atendido, pero no con demasiada potencia porque incrementaría el ruido y la interferencia en la celda. Además, selecciona los esquemas de modulación y codificación que concuerdan con las condiciones de radio instantáneas, esta selección puede estar basada en varios criterios de acuerdo con una combinación de informes de mediciones de los UE y la potencia instantánea del DPCH asociado.

- RNC – Controlador Red de Radio

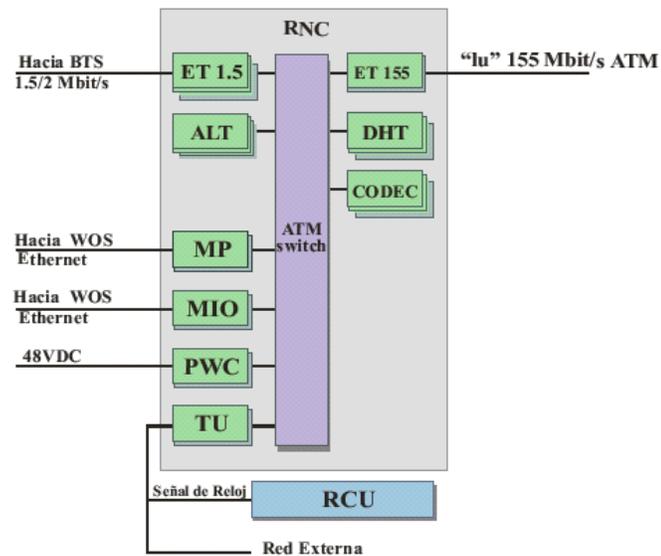
El RNC controla los recursos de radio de los Nodos B a los cuales está conectado y es el punto de acceso para todos los servicios que UTRAN proporciona al CN. El RNC corresponde al BSC de GSM y está construido sobre la infraestructura ATM. Al menos tres Nodos B pueden ser conectados a un RNC, cada uno con dos enlaces *Iub*.

Las funciones principales del RNC son:

- Encriptar y enviar datos en orden.
- Garantizar que no exista pérdida de datos para la transferencia suave entre dos Nodos B separados, aunque falle el mecanismo híbrido ARQ, permitiendo que un UE pueda estar conectado simultáneamente a dos Nodos B.
- Codificar/decodificar voz, siempre y cuando los codec estén ubicados en el RNC.

La interfaz *Iub* se basa en enlaces ATM de 1,5 y 2 Mbit/s y la interfaz *Iu* en un enlace ATM de 155 Mbit/s.

En la Figura 2.6 se detalla la arquitectura del RNC.



PWC – Conexión de poder	MP – Procesador principal
RCU – Unidad de reloj de referencia	TU – Unidad de temporización
MIO – Entrada/salida multipropósito	DTH – Diversidad de hand over

**Figura 2.6. Arquitectura del RNC**

#### 2.2.2.3.2 CN – Núcleo de Red

La red central maneja la conmutación y el encaminamiento de las llamadas hacia las redes externas. La red principal por conmutación de paquetes se desarrolla en la Versión 5 del 3GPP, donde se define una arquitectura de referencia dividida en tres áreas para el CN o red principal de UMTS:

CS (Circuit Switching – Red principal por conmutación de circuitos).  
 PS (Packet Switching – Red principal por conmutación de paquetes).  
 IM (IP Multimedia – Red multimedia IP).

- CS – Red principal por conmutación de circuitos

Es una continuación del subsistema de red GSM para brindar servicios por conmutación de circuitos. La Versión 4 del 3GPP define un enfoque de NGN (Next Generation Network – Red de Próxima Generación) opcional, en el cual la capa de control y las capas de conectividad pueden estar desacopladas.

El elemento principal de la red por conmutación de circuitos es el MSC, diseñado para utilizar la tecnología ATM.

Las funciones principales del MSC son:

- Preparar y liberar llamadas hacia y desde UE.
- Proveer interfaces a PSTN, ISDN y PLMN.
- Realizar la cancelación de eco.
- Suministrar enrutamiento IP.
- Adaptar datos para los servicios por conmutación de circuitos y paquetes.
- Gestionar y coordinar los RNC.
- Codificar/decodificar voz, siempre y cuando los codec se encuentren ubicados en el MSC.
- Interoperabilidad IWF que facilita la conexión a un MSC/GSM, proporcionando una interfaz simplificada de acuerdo con la interfaz A de GSM.

La red principal por conmutación de circuitos está conformada por los elementos necesarios para brindar servicio a las MS de 2G, como el VLR, HLR, AUC, EIR, IWF que mantienen sus características y funcionalidad como se describió en las arquitecturas de redes móviles celulares de 2G.

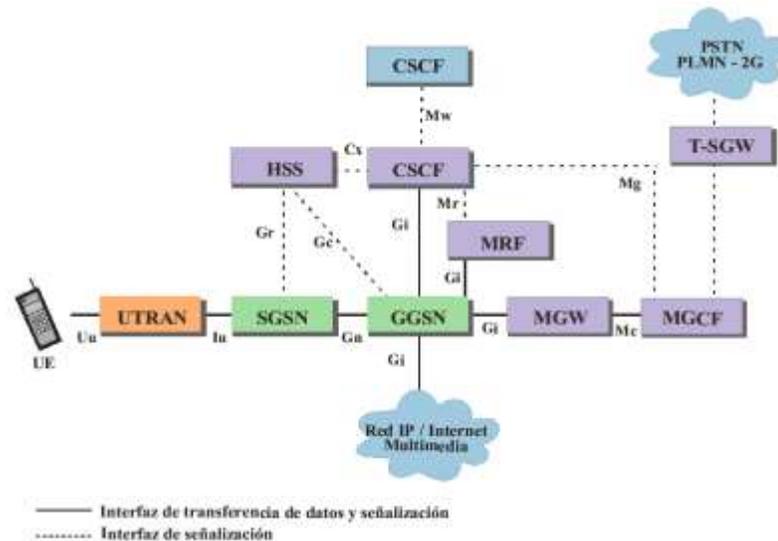
- PS – Red principal por conmutación de paquetes

Es una continuación del enfoque de GPRS 2G, se conoce como GPRS 3G. El GPRS 3G es esencialmente un acceso a las PDN basadas en IP y sus elementos principales son:

- SGSN – Nodo Servidor de Soporte GPRS. Suministra las funciones del nodo de acceso a la red y la gestión de movilidad.
- GGSN – Nodo de Soporte de Pasarela GPRS. Suministra acceso a la zona de servicio sobre la red de datos por conmutación de paquetes IP.

- IM – Red Multimedia IP

El reto es implementar servicios de extremo a extremo basados en el protocolo IP, lo cual ofrece flexibilidad del servicio y elimina las dependencias entre aplicaciones y redes de acceso. La Figura 2.7 representa la arquitectura UMTS de red multimedia totalmente IP y su conexión a UTRAN mediante la interfaz *Iu*.



**Figura 2.7. Arquitectura UMTS – Red multimedia IP**

La red multimedia IP está diseñada para ofrecer todas las clases de QoS de 3G, es decir, soporta los servicios por conmutación de circuitos mediante la utilización de VoIP en tiempo real. El principal reto es mantener la calidad de voz y eficiencia espectral ofrecida en el sistema por conmutación de circuitos actual sin disminuir la flexibilidad del servicio.

Los elementos principales de la red multimedia IP son:

- HSS – Servidor de Abonado Residencial. Es la base de datos maestra para un usuario determinado que contiene información asociada a su suscripción para brindar el QoS requerido, identidad del usuario, información de seguridad y localización. Basándose en esta información, el HSS soporta el control de las áreas CS, PS e IM. El HSS se puede considerar como una nueva versión del HLR funcionando en conjunto con las redes IP.
- CSCF – Función Control de Sesión de Llamada. Soporta y controla las sesiones multimedia con la posibilidad de añadir, modificar o suprimir los recursos utilizados por los servicios de los subscriptores. Las siguientes funciones son gestionadas por la CSCF:
  - Pasarela de llamadas entrantes. Sirve de punto de entrada y encamina las llamadas entrantes.
  - Control de llamada. Establece la llamada y gestiona los estados y eventos.
  - Base de datos del subscriptor. Hace interacción con el HSS para recibir y guardar la información de subscriptor.
  - Gestión de direcciones IP. Realiza el análisis, traducción, modificación y mapeo de las direcciones.

- **MGW – Pasarela de Medios.** Es la pasarela entre el GGSN y MGCF.
- **MGCF – Función de Control de la Pasarela de Medios.** Controla el estado de la llamada para los diferentes tipos de medios en una MGW. Asegura la comunicación con la CSCF y realiza la conversión entre los protocolos de control de llamada de las redes 2G y UMTS.
- **MRF – Función de Recursos Multimedia.** Establece las conferencias multimedia y es responsable de controlar los recursos durante las sesiones entre varios usuarios.
- **T-SGW – Función de Pasarela para Señalización de Transporte.** Hace corresponder los protocolos de señalización relacionados con las llamadas que vienen y van a PSTN y PLMN sobre un soporte IP hacia y desde la MGCF.

En la red multimedia IP, el UE se conecta directamente a la CSCF para el intercambio de señalización usando UTRAN y el acceso al área PS como camino transparente. El SIP (Session Initiation Protocol – Protocolo de Inicio de Sesión) se utiliza entre el UE y la CSCF, permitiendo controlar la sesión multimedia. La CSCF dirige la pasarela de medios mediante la MGCF en caso de interoperabilidad con una red PSTN o PLMN, al establecer y controlar la conexión del plan del suscriptor, mientras que la T-SGW convierte los protocolos de señalización.

#### 2.2.2.3.3 UE – Equipo de Usuario

El equipo del usuario consta de dos partes:

- **ME (Mobile Equipment – Equipo Móvil).** Equipo utilizado para la comunicación de radio a través de la interfaz de aire.
- **USIM (UMTS Subscriber Identity Module - Módulo de Identificación del Suscriptor UMTS).** Es una tarjeta inteligente que contiene la identidad del abonado y que realiza varias funciones de seguridad, semejante a la tarjeta SIM de GSM.

#### 2.2.2.4 QoS en redes UMTS

Las clases de QoS soportadas por la red principal UMTS permiten diferenciar los servicios ofrecidos, asegurando la asignación de los recursos necesarios para el suministro de un servicio

adecuado a un suscriptor, respetando las necesidades de los otros suscriptores y garantizando la calidad del servicio ofrecida.

Los servicios portadores de acceso por radio (RAB) se establecen dinámicamente para soportar una o varias aplicaciones de un UE determinado.

Para que UTRAN pueda asegurar el QoS de extremo a extremo para los suscriptores, cada RAB está particularizado por los atributos de QoS que dependen de las características de la aplicación. El CN se ocupa de traducir las características de la aplicación en atributos de QoS de RAB. UTRAN obtiene los atributos de QoS de los RAB del CN cuando es establecido.

La función de UTRAN es establecer y mantener el RAB con los niveles de QoS requeridos. Una vez que UTRAN ha sido asignado a un nivel de QoS dado, este nivel no debe ser reducido por UTRAN sin una petición de modificación previa del CN. En particular, este requerimiento se aplica a los UE que experimentan frecuentemente fluctuación en las condiciones de propagación de radio pasando de una celda a otra.

3GPP ha desarrollado cuatro clases de QoS basados en varios parámetros como latencia máxima y porcentaje de errores en los datos tales como el porcentaje de error de bit, bloques y desaparición de tramas.

La Tabla 2.2 muestra las aplicaciones típicas y un resumen de los requisitos QoS.

Clase de QoS	Requerimientos Retardo Transmisión	Variaciones Retardo Transmisión	Bajo Índice de Error de Binario	Velocidad Binaria Garantizada	Simetría	Ejemplo
<b>Conversacional</b>	Estricto	Estricto	No	Si	Si	VoIP, videoconferencia
<b>Flujo Continuo</b>	Limitado	Limitado	No	Si	No	Aplicaciones Audio, vídeo
<b>Interactivo</b>	Tolerante	No	Si	No	No	WWW, telnet, M-commerce
<b>Básico</b>	No	No	Si	No	No	e-mail, SMS, transferencia archivos

**Tabla 2.2. QoS en UMTS**

### 2.2.3 CDMA2000

#### 2.2.3.1 Estandarización CDMA2000

CDMA2000 es la solución de 3G basada en CDMA/IS-95 para IMT 2000 y pertenece a la familia de acceso por radio de interfaces de aire acordadas bajo el OHG (Operators Harmonization Group – Grupo de Operadores para la Armonización) para promover y facilitar la convergencia de redes 3G. Una meta del grupo de armonización es proveer roaming global entre las distintas modalidades de CDMA 3G (CDMA2000 y WCDMA).

La especificación CDMA2000 contenía originalmente los modos CDMA2000 1X y CDMA2000 3X para la evolución de cdmaOne hacia sistemas de 3G, es decir, los operadores y fabricantes estaban basados en un enfoque de banda ancha a altas velocidades de bit, pero desde el año 2000 se cambió la tendencia de evolución, debido a las ventajas inherentes de costo, compatibilidad con sistemas legados y temporización, de mantener el ancho de banda de 1,25 MHz (1X) para ofrecer servicios IMT 2000. Por lo tanto, la estandarización e implementación de CDMA2000 3X ha sido postergada hasta que la demanda del mercado y tráfico indique que es necesario migrar a un sistema portador múltiple (3,75 MHz).

La primera fase de CDMA2000 denominada CDMA2000 1X ó IS-2000 fue publicada por la TIA. La segunda fase CDMA2000 3X ha sido sustituida por CDMA2000 1xEV, donde 1xEV significa evolución 1X, utilizando portadoras de 1,25 MHz. 1xEV está dividido en 1xEV-DO (1x Evolution Data Only – 1x Evolución Solo Datos) y 1xEV-DV (1x Evolution Data and Voice – 1x Evolución Datos y Voz).

CDMA2000 1xEV-DO fue normalizada por la TIA en el año 2000 y fue reconocida por la ITU-R WP8F como una norma IMT 2000. Se espera que sea aprobada formalmente a finales del año 2001, cuando se presente la norma a la ITU-R SG-8. CDMA2000 1xEV-DV se encuentra actualmente en camino de normalización y se espera completar los estudios técnicos a finales del año 2001, para posteriormente ponerlos a consideración de la ITU.

Los estándares para el PCN (Packet Core Network – Núcleo de Red de Paquetes) de CDMA son desarrollados por el 3GPP2 y el grupo de trabajo TR45.6 de la TIA utilizando estándares existentes de la IEFT (Internet Engineering Task Force) en IP Móvil.

Las primeras redes desplegadas de CDMA2000 1X en Corea a mediados del año 2000 proporcionan velocidades de bit hasta de 70 – 90 Kbit/s a suscriptores y entregan casi el doble de la capacidad de

voz de los sistemas cdmaOne. CDMA2000 1X en el camino de evolución de los sistemas CDMA corresponde a 2.5 G.

### 2.2.3.2 Aspectos técnicos de CDMA2000

CDMA2000 es una interfaz de aire que ofrece mejoras en la calidad de voz de cdmaOne y es una solución de red que aprovecha las nuevas dinámicas del mercado creadas por la movilidad e Internet. Además, es compatible con las redes cdmaOne, lo cual protege las inversiones de los operadores y provee una migración simple y económica hacia 3G.

El estándar CDMA2000 ofrece servicios en una portadora de 1,25 MHz. CDMA2000 1X entrega transmisión de datos a 144 Kbit/s y CDMA2000 1xEV proveerá transmisiones mayores a los 2 Mbit/s.

CDMA2000 1X se refiere a la implementación de CDMA2000 dentro del espectro existente o nuevo espectro para las portadoras de 1,25 MHz de cdmaOne. El término técnico se deriva de  $N = 1$  (es decir, el uso de la misma portadora de 1,25MHz de cdmaOne) y el 1x significa una vez 1,25 MHz.

1xEV-DO puede dar a los suscriptores velocidades de bit con un valor máximo de 2,4 Mbit/s, para implementarlo, los operadores tendrán que agregar una portadora separada que está dedicada a uso sólo de datos en cada sector de celda donde se requieren servicios de datos de alta velocidad. Sin embargo, los suscriptores podrán hacer transferencia de una portadora 1X a una 1xEV-DO de forma transparente. Los primeros sistemas 1xEV-DO serán lanzados en el año 2003.

Los requisitos de los operadores establecidos para 1xEV-DV con la ayuda del CDG (CDMA Development Group – Grupo de Desarrollo CDMA) se enfocan en proporcionar datos de alta velocidad y voz en la misma portadora, eliminando la necesidad de una portadora separada para el manejo de datos. También se deben entregar servicios de datos por paquetes en tiempo real y mejores mecanismos para garantizar las clases de QoS de IMT 2000. Estos objetivos son exigentes para un cuerpo de normalización que debe entregar todo esto utilizando la portadora de 1,25 MHz, pero existe la posibilidad de alcanzarlos.

Es muy pronto para confirmar lo que ofrecerá la norma final para 1xEV-DV a los operadores y suscriptores CDMA, pero la continuación de la evolución con 1,25 MHz agilizará la salida al mercado, bajará los costos y garantizará compatibilidad con los sistemas anteriores CDMA. Es probable que los sistemas 1xEV-DV se encuentren disponibles a finales del año 2004.

### 2.2.3.2.1 Características principales de CDMA2000 1X

Debido a las circunstancias de normalización y desarrollo de CDMA 2000 para 3G (1xEV), las características que se van a citar a continuación pertenecen a CDMA 2000 1X, que es el estándar aprobado e implementado actualmente.

- Para reutilizar el espectro actual de CDMA/IS-95, los sistemas CDMA 2000 deben reutilizar varias capas bajas del conjunto de protocolos IS-95.
- Es compatible con implementaciones cdmaOne.
- Utiliza modulación QPSK y BPSK.
- Protege la inversión de operadores en redes cdmaOne existentes y provee migración simple y económica hacia servicios de 3G.
- Mejora la calidad y capacidad de la voz comparada con sistemas CDMA anteriores.
- Capacidad y cobertura mejorada que cdmaOne.
- La velocidad de chip es 1,2288 Mchip/s.
- Brinda servicios de datos de alta velocidad, hasta 144 Kbit/s.
- Soporta tráfico simultáneo de voz/datos y servicios multimedia.
- Permite asignación dinámica del ancho de banda por demanda.
- Utiliza antenas inteligentes.
- Aumenta la vida útil de la batería de las MS.
- CDMA 2000 puede proveer servicios de 3G a redes móviles con núcleo ANSI-41, lo cual incluye las redes existentes de 2G, CDMA/IS-95 y TDMA/IS-136.
- En el futuro, se espera que CDMA2000 sea extendido para permitir conexión con los núcleos de red basados en GSM MAP.
- A medida que se van desarrollando los núcleos de red, las sinergias entre las redes CDMA2000 y UMTS serán beneficiosas para los operadores globales y para la industria en general.

### 2.2.3.2.2 Canales de control y tráfico para CDMA2000 1X

Varios canales lógicos pueden ser soportados por los canales físicos del enlace Uplink y Downlink.

#### Enlace Uplink

- R-PICH (Reverse PICH – Canal Piloto para el enlace Uplink). Es una señal de espectro ensanchado no modulado utilizada para ayudar a la BTS a detectar la transmisión de la MS. La MS inserta un subcanal de control de potencia en el R-PICH, el cual es utilizado para transmitir comandos de control de potencia en el enlace Downlink.

- R-ACH (Reverse ACH – Canal de Acceso para el enlace Uplink). Es utilizado por la MS para iniciar una comunicación con la BTS y responder a los mensajes del canal de búsqueda F-PCH.
- R-EACH (Reverse Enhanced ACH – Canal de Acceso Mejorado para el enlace Uplink). Es utilizado por la MS para iniciar una comunicación con la BTS o para responder un mensaje dirigido de otra MS.
- R-CCCH (Reverse CCCH – Canal de Control Común para el enlace Uplink). Es utilizado para la transmisión de información de usuario y señalización hacia la BTS cuando los canales de tráfico del enlace Uplink no están en uso.

#### Enlace Downlink

- F-PICH (Forward PICH – Canal Piloto para el Enlace Downlink), F-TDPICH (Forward Transmit Diversity PICH – Canal Piloto de Diversidad de Transmisión para el Enlace Downlink), F-APICHs (Forward Auxiliary PICH – Canal Piloto Auxiliar para el Enlace Downlink), F-ATDPICHs (Forward Auxiliary Transmit Diversity PICH – Canal Piloto Auxiliar de Diversidad de Transmisión para el Enlace Downlink) son señales del espectro ensanchado no moduladas, utilizadas para la sincronización de una MS operando dentro del área de cobertura de una BTS.
- F-SYNCH (Forward Sync Channel – Canal de Sincronización para el enlace Downlink). Es utilizado por la MS operando dentro del área de cobertura de una BTS para adquirir la sincronización inicial.
- F-PCH (Forward PCH – Canal de Búsqueda para el enlace Downlink). Es utilizado por la BTS para transmitir información del sistema y mensajes específicos a la MS.
- F-BCH (Forward BCH – Canal de Difusión para el Enlace Downlink). Es utilizado por la BTS para transmitir información del sistema.
- F-QPCH (Forward Quick PCH – Canal de Búsqueda Rápido para el enlace Downlink). Es utilizado por la BTS para dar información a las MS.
- F-CPCCH (Forward Common Power Control Channel – Canal de Control de Potencia Común para el enlace Downlink). Es utilizado por la BTS para transmitir subcanales comunes de control de potencia para el control de potencia de los canales R-CCCH y R-EACH.

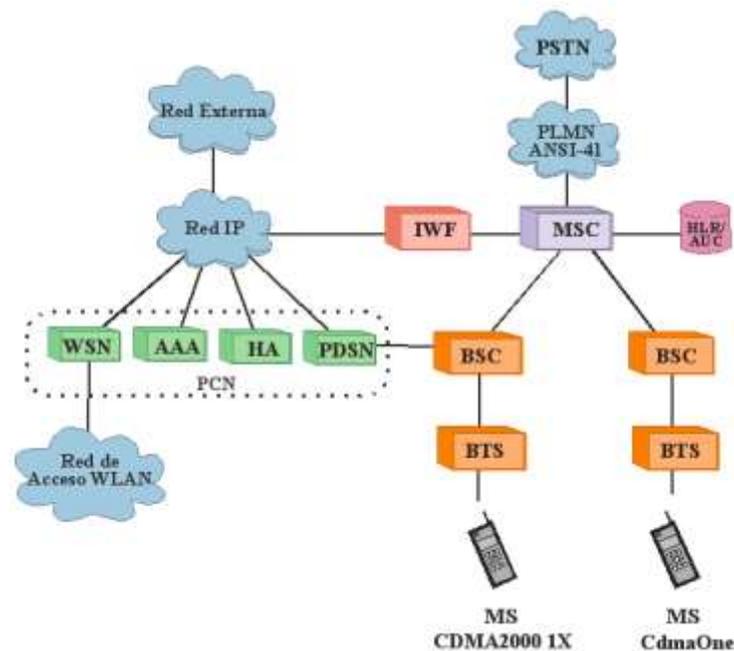
- F-CACH (Forward Common Assignment Channel – Canal de Asignación Común para el enlace Downlink). Es utilizado por la BTS para proveer una rápida asignación del R-CCCH.
- F-CCCH (Forward CCCH – Canal de Control Común para el enlace Downlink). Es utilizado por la BTS para transmitir mensajes específicos a la MS.

### 2.2.3.2.3 Transmisión de datos en CDMA2000 1X

CDMA 2000 1X introduce el PCN (Packet Core Network – Núcleo de Red de Paquetes) provee comunicación de datos por conmutación de paquetes de alta velocidad para redes CDMA2000. La velocidad de comunicación de datos soportada por el PCN es de hasta 144Kbit/s en configuración 1X, brindando servicios multimedia. Además, permite a los suscriptores de la red CDMA2000 1X conectarse a Internet o intranets privadas. Realiza compresión de cabecera de paquetes con el fin de utilizar eficientemente los recursos de la interfaz de radio CDMA2000 1X.

### 2.2.3.3 Arquitectura del sistema CDMA2000 1X

A medida de que se va desarrollando la red CDMA2000 1xEV, los nuevos elementos y funcionalidades se incorporarán a la arquitectura actual de CDMA 2000 1X. En la Figura 2.8 se observa la red por conmutación de paquetes CDMA2000 1X superpuesta a la red cdmaOne, manteniendo la compatibilidad y servicio con los suscriptores de CDMA/IS-95.



**Figura 2.8. Arquitectura del sistema CDMA2000 1X**

CDMA2000 1X mantiene el MSC/VLR, IWF, BSC, BTS y el HLR/AUC de la arquitectura de cdmaOne y sus respectivas funcionalidades para los servicios por conmutación de circuitos.

CDMA2000 1X introduce al sistema cdmaOne el núcleo de la red para datos PCN que realiza las siguientes funciones:

- Brindar servicios de datos de alta velocidad.
- Realizar conexión a Internet e intranets.
- Ofrecer servicios de red privada virtual (VPN).
- Facturar.
- Compresión de cabecera paquetes.
- Configurar la conexión PPP (Point to Point Protocol – Protocolo Punto a Punto) cuando el abonado de la red CDMA2000 1X se conecta a la red de datos inalámbrica y ejecuta la verificación de la autenticación del suscriptor.
- Servir de pasarela para el enrutamiento. Conecta cada uno de los equipos que hacen parte del PCN entre sí con redes públicas o privadas.
- NMS (Network Management System – Sistema de Gestión de Red). El NMS realiza operación, mantenimiento y reparación de cada dispositivo del PCN.

El PCN contiene los siguientes elementos:

- PDSN (Packet Data Serving Node – Nodo servidor de Paquetes de Datos). Realiza la conexión entre el sistema CDMA2000 1X y el PCN. El PDSN conecta la capa de enlace de datos con la MS y enruta los protocolos de la capa superior hacia el PCN.
- PDGN (Packet Data Gateway Node – Nodo Pasarela de Paquetes de Datos). Se conecta a redes externas (públicas y privadas) para permitir que el suscriptor IP móvil acceda a Internet.
- AAA (Authentication, Authorization and Accounting – Autenticación, Autorización y Facturación). Realiza el control sobre la autorización, autenticación y contabilidad de los suscriptores que utilizan el servicio de comunicación de datos por conmutación de paquetes.
- HA (Home Agent – Agente Residente). Provee IP Móvil basado en servicios por conmutación de paquetes.
- WSN (WLAN Service Node – Nodo Servidor WLAN). Permite el acceso a redes Wireless LAN.

CDMA2000 1X está dividida en dos capas funcionales:

- Capa de control. Es el cerebro de la red e incorpora todos los servidores de red que se necesitan para dar servicios a cualquier suscriptor, sin tener en cuenta si el acceso es alámbrico, inalámbrico o IP. Los servidores típicos de esta capa son HLR, AAA y el MSC.
- Capa de conectividad. Está dividida en dos partes: CN y frontera. La funcionalidad del CN es transportar todo tipo de tráfico entre los nodos de servicio y sus componentes típicos son los enrutadores, conmutadores ATM y medios de transmisión. Las funcionalidades de la frontera son: aumentar la inteligencia para transportar el flujo de voz y datos del CN, interpretar instrucciones específicas del suscriptor, garantizar la entrega de QoS y expedir información a la capa de control. Un ejemplo de elemento de frontera es el PDSN.

### **CAPITULO 3. EDGE – VELOCIDADES DE DATOS MEJORADAS PARA LA EVOLUCION GLOBAL**

En este capítulo se analiza la tecnología EDGE, se describen sus principales características, aspectos técnicos, arquitectura y el impacto sobre las redes GSM/GPRS y TDMA/IS-136+ estudiadas en el capítulo 2. El objetivo de este capítulo es dar a conocer las bondades y exigencias de la implementación de EDGE que deben tener en cuenta los operadores de red de los sistemas TDMA/IS-136 y GSM, para brindar capacidades de 3G sobre las redes existentes.

La interfaz de aire EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution – Velocidades de Datos Mejoradas para la Evolución Global) es una tecnología de acceso por radio basada en multiplexación por división en el tiempo, que brinda a GSM/GPRS y TDMA/IS-136+ un camino evolutivo común para la prestación de servicios de 3G en las bandas de frecuencia de 800, 900, 1800 y 1900 MHz. EDGE se implementa sobre una arquitectura de 2.5G, ya sea GSM/GPRS o TDMA/IS-136+.

EDGE proporciona velocidades de bit de usuario y una eficiencia espectral significativamente más altas que los servicios de datos de la actualidad en los sistemas GSM y TDMA/IS-136.

Los operadores de red que opten por introducir el sistema EDGE lo harán con un mínimo esfuerzo y costo, ya que el impacto de este sistema sobre la arquitectura de red es reducido y se puede introducir paulatinamente en las bandas de frecuencia existentes, reutilizando la planificación de celda de las redes previamente desplegadas. Además, el sistema permite a los operadores GSM y TDMA/IS-136 la reutilización de la infraestructura de equipos de radio base existentes y da el soporte para la introducción gradual.

#### **3.1 ESTANDARIZACION**

EDGE fue propuesto por primera vez a ETSI en 1997 como una evolución de GSM hacia capacidades de 3G.

UWCC (Universal Wireless Communications Consortium – Consorcio Universal de Comunicaciones Inalámbricas) adoptó EDGE en enero de 1998, como el componente exterior de

TDMA/IS-136HS (más adelante denominado EGPRS-136) para proporcionar servicios de datos a 384 Kbit/s, en un ancho de banda de 1 MHz. Por lo tanto, EDGE fue incluido en la propuesta UWC-136 para IMT 2000. En febrero de 1998, UWC-136 fue presentada por la delegación de Estados Unidos a ITU como candidata RTT (Radio Transmission Technology – Tecnología de Transmisión de Radio) para IMT 2000 y fue aprobada como una especificación de interfaz de radio para IMT 2000 en noviembre de 1999.

Desde entonces EDGE ha sido desarrollada por ETSI y UWCC al mismo tiempo para garantizar un alto grado de sinergia en los sistemas GSM y TDMA/IS-136. El argumento a favor de esta metodología de trabajo es que permite aplicar la misma tecnología de evolución hacia 3G para GSM y TDMA/IS-136 preparando el camino para el roaming global.

El camino evolutivo de EDGE comprende dos fases:

- La fase I se enfoca en EGPRS (Enhanced GPRS – GPRS Mejorado) y ECSD (Enhanced Circuit Switched Data – Datos Mejorados por Conmutación de Circuitos), tecnologías que fueron incluidas en la publicación del estándar de ETSI en 1999. En la actualidad, EDGE fase I ya ha sido evaluado y se conoce como GSM/EDGE. Su despliegue se espera para el año 2002.
- La fase II de EDGE se debió terminar para el año 2000 y su despliegue se esperaba para el 2003, incluía mejoras para multimedia, soporte para aplicaciones de tiempo real y capacidades de VoIP. En la actualidad, EDGE fase II ha sido sustituido por GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network – Red de Acceso por Radio GSM/EDGE), el cual cumple con los objetivos de estandarización para la alineación de servicios UMTS y la evolución hacia una red de acceso por radio que sea independiente del CN, que permita a GSM/EDGE y UMTS/UTRAN compartir un núcleo de red común.

La Versión del 99 se convirtió en la última versión del estándar GSM/EDGE emitida por ETSI. En el año 2000, todas las especificaciones de ETSI (estandarización de la interfaz de radio GSM/EDGE) fueron adoptadas como especificaciones 3GPP bajo una nueva nomenclatura. El TSG GERAN (Technical Specification Group GERAN – Grupo de Especificación Técnica GERAN) de 3GPP retomó estas especificaciones e incluyó la interfaz *Iu* que implica la adopción de la arquitectura UMTS para el sistema GSM/EDGE. El TSG GERAN está conformado por subgrupos para los aspectos de radio, protocolos, pruebas de conformación de BTS y de la MS.

Las versiones posteriores de GERAN se denominarán Versión 4 (Rel-4), Versión 5 (Rel-5) y así sucesivamente. Mientras que GERAN Versión 4 introdujo solamente mejoras menores al estándar, GERAN Versión 5 introducirá:

- Arquitectura UMTS (la interfaz y arquitectura de protocolo *Iu*).
- Soporte para QoS conversacional y multimedia IP.

### **3.2 TECNOLOGIA EDGE**

EDGE es una interfaz de aire genérica que proporciona altas velocidades de bit de forma eficiente y tiene como objetivo reutilizar el espectro actualmente asignado a los operadores celulares de 2G para proporcionarles capacidades de 3G. Debido a que en muchas regiones del mundo el espectro es asignado de forma distinta, EDGE se ha desarrollado en dos modos buscando una solución espectral eficiente, teniendo en cuenta la disponibilidad de espectro de cualquier operador.

EDGE Classic emplea la tradicional estructura de canal de control 200 KHz de GSM con un patrón de reutilización de frecuencia de 4/12.

EDGE Compact emplea una nueva estructura de canal de control de 200 KHz. Se utilizan estaciones base sincronizadas para mantener un despliegue de espectro mínimo de 1 MHz en un patrón de reutilización de frecuencia de 1/3.

Aunque EDGE reutiliza la estructura del ancho de banda de la portadora e intervalos de tiempo de GSM se puede utilizar con otros sistemas celulares.

#### **3.2.1 EDGE fase I**

EDGE fase I trata principalmente el mejoramiento de la interfaz de radio y también puede ser considerado como un sistema que permite a las redes de acceso de radio GSM y TDMA/IS-136 ofrecer un conjunto de nuevos RAB a sus núcleos de red.

##### **3.2.1.1 Visión general de la interfaz de aire EDGE**

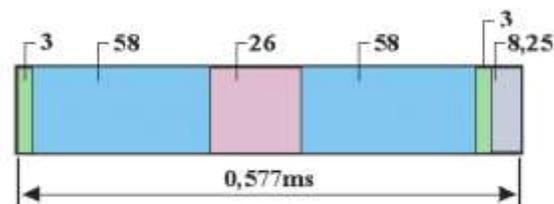
La interfaz de aire EDGE introduce modulación de alto nivel y nuevos esquemas de codificación para comunicación de datos por conmutación de circuitos y paquetes, logrando de esta manera velocidades de bit más altas que las obtenidas en los sistemas celulares actuales.

Muchos parámetros de EDGE como el espaciamiento de portadora de 200 KHz, la estructura de trama TDMA (de GSM) y la modulación GMSK son idénticos a los de GSM. La idea básica comprende la reutilización de los tipos de servicios establecidos en GSM, pero con velocidades de bit incrementadas.

EDGE proporciona mediante la reutilización de la estructura GPRS y la introducción del nuevo esquema de modulación 8PSK servicios de paquetes de datos con una velocidad de bit en la interfaz de aire que va de 11,2 a 59,2 Kbit/s por intervalo de tiempo. Los servicios por conmutación de circuitos están soportados con una velocidad de bit en la interfaz de aire de hasta 28,8 Kbit/s por intervalo de tiempo. El funcionamiento multi-intervalo, que está soportado para todos los servicios, da hasta ocho veces la velocidad de bit proporcionada por un solo intervalo de tiempo y una velocidad de bit pico en la interfaz de aire de 554 Kbit/s para paquetes de datos.

La modulación 8PSK proporciona altas velocidades de bit, alta eficiencia espectral, es moderadamente difícil de implementar y arroja una velocidad bruta de 59,2Kbit/s por intervalo de tiempo (comparado con los actuales 22,8 Kbit/s de GMSK), aunque las velocidades de símbolo para GMSK y 8PSK sean iguales, aproximadamente 271 Ksps.

El formato de trama de EDGE (8PSK) es similar al de GSM. En la Figura 3.1 se observa una trama EDGE, que incluye una secuencia de entrenamiento de 26 símbolos en el medio, 3 símbolos de cola en cada extremo y 8,25 símbolos de guarda en un extremo. Cada trama lleva 2 x 58 símbolos de datos, cada símbolo está compuesto de tres bits.



**Figura 3.1. Formato de trama EDGE**

### 3.2.1.2 Diseño del protocolo de radio

La estrategia del protocolo de radio EDGE reutiliza los protocolos de GSM y GPRS. Esto reduce al máximo la necesidad de implementar nuevos protocolos. Sin embargo, y debido a las velocidades de bit más altas, se han modificado algunos protocolos para mejorar el comportamiento al máximo. El concepto EDGE fase I se enfoca en el desarrollo de la transmisión por conmutación de paquetes EGPRS y por la conmutación de circuitos ECSD.

- EGPRS – GPRS Mejorado

La norma actual GSM/GPRS brinda velocidades de bit de 11,2 a 22,8 Kbit/s por intervalo de tiempo. La introducción de EGPRS incrementa aproximadamente tres veces las velocidades de bit del GPRS estándar, es decir de 11,2 a 59,2Kbit/s por intervalo de tiempo, lo que en una configuración multi-intervalo da una velocidad de bit por encima de 384 Kbit/s.

Las nuevas técnicas introducidas con EDGE optimizan el caudal de datos para cada enlace de radio. El RLC (Radio Link Control – Control de Enlace de Radio) de EDGE ha cambiado con respecto al protocolo correspondiente a GPRS debido al incremento de velocidad de bit y a la necesidad de adaptar la protección de datos a la calidad del canal. Los cambios principales implican un mejoramiento del sistema de LQC (Link Quality Control – Control de Calidad de Enlace), el cual incluye LA (Link Adaptation – Adaptación de Enlace) e IR (Incremental Redundancy – Redundancia Incremental). Hay flexibilidad en la implementación de LQC para EGPRS en el sistema: LA es obligatorio, mientras que IR es opcional.

La funcionalidad de LA adapta dinámicamente la codificación y la modulación con relación a la calidad de la señal. En malas condiciones de radio, se seleccionan codificación robusta y modulación GMSK, en tanto que en buenas condiciones de radio, se emplea una codificación menos robusta y modulación 8PSK.

EGPRS se utiliza para la transmisión de datos por conmutación de paquetes y realiza corrección de errores hacia atrás, lo que significa que puede pedir la retransmisión de bloques recibidos con errores. Este mecanismo se denomina ARQ. EGPRS usa una variante mejorada de ARQ denominada IR. El sistema de IR envía información inicialmente con muy poca codificación. Si la decodificación tiene éxito inmediato da una alta velocidad de bit, si falla se realiza una retransmisión enviando bits codificados adicionales (redundancia) hasta que la decodificación tenga éxito. Más codificación significa una velocidad de bit más baja y un mayor retardo. Se han definido nueve esquemas de codificación para EGPRS. Ver Tabla 3.1.

La columna Familia de la Tabla 3.1 indica los esquemas de codificación que se pueden utilizar para la retransmisión. Por ejemplo, si falla la transmisión inicial con MCS-9 (Modulation and Coding Scheme – Esquema de Modulación y Codificación 9) y disminuye la calidad del canal de radio, la retransmisión puede usar esquemas de codificación más robustos de la misma familia. Si la retransmisión hubiese usado un esquema de codificación diferente al de la transmisión original, tendría que ser resegmentado en nuevos bloques de RLC. Esto es lo que limita la selección de esquemas de codificación. Los bloques que son transmitidos inicialmente

con MCS-8 pueden ser retransmitidos utilizando MCS-6 o MCS-3, añadiendo bits de relleno al campo de datos.

Esquema	Modulación	Máxima Vel. (Kbit/s)	Vel. de Código	Cabecera Vel. de Código	Familia
MCS-9	8PSK	59,2	1,0	0,36	A
MCS-8	8PSK	54,4	0,92	0,36	A
MCS-7	8PSK	44,8	0,76	0,36	B
MCS-6	8PSK	29,6	0,49	1/3	A
MCS-5	8PSK	22,4	0,37	1/3	B
MCS-4	GMSK	17,6	1,0	0,53	C
MCS-3	GMSK	14,8	0,80	0,53	A
MCS-2	GMSK	11,2	0,66	0,53	B
MCS-1	GMSK	8,8	0,53	0,53	C

**Tabla 3.1. Esquemas de modulación y codificación para EGPRS**

- ECSD – Datos Mejorados por Conmutación de Circuitos

La norma actual GSM apoya RAB transparentes y no transparentes. Se han definido ocho portadores transparentes, ofreciendo velocidades de bit constantes en la gama de 9,6 a 64 Kbit/s.

Un portador no transparente emplea un protocolo de enlace de radio para asegurar una entrega de datos casi sin errores. Ocho portadores ofrecen velocidades máximas de bit de usuario que van de 4,8 a 57,6 Kbit/s. La velocidad de bit de subscriptor actual puede variar según la calidad del canal y la velocidad resultante de retransmisión.

La introducción de EDGE no afecta las definiciones de RAB, es decir que las velocidades de bit permanecen sin cambios. Sin embargo, la manera en que se forman los RAB, en términos de sistemas de codificación de canal es nueva. Por ejemplo con EDGE, se puede formar un RAB no transparente de 57,6 Kbit/s con dos segmentos de tiempo, mientras que el mismo portador requiere cuatro segmentos de tiempo con GSM estándar. Así la transmisión EDGE por conmutación de circuitos da RAB con velocidad de bit más alta utilizando menos TS, mejorando la transmisión de voz y datos.

### 3.2.2 EDGE fase II

El enfoque principal de EDGE fase II era incorporar mejoras a servicios multimedia y soporte para aplicaciones de tiempo real entregados por medio del protocolo IP (Internet Protocol). EDGE fase II buscaba que GSM/EDGE y UMTS/UTRAN pudieran compartir un núcleo de red común; pero, en la actualidad, este concepto ha sido sustituido por GERAN, que adopta la arquitectura UMTS a través de la interfaz *Iu* y se conecta a la misma red principal UMTS/UTRAN.

El haber cambiado el concepto EDGE fase II por GERAN, no altera el objetivo principal planteado para esta fase, de prestar servicios conversacionales y de flujo en tiempo real sobre una plataforma IP. Los organismos de estandarización influenciados por proveedores y operadores tomaron esta decisión, al observar que el desarrollo tecnológico que iban a realizar en EDGE fase II ya se había estandarizado para UMTS, por lo tanto decidieron conectar GSM/EDGE con UMTS por medio de la interfaz *Iu* para permitirle brindar todas las clases de QoS definidos para UMTS, logrando así alcanzar los servicios de 3G. De este modo se evitó el impacto esperado con EDGE fase II sobre la red de acceso por radio, arquitectura del sistema y núcleo de red de GSM/EDGE y la realización de un desarrollo en paralelo para que UMTS y GSM/EDGE pudieran brindar los servicios de 3G en tiempo real sobre IP.

## 3.3 MODOS DE IMPLEMENTACION DE EDGE

### 3.3.1 Modo Classic

El modo Classic necesita un espectro de 2,4 MHz, utiliza 12 portadoras de 200 KHz, canales de control GSM estándar y se puede desplegar usando un patrón de reutilización de frecuencia de 4/12. Las portadoras proporcionan tráfico de datos y toda la señalización de control necesaria de acuerdo con el estándar GSM/GPRS con adiciones EDGE.

El modo Classic tiene 7 TS disponibles para tráfico y un intervalo de tiempo está siempre asignado para difusión y control común. La estructura del canal de control es idéntica a los canales de control de GSM, se transmite en una estructura multitrama y acomoda toda la señalización de control necesaria en las portadoras de 200 KHz.

Classic puede ser ampliado para que incluya portadoras de 200 KHz adicionales que transporten canales de control, canales de paquetes de datos puros o combinaciones de ambos y señalización asociada.

En el modo Classic se da servicio a usuarios GSM/GPRS y TDMA/IS-136 en la misma red. A los subscriptores GSM, se les brindan servicios por conmutación de circuitos y paquetes, mientras que a los TDMA/IS-136 se les ofrece únicamente búsqueda por circuitos conmutados y las funciones relacionadas con la gestión de movilidad.

### **3.3.2 Modo Compact**

El modo Compact ha sido desarrollado para TDMA/IS-136, debido a las limitaciones de espectro de algunos operadores. EGPRS puede ser introducido en un plan de frecuencias apretado y aún así proporcionar altas velocidades de bit para los servicios de paquetes de datos, gracias al control de calidad del enlace (RLC). El sistema Compact se puede desplegar en un espectro de 600 KHz. La red de radio utiliza un patrón de reutilización de frecuencia de 1/3, lo que indica que el cluster está conformado por tres celdas y por cada celda se tiene una portadora de 200 KHz. Las tres portadoras transportan tráfico de datos, señalización asociada con los paquetes y señalización común de control de paquetes de acuerdo con el estándar de GPRS con adiciones EDGE.

En los sistemas TDMA/IS-136 con reutilización de frecuencia 1/3 no se utilizan canales de control comunes de paquetes y canales de control de difusión de paquetes. Para solucionar este inconveniente, se puede obtener una reutilización efectiva de frecuencia 4/12 mediante la sincronización de estaciones base e introduciendo los MRP (Multiple Reuse Patterns – Patrones de Reutilización Múltiple) y DTX (Discontinuous Transmission – Transmisión Discontinua), haciendo posible asignar estos canales de control de una manera que evita la transmisión simultánea en sectores de estación base adyacentes, por medio de grupos de tiempo asignados a cada celda, es decir, se realiza reutilización de tiempo únicamente para señalización de control, lo que indica que para cada celda que tenga la misma portadora de frecuencia se asigna un TS de transmisión diferente T1, T2, T3 y T4, realizando transmisiones secuenciales en el orden T1, T2, T3 y T4 para los canales de control. (Ver Figura 3.2).

Mediante la reutilización de frecuencia 4/12 se obtiene una mayor eficiencia espectral y una mayor capacidad del sistema en el espectro de 600 KHz de Compact. Las estaciones base se sincronizan utilizando sincronización a nivel de símbolo y se ayudan con receptores GPS.

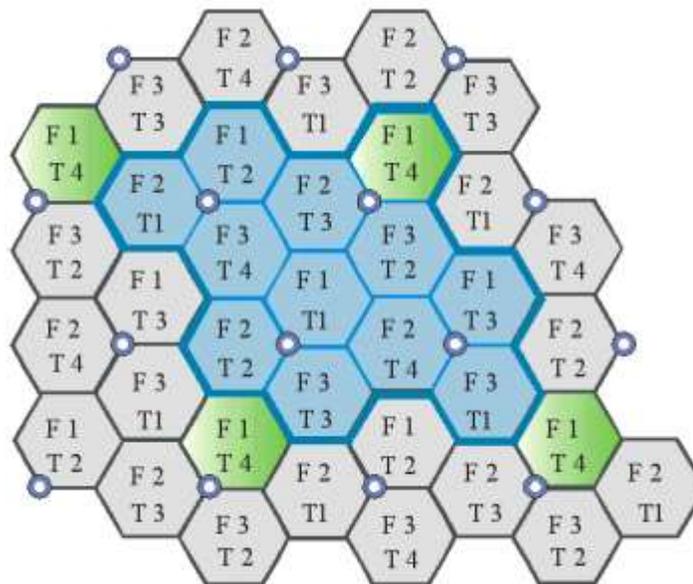
Compact incluye modificaciones de todos los canales de control de paquetes comunes definidos para GPRS, incluyendo:

- CPPCH (Compact Packet PCH – Canal de Búsqueda por Paquetes Compact).
- CPAGCH (Compact Packet Access Grant Channel – Canal de Concesión de Acceso por Paquetes Compact).
- CPRACH (Compact Packet RACH – Canal de Acceso Aleatorio por Paquetes Compact).
- CPBCCH (Compact Packet BCCH – Canal de Control de Difusión por Paquetes Compact).
- PTCCH (Packet Timing Advance Control Channel – Canal de Control Avanzado de Temporización de Paquetes).

Los PDTCH (Packet DTCH – Canales de Tráfico de Paquetes de Datos) y los canales de control asociados a paquetes son idénticos a los definidos para Classic.

La sincronización de estaciones base no afecta a los TS ni a los canales que transportan tráfico de datos, en cuanto a que se mantienen los 8 TS de GSM con su respectiva duración y los canales de tráfico Compact siguen empleando el patrón de reutilización de frecuencia de 1/3. Los canales de tráfico solamente se ven alterados cuando se transmiten canales de control, debido a que los TS (TS1, TS3, TS5, TS7) asignados para que las estaciones base transmitan sus canales de control no se utilizan para transmitir canales de tráfico en ningún grupo de tiempo, evitando la interferencia con los canales de control de celdas adyacentes.

En la Figura 3.2 se ilustra la distribución de frecuencias y grupos de tiempo sobre las celdas y los sectores.



**Figura 3.2. Patrón de reutilización de frecuencia efectivo de 4/12 para Compact**

La Tabla 3.2 resume las características básicas de los modos Classic y Compact.

<b>Modo Classic</b>	<b>Modo Compact</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los canales de control y tráfico de paquetes en 200 Khz</li> <li>• Reutilización 4/12</li> <li>• 2,4 MHz + banda de guarda</li> <li>• No hay requerimientos para BS sincronizada</li> <li>• 7 TS disponible para tráfico</li> <li>• La portadora transmite constantemente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los canales de control y tráfico de paquetes en 200 Khz</li> <li>• Reutilización 1/3</li> <li>• 0,6 MHz + banda de guarda BS sincronizada proporcionando reutilización 4/12</li> <li>• 6,67 TS disponible para tráfico</li> <li>• No hay transmisión en intervalos inactivos</li> </ul>

**Tabla 3.2. Características básicas para modos Classic y Compact**

### 3.4 IMPACTO DE EDGE SOBRE LAS REDES EXISTENTES

EDGE influye principalmente en la interfaz de acceso por radio de la red. En GSM afecta a la BTS y al BSC y en TDMA/IS-136 a la BS. EDGE no tiene efectos negativos sobre las aplicaciones e interfaces basadas en acceso por conmutación de circuitos y conmutación de paquetes, debido a que las interfaces de red existentes se localizan en el MSC y en los SGSN. De hecho, EDGE mejora las prestaciones y la efectividad de estas aplicaciones, sirviendo como habilitador de servicios de banda ancha venideros.

#### 3.4.1 Impacto sobre los equipos de la interfaz de aire

Las modificaciones introducidas por EDGE a la interfaz de aire tienen una influencia directa sobre el diseño de estaciones base y terminales móviles. Se deben desarrollar nuevos terminales y transceptores de estaciones base que puedan transmitir y recibir información modulada por EDGE.

- Efectos de la modulación no lineal

A diferencia de GMSK, 8PSK no tiene una envolvente constante, por lo tanto impone nuevos requerimientos sobre la linealidad del amplificador de potencia. El reto para los diseñadores es construir transmisores de costo eficaz, cumpliendo con las características del espectro de GSM.

Un requisito de los operadores de red estipula que los transceptores con capacidad para EDGE deben acoplarse en un armario de una estación base diseñado para transceptores estándar. El desempeño del transceptor de EDGE debe ser aceptable en términos de espectro de transmisión y disipación de calor. Un transceptor EDGE típico de alta potencia necesita reducir su potencia

de transmisión media cuando transmite 8PSK. Comparado con GMSK la disminución de APD (Average Power Decrease – Disminución de Potencia Media) podría estar entre 2 y 5dB.

- Efectos de una alta velocidad de bit bruta

El diseño de un buen ecualizador 8PSK será ligeramente más complejo que el de GSM estándar. La velocidad de bit incrementada de EDGE comparada con GPRS reduce la robustez en términos de dispersión de tiempo y velocidad de terminal móvil. Se espera que los servicios ofrecidos por EDGE sean utilizados por usuarios cuasi-estacionarios, debido a que la velocidad del terminal móvil y la excesiva dispersión de tiempo son improbables. En los casos en que la velocidad del terminal móvil y la dispersión de tiempo exceden las posibilidades de EDGE se usa modulación GMSK en su lugar.

### 3.4.2 EDGE en sistemas GSM/GPRS

#### 3.4.2.1 Impacto sobre la arquitectura de red GSM/GPRS

Un aumento en las velocidades de bit impone nuevos requerimientos sobre la arquitectura de red GSM. La introducción de EDGE tiene un impacto muy limitado sobre la red principal y debido a que los nodos GPRS (SGSN y GGSN) son más o menos independientes de las velocidades de bit de usuario, no se requiere ningún equipo nuevo. En la Figura 3.3 se observa el impacto de EDGE sobre la arquitectura de red GSM.

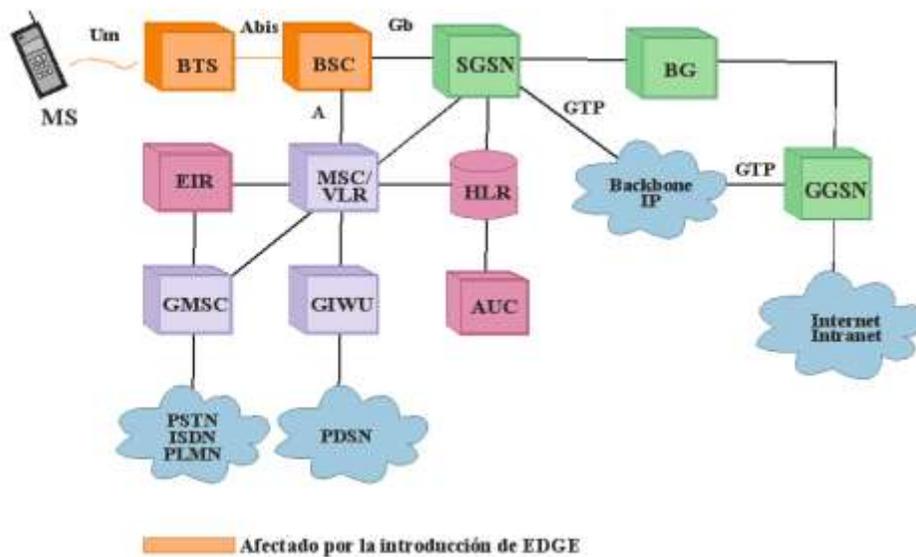


Figura 3.3. Impacto de EDGE en el sistema GSM/GPRS

Un aparente cuello de botella es la interfaz *Abis* (Figura 3.3), que soporta hasta 16 Kbit/s por canal de tráfico e intervalo de tiempo. Con EDGE, la velocidad de bit por canal de tráfico se acercará o excederá los 64 Kbit/s, lo que hace necesario asignar múltiples intervalos *Abis* a cada canal de tráfico. El límite de 16 Kbit/s será excedido mediante la introducción de los esquemas de codificación GPRS (CS3 y CS4), que tienen una velocidad de bit máxima de 22,8 Kbit/s por canal de tráfico. Este problema se resuelve fuera del ámbito de la estandarización de EDGE.

Para servicios de paquetes de datos basados en GPRS, otros nodos e interfaces son capaces de manejar velocidades de bit más altas por intervalo de tiempo. Para servicios por conmutación de circuitos, la interfaz *A* puede manejar 64 Kbit/s por usuario. Por lo tanto, las modificaciones en el MSC afectarán solamente al software.

#### 3.4.2.2 Planificación de la red de radio

Una característica importante es que los operadores de red pueden introducir EDGE de forma gradual. El despliegue inicial de transceptores con capacidad para EDGE complementa a los transceptores GSM estándar en un subconjunto de celdas en las que se desee la cobertura de EDGE. Así, coexiste una mezcla integrada de suscriptores por conmutación de circuitos, GPRS y EDGE en la misma banda de frecuencia. Para reducir al máximo los esfuerzos y costos del operador, la implementación relacionada con EDGE no requiere extensas modificaciones de la planificación de radio (planificación celular, planificación de frecuencias, ajuste de niveles de potencia y otros parámetros celulares).

- Planificación de cobertura

Una C/I (Carrier to Interference Ratio – Relación de Portadora a Interferencia) baja en tráfico de datos no es causa de pérdida de información, sino que se reduce en forma temporal la velocidad de bit del suscriptor, ya que los protocolos de enlace de radio no transparentes incluyen ARQ, caso contrario para el tráfico de voz, el cual soporta pérdida de información. Las velocidades de bit son más altas cerca del centro de la celda, en tanto que cerca del borde de la celda, las velocidades de bit están limitadas a las del GPRS estándar.

Las BTS/GSM existentes proporcionan suficiente cobertura para EDGE, siempre y cuando el operador de red acepte las velocidades de bit estándar de GPRS en los bordes de la celda. Para servicio de datos transparentes en tiempo real, que típicamente requieren una velocidad de bit constante, la adaptación de enlace debe ser utilizada para asignar el número de intervalos de

tiempo que cumpla los requisitos para velocidades de bit y BER (Bit Error Rate – Tasa de Error de Bit).

- Planificación de frecuencias

El factor medio de reutilización de la mayoría de las redes GSM está entre 9 y 12. Sin embargo, se ve una tendencia hacia una reutilización más ajustada. De hecho, con la introducción de saltos de frecuencia, los MRP y DTX, se hace factible un factor de reutilización de tres, lo que implica que cada frecuencia se reutiliza en cada tercera estación base.

EDGE soporta esta tendencia. Gracias a las técnicas de adaptación de enlace (LA), EDGE puede ser introducido en un plan de frecuencias arbitrario, beneficiándose de una alta C/I cerca de las estaciones base. En resumen, se observa que EDGE puede ser introducido en un plan de frecuencias GSM existente y esto proporciona un soporte para futuras soluciones de alta capacidad.

- Gestión de canal

Al introducir EDGE, una celda incluye típicamente dos tipos de transceptores: GSM estándar y transceptores EDGE. Cada canal físico (TS) de la celda puede ser uno de los siguientes cuatro tipos de canales:

1. Voz GSM y CSD (Circuit Switched Data – Datos por Conmutación de Circuitos GSM).
2. Paquetes de datos GPRS.
3. Voz GSM y ECSD.
4. EGPRS permite una mezcla de usuarios GPRS y EGPRS simultáneamente.

En tanto que los transceptores estándar GSM soportan dos tipos de canales (1 y 2), los transceptores EDGE soportan los 4 tipos de canales. Los canales físicos se definen dinámicamente de acuerdo con las capacidades del terminal y las necesidades de la celda. Por ejemplo, si varios usuarios de voz están activos, se incrementa el número de canales tipo 1, a expensas de los canales de GPRS y EDGE. La gestión debe estar automatizada, para evitar la división de canales en grupos estáticos, de lo contrario disminuiría la eficiencia troncal.

- LA – Adaptación de Enlace

La selección dinámica de modulación y de esquema de codificación que se adecuan a la calidad del enlace de radio se denomina adaptación de enlace (LA). El estándar EDGE soporta un algoritmo de selección dinámica que incluye:

- Medición e informes de la calidad del enlace Uplink.
- Un medio de ordenar una nueva modulación y codificación para el enlace Downlink.

La adaptación es totalmente automatizada, no requerirá que el operador de red haga ninguna planificación adicional.

- Control de potencia

Los actuales sistemas GSM utilizan control dinámico de potencia para incrementar la equidad en el sistema y prolongar la vida de las baterías en los terminales móviles, similares estrategias son implementadas para GPRS. Por lo tanto, la estrategia de EDGE para control de potencia es idéntica a la de GSM/GPRS. Los usuarios de EDGE pueden beneficiarse de una C/I más alta que los usuarios de GSM estándar, pero los parámetros de control de potencia de EDGE son diferentes.

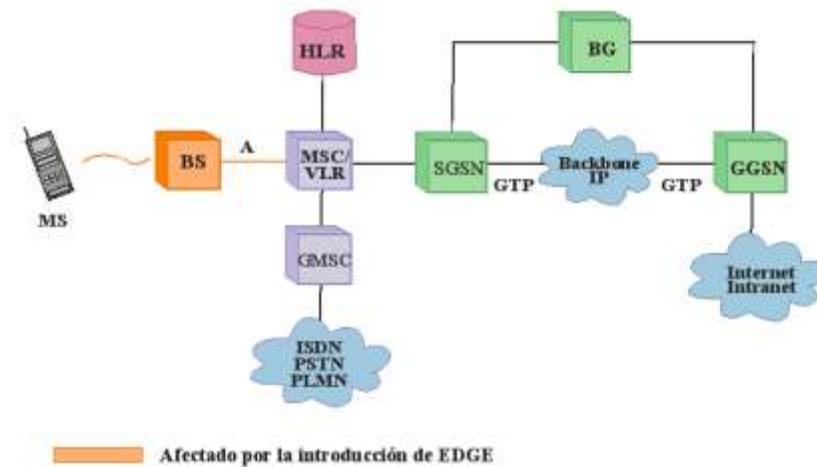
### **3.4.3 EDGE en sistemas TDMA/IS-136+**

#### **3.4.3.1 Impacto sobre la arquitectura de red TDMA/IS-136+**

La introducción de servicios GPRS por conmutación de paquetes sobre la interfaz de aire de TDMA/IS-136+ impone nuevos requerimientos sobre la arquitectura de red de los sistemas TDMA/IS-136.

La introducción de EDGE en TDMA/IS-136HS, requiere cambios menores. Los servicios por conmutación de paquetes de TDMA/IS-136 y GPRS sobre las interfaces de aire TDMA/IS-136+ y TDMA/IS-136HS están soportados desde la misma BS. Esto significa que los operadores pueden utilizar eficientemente las infraestructuras existentes.

La Figura 3.4 muestra un diagrama esquemático de red TDMA/IS-136 en el que se ha introducido GPRS para soportar servicios por conmutación de paquetes.



**Figura 3.4. Impacto de EDGE en el sistema TDMA/IS-136+**

### 3.4.3.2 Planificación de la red de radio

- Planificación de cobertura

TDMA/IS-136HS debe proporcionar por lo menos la misma cobertura que TDMA/IS-136 y TDMA/IS-136+ para que sea introducido en los planes celulares actuales y se reutilicen las BS existentes. EGPRS satisface este requisito por medio del control de calidad de enlace, proporcionando una cobertura que es al menos tan buena como la de TDMA/IS-136. Gracias al control de calidad de enlace, un enlace de radio de baja calidad no es causa de que existan caídas de tráfico, sino que se reduce la velocidad de bit por suscriptor.

- Planificación de frecuencias

Para cumplir el requerimiento de despliegue inicial de TDMA/IS-136HS dentro de 1 MHz del espectro, se ha propuesto que EGPRS utilice un patrón de reutilización de frecuencia de 1/3. Gracias al control de calidad de enlace, EGPRS puede ser introducido en un plan de frecuencias ajustado y aún así proporcionar altas velocidades de bit para servicios de paquetes de datos.

- Aspectos del canal de control

Las portadoras de EDGE no pueden transmitir continuamente a potencia constante si se utiliza un patrón de reutilización de frecuencia de 1/3 y carga fraccionada en TDMA/IS-136HS. Por lo tanto, no se puede determinar cuál celda es la más adecuada para el servicio utilizando el procedimiento estándar de GSM/GPRS, el cual mide la intensidad de la señal en la portadora de

GSM que es transmitida por el BCCH. En vez de ello, para seleccionar la celda adecuada, TDMA/IS-136HS mide la intensidad de la señal en el DCCH de TDMA/IS-136. Sin embargo, todos los canales de paquetes (de tráfico y control) pueden ser transmitidos en la portadora de EDGE. Este arreglo permite una ajustada planificación de reutilización de frecuencias y facilita una integración de los sistemas TDMA/IS-136 existentes.

### **3.5. GERAN – RED DE ACCESO POR RADIO GSM/EDGE**

La red principal por conmutación de paquetes de 2G GPRS y la red de acceso por radio GSM/EDGE conocida como EDGE fase I deben ser modificadas para soportar servicios en tiempo real, esto implica la adopción de la interfaz *Iu* por la red principal UMTS de 3G y la alineación con los servicios que serán suministrados por UMTS, permitiendo así, la conexión a la misma red principal de 3G.

El término GERAN es una abreviatura de la red de acceso por radio GSM/EDGE (GSM/EDGE Radio Access Network) y se asocia con la adopción de la arquitectura UMTS para el sistema GSM/EDGE, es decir, la adopción de la interfaz *Iu*.

Los dos objetivos principales de GERAN son:

- Alinear los servicios de GSM/EDGE y UMTS – esto está principalmente relacionado con el suministro de QoS conversacionales y de flujo continuo.
- Establecer interfaz con la red principal UMTS de 3G sobre la interfaz *Iu*.

Además de esto, GERAN mejorará las prestaciones de los servicios existentes.

#### **3.5.1 Clases de QoS en UMTS y GSM/EDGE**

Se debe clasificar el tráfico para garantizar la capacidad del sistema y los QoS, debido a que el espectro es un recurso limitado. Diferenciando los caudales de tráfico en la red, se han definido dentro de UMTS y GSM/EDGE cuatro clases de QoS relacionados con las aplicaciones (ver Tabla 2.2):

- Servicio conversacional.
- Servicio de flujo continuo.
- Servicio interactivo.
- Servicio básico.

Estas cuatro clases de QoS están soportadas en GERAN y UTRAN mediante los RAB que proporcionan servicios portadores con diferentes clases de QoS. Cada RAB se encuentra asociado con un conjunto de atributos que especifica la calidad requerida por el subscriptor y suministra información sobre las características del caudal de tráfico.

Algunos de los atributos de los RAB son: máxima velocidad de bit, QoS, tasa de pérdida de SDU (Service Data Unit – Unidad de Datos de Servicio), relación de error de bit residual, retardo de la transferencia y ancho de banda garantizado. Estos atributos son esenciales para proporcionar una conexión con buena calidad a través de la red de acceso por radio y para utilizar el espectro eficientemente. Las diferentes clases de QoS especificadas para UMTS están caracterizadas por rangos de valores específicos para diferentes atributos RAB.

Los servicios RAB proporcionados por GERAN están alineados con los soportados por UTRAN mediante la adaptación y el soporte del modelo completo de QoS de UMTS. Por lo tanto se reutiliza el concepto de servicio de UMTS y cada clase de QoS puede ser soportada independientemente de la red de acceso por radio.

En la actualidad GERAN soporta los QoS de servicios interactivo y básico sobre la interfaz *Gb* (Versión 99) y todos los servicios clásicos de voz por conmutación de circuitos de GSM, tales como:

- FR (Full Rate – Velocidad Plena).
- HR (Half Rate – Velocidad Media).
- EFR (Enhanced Full Rate – Velocidad Plena Mejorada).
- AMR (Adaptative Multi-Rate – Multivelocidad Adaptativa).
- HR y FR de banda estrecha.

Todos estos servicios, como en la Versión 98 de GSM, pueden ser soportados utilizando la interfaz *A* y GMSK en la capa física.

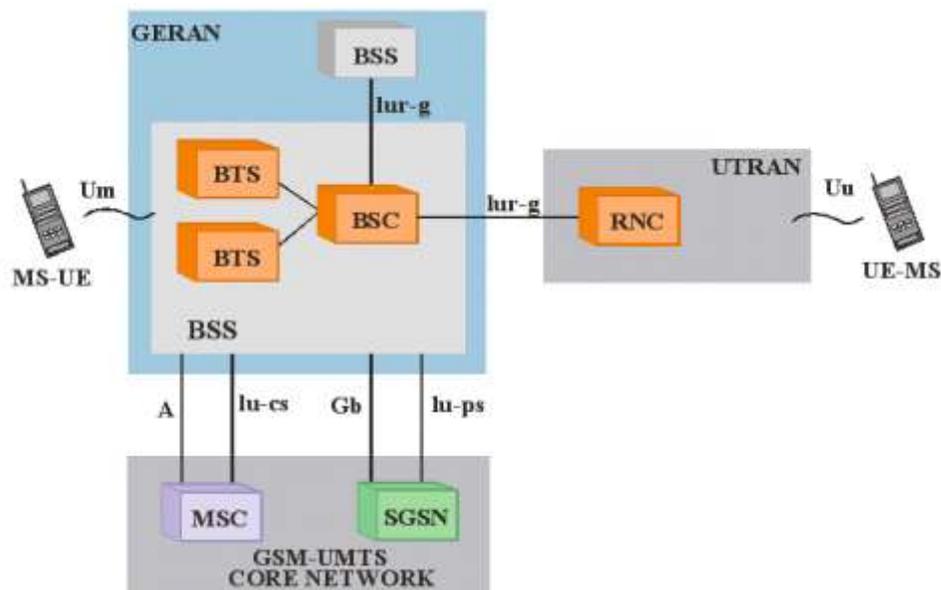
Un mayor perfeccionamiento del procedimiento de reasignación de celda, que acortará las interrupciones durante los cambios de celda, habilitará el soporte para la clase de servicio de flujo continuo en la Versión 4. Finalmente, las cuatro clases de servicios especificadas para UMTS serán soportadas por GERAN Versión 5 cuando se opere en el modo *Iu*. Se decidió que la clase de servicio conversacional solamente será soportada en modo *Iu*. En consecuencia, los mecanismos de transferencia (Hand over) con asignación previa de recursos para el dominio por conmutación de paquetes están siendo introducidos en GERAN Versión 5, específicamente para el modo de

operación *Iu*. Además, la Versión 5 discute la introducción de servicios AMR de media velocidad usando 8PSK como perfeccionamiento a la voz de media velocidad AMR existente en la capa física. GERAN soportará también un codec de voz AMR de banda ancha.

### 3.5.2 Arquitectura del sistema GERAN

Se podría pensar que el soporte para servicios de tiempo real basados en paquetes y la adopción de la arquitectura de QoS de UMTS requeriría efectuar cambios a la red principal GPRS de 2G. Sin embargo, una solución alternativa es conectar GERAN a la red principal (CN) UMTS de 3G, que soporta servicios de tiempo real y la arquitectura de QoS de UMTS. Esta metodología emplea una red principal común para UTRAN y GERAN sobre una interfaz común.

La Figura 3.5 muestra la arquitectura del sistema GERAN.



**Figura 3.5. Arquitectura del sistema GERAN**

El BSS/GERAN consta de la BTS y el BSC. A diferencia de UTRAN, la división funcional del BSS/GERAN no está especificada en el estándar. Además, se observa que GERAN puede ser conectado a:

- Una red principal GSM/GPRS de 2G a través de las interfaces *A* y *Gb*.

La interfaz *Gb* y la conexión a SGSN se necesitan para el soporte de terminales de la Versión 4 de GERAN y anteriores. La interfaz *Iu-ps* (Interfaz *Iu* para conmutación de paquetes en UMTS) no se podría utilizar para terminales antiguos, ya que para esta interfaz, la división funcional entre la RAN (Radio Access Network – Red de Acceso por Radio) y la red principal difiere de la interfaz *Gb*. Por lo tanto, para brindar servicio a los terminales antiguos se hace sobre las interfaces *A/Gb*.

- Una red principal UMTS de 3G a través de las interfaces *Iu-ps* e *Iu-cs*.

Para conectarse a la red principal UMTS de 3G, GERAN debe utilizar la interfaz *Iu*, que está compuesta por la interfaz *Iu-cs* que se utiliza para conectarse al dominio por conmutación de circuitos y la *Iu-ps* que se utiliza para conectarse al dominio por conmutación de paquetes de la red principal de UMTS.

La interfaz aérea entre la MS y GERAN, denominada *Um*, está basada en la interfaz de enlace por radio de la Versión 99, con mejoras para servicios de paquetes en tiempo real y perfeccionamiento sobre el soporte de transferencia (hand over) para el dominio por conmutación de circuitos.

De acuerdo con el estándar, una MS no se puede conectar simultáneamente a las redes principales de 2G y 3G, debe operar en el modo *A/Gb* o en el modo *Iu*. Esta restricción fue estipulada para evitar una coordinación compleja de los dos modos de operación en un escenario multiservicio. GERAN, por otra parte, puede suministrar servicios simultáneos desde las redes principales de 2G y 3G a diferencia de las MS. Además, se requiere GERAN para multiplexar el tráfico entrante y saliente de las MS que operan en diferentes modos sobre el canal físico de la interfaz aérea.

Una característica importante es la opción de tener dos BSC conectados por la interfaz *Iur-g* o un BSC y un RNC/UTRAN (Figura 3.5). Las principales ventajas de esta interfaz, que ha sido diseñada para transportar señalización de control son:

- Mayor alineación con la arquitectura UMTS (que separa el CN y la RAN) permitiendo la definición de áreas internas de registro de RAN. Estas pueden extenderse sobre múltiples celdas que pertenecen a diferentes BSC/GERAN y RNC/UTRAN. La utilización de áreas de registro reduce la señalización para la gestión de movilidad en la red principal.
- Mejores prestaciones de los procedimientos de reasignación de celda dentro de GERAN.

- Soporte para los procedimientos de reubicación del servidor RNC o el servidor BSC como se define en UTRAN. Esto mejora las prestaciones de los procedimientos de reasignación de celda entre UTRAN y GERAN.

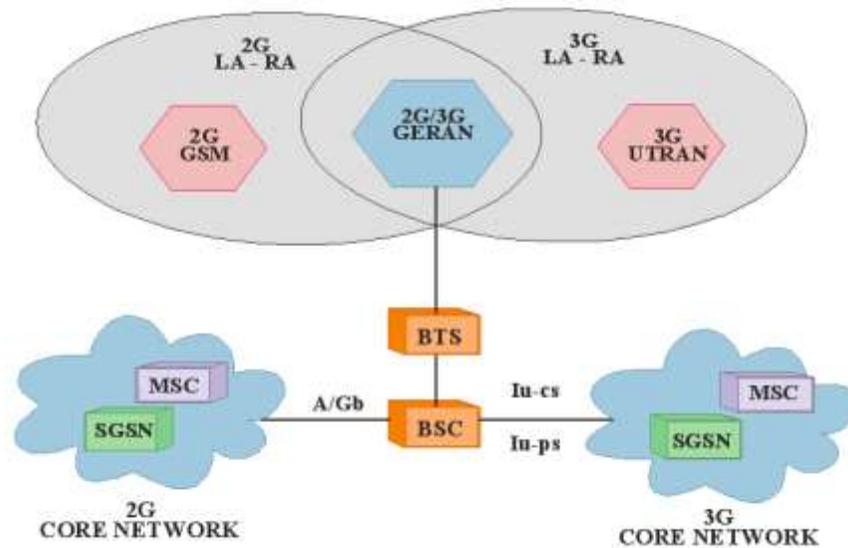
También podría ser posible perfeccionar aún más la interfaz *Iur-g* para lograr el manejo de tráfico y la distribución de la carga entre GSM/EDGE y UMTS.

Las opciones de transporte en las interfaces de GERAN cumplen con el estándar de UMTS. El módulo de transmisión puede conectarse a un BSS por circuitos conmutados tradicionales, puede soportar paquetes conmutados IP o conjunto de protocolos ATM. Esto asegurará un futuro enfoque multiestándar, donde el mismo módulo de transmisión puede ser utilizado por GSM y UMTS. Este módulo de transmisión soporta las interfaces GSM *Abis* y la UMTS *Iub* sobre IP y ATM para asegurar que las configuraciones mixtas sean posibles. Las interfaces lógicas *Iub* y *Abis* están multiplexadas sobre el mismo enlace físico, haciendo posible el uso de una única red de transmisión de paquetes. El transporte sobre las interfaces *Iu* e *Iur-g* también puede ser sobre ATM o IP.

### 3.5.3 Gestión de movilidad en el sistema GERAN

Al igual que UMTS, cuando la MS está conectada en el modo *Iu* de GERAN, toda la funcionalidad de movilidad a nivel de celda reside en la RAN. Este es un importante cambio de planteamiento si se compara con GERAN operando en modo *A/Gb*, donde la movilidad a nivel de celda es gestionada por la red principal. Una propiedad de la gestión de movilidad de GERAN en modo *Iu* es que permite a las MS en modo conectado utilizar áreas de registro comunes para GERAN y UTRAN. Esto reduce la señalización sobre la interfaz de la red principal.

Una celda GERAN puede conectarse a la red principal a través de las interfaces *A/Gb* e *Iu*. De hecho, una celda GERAN se puede conectar simultáneamente a redes de 2G y 3G, independientemente de si están separadas o han sido integradas (Figuras 3.6 y 3.7).



**Figura 3.6. Gestión de movilidad: Redes principales de 2G y 3G separadas**

La introducción de GERAN con redes de 2G y 3G integradas (Figura 3.7) ofrece las siguientes ventajas para operadores y proveedores de equipos:

- Los módulos GSM/UMTS reutilizan los bastidores existentes, por lo tanto se reduce la inversión requerida para el despliegue inicial de UMTS y el número de bastidores instalados por celda, de acuerdo con la capacidad de tráfico necesitada por la interfaz aire. Esto permite alcanzar un equilibrio en la capacidad de tráfico entre las aplicaciones GSM y UMTS.
- GERAN mantiene los principios de ingeniería y O&M de GSM, por lo tanto facilita la operación y aprendizaje del nuevo sistema. Esto acorta los tiempos de mantenimiento e instalación y reduce los costos de operación.
- El posible problema de interferencia entre los módulos GSM y UMTS dentro del mismo bastidor ha sido superado por los estudios técnicos.

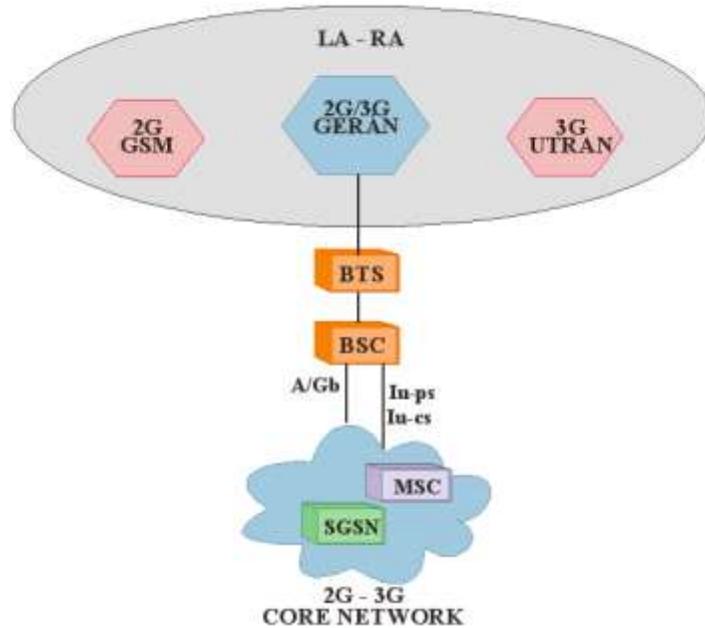


Figura 3.7. Gestión de movilidad: Redes principales de 2G y 3G integradas

## **CAPITULO 4. EDGE – SOLUCION DE MIGRACION PARA LA EVOLUCION DE LA RED MOVIL CELULAR DE COLOMBIA HACIA 3G**

La elección de la interfaz de radio es crucial para la evolución de la red móvil celular de Colombia porque determina la capacidad de la red y tiene relación directa con la gestión del enlace de radio, manejo de interferencias, propagación de trayectoria múltiple y entrega de llamadas de una estación base a otra cuando los abonados se mueven entre ellas, por lo tanto esta elección afecta en gran medida la complejidad y costo del sistema. Desafortunadamente, no se ha logrado un acuerdo único sobre la implementación de una interfaz de radio de 3G a nivel mundial debido a razones políticas, históricas, económicas y tecnológicas.

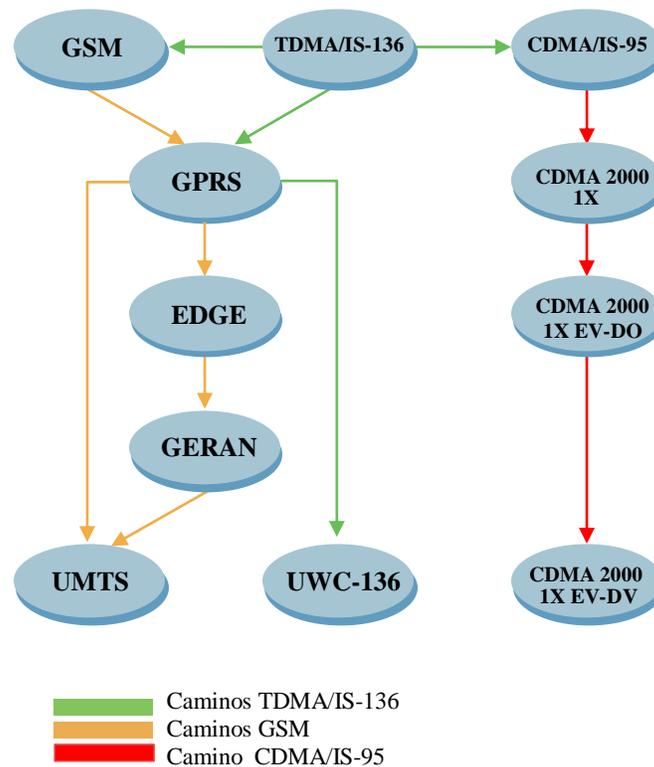
Para determinar la solución tecnológica de evolución hacia 3G más factible, el operador de red 2G debe tener en cuenta las oportunidades de ganancia y riesgos económicos que proporciona la tecnología a implementar, ventajas y desventajas de la tecnología, costos excesivos, economías de escala en fabricación de equipos, disponibilidad de terminales, dimensionamiento de las necesidades del mercado, flexibilidad frente a cambios del sector de las telecomunicaciones y el entorno económico, político y regulatorio propio de su país.

Para el desarrollo de este capítulo se utilizan los fundamentos tecnológicos analizados en los capítulos anteriores con el objetivo de comprender los posibles caminos de evolución de las normas de acceso por radio de 2G hacia 3G, analizar el panorama de migración para los operadores de red TDMA/IS-136 y sugerir el camino de evolución más viable para Colombia.

### **4.1 CAMINOS DE EVOLUCION DE LAS NORMAS DE ACCESO POR RADIO DE 2G HACIA 3G**

Debido a la existencia de diferentes normas de acceso por radio 2G, la industria y los organismos de estandarización han planteado distintos caminos de migración. El objetivo es que las normas de 2G y 3G puedan trabajar en el mismo contexto, mediante la interoperabilidad a nivel de red (protocolos) y a nivel de terminal (terminales modo dual y múltiple), permitiendo mantener el servicio a los subscriptores actuales.

La Figura 4.1 muestra los caminos de evolución de GSM, TDMA/IS-136 y CDMA/IS-95 hacia 3G.



**Figura 4.1. Caminos de evolución de GSM, CDMA/IS-95 y TDMA/IS-136 hacia 3G**

#### 4.1.1 Caminos de evolución para GSM

##### 4.1.1.1 GSM → GPRS → EDGE → GERAN → UMTS

La evolución comienza con la implementación de GPRS que introduce conmutación de paquetes al sistema celular GSM. El siguiente paso es la introducción de servicios 3G por medio de EDGE, GERAN y UMTS. EDGE aumenta la velocidad de bit en la interfaz de aire, GERAN permite la interoperabilidad entre sistemas EDGE/UMTS y UMTS soporta todas las clases de servicio (QoS) especificadas para IMT 2000.

GPRS mejora la red GSM a través de la superposición de una arquitectura por conmutación de paquetes sobre la arquitectura actual por conmutación de circuitos, ofrece velocidades de bit de hasta 115 Kbit/s, utiliza la misma estructura física de portadora (200 KHz) que GSM y su modulación GMSK, está diseñado para coexistir con el sistema GSM y proporcionar la misma cobertura que él, incluye cuatro esquemas de codificación (el esquema que se utilice depende de la calidad de la portadora de radio) y provee la funcionalidad “always on” para conectarse a redes IP, reutilizando la infraestructura celular existente y elementos de red IP como enrutadores, DNS y servidores, entre otros. GPRS es compatible hacia atrás y hacia adelante, introduce nuevos

esquemas de facturación basados en la cantidad de datos transmitidos y no en el tiempo de conexión y cambios de hardware en el BSC y de software en el BSC, BTS, MSC/VLR y HLR. GPRS introduce dos nodos SGSN y GGSN y un núcleo de red basado en IP para apoyar las modulaciones de alto nivel en la interfaz de aire y el tráfico de EDGE y UMTS. Actualmente, GPRS está disponible comercialmente.<sup>1</sup>

EDGE es una interfaz de aire con modulación 8PSK que proporciona altas velocidades de bit hasta de 384 Kbit/s, brinda el triple de velocidad que GPRS y capacidades de 3G a las redes existentes. EDGE no genera cambios sobre el ancho de banda de portadora GSM (200 KHz), la estructura de trama TDMA, la estructura de canal lógico y la planificación de frecuencia, por lo tanto, los operadores solamente requieren de una actualización de software en el MSC para poder desplegar rápidamente la capacidad EDGE en el espectro existente con mínimo esfuerzo y costo efectivo. EDGE es compatible hacia atrás y hacia adelante, es decir, los canales y transceptores con funcionalidad EDGE soportan modos de operación GSM/GPRS/EDGE y está principalmente dedicado a los operadores sin licencias UMTS, permitiéndoles ofrecer servicios por conmutación de circuitos y paquetes. Sin embargo, como UMTS será desplegado inicialmente en “islas”, EDGE también ofrece una oportunidad a los operadores con licencia UMTS para asegurar la continuidad de sus servicios de datos. El despliegue de EDGE requiere una inversión mucho menor que UMTS, al existir la infraestructura GPRS. Actualmente, la estandarización de EDGE ha finalizado y el despliegue comercial se iniciará en el año 2002.<sup>2</sup>

GERAN es la fase 2 de la evolución GSM/EDGE, ofrece velocidades de bit hasta de 2 Mbit/s para soportar servicios de tiempo real, brinda la posibilidad de realizar la gestión de movilidad de los núcleos de red 2G y 3G separados o integrados e introduce la interfaz *Iu*, que permite compartir un núcleo de red común entre GSM/EDGE y UMTS/UTRAN para la alineación de los servicios ofrecidos por UMTS.<sup>3</sup>

UMTS es el estándar de 3G aprobado para los operadores GSM, utiliza portadoras de 5 MHz, introduce la interfaz de aire WCDMA, no requiere planificación de frecuencias debido a que utiliza  $N=1$ , introduce las modulaciones QPSK/BPSK y satisface los requisitos de IMT 2000. El sistema UMTS está diseñado para ser independiente del servicio y permite la introducción de nuevas clases de QoS, por lo tanto UTRAN soporta servicios por conmutación de circuitos y paquetes de alta velocidad. Para el correcto funcionamiento del sistema se requiere un estricto control de potencia,

---

<sup>1</sup> Referirse a los numerales 1.2.3, 2.1.3 y Figuras 1.7, 2.1

<sup>2</sup> Referirse al numeral 3.4.2 y Figura 3.3

<sup>3</sup> Referirse al numeral 3.5 y Figura 3.5

nuevo software y hardware como estaciones base y antenas adaptativas que permiten el despliegue de UMTS en nuevas frecuencias.<sup>4</sup>

#### 4.1.1.2 GSM → GPRS → UMTS

Para los operadores de red, este camino de evolución es agresivo comercialmente y es una opción para los que han licitado o piensan licitar por espectro de 3G. La evolución comienza con el mejoramiento de la red GSM a través de GPRS y el paso final es la implementación de servicios 3G directamente con UMTS, que se basa en la conmutación de paquetes y la funcionalidad “always on” introducida por GPRS. Algunos operadores inalámbricos europeos van directamente de GPRS a UMTS sin implementar EDGE/GERAN.

### 4.1.2 Camino de evolución para CDMA/IS-95

#### 4.1.2.1 CDMA/IS-95 → CDMA2000 1X → CDMA2000 1xEV-DO → CDMA2000 1xEV-DV

La tecnología CDMA2000 1X constituye la primera fase de implementación de la interfaz de aire CDMA2000 para la evolución de CDMA/IS-95 hacia servicios de 3G. CDMA2000 1X soporta voz por conmutación de circuitos y datos por conmutación de paquetes sobre la misma portadora de 1,25 MHz de CDMA/IS-95, mantiene la modulación QPSK e introduce BPSK, puede ser implementada en espectro nuevo o existente y es compatible hacia atrás con redes y terminales CDMA/IS-95. Además, introduce el PCN con los elementos PDSN, AAA, PDGN, WSN y HA, requiere mejoras a las tarjetas de canal y una actualización de software en las estaciones base de CDMA/IS-95. Teóricamente, CDMA2000 1X permite velocidades de bit hasta de 144 Kbit/s dependiendo del ambiente de RF, es decir, un aumento de diez veces sobre los 14,4 Kbit/s proporcionados por CDMA/IS-95. La norma CDMA2000 1X ha sido estandarizada en su totalidad y desplegada comercialmente por SK Telecom de Corea (SKT) en octubre de 2000.<sup>5</sup>

La segunda fase es CDMA2000 1xEV-DO, que promete una velocidad de bit teórica máxima de 2,4 Mbit/s en el mismo espaciado de portadora de 1,25 MHz, soporta servicios de voz y datos de alta velocidad sobre portadoras separadas, requiriendo una asignación exclusiva de portadoras para datos, por lo tanto se disminuye el número de portadoras disponibles para el servicio de voz. La aprobación por parte de la ITU de 1xEV-DO no ha finalizado aún y se espera que los primeros sistemas sean desplegados comercialmente en el 2003.

---

<sup>4</sup> Referirse al numeral 2.2.2.3 y Figura 2.4

<sup>5</sup> Referirse a los numerales 1.3.3, 2.2.3.3 y Figuras 1.9, 2.8

La tercera fase es CDMA2000 1xEV-DV que requiere actualización de software en el PCN y soporta servicios de voz y datos en una sola portadora de 1,25 MHz. Es demasiado temprano para confirmar lo que esta norma ofrecerá a los operadores CDMA debido a que su estandarización no ha terminado.

### **4.1.3 Caminos de evolución para TDMA/IS-136**

#### **4.1.3.1 TDMA/IS-136 → GPRS → UWC-136**

UWCC propuso la interfaz de radio UWC-136 conocida como TDMA/IS-136HS con el objetivo de satisfacer los requisitos de IMT 2000 y permitir la convergencia entre los sistemas GSM y TDMA/IS-136. Esta convergencia comienza con el superposicionamiento de GPRS sobre la red TDMA/IS-136, creando una arquitectura de núcleo de red común y continúa con el despliegue de UWC-136, que unifica la red de radio y terminales.

La primera fase de evolución es GPRS que mejora la red TDMA/IS-136 a través de la superposición de una arquitectura por conmutación de paquetes sobre la arquitectura actual por conmutación de circuitos, utiliza modulación GMSK, incluye cuatro esquemas de codificación (el esquema que se use depende de la calidad de la portadora de radio) y provee la funcionalidad “always on” para conectarse a redes IP, reutilizando la infraestructura celular existente y elementos de red IP como enrutadores, DNS y servidores, entre otros. GPRS introduce cambios en el software de los MSC/VLR, HLR y BS y en el hardware de las BS para gestionar los recursos de radio, asignando canales por conmutación de paquetes para tráfico GPRS y canales por conmutación de circuitos para tráfico TDMA/IS-136. GPRS introduce los nodos GGSN y SGSN, al igual que la BG para brindar el nuevo modelo de facturación. Un aspecto específico para GPRS-136 es que la red TDMA/IS-136 está basada en el protocolo de gestión de movilidad ANSI-41, en lugar del MAP de GSM. La gestión de movilidad se realiza a través de un entunelamiento en el SGSN, utilizado para minimizar los cambios en los sistemas TDMA/IS-136 y GPRS, permitiendo conectar nodos GPRS a sistemas que no son GSM sin exigir a los nodos GPRS interpretar los protocolos no GSM.<sup>6</sup>

Durante la segunda fase, se introducirá una nueva interfaz de aire denominada UWC-136, que incluye la implementación de EDGE modo Compact. EDGE introduce modulación de alto nivel 8-PSK y técnicas de adaptación de enlace que estimulan las capacidades de velocidad de bit de TDMA/IS-136, brinda inicialmente velocidades de bit hasta de 384 Kbit/s y se convierte en una herramienta eficaz para la migración hacia 3G de este sistema. Los operadores podrán ofrecer

---

<sup>6</sup> Referirse a los numerales 1.1.3, 2.1.3 y Figuras 1.5, 2.2

servicios de 3G en el espectro existente y posteriormente conectarse a UMTS en un nuevo espectro.<sup>7</sup>

UWC-136 debe brindar alta eficiencia espectral, compatibilidad y cobertura equivalente a TDMA/IS-136, soporte para desempeño de macroceldas en menos de 1 MHz de espectro para el manejo de altas velocidades móviles y capacidad para coexistir en el mismo espectro con sistemas de 2G sin degradar sus prestaciones.

Este camino de evolución ha sido descartado debido a razones tecnológicas y de mercado. Una razón de peso que precipitó esta decisión fue que el operador celular Estadounidense AT&T Wireless abandonó el camino de migración TDMA/IS-136 → GPRS → UWC-136 en noviembre de 2000 y adoptó el camino GSM/GPRS/EDGE/GERAN/UMTS para su evolución hacia 3G. Por lo tanto, el camino de migración hacia UWC-136 ha cambiado y se ha puesto en duda la existencia de un producto comercial que cumpla con sus requerimientos. Los operadores TDMA/IS-136 están analizando cuidadosamente tanto los beneficios como los desafíos de las nuevas opciones tecnológicas y revisando sus planes de evolución de red. Como resultado, ellos están comparando dos alternativas como paso intermedio al despliegue de servicios 3G: GSM o CDMA/IS-95.

El hecho que los operadores TDMA/IS-136 hayan decidido desplegar una ruta de migración GSM o CDMA/IS-95 hacia 3G, ha conducido a algunos observadores de la industria a preguntarse sobre el futuro de la tecnología TDMA/IS-136. Sin embargo, la mayoría de los principales operadores esperan continuar con el crecimiento de sus negocios TDMA/IS-136, ofreciendo servicios basados en esta tecnología por muchos años más, ya que TDMA/IS-136 es una tecnología establecida, bien probada, es un éxito comercial maduro y ha permitido tener una fuente de ingresos y ganancias viables. TDMA/IS-136 continua siendo la tecnología más predominante en América.

Esto significa que aunque TDMA/IS-136 no evolucionará hasta una tecnología de 3G, continuará sirviendo a subscriptores por varios años y por lo tanto debe continuar desarrollándose en áreas de eficiencia espectral y operacional, calidad de servicio, confiabilidad y soluciones que soporten la transición hacia GSM o CDMA/IS-95.

#### 4.1.3.2 TDMA/IS-136 → GSM → GPRS → UMTS

El camino de migración TDMA/IS-136 → GSM → GPRS → UMTS es agresivo comercialmente y es una opción para los grandes operadores que piensan licitar por bandas IMT 2000 en países industrializados donde se ve la necesidad de una rápida implementación de servicios 3G y existe

---

<sup>7</sup> Referirse al numeral 3.4.3 y Figura 3.4

disponibilidad de espectro UMTS. Es claro que los operadores que opten por este camino corren riesgos económicos importantes debido a que es una evolución brusca y requiere superposiciones sucesivas de interfaces de radio sobre la red TDMA/IS-136 para brindar capacidades de 3G. Estos operadores TDMA/IS-136 tienen dos opciones. La primera es migrar rápidamente todos sus usuarios de TDMA/IS-136 a GSM y luego a la red UMTS en el menor tiempo posible y eliminar la red de 2G, lo que puede implicar pérdida de suscriptores que no deseen tener servicios de 3G. La segunda es mantener las redes de 2.5G y 3G paralelas para brindar servicio a los suscriptores antiguos y nuevos, pero esto implica excesivos costos de O&M para el operador.

Por lo tanto, el camino TDMA/IS-136 → GSM → GPRS → UMTS no ofrece muchas garantías para los operadores Latinoamericanos, debido a la capacidad adquisitiva de los suscriptores y al problema económico que está viviendo la región, que afecta directamente a operadores e inversionistas.

Por los inconvenientes descritos previamente, se considera que este camino no es una buena opción para la evolución de la red móvil celular de Colombia hacia 3G.

Estos retos económicos también se presentan para los operadores Europeos GSM, donde el camino GSM → GPRS → UMTS será implementado por aquellos que licitaron por bandas IMT 2000, que son fuertes o piensan realizar alianzas estratégicas para enfrentarse a este reto y que tienen suficientes recursos económicos o créditos para mantener sus redes en paralelo y satisfacer ampliamente a sus suscriptores. Debido al desarrollo tecnológico y viabilidad económica de la implementación del sistema EDGE/GERAN, que permite la interconexión entre EDGE y UMTS, los operadores que han adquirido espectro IMT 2000 están pensando seriamente en la implementación de este sistema para complementar el despliegue de UMTS en zonas de baja densidad de tráfico, con el objetivo de brindar cobertura y servicios de 3G de un modo más rentable, soportar suscriptores de 2G y 3G en la misma red y realizar una migración suave para suscriptores y operadores de red.

En resumen, los caminos viables para la evolución de redes TDMA/IS-136 en América son:

- TDMA/IS-136 → GSM → GPRS → EDGE → GERAN → UMTS
- TDMA/IS-136 → CDMA/IS-95 → CDMA2000 1X → CDMA2000 1xEV-DO → CDMA2000 1xEV-DV

En los numerales 4.1.3.3 y 4.1.3.4 se especifican algunas ventajas que ofrecen los caminos de evolución de los sistemas GSM y CDMA/IS-95 a los operadores TDMA/IS-136. Los pros y contras de la superposición de estas tecnologías sobre TDMA/IS-136 se analizarán en el numeral 4.2.

#### 4.1.3.3 TDMA/IS-136 → GSM → GPRS → EDGE → GERAN → UMTS

GSM es una tecnología completamente madura, a prueba de futuro, con un nivel de estandarización global y completo que le permite impulsar sistemas de alta calidad y de alta velocidad como GPRS y EDGE. Además, cuenta con la mayor penetración a nivel mundial en redes de alta densidad de tráfico, lo que favorece la baja inversión en el sistema con respecto a otras tecnologías. Su punto más fuerte es el roaming internacional, que asegura que cualquier usuario pueda viajar a casi cualquier lugar del mundo con un único número personal, garantizando que las evoluciones de TDMA y GSM hacia 3G no son islas de cobertura como sucede en otras tecnologías.

Ofrece servicios de voz y datos con alta calidad y cobertura estable. Su portafolio de servicios de valor agregado es mucho más amplio que el de otras tecnologías de 2G, debido al desarrollo tecnológico y económico generado a su alrededor. Proporciona alta seguridad al subcriptor mediante la tarjeta SIM, autenticación, codificación y cifrado de datos, disminuyendo la posibilidad de fraude. Es una red segura y confiable, que no da sorpresas en su funcionamiento.

La tecnología GSM es una plataforma abierta, que gracias a la compatibilidad de equipos y manejo unificado de interfaces entre los distintos elementos de red, ha facilitado la utilización de varios proveedores en su arquitectura. La fuerte competitividad de proveedores en este mercado ha llevado a un proceso continuo de evolución y optimización de GSM, especialmente en lo que concierne a las estaciones base, que representan la parte más importante del sistema y, por tanto, de la inversión en redes móviles. Los beneficios de GSM apuntan a las economías de escala ya establecidas por este estándar al disminuir los costos de infraestructura y terminales.

GPRS se implementa sobre el sistema GSM, permitiendo a los operadores de red utilizar este sistema de forma más eficiente, entregando velocidades de datos más altas y mayor eficiencia espectral. La funcionalidad “always on” introducida por GPRS es parte fundamental de los sistemas UMTS y EDGE de 3G, por lo tanto los sistemas futuros serán construidos desde la base para facilitar compatibilidad con GPRS. Además, GPRS mantiene la misma cobertura proporcionada por las estaciones base GSM, en lugar de construir una red completa para brindar los nuevos servicios, de esta manera, el terminal GSM funcionará correctamente al implementar GPRS, pero se necesitarán terminales con capacidades GPRS para tener acceso a las nuevas características.

EDGE es la evolución más rentable para proveer servicios de 3G dentro del espectro existente a nivel mundial y no requiere comprar licencias de funcionamiento, por lo tanto, protege la inversión incremental de los operadores en la migración hacia 3G. Además, ofrece servicios de datos, voz y multimedia de forma transparente para el suscriptor por todo el mundo, mediante la convergencia e interoperabilidad con GSM. Los operadores pueden desplegar EDGE en su espectro existente y UMTS en su nuevo espectro y saber que las tecnologías se complementarán, permitiendo una cobertura de 3G de costo efectivo. Este complemento, conocido como GERAN, ha sido desarrollado por el 3GPP y sus organizaciones de soporte, cuyo trabajo en conjunto presagia un buen futuro para las tecnologías EDGE y UMTS.

UMTS es el sistema de 3G que va a dominar el mercado a nivel mundial, con el mayor número de suscriptores, ya que ha sido diseñado para interoperar con las redes GSM/GPRS/EDGE y se beneficia del roaming generado por la familia GSM, brindando una cobertura global al utilizar redes terrestres y satelitales. UMTS soporta todas las clases de QoS para IMT 2000 y asigna el ancho de banda para cada servicio de una manera dinámica, lo que le permite la optimización del uso de la red.

4.1.3.4 TDMA/IS-136 → CDMA/IS-95 → CDMA2000 1X → CDMA2000 1xEV-DO → CDMA2000 1xEV-DV

CDMA2000 1X proporciona un manejo flexible del espectro, permitiendo a los operadores utilizar el espectro actual para dar mayores capacidades de servicio, a pesar de que se pierdan las capacidades agregadas que un nuevo espectro les otorgaría. Para superar este inconveniente, se introduce un algoritmo de codificación más eficiente que dobla la capacidad teórica de CDMA/IS-95.

Una característica importante de la familia CDMA es que permite desde CDMA/IS-95 hasta CDMA 1xEV utilizar el mismo ancho de portadora de 1,25 MHz, agilizando la salida al mercado de estos sistemas a bajos costos y garantizando compatibilidad con los sistemas CDMA anteriores.

CDMA/IS-95 y CDMA2000 1X permiten buena calidad de voz y llamadas, debido a que filtran el ruido de fondo, la diafonía y la interferencia, utilizan tres tipos de hand off, donde celdas adyacentes monitorean simultáneamente la llamada en curso, evitando su caída y otorgan mayor seguridad al usuario, disminuyendo la probabilidad de clonación y de fraude mediante la dispersión del espectro.

La interferencia multitrayectoria no es una molestia destructiva para CDMA/IS-95, debido a que cada terminal móvil selecciona las tres señales de multitrayectoria más fuertes y coherentemente las combina para producir una mejor señal.

Gracias al estricto control de potencia, necesario para el óptimo funcionamiento del sistema y que facilita el monitoreo de la energía necesaria para el móvil o el sistema en cada momento, la familia CDMA permite la construcción de terminales pequeños, livianos y con bajo consumo de batería.

La familia CDMA brinda mayor capacidad de servicio, al permitir mayor número de usuarios por frecuencia, debido a que utiliza un sistema simplificado de planeación de frecuencias  $N=1$ , reutilizando en todas las celdas las portadoras disponibles mediante la restricción de códigos, los cuales no se deben reutilizar en la misma portadora de celdas adyacentes, sino en portadoras de frecuencias diferentes.

CDMA se ha convertido en una alternativa de evolución para los sistemas TDMA/IS-136 hacia 3G, debido a que tienen en común el mismo esquema de señalización y núcleo de red ANSI-41.

#### **4.2 SELECCION DEL CAMINO DE EVOLUCION MAS VIABLE PARA LA RED TDMA/IS-136 DE COLOMBIA**

Para seleccionar un camino de evolución es fundamental hacer una valoración legítima y válida de las ventajas y desventajas de cada camino y especialmente de los riesgos inherentes de escoger una tecnología sobre la otra.

Existen factores importantes como la disponibilidad de espectro, situación financiera, competencia, madurez del subscritor y especificaciones del terminal (precio, características, variedad) que impactan la estrategia de migración que adopta el operador. Además, es importante tener en cuenta los siguientes aspectos comerciales que los operadores TDMA/IS-136 deben considerar para elegir una alternativa de 3G:

- Reducir al máximo costos de despliegue de tecnología al adoptar un proceso que permita realizar la implementación de forma simple y suave.
- Aumentar ARPU (Average Revenue Per User – Ganancia Media por Usuario).
- Desplegar servicios comerciales viables de una manera oportuna.
- Mantener una buena calidad de servicio para ofrecer una experiencia satisfactoria al usuario final durante este proceso.

Los últimos dos aspectos son especialmente importantes, porque si los operadores no pueden desplegar servicios viables comercialmente de una manera oportuna, corren el riesgo de perder la competitividad y es importante recalcar que el operador que tiene éxito no es el más fuerte sino el que mejor se adapta al continuo cambio del sector. Si la red o los terminales dan una experiencia negativa al usuario final, no generarán ganancias.

Esto indica, sin importar si los operadores TDMA/IS-136 eligen GSM o CDMA/IS-95 como su camino de migración, que ellos tendrán que superar los desafíos que la industria nunca ha enfrentado antes. Debido a esto, ambos caminos serán más complejos, costosos y difíciles que lo pensado inicialmente. Además, hacen frente a las mismas dos barreras de transición:

- El desafío y el costo de desplegar una red separada de GSM o CDMA/IS-95 paralela a la red establecida de TDMA/IS-136.
- El desafío y el costo de usar esa red separada para hacer la transición hacia 3G.

En realidad, la decisión del operador TDMA/IS-136 de implementar GSM o CDMA/IS-95 sobre su arquitectura de red, no se basa exclusivamente en el factor tecnológico, aunque ambas tecnologías tengan ventajas y desventajas, sino que al final esta decisión es definida por factores políticos, económicos y de mercado.

En la actualidad, los defensores de las tecnologías GSM y CDMA han generado una gran controversia, con el objetivo de atraer el mercado potencial que representan los indecisos operadores TDMA/IS-136 que desean evolucionar hacia sistemas de 3G,

#### **4.2.1 Parámetros claves a tener en cuenta para la selección**

##### 4.2.1.1 Espectro

En varios países Europeos se han realizado licitaciones para adquirir espectro UMTS en 1900 MHz (Uplink) y en 2100 MHz (Downlink). En cambio, en América aún no se ha licenciado el espectro UMTS y se presenta un inconveniente para los operadores de 1900 MHz, debido a que los sistemas PCS (Personal Communication System – Sistema de Comunicación Personal) han sido asignados en varios países a esta banda y los operadores TDMA/IS-136 y GSM no podrían usar estas frecuencias para avanzar más allá de EDGE. Brasil es el único país que hasta el momento, ha dedicado la banda de 1800 MHz para PCS GSM, dejando libre la migración a sus operadores TDMA/IS-136 en 1900 y 2100 MHz.

Existen varias alternativas de espectro UMTS que los operadores Americanos pueden analizar para superar este problema, como lo ha hecho Estados Unidos, que observando su poca disponibilidad de espectro para la migración, ha propuesto abrir nuevas bandas UMTS en 800, 1700 y 2500 MHz. Una solución clara para este inconveniente de espectro, es que los países Americanos realicen un acuerdo en la WRC 2003, con el objetivo de unificar las bandas de frecuencia a utilizar para los servicios de 3G, de esta manera, los proveedores fabricarán equipos y terminales en las bandas que se hayan acordado, logrando los beneficios de economías de escala para estos países. Esta clase de problemas se presenta porque en América no existe una directriz para que los países unifiquen la asignación de espectro para cada tipo de servicio, caso contrario al Europeo, donde se tiene una visión diferente y se trata de unificar la asignación de espectro para facilitar el roaming global y el desarrollo tecnológico de la región.

El caso para CDMA parece ser diferente, ya que sus defensores afirman que los operadores pueden desplegar CDMA2000 1xEV-DO y eventualmente CDMA2000 1xEV-DV en su espectro actual o en espectro nuevo de 1900 y 2100 MHz. Es muy apresurado realizar esta afirmación, debido a que los estudios y procesos de estandarización para el camino de migración CDMA no han finalizado.

Algunos analistas afirman que un operador TDMA/IS-136 que evolucione por CDMA/IS-95 o GSM tiene el inconveniente de la estrechez en 800 MHz. Esto implica el aumento en los desafíos de ingeniería de RF al introducir una nueva tecnología para sustituir TDMA/IS-136 y causa que la estructura de reutilización celular de la red TDMA/IS-136 sea desensamblada mientras que la de la nueva tecnología es implementada y adaptada.

Las soluciones basadas en GSM permiten una integración eficiente del espectro en la solución voz/datos, al contrario de introducir una evolución avanzada en CDMA2000 1xEV-DO, que requiere portadoras de datos separadas para prestar el servicio. Este caso no se presenta al desplegar EDGE y UMTS, puesto que los dos tienen la capacidad de transportar voz y datos en las mismas portadoras y por lo tanto pueden manipular el tráfico de manera más eficiente. EDGE es superior tanto a CDMA2000 1X como a CDMA2000 1xEV-DO en su habilidad para soportar la transmisión de datos en tiempo no real.

#### 4.2.1.2 Interoperabilidad entre TDMA/GSM y TDMA/CDMA

La incompatibilidad de la señalización MAP utilizada por GSM con la señalización ANSI-41 utilizada por TDMA/IS-136 o CDMA/IS-95 imposibilita el incorporar GSM en los MSC de TDMA/IS-136 u otros elementos de red. Para la interoperabilidad entre TDMA/IS-136 y GSM se ha creado GAIT (GSM ANSI-41 Interoperability Team – Equipo de Interoperabilidad GSM ANSI-

41), que es un estándar de red que traduce las señales MAP en señales ANSI-41 y viceversa. En el caso de facturación sin GAIT, se necesitarían dos sistemas diferentes de facturación, uno para GSM y otro para TDMA/IS-136, lo que dificultaría la consolidación de una sola factura para el usuario, el cual no aceptaría una factura desglosada en dos.

GAIT permitirá a los subscriptores móviles de terminales TDMA/IS-136 y GSM tener acceso a toda la gama de servicios personalizados sin importar si están en una red TDMA/IS-136 o GSM y que los operadores aprovechen sus redes para proporcionar cobertura global a sus subscriptores. La infraestructura y terminales GAIT están en las etapas finales de desarrollo y se prevé su despliegue para el 2002.

TDMA/IS-136 y CDMA/IS-95 emplean señalización común de red ANSI-41. Esta señalización maneja las plataformas de servicio y subsistemas en forma común, lo que hace suponer la obtención de un sistema celular unificado entre TDMA y CDMA. Para que esto sea posible se necesitaría la implementación de MSC y terminales duales CDMA/TDMA, desafortunadamente por la imposibilidad actual de fabricarlos, la facturación y O&M serían dobles al igual que al superponer GSM sobre TDMA/IS-136 sin GAIT.

#### 4.2.1.3 Terminales

Las capacidades del terminal delimitan ampliamente la velocidad de transmisión de las nuevas tecnologías. Los terminales CDMA2000 1X están disponibles para las frecuencias de 800 y 1900 MHz, esto es una ventaja significativa sobre GSM 800, que apenas está saliendo al mercado. Los operadores que adoptan una solución parcial – convirtiendo una parte de la red a CDMA/IS-95 – necesitarán de un terminal CDMA/TDMA. La posibilidad de convertir un conmutador TDMA a uno híbrido CDMA/TDMA involucra un costo desconocido. Más aún, cualquiera de esos operadores se vería forzado a competir con terminales que serían probablemente más costosos que aquellos disponibles a través de las soluciones basadas en la familia GSM. Sin embargo, es poco probable que los teléfonos modo dual CDMA/TDMA sean producidos, inclusive QUALCOMM está estudiando el desarrollo de chips CDMA/TDMA, pero no se ha comprometido porque es un gran desafío tecnológico y económico.

Los operadores TDMA pueden necesitar terminales GSM de 800/1900 MHz o terminales modo dual GSM/TDMA y esto dependerá del plan de migración que escoja el operador. La ventaja del acercamiento del modo dual GSM/TDMA es que provee a los subscriptores cobertura continua, dando a los operadores TDMA/IS-136 tiempo para construir sus redes GSM. Se requerirán terminales multimodo/multibanda GSM/GPRS/EDGE/UMTS. Estos terminales permitirán hand off

inconsútil entre las redes que sean completamente desplegadas de GSM/GPRS/EDGE y redes UMTS de 3G. La utilización de estos terminales modo dual/banda dual permitirá a los operadores entregar servicios avanzados transparentes a través de la red y proveer UMTS en las partes de mayor tráfico, sin que los subscriptores se den cuenta o se inquieten sobre la tecnología de red de acceso de radio que están utilizando. Además, permite a los operadores desplegar la infraestructura UMTS mientras la demanda se desarrolla, reduciendo de esta manera al mínimo sus cargas de inversión.

La desventaja para GSM, se centra en el tiempo que tomará para que los proveedores desarrollen y entreguen terminales modo dual/banda dual, pero se asegura su disponibilidad, ya que los principales operadores TDMA, tanto en Norteamérica como en Latinoamérica han optado por migrar hacia GSM/GPRS, garantizando la disponibilidad de infraestructura y terminales a los operadores TDMA que todavía están indecisos. Por ejemplo, Siemens anunció la disponibilidad del terminal de tres bandas de modo doble, capaz de apoyar TDMA 800, 1900 MHz y a GSM/GPRS 800 y 1900 MHz, afirmó que la demanda para este tipo de terminales podría alcanzar los 50 millones y que la interoperabilidad entre MAP y ANSI-41 estará disponible para el año 2002. El terminal Siemens S47 ofrecerá capacidades de varias bandas y de modo dual TDMA/GSM.

El “reality gap” es el tiempo entre la fecha en que el fabricante afirma tener disponibles sus terminales y la fecha real cuando éstos aparecen en el mercado. Por experiencias anteriores, los terminales tardan de 6 a 12 meses en salir al mercado una vez se ha ofertado la infraestructura. El “reality gap” para los terminales GSM 800 deja prever que deben estar disponibles a mediados o finales del 2002 a más tardar. En cuanto a los precios de estos terminales, fuentes de la industria afirman que deben ser prácticamente los mismos que para GSM 900 y 1900 y no existen razones para asumir un sobrecosto porque técnicamente utilizan los mismos componentes.

La realidad es que los terminales modo dual GSM/TDMA o TDMA/CDMA serán útiles solamente para un mercado en particular y serán un producto interino que nunca podría desarrollar un volumen a largo plazo.

El precio de los terminales es muy importante en términos de competencia. La diferencia de precios entre los teléfonos CDMA y GSM ha disminuido considerablemente. Al comparar los precios de 43 terminales CDMA y 54 terminales GSM, se encontró que solo tres terminales GSM son más caros que los CDMA y existen 33 modelos GSM contra 4 CDMA que cuestan menos de 100 dólares.

#### 4.2.1.4 Consumo de baterías en los terminales

La potencia de transmisión requerida para todas las tecnologías CDMA, incluyendo CDMA2000 1X y UMTS se ajusta continuamente a los bits que son transmitidos. Las transmisiones de alta velocidad de bit requieren mayores niveles de potencia y por lo tanto generan mayor consumo de batería en los terminales. CDMA2000 1X y UMTS son más eficientes, debido a que asignan solamente la potencia de RF necesaria para entregar los bits que son transmitidos y el consumo de batería varía continuamente. En teoría, el consumo promedio de la batería será relativamente menor que para las tecnologías GSM, GPRS y EDGE.

Las tecnologías GSM, incluyendo GPRS y EDGE también varían su potencia de salida para corresponder al número de bits que son transmitidos. Sin embargo, son menos adaptativas en la forma como varían la potencia con respecto a la cantidad de información que deben transmitir. En concepto, pueden utilizar hasta ocho ranuras de tiempo dependiendo de la naturaleza de la transmisión, debido a esto, se refinó menos la correspondencia de la potencia de salida a la velocidad de bit y por lo tanto, el consumo de las baterías de los terminales serán generalmente más altas que para las tecnologías basadas en CDMA en la misma transmisión del mismo contenido.

#### 4.2.1.5 Despliegue mundial de las tecnologías CDMA y GSM

- Tecnología CDMA

Las redes CDMA/IS-95 actualmente sirven a más de 86 millones de suscriptores alrededor del mundo con 20 operadores. Los operadores Coreanos SKT (SK Telecom de Korea) en el año 2000, LGT (LG Telecom de Korea) y KTF (Korea Freetel Telecom) en el año 2001 desplegaron CDMA2000 1X en su espectro actual, el operador japonés KDDI se propone desplegar CDMA2000 1X en nuevo espectro y en los Estados Unidos, Verizon y Sprint PCS desplegarán CDMA2000 1X a comienzos de 2002. La mayoría de los operadores desplegarán CDMA2000 1X en el espectro actual. Los lanzamientos coreanos ilustran la flexibilidad y la disponibilidad comercial completa de CDMA2000 1X, más no de CDMA2000 1xEV. Sin embargo, SKT y KTF han adquirido licencias 3G para desplegar UMTS en el espectro de 1900 y 2100 MHz, pero hasta que finalice la entrega y prueba comercial de la infraestructura y terminales UMTS, ellos son los primeros operadores CDMA/IS-95 que despliegan 1X en su espectro actual.

- Tecnología GSM

La comunidad GSM cuenta con 401 de las redes existentes y sirve a más de 500 millones de suscriptores en 168 países, con 140 operadores. A finales del año 2000, 35 operadores en 18 países anunciaron su intención de instalar interfaces UMTS sobre las redes GPRS y para el mes de marzo de 2001, 30 operadores ya habían desplegado GPRS en sus redes. Actualmente, fuentes de la industria indican que estos 140 operadores escogerán UMTS como la solución de 3G.

En Europa, los gobiernos han asignado por decreto que los operadores sigan el camino de migración hacia 3G por medio de GSM/GPRS y no utilizar redes CDMA. En América, realizar una evolución de TDMA/IS-136 hacia GSM y posteriormente hacia 3G, provee una ventaja importante para los operadores con el aumento de los volúmenes de servicios de datos globales al incluir el número de suscriptores de GSM/GPRS y EDGE, logrando los beneficios de las economías de escala.

A raíz de la decisión del operador Estadounidense AT&T Wireless de desplegar GSM para migrar su red hacia 3G, se creó un movimiento de operadores Latinoamericanos hacia esta tecnología y los proveedores de equipos se dieron cuenta de que no era viable económicamente seguir realizando el desarrollo por el camino UWC-136. AT&T junto con Cingular podrían proveer a sus suscriptores cobertura a escala nacional realizando roaming con la red GSM de VoiceStream.

Actualmente, los operadores TDMA/IS-136 han comenzado a planear la introducción de nuevas tecnologías inalámbricas en paralelo con sus redes para evolucionar hacia 3G. Varios operadores de red de América incluyendo AT&T Wireless (US), Rogers AT&T (Canadá), Telcel (México) y Telecom Personal (Argentina) han decidido desplegar servicios GSM/GPRS. Se observa que la mayoría de los operadores TDMA/IS-136 están escogiendo el camino GSM hacia 3G. La cobertura de GSM se está ampliando bastante en países como Estados Unidos, Costa Rica, Venezuela, Colombia, Paraguay, México, Perú y Chile, entre otros.

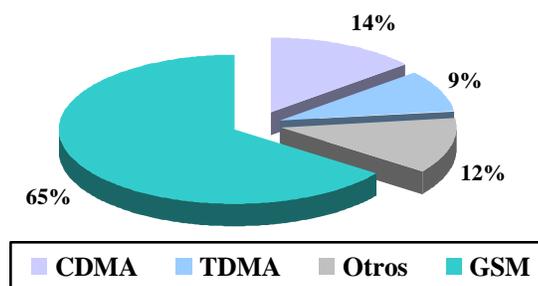
- Análisis de los despliegues tecnológicos

Hasta el 2001, existían 140 operadores a lo largo del mundo que representan más de 500 millones de suscriptores con planes de migración hacia UMTS, para CDMA2000 solo 20 operadores, que representan más de 86 millones. Después de mencionar que son ya 30 operadores que están lanzando GPRS a nivel mundial, comparados con los 11 que han

desplegado CDMA2000 1X, algunos operadores CDMA, incluyendo el operador estadounidense Verizon Wireless, tienen dudas sobre esta opción al analizar el grave problema de interoperabilidad con UMTS – la tecnología escogida para el despliegue global 3G – a pesar de haberse comprometido a desplegar servicios de próxima generación en plataformas CDMA2000 1X y 1xEV en sus planes a corto plazo. El grave problema es que se requeriría una solución de interoperabilidad involucrando la instalación de equipo especializado con mayores costos y complejidad y hasta el momento no existe la más mínima posibilidad de integrar CDMA2000 1xEV y UMTS.

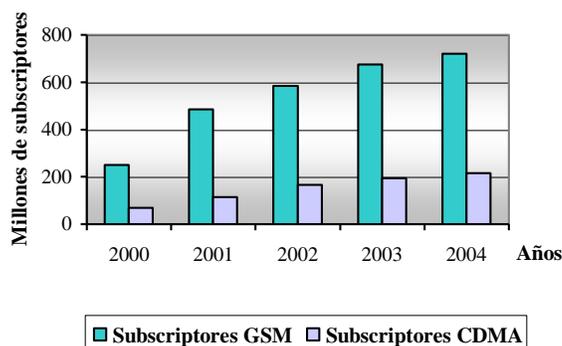
En América, los operadores TDMA/IS-136 capaces de migrar por GSM están suministrando servicios a más de 35 millones de suscriptores, tienen la mayor presencia regional y es la única tecnología presente a nivel nacional en Bolivia, Brasil, Costa Rica, Colombia, Ecuador, Nicaragua, México y Panamá. GSM ha empezado a tener una presencia más fuerte, creciendo de una operación presente en apenas seis países en 1998 a una operación presente en 17 países en el 2001. Los suscriptores base de CDMA/IS-95 también han crecido en la región, a 15.9 millones, pero el mayor número de éstos se encuentra concentrados en Buenos Aires, Caracas, Río de Janeiro y Sao Paulo.

Se estima que para el 2005 del 60 al 70% de los suscriptores móviles en el mundo serán abastecidos por una red GSM/GPRS/EDGE/GERAN/UMTS, convirtiéndose este camino en un estándar global de 3G. Además, la ruta basada en GSM se beneficia del dominio del mercado ya establecido por esta tecnología, siendo la solución dominante a nivel mundial, con un 65% de los suscriptores alrededor del mundo (ver Figura 4.2).



**Figura 4.2. Estadísticas globales por estándar de 2G**

En la Figura 4.3 se muestra la tendencia de crecimiento de suscriptores de las tecnologías GSM y CDMA/IS-95 hasta el año 2004. Claramente se observa que GSM mantendrá su ventaja por muchos años más.



**Figura 4.3. Crecimiento de los subscriptores 2G**

El Foro UMTS estima que el 85% de todos los subscriptores de 3G emplearán la tecnología UMTS, dejando así las soluciones que no se encuentran basadas en GSM con una parte del mercado significativamente menor y poniendo en peligro el roaming global y los objetivos de IMT 2000 de unificar los estándares globales de 3G. El despliegue de terminales multimodo EDGE/UMTS comienza con una base de clientes sin precedente y será mayor que el de cualquier otra tecnología de 3G. Las tecnologías competidoras 3G fallan en su comparación al considerar el número de subscriptores, proveedores, operadores y desarrolladores de aplicaciones de este camino de evolución.

#### 4.2.1.6 Infraestructura

En la actualidad la infraestructura CDMA2000 1X está disponible para las frecuencias de 800 y 1900 MHz, al igual que GSM/GPRS en 800, 900, 1800 y 1900 MHz. La solución CDMA2000 1X se ve beneficiada con relativa facilidad de la actualización de los operadores de CDMA/IS-95.

Los defensores de la tecnología CDMA afirman que existe la posibilidad de utilizar estaciones base CDMA/IS-95 con MSC legados TDMA/IS-136, pero el grado de factibilidad en la reutilización de la infraestructura TDMA/IS-136 depende del proveedor y de su facultad para realizar la interoperabilidad entre TDMA y CDMA. Esto es en realidad una prueba muy grande para la tecnología y para los proveedores, que están especulando que pueden integrar un MSC con TDMA/CDMA, pero esta integración involucra un costo desconocido y los operadores se verían forzados a competir con equipos probablemente más costosos que los disponibles en la familia GSM. Es claro que los operadores TDMA/IS-136 son los primeros que deben comprobar que algún proveedor ofrezca un MSC dual CDMA/TDMA, infraestructura y terminales para poder implementar el servicio.

A diferencia de AMPS, TDMA/IS-136 y CDMA/IS-95, el estándar GSM ha especificado siempre la interfaz entre los MSC y las BTS. Esto significa que las BTS y los MSC GSM producidos por cualquier proveedor pueden interoperar con los producidos por otro. La infraestructura GSM existente no requiere nuevos desarrollos técnicos para operar en los 800 MHz. AirNet Communications, Alcatel, Ericsson, Lucent, Motorola y Nokia han anunciado la disponibilidad del equipo GSM 800 incluyendo MSC, BTS, BSC, sistemas de manejo de red, soluciones de software y las MS para principios de 2002, con la ventaja de que el equipo puede ser actualizado a EDGE.

Los costos de construcción de una red son conducidos principalmente por el costo de construir sitios para celdas nuevas. Generalmente, los sitios pueden representar del 70% al 80% de los costos del BSS. GSM/GPRS/EDGE es rentable porque EDGE se puede instalar en sitios existentes para brindar capacidades de 3G. Los costos pueden ser mantenidos en un punto bajo porque la mejora de GSM/GPRS a EDGE se puede alcanzar generalmente con los procedimientos estandarizados de operadores para el despliegue de la expansión de transeptores y de la implementación de un nuevo software para el sistema de BSS.

Medido sobre una base de hardware a hardware, el precio nominal de la infraestructura GSM es menor que el de la infraestructura CDMA. Sin tener en cuenta las ventajas relativas del funcionamiento de las dos tecnologías, esto proporciona una buena alternativa de bajos costos de GSM como camino de migración para TDMA/IS-136 hacia 3G.

#### 4.2.1.7 Roaming global

El roaming es un factor primordial y una de las fuentes de negocios más importantes para los operadores CDMA/IS-95 o GSM debido a la gran movilidad de usuarios en el mundo. Dentro de la comunidad GSM, éste es un proceso relativamente sencillo, mientras que en el mundo CDMA se encuentra menos maduro y tiene menos cobertura.

La Asociación GSM estima que los operadores GSM a nivel mundial reciben aproximadamente el 25% de sus ganancias por roaming internacional y los expertos de la industria ven al roaming 3G como una extensión natural del éxito fenomenal del roaming GSM, que se pone de manifiesto con más de 900 millones de llamadas roaming efectuadas en las redes GSM cada mes.

Con el camino de evolución GSM/GPRS/EDGE/GERAN/UMTS surge una red transparente a nivel mundial, que maximiza el uso de las inversiones en GSM y GPRS para la red de 3G, debido al trabajo técnico que se está efectuando a través de GERAN del 3GPP, que está designado para proveer compatibilidad entre terminales EDGE y UMTS. Al aumentar los niveles de adopción de

CDMA2000 se incrementa la dificultad para lograr el roaming global transparente en 3G y surgen mayores costos de infraestructura y terminales. Mientras que los defensores de CDMA argumentan que el caso del negocio 3G estará basado más en una capacidad técnica que en las ganancias del roaming, la alta movilidad internacional de los usuarios más frecuentes hace que el roaming internacional transparente parezca una característica atractiva para obtener altas ganancias. CDMA2000 no forma parte del 3GPP y no hay ninguna indicación de que los operadores UMTS sientan la necesidad de operabilidad entre UMTS y CDMA2000, por lo que esta comunidad puede quedar aislada de las comunicaciones globales. Por lo tanto, una inversión en el sistema CDMA2000 1X podría representar un riesgo elevado y el despliegue de una red con un tiempo de depreciación mucho más corto que el de EDGE y UMTS.

#### 4.2.1.8 Economías de escala

La migración a través de GSM permitirá a los operadores TDMA/IS-136 beneficiarse de los avances de R&D (Research and Development – Investigación y Desarrollo) y de las economías de escala disfrutados por el mundo GSM. Estas ventajas de las economías de escala influyen en eficiencias significativas de precios, amplias ofertas y desarrollos más rápidos de productos que las tecnologías alternativas, terminales muy competitivos y roaming global para servicios de voz y datos basados en IP. Estas economías de escala se volverán más importantes y la diferencia mucho mayor en el futuro a medida que los operadores continúen migrando sus redes hacia EDGE y UMTS sobre las redes 3G basadas sobre el núcleo de red GPRS.

EDGE y UMTS proporcionarán soporte a las economías de escala para dispositivos inalámbricos y aplicaciones a los consumidores, debido a que los grandes desarrolladores de aplicaciones y los proveedores buscan el mayor mercado que sea posible. Las economías de escala para infraestructura y dispositivos comienzan hoy con más de 580 millones de suscriptores de TDMA/IS-136 y GSM por todo el mundo. Este dominio de suscriptores continuará en el futuro pues ninguna otra tecnología puede acercarse a igualar las consolidaciones hechas a la red núcleo de GPRS y a la evolución EDGE/UMTS.

#### 4.2.1.9 Estandarización

Los sistemas CDMA/IS-95 y CDMA2000 1X han sido estandarizados y aprobados por la ITU, CDMA2000 1xEV-DO ha finalizado su estudio y está a puertas de la aprobación, la cual se espera para el 2002 y CDMA2000 1xEV-DV está en su fase de estudio y no se ha aprobado aún.

Los sistemas GSM, GPRS, EDGE han sido estandarizados y aprobados completamente por la ITU. UMTS y GERAN han sido aprobados y sus últimas versiones culminarán a mediados del 2002.

Se observa claramente que el camino GSM/GPRS/EDGE/GERAN/UMTS es maduro y está totalmente aprobado desde 1999, permitiendo a los operadores TDMA/IS-136 disfrutar de los desarrollos y experiencia de adaptabilidad del nuevo sistema sobre las redes existentes.

#### **4.2.2 Selección del camino de migración para Colombia**

Independientemente de la capacidad de las tecnologías CDMA/IS-95 y GSM, los operadores TDMA/IS-136 deben reconocer la compensación económico-comercial de los costos de la red contra las velocidades de bit. Cuanto más altas son las velocidades de bit, mayor es el costo de la red. Eventualmente, cada operador debe optimizar la velocidad de bit que ofrece a los usuarios finales en términos del costo contra las ganancias que genera. Es claro que al incorporar CDMA/IS-95 o GSM en la infraestructura TDMA/IS-136 se presentarán problemas. Nadie todavía lo ha hecho. Sin la experiencia de la ingeniería, los desafíos inesperados seguramente surgirán.

Los operadores TDMA/IS-136 en 800 MHz que contemplan un superposicionamiento de CDMA/IS-95 deben hacer una evaluación realista de los costos de esta opción. Aunque CDMA/IS-95 y TDMA/IS-136 comparten la tecnología de red inalámbrica ANSI-41, esta condición no ofrece mayores ahorros para un operador que busca la transición de TDMA/IS-136 a CDMA/IS-95, debido a que el mayor costo de desplegar un sistema inalámbrico proviene de la compra de estaciones de base y terminales.

Las redes TDMA/IS-136 continuarán siendo fuente vital de ganancias para los operadores y financiarán el desarrollo de servicios de alta velocidad de bit. Las condiciones económicas y de mercado en Latinoamérica crean una ventaja favorable para el despliegue del camino de evolución GSM sobre la tecnología TDMA/IS-136.

GSM es la tecnología más desarrollada en el mundo hasta hoy, ha sido capaz de crecer y adaptarse a los cambios de la demanda de usuarios en un amplio rango de mercados alrededor del mundo. Esto se debe a la cooperación entre operadores, proveedores y cuerpos de estandarización a nivel mundial que han trabajado en conjunto para desarrollar y fortalecer este mercado. Como resultado, desde su lanzamiento comercial ha liderado el desarrollo de economías de escala a su alrededor, estimulando la competencia, reducción de costos y avances tecnológicos basados en un estándar abierto, lo que ha permitido a la industria tener mayor variedad de terminales y aplicaciones. Cualquier servicio novedoso se implementa primero en el sistema GSM.

TDMA y GSM a través del mundo, han hecho considerables inversiones en tecnología y han gastado horas de investigación para lograr su convergencia. El ganador con todo esto es el camino de evolución GSM/GPRS/EDGE/GERAN/UMTS que es apoyado alrededor del mundo con un amplio mercado potencial de suscriptores, por lo cual ofrecerá economías de escala globales en chips, infraestructura, terminales y aplicaciones para operadores que elijan esta evolución permitiendo roaming global inconsútil a los suscriptores.

Debido a que GPRS es un elemento necesario para implementar UMTS, la adopción de UMTS ha promovido también el despliegue de GPRS y el empleo de la interfaz aérea EDGE en sitios donde se esperan densidades de tráfico menor o donde el espectro nuevo no se encuentra disponible. Los cálculos de los proveedores estiman que desplegar EDGE por encima de una red GSM involucra un gasto de capital aproximadamente de un tercio del de UMTS, permitiendo al operador que cumpla con los requerimientos de 3G.

Hay una gran oportunidad para los operadores que no se endeudaron con las subastas de licencias 3G. Las pruebas muestran que no hay una diferencia grande entre el funcionamiento de 3G y EDGE en la práctica y puesto que EDGE es una tecnología que mejora a GSM (sin necesidad de una nueva licencia para EDGE), no cuesta nada moverse desde GSM hacia EDGE, con excepción del costo de actualizar la red GSM. Las tecnologías GPRS/EDGE son ganadoras claras al proporcionar datos inalámbricos de alta velocidad al consumidor en el 2002 en vez de esperar que nuevo espectro sea abierto en la WRC 2003.

Se está comenzando a ver un interés creciente, especialmente en Europa, por EDGE, hay aún muchos operadores sin licencias de 3G y tal vez, la única manera para que participen en este mercado es proporcionar EDGE. De tal manera que esta tecnología da a los operadores sin licencias de 3G una oportunidad de competir, mientras que para los operadores con licencias, el futuro probable van a ser las redes híbridas UMTS/EDGE, las cuales permiten que los operadores eviten tener que proporcionar redes costosas de 3G en áreas de baja densidad de tráfico.

Teniendo en cuenta los parámetros claves analizados en este capítulo, se sugiere el camino TDMA/IS-136 → GSM → GPRS → EDGE → GERAN → UMTS para la migración de la red móvil celular de Colombia hacia 3G.

#### **4.3 ESTRATEGIAS DE TRANSICION PARA UN OPERADOR TDMA/IS-136 HACIA GSM**

La industria ha planteado un modelo simple para ilustrar las fases que los operadores TDMA/IS-136

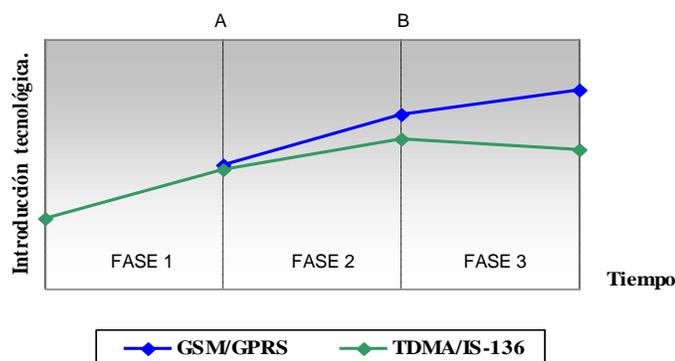
deben atravesar durante su transición hacia GSM. Una combinación de factores tecnológicos y de negocio conducirán a cada operador a escoger la estrategia de transición que mejor se adapte a su enfoque y necesidad para la migración hacia 3G. Estos factores son: cuándo se debe introducir GSM/GPRS, cómo migrar los suscriptores TDMA/IS-136 hacia la nueva red GSM, cuál es la posición de los servicios basados en GSM con respecto a los de TDMA/IS-136 y por cuánto tiempo se deberían seguir ofreciendo los servicios basados en TDMA/IS-136.

Con la estrategia escogida, los operadores TDMA/IS-136 buscan cumplir los siguientes objetivos:

- Minimizar los gastos CAPEX (Capital Expenses – Gastos de Capital) y OPEX (Operational Expenses – Gastos Operacionales).
- Permitir una coexistencia comercial entre las redes TDMA/IS-136 y GSM.
- Retener los suscriptores actuales TDMA/IS-136.
- Proveer roaming entre las redes TDMA/IS-136 y GSM.
- Posibilitar frecuencias disponibles para GSM/GPRS en la banda actual TDMA/IS-136.

El primer paso para un operador TDMA/IS-136 que ha escogido el camino GSM/GPRS/EDGE/GERAN/UMTS hacia 3G, es la introducción de GSM/GPRS. El operador sobrepondrá su red TDMA/IS-136 existente con una red GSM/GPRS en las bandas de 800 y 1900 MHz.

Los operadores TDMA/IS-136 experimentarán tres fases distintas de migración como progresos de tiempo y condiciones cambiantes del mercado. La fase 1 incluye los negocios actuales TDMA/IS-136, la fase 2 se basa en el lanzamiento de GSM/GPRS y ofrecimiento de servicios inalámbricos basados en ambas tecnologías y la fase 3 se enfoca exclusivamente en un despliegue completo del servicio GSM/GPRS. La Figura 4.4 ilustra las tres fases de migración.



A) Comienzo del despliegue comercial de GSM/GPRS. B) Despliegue completo de GSM/GPRS

**Figura 4.4. Fases de migración de un operador TDMA/IS-136 hacia GSM**

Las estrategias que puede escoger un operador TDMA/IS-136 para migrar hacia GSM son: despliegue agresivo, existencia paralela e introducción futura.

#### **4.3.1 Despliegue agresivo**

Esta estrategia consiste en un despliegue agresivo de la red GSM/GPRS mientras se capta la mayor cantidad de inversiones en TDMA/IS-136, lo que implica que dentro de 1 a 3 años de haber lanzado los servicios GSM/GPRS, el operador habrá migrado la mayoría de la base de suscriptores TDMA/IS-136 actuales hacia la nueva red. Esta migración habrá empezado inmediatamente con la introducción comercial de GSM/GPRS. El marketing agresivo de los servicios basados en TDMA/IS-136 se habrá detenido.

Los operadores adoptarán esta estrategia saliendo de la fase 1 y gastando poco tiempo en la fase 2, antes de entrar rápidamente y permanecer en la fase 3.

Factores como un ambiente altamente competitivo, situación financiera fuerte y una red TDMA/IS-136 y base de suscriptores relativamente pequeña o de tamaño mediano conducirá a algunos operadores a adoptar esta estrategia.

El atractivo de esta estrategia es que posiciona al operador muy rápidamente en los servicios de 2.5G y el periodo de tiempo donde las dos redes necesitan ser administradas es mínimo. Por otra parte, los riesgos incluyen tener que forzar a los suscriptores a cambiarse a los nuevos servicios y terminales GSM, lo cual podría llevar a la inconformidad del consumidor.

#### **4.3.2 Existencia paralela**

Esta estrategia consiste en que el operador entre en la fase 2 desplegando una nueva red GSM/GPRS sobrepuesta, mientras continua creciendo con su red actual TDMA/IS-136 en cuanto a cobertura y capacidad. Ambas redes crecerán y serán promocionadas dentro de los siguientes 4 años o más.

Factores como la posibilidad de reutilización de la banda de 800 MHz, base de suscriptores TDMA/IS-136 muy grande, disponibilidad de terminales modo dual, madurez gradualmente creciente del mercado de datos inalámbricos y una situación financiera estable llevarán a unos operadores a tomar esta estrategia para migrar de TDMA/IS-136 hacia GSM.

El atractivo de esta estrategia es que permite a los operadores gradualmente introducir los nuevos tipos de servicios de datos GSM/GPRS y al mismo tiempo mantener el marketing para la base de suscriptores TDMA/IS-136. Si se ejecuta bien, la red TDMA/IS-136 actuará como una fuente de ingresos proveyendo fondos para inversión en el camino de GSM hacia 3G. La desventaja de esta estrategia son los costos de O&M de dos redes en paralelo.

#### **4.3.3 Introducción futura**

Esta estrategia se basa en el operador que se mantiene en la fase 1 continuando con la red existente TDMA/IS-136. La red GSM/GPRS podría eventualmente ser desplegada, pero solo después de 2 años o más.

Los factores como una fuerte posición en el mercado con una competencia limitada, un mercado relativamente inmaduro, una situación económicamente débil y frecuencias altamente utilizadas influenciarán a algunos operadores a tomar esta estrategia.

Esta estrategia implica que el operador espere pero cuidadosamente observe y aprenda como los operadores en otros mercados tienen éxito en el despliegue de nuevos tipos de servicios GSM/GPRS. El beneficio de esta estrategia es que cuando el mercado madure, el operador estará listo y será capaz de tomar ventajas de las lecciones aprendidas. El riesgo es que los operadores rivales implementen antes los nuevos servicios y se posicionen como líderes del mercado.

Los operadores que implementen esta estrategia de transición requerirán en largo o mediano plazo nuevas y mejores características TDMA/IS-136 para tener éxito en sus mercados.

### **4.4 PARAMETROS DE COEXISTENCIA Y MIGRACION DE LOS SISTEMAS TDMA/IS-136 HACIA GSM**

Para asegurar una migración suave de TDMA/IS-136 a GSM/GPRS, los operadores requerirán soluciones para manejar elementos comerciales y técnicos.

#### **4.4.1 Retorno de la inversión**

El costo eficiente probablemente se convierte en la principal prioridad de los operadores TDMA que migren hacia GSM. Estos operadores han construido un negocio exitoso TDMA y ahora están escogiendo un enfoque donde la red TDMA/IS-136 se considera una fuente importante de ingresos. El objetivo es maximizar los beneficios que brinda la red TDMA para proveer un fondo futuro que

permita el despliegue de GSM. Otra razón para mejorar el costo eficiente de la red TDMA, es que algunos operadores escogerán la posición de ofrecer TDMA como un servicio de bajo costo.

Muchos de los equipos TDMA/IS-136 y GSM, cuando son suministrados por el mismo proveedor, se basan en plataformas y tecnologías similares. Esto permite que el operador TDMA/IS-136 construya una red GSM/GPRS sobrepuesta a un costo efectivo y opere ambas redes de una manera eficiente.

Los operadores que migren a GSM/GPRS serán capaces de alcanzar importantes ahorros en los gastos CAPEX y OPEX al reutilizar parte de las inversiones previas de TDMA/IS-136. Por ejemplo, soluciones de implementación en la misma área de la infraestructura de radio permiten mayores ahorros en los costos del sitio. Las soluciones BTS GSM son prediseñadas y preevaluadas para que encajen en los sitios existentes TDMA/IS-136, permitiendo al operador combinar las coberturas y reutilizar parte de los equipos TDMA/IS-136 (antena, alimentación, líneas de transmisión).

Los operadores pueden minimizar el costo de hacer negocios a través de la optimización del espectro de radio, mejoramiento del O&M y la modernización de la red. De la misma forma, facilidades de uso incrementadas y simplicidad de operación de la red proveen ahorros importantes, por ejemplo, al incrementar la automatización de las tareas claves O&M y mejorar las facilidades de uso de las aplicaciones claves. Los costos también pueden ser reducidos a través de servicios tales como actualización remota a través del sistema de soporte operacional y servicios de outsourcing del controlador de operación de red y manejo de configuración.

#### **4.4.2 Coexistencia comercial**

Los operadores TDMA/IS-136 que desplieguen una red GSM/GPRS tendrán la oportunidad de segmentar el mercado y ofrecer servicios diferenciados basados en los dos estándares, maximizando sus ganancias y su posicionamiento en el mercado.

La investigación y análisis del mercado es un prerequisite esencial para desarrollar una estrategia de marketing exitosa hacia los subscriptores. La experiencia de transiciones de tecnología muestra que las redes pueden funcionar en paralelo por un largo tiempo. Además es crucial entender las reacciones de los usuarios y del mercado cuando se ofrecen servicios basados en dos tecnologías diferentes.

#### **4.4.3 Retención de los subscriptores TDMA/IS-136**

Los operadores deben promover activamente los nuevos servicios GSM/GPRS para atraer sus subscriptores TDMA/IS-136 a la nueva red. Al pasar los subscriptores de una red TDMA/IS-136 a una GSM/GPRS existe el riesgo de que opten por los servicios inalámbricos de la competencia.

Los operadores pueden utilizar incentivos financieros para atraer a los subscriptores TDMA/IS-136. Por ejemplo, para los primeros usuarios GSM, puede ser atractivo tener la oportunidad de convertirse en evaluadores del nuevo sistema. A los usuarios de negocios se les pueden ofrecer paquetes para reemplazar el terminal por uno GSM.

Una solución de migración de número efectiva es importante. Esta solución permite a los operadores ofrecer el paquete GSM con el mismo número móvil que utilizaban en la red TDMA/IS-136. La portabilidad del número entre las redes del operador hace que los consumidores se enfoquen en los beneficios claves de los nuevos servicios y en el amplio rango de terminales GSM.

#### **4.4.4 Oportunidades de ingresos TDMA/IS-136**

Los operadores pueden maximizar ARPU y MOU (Minutes Of Use – Minutos de Uso) al ofrecer servicios inalámbricos tales como datos y características de posicionamiento que puedan diferenciarlos de sus competidores. Es importante establecer una base leal de consumidores de datos y posicionamiento sobre la cual se puedan construir los nuevos servicios GSM/GPRS.

### **4.5 EDGE EN COLOMBIA**

El objetivo del sector de las telecomunicaciones en Colombia es impulsar el desarrollo económico y social de los habitantes del país para elevar su nivel de vida. La estrategia de solución planteada se orienta hacia una mayor amortización de costos de implementación en la evolución de la red móvil celular, disminuyendo riesgos económicos a inversionistas y costos de servicios y terminales a los usuarios.

El desarrollo de las tecnologías en telecomunicaciones es vertiginoso y es evidente que Colombia debido a su situación tecnológica y económica no puede adoptar esos cambios inmediatamente. Para que la inversión tecnológica de los operadores Colombianos sea fructífera, deben analizar que es un país con condiciones únicas y los planes de implementación de tecnología deben estar de acuerdo con ellas. Por ejemplo, existen varios servicios como el e-commerce, que hasta el

momento no han generado las utilidades esperadas en redes fijas nacionales, por lo tanto, es de esperar que no las generen en redes móviles.

El camino GSM/GPRS/EDGE es rentable para Colombia y las capacidades que brinda EDGE son suficientes para prestar servicios de 3G, suplir la demanda y satisfacer a los usuarios del país. Debido al contexto económico y social de Colombia y Latinoamérica, es claro que la premisa para estos operadores debe ser evolucionar sus redes pero no igualar la evolución realizada en los países industrializados, que sí tienen la necesidad inmediata de desplegar servicios de 3G, sino evolucionar lo suficiente para proporcionar interoperabilidad con ellos, requisito que cumple EDGE.

Para la introducción del camino de evolución GSM/GPRS/EDGE en Colombia, se considera que primero se debe implementar la estrategia de introducción futura y cuando las condiciones de mercado y competencia lo indiquen, implementar la estrategia de migración despliegue agresivo.

La estrategia de introducción futura se va a utilizar debido a que en este momento la necesidad de migrar hacia redes de 3G en Colombia no es una prioridad para los consumidores, pero llegará el momento en que los operadores vean necesario evolucionar las redes actuales para mantener una posición tecnológica y económica fuerte frente a sus operadores rivales, ya que si no se actualizan pierden su posicionamiento en el mercado. Lo importante de esta estrategia es aprender de las experiencias de los operadores pioneros de países desarrollados que en este momento están superponiendo GSM sobre TDMA, para cuando llegue el momento de poner a punto el sistema en Colombia sea más sencillo y se puedan minimizar los riesgos económicos de implementación.

La estrategia del despliegue agresivo permite evitar el sobre costo de mantener dos redes en paralelo por un largo período, debido a que la idea es superponer la red GSM sobre TDMA/IS-136 e ir desmontando rápidamente TDMA/IS-136. La forma de enganchar los subscriptores legados al nuevo sistema es mostrándoles las bondades y servicios que brinda la tecnología GSM sobre el servicio que actualmente se les presta y realizar planes estratégicos para captar la mayor cantidad de subscriptores. Esta estrategia evita el uso de terminales duales TDMA/GSM e implica que no se va a generar más marketing para los servicios basados en TDMA/IS-136, con el objetivo de que los nuevos y antiguos subscriptores utilicen el sistema GSM.

Al principio, la cobertura de GSM se basará en islas sobrepuestas en la red nacional TDMA/IS-136. Los usuarios deben ser conscientes de las limitaciones del sistema en un comienzo, tal como sucedió cuando se implementó la telefonía móvil celular en el país. La tecnología GSM entrará directamente con la tecnología de 2.5G GPRS, en la misma banda de frecuencia de 800 MHz,

utilizando los nuevos equipos GSM 800, los cuales son escalables a EDGE/GERAN y EDGE entrará en los 800 MHz gracias a que maneja el espectro de forma eficiente.

Al superponer las tecnologías GSM, GPRS y EDGE sobre el sistema TDMA/IS-136, los operadores inicialmente se deben centrar en dar una cobertura estable sobre una gran área, la capacidad es una preocupación menor. El despliegue inicial soporta servicios de usuario final esenciales, incluyendo RAB para transmisión de datos por conmutación de circuitos y paquetes. Con el tiempo, los requisitos de capacidad aumentan a medida que entran más suscriptores al sistema y se necesita mayor soporte para servicios multimedia y paquetes de datos a alta velocidad.

No hay necesidad de adquirir licencias 3G para UMTS a largo plazo, debido a que primero se debe crear la necesidad y demanda para después brindar las cuatro clases de QoS de 3G, ya que el tráfico al principio no va a ser tan alto. Es importante recalcar que actualmente están tomando vigencia los operadores virtuales que pueden prestar un servicio de outsourcing para una red de 3G y mediante GERAN conectar la red EDGE de Colombia al operador virtual UMTS.

La capacidad adquisitiva de los Colombianos no da para sostener una red UMTS, el objetivo no es meterse en deudas exuberantes ni cargar los gastos de la nueva red al suscriptor, sino evolucionar la red para dar un buen servicio a un costo moderado y mantener la interoperabilidad con redes de otros países, que en últimas es lo que genera los beneficios económicos para el operador y el país. Debido a que el crecimiento tecnológico del país genera un movimiento de capitales, la economía del país se verá beneficiada.

Algunas personas del sector piensan que se deben sacrificar la capacidad y velocidad del sistema para satisfacer los intereses económicos del operador. En esta propuesta, no se tiene en cuenta este enfoque, porque se considera que los usuarios potenciales no van a tener incentivos para utilizar los nuevos servicios y la nueva red no va a tener la penetración suficiente en el país. Lo importante es brindar buena calidad del servicio y capacidad de red que atraiga al suscriptor.

Así como en Europa están surgiendo alianzas estratégicas entre grandes rivales para sostenerse frente a los enormes gastos de 3G y tener una mayor participación en el mercado, se considera que los actuales operadores Colombianos podrían realizar convenios de esta clase para fortalecerse y competir contra los nuevos operadores de PCS, que posiblemente entren con GSM y en mejores condiciones tecnológicas. Es claro que en Colombia no se ha creado la demanda para que los operadores actuales cambien a una tecnología de 2.5G, pero frente a la competencia que se aproxima deben pensarlo detenidamente.

Existen factores independientes del campo tecnológico que influyen y determinan la adopción de tecnología a implementar en el país. Un aspecto influyente es la decisión que tome Estados Unidos para la migración hacia 3G, pero sus operadores más importantes como VoiceStream, Verizon Wireless, Sprint PCS, Cingular y AT&T Wireless tienen opiniones encontradas acerca del mejor camino para la evolución. Un factor de peso es la próxima competencia de los sistemas PCS, la cual va a agilizar la evolución de la red móvil celular colombiana hacia 2.5G y posiblemente hacia 3G, debido a que los operadores actuales no pueden negar el hecho de que van a perder porciones importantes del mercado sino evolucionan sus redes. Con respecto a los operadores Colombianos, la casa matriz BellSouth ha afirmado que va a optar por CDMA, pero teniendo en cuenta que las condiciones de cada país son diferentes, BellSouth no ha tomado una decisión formal para sus filiales. Por su parte, Telecom Americas, dueño de Comcel, ha anunciado que podría tomar el camino por GSM debido a sus ventajas económicas, con el objetivo de no quedarse apartado de la comunidad UMTS que va a liderar el mercado 3G. En último término, la tecnología que ingrese al país va a estar influenciada por una decisión política, económica y de mercado.

## **CAPITULO 5. PANORAMA DE ADOPCION DE LAS NORMAS DE ACCESO POR RADIO 2G Y 3G A NIVEL MUNDIAL**

Los precios en el sector de las telecomunicaciones tienden a la baja y cada vez existe menor diferenciación de productos y servicios. Por lo tanto operadores, entes reguladores y proveedores deben diferenciar sus productos, generando un nuevo crecimiento de la industria, donde el contenido será el componente que marcará la diferencia, tanto en servicios de acceso a Internet como en servicios móviles. La creatividad para dar servicios con mayor valor agregado, la penetración en nuevos segmentos de mercado, los incentivos de consumo de los abonados existentes y el desarrollo de aplicaciones son factores que permitirán a los operadores móviles y proveedores mantener el liderazgo comercial.

Actualmente, se han presentado algunos movimientos en los entes directamente relacionados con los sistemas de 3G. Los gobiernos han definido el número de licencias UMTS a adjudicar de acuerdo con el marco jurídico correspondiente, los organismos de normalización ponen a punto las últimas versiones de las normas, los organismos de reglamentación establecen los procedimientos de atribución de licencias, los operadores crean importantes consorcios por medio de adquisiciones o de alianzas para competir por las licencias, los suministradores de contenido establecen y mejoran sus servicios móviles y aplicaciones, los inversionistas analizan cuidadosamente la cadena de valor UMTS y los planes asociados de negocio y los proveedores optimizan sus soluciones (momento de mercado, características técnicas, salida comercial).

Internet y las comunicaciones inalámbricas son consideradas dos de las más poderosas innovaciones tecnológicas de nuestro tiempo. El agrupamiento de las dos, con altas velocidades de bit a bajo costo y una amplia variedad de dispositivos y aplicaciones, provocará un impacto positivo en la forma de vida, trabajo, aprendizaje y diversión en el mundo. A pesar de esto, algunos críticos dicen que no está demostrada la necesidad de los servicios de 3G.

El uso creciente de datos no desplazará al tráfico de voz sino que lo ampliará. El comercio inalámbrico no va a ser una fuente primaria de ingresos, en cambio los servicios de voz continuarán proveyendo ganancias a los operadores en los próximos años. El problema de que el comercio inalámbrico no se haya masificado puede residir en el sistema de pago, puesto que para que los teléfonos celulares sustituyan a las tarjetas de crédito, no basta un sistema de pago sólido y

unificado, sino mucha confianza por parte del consumidor. Para que dicho sistema de pago esté activo y en plena función, los bancos y comerciantes tienen que configurar un centro de control y chequeo por terceras partes, a fin de facilitar el proceso de establecimiento de pagos que generaría el comercio vía celular. Antes de que este comercio pueda ganar amplia aceptación, cientos de miles de creadores de contenido y programas tendrán que construir un centro virtual comercial de telefonía celular comenzando a partir de cero.

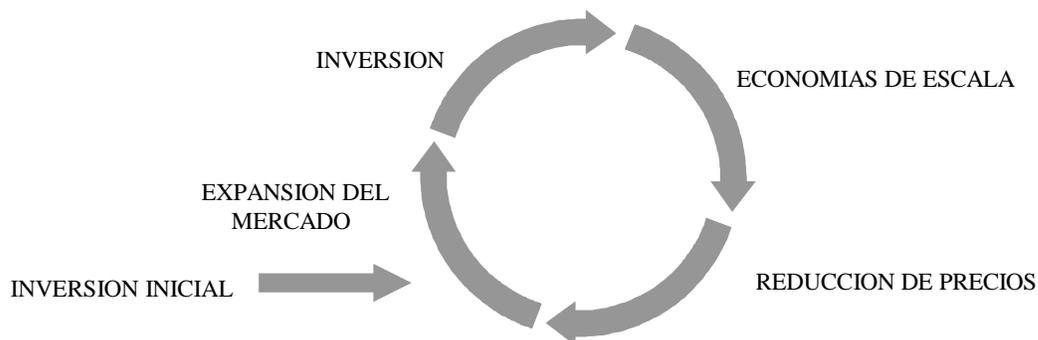
Se estima que hasta mediados del 2006 ningún operador, sin importar su tecnología (GSM, CDMA/IS-95, TDMA/IS-136 o PDC) terminará la evolución hacia 3G, aunque algunos desplieguen completamente la infraestructura. A pesar de los subsidios masivos de teléfonos y estrategias de mercado, todos tendrán subscriptores que utilicen la red 2G.

## 5.1 MODELO DE NEGOCIO DE LOS OPERADORES CELULARES

### 5.1.1 Operadores 2G

Dos modelos de negocio importantes a nivel mundial en el campo de las telecomunicaciones inalámbricas son el Europeo y Norteamericano.

El éxito de la telefonía móvil en Europa es el resultado de una estrategia industrial coordinada y un adecuado modelo de negocio para crear un “círculo virtuoso”. En la Figura 5.1 se observa este círculo, donde a partir de la inversión inicial se genera un proceso incremental controlado de mercado y tecnología, brindando a los usuarios diversas clases de servicios a bajos costos y manteniendo las fuerzas del mercado en continuo balance.



**Figura 5.1. Círculo virtuoso del modelo de negocio en Europa**

El éxito de este modelo se debe a:

- La elección de un estándar común.
- Un adecuado modelo de negocio.
- Un nivel de competencia efectiva y continua.
- Un entorno regulatorio común.

Las diferencias entre los modelos de negocio Europeo y Norteamericano se ilustran en la Tabla 5.1.

<b>Modelo Europeo</b>	<b>Modelo Norteamericano</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Numeración diferenciada entre teléfonos fijos y móviles</li> <li>• La persona que decide utilizar el servicio paga. La cuenta se carga a su tarjeta SIM, no al terminal que genera la llamada</li> <li>• Licencias de ámbito nacional</li> <li>• Estándar tecnológico unificado</li> <li>• Gran expansión del servicio móvil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Numeración no diferenciada entre teléfonos fijos y móviles</li> <li>• La persona utiliza su terminal solo para realizar sus llamadas, no lo presta para no pagar el servicio usado por otros</li> <li>• Licencias de ámbito local o regional</li> <li>• Varios estándares tecnológicos</li> <li>• Crecimiento limitado del servicio móvil</li> </ul>

**Tabla 5.1. Diferencias entre los modelos de negocio Europeo y Norteamericano**

### 5.1.2 Operadores hacia 3G

Las velocidades de bit entregadas a los subscriptores son determinadas por la economía y no por la tecnología utilizada. El éxito del negocio de 3G no se basará en proporcionar gran ancho de banda de forma masiva, sino en brindar tráfico de voz, datos y conectividad inmediata a Internet a bajo costo.

La publicidad no va a ser nunca la piedra angular para el Internet móvil, como lo fue para Internet. Los usuarios consideran sus dispositivos inalámbricos como parte de su espacio temporal y mostrarán un bajo nivel de tolerancia al abuso de la publicidad. Los esquemas publicitarios solo se aceptarán para anuncios relevantes, entretenidos y de valor para el usuario.

Muchos operadores tienden a controlar la cadena de valor completa y pretenden obligar a sus abonados a acceder solamente a su propio contenido seleccionado previamente. Tales modelos de negocio tendrán una vida muy corta, debido a que los reguladores y legisladores obligarán a los operadores a abrir su base de abonados a los proveedores de contenido y el éxito del mercado dependerá de ofrecer acceso al entorno más rico y amplio posible. En efecto, el éxito de I-mode en el Japón, con más de 12 millones de abonados en 18 meses, se puede atribuir a dicha apertura, ya

que NTT DoCoMo ha realizado acuerdos con más de 200 proveedores de contenido que han conseguido crear una red de servicios extensa y atractiva. Además, la tecnología I-mode es más sencilla porque utiliza cHTML, las páginas se ven mejor que con otros lenguajes y en general se puede ver cualquier página Web.

Los operadores líderes como Vodafone y France Telecom, han realizado importantes inversiones para construir sus redes móviles paneuropeas. El modelo de negocio empleado por ellos se centra en importantes economías de escala y en reducciones de costo en la obtención de clientes, compra de aparatos y de equipos de red, sistemas informáticos y tarifas de interconexión. No obstante, las reducciones de costo anunciadas representan solamente del 2 al 4% del ARPU previsto para el año 2003 y no serán suficientes para compensar el elevado costo de la licencia del sistema UMTS.

En los países europeos líderes tales como Reino Unido, Francia y España, la cobertura de red y la calidad de servicio han sido hasta ahora elementos claves para la penetración en el mercado y los operadores han invertido enormes sumas en sus infraestructuras. Los operadores Bell Atlantic, BellSouth y Verizon en los Estados Unidos y C&W en Australia han vendido alguna de sus instalaciones inalámbricas a operadores de infraestructuras o “compañías torre”, tales como Crown Castel, American Tower y SpectraSites, las cuales poseen, operan y mantienen estas infraestructuras y despliegan nuevas. Al integrarse varios operadores móviles y compartir los gastos de mantenimiento de una instalación dada, las compañías torre son capaces de generar ahorros importantes para estos operadores. Este tipo de compañía está emergiendo ahora en Europa y permite a los operadores UMTS distribuir sus necesidades financieras en el tiempo y reducir los gastos generales de funcionamiento. En el Reino Unido y Alemania, donde los derechos de licencias UMTS han sido los más altos, los operadores están adoptando esta solución. One2One y TIW ya han establecido asociaciones con compañías torre del Reino Unido, como lo ha hecho Mobilcom en Alemania.

Los nuevos operadores UMTS abrirán sus redes a operadores MVNO (Mobile Virtual Network Operators – Operadores Móviles de Redes Virtuales), que venden servicios telefónicos móviles sin poseer licencia ni red propia y dependen de la infraestructura de un operador de red móvil existente. Esta asociación, permitirá a los operadores UMTS incrementar las ventas, el poder comercial y hacer un uso eficiente de la red. Los operadores móviles utilizarán de forma creciente a operadores MVNO con el fin de obtener acceso a canales de distribución alternativos.

## 5.2 ESPECTRO Y LICITACIONES

El uso del espectro se ha regulado desde hace mucho tiempo, pero los procedimientos de la asignación están cambiando. En un mercado en expansión, el procedimiento establecido por los gobiernos para la asignación del espectro está generando un proceso regulador competitivo que involucra gobiernos, entes reguladores, operadores y proveedores. En la actualidad, sólo una pequeña parte del espectro en uso está armonizada entre los distintos países y la tendencia principal es la unificación de espectro para asegurar la compatibilidad regional y global en el futuro.

A las bandas de frecuencia se las considera un artículo básico y se asignan a través de mecanismos que van desde el concurso hasta las subastas entre los operadores competidores. Algunas de estas subastas han generado ingresos tan elevados que la industria ha expresado su preocupación sobre el impacto que podría generarse en las tarifas de usuario y el crecimiento de los servicios de 3G. Sólo el tiempo dirá cuál es la elección correcta para satisfacer, al mismo tiempo, los intereses de usuarios, industria y gobiernos. El UMTS Forum aboga por la prudencia, como la mejor postura para asegurar al usuario un precio razonable por los servicios.

### 5.2.1 El proceso de asignación de espectro

El proceso tradicional de asignación está basado en los dominios de las naciones y del servicio, es relativamente sencillo, pero no puede hacer frente al uso intensivo y armonizado del espectro que se requiere en la actualidad. La distribución de frecuencias y el proceso de asignación están basados en prácticas y acuerdos que respetan la soberanía nacional, pero permiten las negociaciones mundiales necesarias debido a que las interferencias son globales.

La ITU-R ha establecido varias comisiones para armonizar los métodos a nivel global y organiza las conferencias mundiales de radiocomunicaciones para consensuar un marco de asignación común. La mayoría de los países han establecido organismos independientes de regulación que coordinan la concesión nacional de licencias y la distribución de frecuencias. Sin embargo, este proceso presenta algunas limitaciones como:

- Poca autoridad de los organismos de regulación sobre las naciones individuales, que pueden preferir no seguir las recomendaciones internacionales.
- Las asignaciones de la ITU no siempre son seguidas por asignaciones nacionales, esto da lugar a mercados fragmentados, dificultades en las fronteras, limitaciones de movilidad y restricciones en la eficacia del espectro. Todos estos factores son causantes del aumento de los costos para el usuario.

- El proceso es lento y hay dificultades para adaptarse a los nuevos requisitos. Además, no es posible forzar un proceso de reordenación de frecuencias.

Como resultado de todos estos inconvenientes, muchos involucrados consideran que el proceso de asignación debe revisarse para que tenga en cuenta las necesidades de todos los organismos del sector.

### **5.2.2 Mecanismo de distribución del espectro**

Compartir el espectro parece ser la única manera de introducir un nuevo sistema; todas las partes interesadas podrían preferir una situación que implicara la interferencia aceptable, en lugar de no poder operar en absoluto. Actualmente, la distribución se hace con el criterio de caso por caso y país por país.

### **5.2.3 Valor del espectro**

Al convertirse en un recurso cada vez más escaso, el espectro está incrementando su valor comercial y simplemente se vende el derecho de usarlo. Es natural que los usuarios del espectro deban soportar este costo pagando una cuota, pero no está claro cómo se les debe cobrar dicha cuota. En general, los precios se establecen con poca relación respecto de los costos. Las técnicas de valoración del espectro, como las subastas, no implican ninguna presión para hacer un uso eficaz del espectro e incluso dan lugar a numerosas dificultades en el terreno económico, como:

- El dinero recaudado mediante altos impuestos o adjudicaciones en las subastas se obtiene de la economía de los operadores que todavía no están recibiendo ningún beneficio del espectro que han comprado.
- El precio de mercado se establece sobre una parte limitada del espectro y está sujeto a rápidas variaciones, mientras que la inversión en las telecomunicaciones debe hacerse a largo plazo; de esta forma el proceso produce una inestabilidad básica.
- Los precios varían ampliamente entre los países, lo cual no facilitará la armonización global.
- Impacto negativo en las inversiones necesarias para la construcción de la red.
- Desconfianza en el retorno de la inversión a corto o mediano plazo.
- Repercusiones muy negativas en las cotizaciones bursátiles que se trasladan también a los proveedores.
- Dificultades para financiar la construcción, expansión y actualización de las infraestructuras.
- Previsiones de un incremento de las tarifas al usuario final.
- Posible ruptura del círculo virtuoso.

### 5.2.4 Concurso Vs subasta

El concurso y la subasta son las dos formas de adjudicación de licencias UMTS empleadas en los países Europeos. Ambas soluciones se rigen por parámetros muy diferentes y la elección de alguna de ellas, ha derivado en problemas políticos, pues mientras que con el concurso es menor lo que los operadores se ven obligados a cancelar, con las subastas las cifras alcanzan cantidades astronómicas ante el intento de las compañías de no quedarse fuera de la repartición del futuro negocio. Por ejemplo, Estados Unidos se ha decidido por la subasta y la Unión Europea no se ha decidido por ninguna. En las Tablas 5.2 y 5.3 se observan las ventajas y desventajas de los procesos de adjudicación por concurso y subasta.

Concurso	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromiso de inversión a largo plazo a nivel nacional</li> <li>• Incentivo para crear productos y servicios innovadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se valora suficientemente el potencial económico del espectro</li> <li>• Puede ser subjetivo</li> </ul>

**Tabla 5.2. Ventajas y desventajas del concurso**

Subasta	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método objetivo y más transparente</li> <li>• Refleja el potencial del mercado según regiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altos precios con importantes repercusiones negativas para el negocio</li> </ul>

**Tabla 5.3. Ventajas y desventajas de la subasta**

La mayoría de los países ha elegido la subasta, ante los positivos resultados obtenidos en Reino Unido, el primero que utilizó el sistema. También ha otorgado las licencias a través de subasta Holanda, Austria, Alemania y Bélgica, por concurso Finlandia, Portugal, España y Francia y con un sistema mixto, Italia.

Aunque en casi todos los países han surgido críticas en los procesos de adjudicación de licencias, en ninguno se ha agudizado la pugna política como en España, donde la baja suma pagada por los

operadores, calificada por la oposición como un regalo del Gobierno y la falta de transparencia en el proceso han protagonizado una gran polémica.

Los procedimientos de subasta y concurso, utilizados para la asignación de las licencias del sistema UMTS han colocado un escalón tan alto, que los nuevos operadores móviles se encuentran en una difícil situación, que sólo solucionarán adoptando nuevos modelos de negocio. Estos modelos se basarán en acuerdos comerciales dirigidos a reducir costos y en una mayor especialización de servicios, mejorando contenidos para los usuarios.

### 5.2.5 Licencias UMTS

En la Tabla 5.4 se ilustran el número de licencias y costos totales correspondientes a algunos países europeos donde se ha adjudicado espectro UMTS.

País	Población (Millones)	Proceso	No. Licencias	Costo de licencias (Miles de millones de euros)
<b>Alemania</b>	82	Subasta	6	50,8
<b>Austria</b>	8	Subasta	6	0,8
<b>España</b>	39	Concurso	4	0,51
<b>Francia</b>	58	Concurso	4	20
<b>Holanda</b>	15	Subasta	5	2,7
<b>Italia</b>	57	Subasta	5	12,2
<b>Reino Unido</b>	60	Subasta	5	38
<b>Suiza</b>	7	Subasta	4	0,128

**Tabla 5.4. Distribución de licencias de 3G en Europa**

En el Reino Unido y Alemania, las licencias del sistema UMTS han sido subastadas a precios entre cinco y seis veces mayores que los de las licencias GSM. Semejantes derechos de licencias, fijados con independencia del tamaño del operador, tienen un impacto desproporcionadamente negativo sobre los pequeños operadores.

## 5.3 TENDENCIAS DE LAS NORMAS MOVILES A NIVEL MUNDIAL

### 5.3.1 Europa

UMTS es la tecnología más prometedora en cifras de negocio para el nuevo siglo y ha provocado el movimiento en los operadores Europeos, lanzados en una carrera para conseguir las licencias que les permitan ofrecer servicios 3G. Los sistemas utilizados para su adjudicación y la incertidumbre

del mercado ante las astronómicas inversiones en esta tecnología han desatado una polémica a nivel mundial.

El competitivo negocio telefónico móvil ha dado un vuelco inesperado en Europa. Las empresas que hasta hace pocos meses proyectaban planes competitivos secretos para desafiar el impulso del mercado de sus rivales, ahora se han convertido en aliados para enfrentar los nuevos desafíos tecnológicos y económicos generados por los sistemas de 3G. Para muchos, esta es una nueva era donde las estrategias corporativas antes determinadas y manejadas en secreto, serán reemplazadas por alianzas diseñadas para obtener un beneficio común. British Telecom y Deutsche Telekom fueron las primeras en anunciar su alianza estratégica.

Un ejemplo claro del modelo de negocio implantado en Europa, se observa en el operador Telefónica Móviles de España, que está llevando a cabo una expansión mediante la adquisición de licencias UMTS. Obtuvo licencias en Alemania, Austria, España, Italia y Suiza ganando un mercado potencial de 195 millones de habitantes. En cuanto a la cobertura internacional, en 1999 firmó 44 acuerdos de itinerancia, para ofrecer el servicio en 93 países a través de 181 operadores. En julio de 2000, Telefónica Móviles se unió a Terra Lycos para crear Terra Mobile, empresa encargada del desarrollo del portal de Internet móvil del Grupo Telefónica para proveer contenido. En enero de 2001, la compañía lanzó comercialmente la tecnología GPRS. Tras la adjudicación de una de las cuatro licencias para el desarrollo de tecnología UMTS en España, Telefónica Móviles España firmó acuerdos con Ericsson, Nokia y Motorola para implantar la infraestructura UMTS. Gracias a esto, España será el siguiente país que se unirá a Japón, Corea, Suecia y Finlandia como pionero de las telecomunicaciones 3G, aunque el Gobierno haya aplazado la telefonía UMTS hasta junio de 2002.

Paralelamente, la Comisión Europea ha pedido a los países de la Unión, acelerar la entrada de UMTS porque considera imprescindible que las empresas desarrollen la telefonía 3G, para que existan servicios de Internet móvil a finales del año 2003. Existen grandes aportes que los servicios móviles 3G pueden realizar a la construcción de la sociedad de la información en la Unión Europea, pero hay necesidad de un marco reglamentario común a los países sobre la política que deben seguir en telecomunicaciones y de la adopción de una legislación común sobre el espectro y la concesión de licencias UMTS.

### **5.3.2 América**

El panorama de los próximos años en el mercado inalámbrico en América está empezando a tomar forma. Más fusiones, fortalecimientos y adquisiciones están siendo proyectados. La creciente

competencia en el sector de la telefonía celular ha provocado una consolidación en todo el mundo, especialmente en Europa y Estados Unidos. Ahora es el turno de América Latina. De hecho, se observa que la emergencia de una nueva oligarquía de gigantes panregionales es inevitable y cambiará fundamentalmente el paisaje tecnológico y competitivo de los mercados inalámbricos de la región. Todos los grandes operadores están por migrar sus redes a 2.5G, pero el camino de evolución a tomar es una decisión estratégica más que tecnológica. Una vez tomada, los operadores comenzarán a dirigirse hacia la sincronización de redes en los distintos países.

#### 5.3.2.1 Estados Unidos

Aproximadamente, 60 millones de personas utilizaron un dispositivo inalámbrico para realizar negocios en el año 2001, esto se debe a que las empresas de este país han estimulado toda una variedad de servicios inalámbricos para la atención de sus clientes. Para el año 2005, se verá una amplia adopción de la tecnología 3G en los Estados Unidos, cuando la mayoría de países Europeos hayan implementado el sistema de 3G.

El sistema todavía dominante en Estados Unidos es AMPS, aunque coexisten TDMA, CDMA y GSM. Muchos de los operadores GSM, incluyendo Voicestream, Microcell de Canadá y el segundo y tercer operador TDMA de Estados Unidos, Cingular y AT&T Wireless están desplegando redes GSM/GPRS.

AT&T Wireless ha escogido el camino de migración TDMA/GSM/GPRS/EDGE/GERAN/UMTS. La primera fase comprende GSM/GPRS en los años 2001 y 2002, la segunda fase incluye la introducción de EDGE para el 2002 y la tercera fase introducirá GERAN/UMTS para el 2004.

El operador móvil número uno Verizon Wireless y Sprint PCS no adoptarán GPRS/EDGE sino CDMA2000 1X, debido a que son operadores CDMA/IS-95. Vodafone, que posee el 45% de Verizon, ha ejercido presión sobre él para que adopte GSM, pero éste se ha resistido.

Puede ser que este país tarde demasiado en llegar a UMTS debido a la dificultad actual de asignación de espectro y por lo tanto GPRS/EDGE será la tecnología de 3G de los americanos por algún tiempo, hasta que se realice una reordenación del espectro.

#### 5.3.2.2 Latinoamérica

En Latinoamérica, los servicios básicos de voz continuarán dominando el mercado inalámbrico durante los próximos diez años, sin embargo, habrán segmentos importantes de usuarios de datos.

Aunque la mayoría de los países no desplegarán servicios 3G a corto plazo, Brasil probablemente sea una excepción, ya que es un país muy dinámico e interesado en este campo. Al parecer, Brasil ya ha firmado acuerdos con empresas coreanas para dispositivos PDA y juegos en teléfonos móviles.

Desafortunadamente para las economías de Latinoamérica, factores tan negativos como el fraude y la clonación de llamadas han diezmado los sistemas y junto a la incompatibilidad en el cobro han cerrado el acceso a segmentos de usuarios. Sin embargo, en la medida en que los operadores han invertido en sistemas de cobro y autenticación, muchas de las barreras han comenzado a desaparecer. Actualmente, el roaming internacional e intrarregional en Latinoamérica es todavía insignificante, pero cuando los operadores descubran la demanda existente y las oportunidades financieras, las cosas cambiarán.

Es evidente que el contenido sin un modelo de negocio que genere facturación y ganancias no es económicamente viable. Por esto se torna relevante la decisión tomada por el ente regulador en Alemania, que autorizó la instalación de infraestructura compartida entre operadores para las nuevas redes de 3G. Esta podría ser una solución interesante para Latinoamérica en redes GSM/GPRS y 3G resultantes de la renovación de la actual tecnología TDMA. El menor costo de una infraestructura compartida permitiría a operadores focalizar esfuerzos en el desarrollo de aplicaciones exitosas para sus usuarios, en el marketing y la comercialización de servicios.

A pesar de que los cuatro grandes operadores de la región, BellSouth International, Telefónica Móviles, Telecom Italia Mobile y Telecom Americas International han crecido gradualmente a partir de adquisiciones individuales, sus funcionarios admiten que falta mucho para la realidad panregional. Las compañías se están concentrando en romper las fronteras que separan a sus subsidiarias y buscan gozar de mayores economías de escala y sinergias.

Ninguno de estos operadores puede arriesgar un paso en falso solo por ganar la carrera. Ellos integrarán sus redes y desplegarán plataformas comunes de 3G, cuando los clientes y la competencia los impulsen a hacerlo. Luego de las costosas licitaciones para operar redes de 3G en Europa, los operadores en Latinoamérica se están moviendo con mucha cautela.

En la tabla 5.5 se ilustran los cuatro operadores más importantes de América Latina, los países, tecnologías y nombres de los operadores locales que utilizan. Se recalca que existen más operadores locales en cada país, pero no se tienen en cuenta para el desarrollo de la tabla.

PAIS	TELECOM AMERICAS INT.	BELLSOUTH INTERNATIONAL	TELECOM ITALIA MOBILE	TELEFONICA MOVILES
Argentina		Movicom CDMA	Telecom Personal TDMA/GSM	TCP Unifón TDMA
Bolivia			EntelMovil TDMA y GSM	
Brasil	TESS ATL, Telet Americel TDMA	BCP Sao Paulo BCP Nordeste TDMA	TIM – Sul TIM – Maxitel TIM – Nordeste TDMA	TelesudesteCelular CRT Celular TeleLeste Celular
Chile		BellSouth Chile TDMA	Entel PCS GSM	Entel Telefónica Móviles TDMA
Colombia	Comcel, Ocel TDMA	BellSouth Colombia TDMA		
Ecuador	Conecel	BellSouth Ecuador TDMA		
El Salvador				TEM El Salvador CDMA
Guatemala	Sercom CDMA	BellSouth Guatemala CDMA		TEM Guatemala CDMA
México	Telcel TDMA/GSM			Bajacel, Movitel, Norcel, Cedetel, Portatel, Pegaso CDMA
Nicaragua		BellSouth Nicaragua TDMA		
Panamá		BellSouth Panamá TDMA		
Paraguay			Entel TDMA	
Perú		BellSouth Perú TDMA	TIM Perú GSM	Telefónica Móviles CDMA
Puerto Rico				NewCom Wireless CDMA
Uruguay		Movicom – BellSouth CDMA		
Venezuela		Telcel CDMA	Digitel GSM	

**Tabla 5.5. Operadores celulares en América Latina**

Varios de los más grandes operadores TDMA también están desplegando GSM/GPRS: AT&T Wireless y todas sus filiales, Entel Móvil de Bolivia, Rogers Wireless de Canadá, ICE de Costa Rica, Telcel de México y Telecom Personal de Argentina. Telecom Americas International y Telecom Italia Mobile impulsan la migración de TDMA hacia GSM/GPRS en América.

México, Venezuela y Paraguay son naciones donde las líneas inalámbricas han superado la telefonía fija, como consecuencia de la desregularización y la adopción de tecnologías de punta. Esto ha provocado el interés de operadoras como Vodafone y Telefónica, que están penetrando en estos países.

CITEL (Comisión Interamericana de Telecomunicaciones), entidad de la OEA (Organización de Estados Americanos) es el principal foro de telecomunicaciones en el hemisferio occidental donde los gobiernos y el sector privado se reúnen para coordinar los esfuerzos regionales para desarrollar la Sociedad Global de la Información.

CITEL presentó a la WRC 2000 una propuesta interamericana para asignar la frecuencia de 1.8 GHz para servicios PCS en las Américas, ya que su interés es unificar el espectro en la región. Lastimosamente se observan casos como los de Colombia, Bolivia, Perú, entre otros, que no han adoptado las sugerencias internacionales y perjudican el roaming global.

Las siguientes entidades Colombianas forman parte de CITEL: Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones, BellSouth, ETB, Telecom, Empresas Públicas de Medellín, Ericsson de Colombia S.A. y la Asociación de la Industria Celular de Colombia S.A.

América Latina ha finalizado el año 2001 con 83.4 millones de subscriptores de telefonía móvil, 35% más usuarios que en el año 2000. Durante el año 2001, los operadores generaron ingresos por 22.1 billones de dólares en la región (un 15% más que el año anterior). Sin embargo, el ARPU ha disminuido de 30.88 dólares en el año 2000 a 24.98 en el 2001 debido al aumento de la competencia entre las operadoras acarreando una baja de los precios y a la opción prepago.

#### 5.2.3.3 Roaming en América

UWCC ha estado trabajando continuamente con todos sus miembros operadores TDMA para promover la interoperabilidad inalámbrica a través de América, al enlazar un operario TDMA de Venezuela con operarios asociados en Argentina, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Ecuador, México y Estados Unidos. Tal interoperabilidad complementa los acuerdos de comercio existentes tales como el Grupo de Tres y el Pacto Andino, así como también la Zona de Libre Comercio de las Américas. Esta compatibilidad es un factor central al crear y apoyar opciones de servicio económicamente viables para personas de negocios y turistas.

Nextel es un gran ejemplo de una red celular panregional global consistente e integrada. La operadora coordina órdenes de adquisición de equipos y terminales en sus operaciones en norte y

Latinoamérica. Esta red permite roaming transparente en todas sus redes con el mismo teléfono y número.

Existe roaming entre los operadores GSM 1900 Microcell (Canadá), Entel Telefonía Móvil (Chile) y de Estados Unidos Voicestream MidWest, VoiceStream EastCoast, Pacific Bell, Powertel, Voicestream WestCoast y BellSouth Mobility. Además, Microcell es miembro de la North American GSM Alliance (Alianza GSM de América del Norte), la cual da servicios de roaming transparente en América del Norte.

En parte, mucho del progreso hacia un roaming global ha sido estimulado por acuerdos y consorcios, tales como:

- El Acuerdo Panamericano de Roaming (PARC), un esfuerzo impulsado por BellSouth International con 35 países miembros, entre ellos Paquistán, Rusia, Israel y Filipinas.
- Una empresa surgida entre TIM y Entel PCS, llamada World Wide Roam, que permite realizar roaming en Argentina, Bolivia, Chile, Paraguay y Brasil, conectando GSM con TDMA.
- GTE TSI y Embratel, uno de los proveedores de larga distancia nacional e internacional de Brasil, se han asociado para proporcionar servicios de roaming dentro del Mercosur.

## **5.4 TENDENCIAS DE LAS NORMAS MOVILES EN COLOMBIA**

### **5.4.1 Introducción de PCS**

Colombia anunció sus planes de asignar licencias inalámbricas de 30 MHz en la banda de 1900 MHz, con lo cual se incorpora a los países Argentina, Brasil, Canadá, Chile, México, Paraguay, Perú y Estados Unidos, que utilizan esta banda para servicios inalámbricos de 2G o servicios WLL.

El ingreso de PCS será un factor que contribuirá a la reactivación de la economía, a través de las empresas del sector. Igualmente generará nuevas fuentes de empleo, transferencia de tecnología al país, inserción en una tecnología avanzada y la integración de Colombia en un mundo cada vez más competitivo en lo que a tecnologías de las telecomunicaciones se refiere. Además, generará una competencia con los servicios celulares actuales, lo cual es benéfico para el usuario en aspectos como tarifas, cobertura, convergencia y calidad.

La Ley 555 de 2000, reglamentaria de los servicios PCS, otorga ventajas adicionales a los licenciarios que fomenten el trabajo y el desarrollo técnico nacional.

Las tecnologías utilizadas para la prestación de servicios PCS abrirán la posibilidad para que Colombia, en el mediano plazo, tenga acceso a los servicios móviles de tercera generación tras el ingreso de los PCS.

El Gobierno Nacional, cumpliendo lo establecido en la ley 555 de 2000, contrató una asesoría para que, además de recomendar la oportunidad para iniciar el proceso de licitación pública y asesorar en el diseño de la subasta y el establecimiento del valor mínimo de la concesión para los operadores PCS, recomendara la banda de frecuencias más favorable para el país.

Las bandas de frecuencia asignadas por el Ministerio de Comunicaciones para el servicio PCS comprenden de 1895 a 1910 MHz y 1975 a 1990 MHz, de forma exclusiva, para ser utilizadas durante la vigencia de las concesiones para la prestación de este servicio, mediante la resolución No. 1512 del 12 de octubre de 2001.

Se estableció que las empresas o entidades que se encuentren operando sistemas de radiocomunicaciones, de acuerdo con los registros del Ministerio de Comunicaciones, en las bandas de frecuencias 1895 a 1910 MHz y 1975 a 1990 MHz, deberán suspender todas las emisiones en dichas bandas en un plazo no mayor a seis meses a partir de la fecha de vigencia de la resolución.

En el rango de frecuencias comprendido entre 1710 y 2200 MHz no se otorgarán nuevos permisos para el uso del espectro hasta que el Ministerio de Comunicaciones atribuya el espectro necesario para las nuevas concesiones adicionales de PCS a las que hace referencia la ley 555.

BellSouth en noviembre de 2001, presentó una solicitud para tumbar la resolución mediante la cual el Gobierno asignó la frecuencia de PCS. El principal argumento era que mientras las empresas celulares operan en una banda de 800 MHz, los PCS operarían en la de 1.900 MHz, lo que los pondría en desventaja, pues esta última banda permitiría en el futuro desarrollar servicios más novedosos. El asunto de las frecuencias, sin embargo, ha perdido relevancia con los desarrollos tecnológicos más recientes. Ahora los expertos tienen claro que tanto los servicios que se prestan en la actualidad como los que se desarrollen en el futuro podrán ejecutarse en una u otra banda.

Las compañías celulares fijaron el valor de las licencias en el año 1994, por ello, los postulantes para ser concesionarios del servicio PCS deberían gozar de este mismo derecho para ofrecer un valor mínimo lo suficientemente bajo para garantizar una buena participación de operadores nacionales e internacionales en el proceso. La Ley 555 dice que "para preservar un ambiente de sana competencia, al fijar el valor mínimo de cada concesión, el Ministerio de Comunicaciones atenderá el principio de equilibrio económico con los operadores de telefonía móvil celular".

BellSouth invocó este principio, donde el Estado, después de adjudicar un contrato, no puede alterar las condiciones que determinan la rentabilidad del negocio. Esta figura puede ser el semillero de futuras demandas contra la adjudicación de PCS y esto es lo que más preocupa al Gobierno. Pero, el equilibrio económico de los operadores celulares nada tiene que ver con la entrada de los PCS, porque al fin y al cabo el Gobierno les cumplió a las compañías de telefonía celular las condiciones pactadas al momento de adjudicarles la prestación del servicio. Les prometió cinco años de exclusividad, que vencían en septiembre de 1999 y gozaron de 7 años de duopolio.

Un vocero de BellSouth dice: "Nosotros no estamos pidiendo que no entren los PCS. Lo que estamos diciendo es que los nuevos operadores deben pagar un precio justo por las licencias". Si las licencias son muy baratas, quedarían en ventaja frente a las empresas de celulares, que en 1994 pagaron 1.230 millones de dólares por seis licencias. "No aspiramos a que los PCS paguen una suma igual, pero sí lo suficientemente alta como para no perjudicar el equilibrio económico que nos garantiza la ley". Fijar un valor equivalente haría prácticamente imposible que algún operador del nuevo servicio se mostrara interesado en el mercado nacional.

Bellsouth ha enfrentado la llegada de PCS en otros países, como Perú, Venezuela y Argentina. Su estrategia busca principalmente no perder a los clientes actuales e invertir en tecnología y mejoramiento de la red para diferenciar el servicio prestado.

La legislación es muy clara cuando establece que los operadores de telefonía móvil celular, los de trunking y sus empresas filiales, matrices o subordinadas, los accionistas de los operadores celulares y de trunking que tengan una participación individual o en conjunto de más del 30%, no podrán participar en el proceso de licitación. EPM, ETB y Telecom estarían inhabilitadas para participar en el proceso de licitación de PCS, ya que la Corte Constitucional asegura que están utilizando el espectro y éste hay que democratizarlo y darle igualdad en el uso.

Según un estudio de perspectiva realizado por la firma Pyramid Research y difundido por Colprensa, la demora en darle forma al proceso de PCS, la lenta legislación, las discusiones al interior del Gobierno, junto con la presión de los operadores celulares han demorado la salida de la licitación de PCS, lo cual ha sido perjudicial para todas las partes implicadas, sobre todo para el Gobierno, que ha visto cómo el precio de la licencia decrece cada día para los inversionistas internacionales como resultado de los problemas políticos y económicos del país. Además, el derrumbamiento global del sector de las telecomunicaciones ha decrementado el mercado de capitales y ha forzado a los jugadores globales a ser mucho más conservadores y selectivos con sus inversiones.

Las empresas que han demostrado interés en esta licitación son: EPM, ETB, Telecom y las multinacionales Telefónica Móviles, Telecom Italia Mobile, Francia Telecom y SKT.

#### **5.4.2 Situación de operadores colombianos**

El servicio celular por sus características particulares de elasticidad de ingreso y precio, sufrió una recesión muy grande, pasando de tasas positivas a precios nominales superiores al 40% durante 1996 y 1997 a tasas negativas reales del - 2,1% en 1998 y la muy grave disminución del - 35,1% en 1999. Las cifras existentes sobre número de abonados que en diciembre de 1999 habían llegado a cerca de 2 millones y en el primer semestre de 2000 se redujeron a menos de 1,7 millones, indican una fuerte disminución de este mercado, cuyo origen pudo ser la recesión que aún continua afectando este servicio o la revisión de las bases de datos de abonados como resultado del proceso de compra de tres de las compañías celulares por BellSouth, pues son precisamente estas tres empresas las que disminuyen drásticamente su número de abonados en el segundo trimestre del año 2000.

Ante la posibilidad de un cambio importante en los costos y en las tarifas que popularice el servicio inalámbrico, las compañías colombianas deberán ocuparse de temas tales como la combinación del servicio móvil e Internet.

Respecto a la implementación y adopción de la tecnología de 3G, los operadores del país tendrán que realizar inversiones cuantiosas, no sólo por el monto de recursos que habrá que canalizar hacia la compra de infraestructura, sino por la formación de recursos humanos, el desarrollo de contenidos y el cambio de cultura empresarial que dicha implantación significaría. De aquí en adelante, la expansión de los servicios móviles - rápida o lenta - dependerá del éxito que tengan las políticas estatales y las estrategias empresariales en abaratar costos y reflejar esa disminución en menores tarifas hacia los clientes. De lograrse este objetivo, a través del prepago y de reducciones importantes en tarifas por la adquisición de nuevas tecnologías más baratas, que le permitan acceder a la pequeña y mediana empresa y a los estratos dos, tres y cuatro (los cuales concentran una proporción muy importante de la población), se puede afirmar que la telefonía móvil, PCS y 3G se convertirán en la fuente primordial de crecimiento sectorial. Es necesario señalar que para los operadores colombianos ingresar en forma agresiva a disputar el mercado de los servicios móviles como base de crecimiento implicaría una guerra de posicionamiento y de tarifas, ya no con empresas de similar magnitud, sino con gigantes del sector.

En la tabla 5.6 se observa el crecimiento de suscriptores para los operadores colombianos en los años 2000 y 2001.

Operador	No suscriptores	
	Año 2000	Año 2001
<b>Comcel</b>	1.029.758	1.884.553
<b>BellSouth</b>	1.031.488	1.187.445
<b>Celcaribe</b>	195.555	193.263

**Tabla 5.6. Crecimiento de suscriptores para los operadores colombianos**

Los operadores celulares actuales deben prepararse para el incremento de la competencia que brindarán los nuevos operadores PCS y tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Disminuir las rentas por suscriptor.
- Decidir que camino de migración hacia 3G es el que mejor encaja en una estrategia a corto y largo plazo.
- Desarrollar modelos de negocio que les permita estar adelante en la competencia.
- Utilizar nuevas aplicaciones para generar rentas adicionales e incrementar la lealtad de los suscriptores.
- Evaluar los requerimientos de CAPEX para el despliegue de la red y la tecnología de migración a un nivel regional y nacional.

Es claro que en Colombia no se ha creado la demanda para que los operadores actuales evolucionen hacia 2.5G y 3G, pero un factor de peso para agilizar esta migración es la futura competencia de los sistemas PCS, debido a que los operadores actuales deben poner a punto todas sus estrategias de mercado y desarrollo tecnológico para evitar perder porciones importantes del mercado y conservar su liderazgo comercial.

## CONCLUSIONES

La decisión del operador TDMA/IS-136 de implementar GSM o CDMA/IS-95 sobre su arquitectura de red, no se basa exclusivamente en el factor tecnológico, sino que es definida por factores políticos, económicos y de mercado. Las fuerzas del mercado determinan el momento propicio para emprender la migración hacia servicios IMT 2000, cuya introducción estará marcada por un período de pruebas y modificaciones para asegurar el óptimo desempeño del sistema.

El operador TDMA/IS-136 debe escoger entre las dos tecnologías que se disputan la evolución hacia 3G, sopesando las bondades y desventajas de ellas, para seleccionar la que mejor se adapte a sus condiciones tecnológicas y económicas. Ambos caminos tienen ventajas e inconvenientes y el operador debe valorar qué tiene más importancia: el mercado local o el ofrecimiento de roaming nacional e internacional. El hecho es que los operadores TDMA/IS-136 disponen de más tiempo para esperar y valorar la mejor alternativa dada su demanda actual y sus proyecciones de mercado.

La mayoría de los principales operadores TDMA/IS-136 esperan continuar con el crecimiento de sus negocios, ofreciendo servicios basados en esta tecnología por muchos años más. Esto significa que aunque TDMA/IS-136 no evolucionará hasta una tecnología de 3G, continuará sirviendo a suscriptores por varios años y por lo tanto debe continuar desarrollándose en áreas de eficiencia de frecuencia, eficiencia operacional, calidad de servicio, confiabilidad y soluciones que soporten la transición hacia GSM o CDMA/IS-95.

El ambiente que se está viviendo en el sector de las telecomunicaciones es contrario a los logros de una arquitectura abierta que busca comunicaciones globales comunes, debido a la batalla que enfrenta a las dos tecnologías de 3G CDMA2000 y UMTS y a la incapacidad para interoperar entre ellas. Esta batalla ha generado un ambiente hostil entre los defensores de ambas tecnologías, que tratan de cautivar a los operadores TDMA/IS-136 utilizando cualquier recurso, como el de mostrar fragmentos de verdades como verdades absolutas; pero los analistas de inversión y ejecutivos del sector demandan análisis más balanceados de los riesgos de las inversiones.

El camino de migración que se considera viable tecnológicamente y económicamente para la evolución de la red móvil celular de Colombia hacia 3G es TDMA/IS-136 → GSM → GPRS → EDGE → GERAN → UMTS. Este camino es rentable para Colombia y por el momento no existe la

necesidad de licitar por espectro UMTS, ya que las capacidades que brinda EDGE son suficientes para prestar servicios de 3G, suplir la demanda y satisfacer a los usuarios del país. Para la introducción de este camino de evolución, se considera que primero se debe implementar la estrategia de introducción futura y cuando las condiciones de mercado y competencia lo indiquen, implementar la estrategia de migración despliegue agresivo. Además, se tienen en cuenta los recientes equipos y terminales GSM 800, que ya están en el mercado mundial, para la implementación de esta solución y que el conflicto de interoperabilidad entre MAP y ANSI-41 ha sido resuelto con el estándar GAIT, que introducirá infraestructura y terminales en el año 2002.

La mayoría de los operadores TDMA/IS-136 están evolucionando hacia 3G a través GSM, esta tendencia se atribuye a las significativas ventajas competitivas de GSM y en particular a su claro camino de evolución hacia 3G que esta totalmente estandarizado y aprobado la ITU.

GPRS constituye un eslabón clave en el avance tecnológico hacia 3G y en la culturización para que los usuarios aprendan a utilizar y confiar masivamente en los servicios de telefonía celular. De la buena comercialización de esos servicios y de lo atractivos que resulten para los usuarios depende el éxito de 3G, más que de los logros tecnológicos.

La introducción del sistema UMTS necesita satisfacer una demanda cuya forma y fuerza son todavía inciertas. Los servicios de telefonía móvil ya no son un factor de diferenciación entre operadores, ni ofrecen una justificación de servicios o económica suficiente para la transición al sistema UMTS. No obstante, la propia existencia de una base de clientes móviles da a los operadores de GSM una ventaja definitiva que mediante la interoperabilidad que brinda el sistema EDGE/GERAN con UMTS, provee al operador una capacidad a prueba de futuro, competitiva de servicio, mayor cobertura, costos más bajos de lanzamiento y capacidades más amplias de roaming internacional. Además UMTS necesita coexistir con las tecnologías de 2G, proveyendo roaming entre los miembros de la familia IMT 2000 e interconexión entre GSM y UMTS.

Así como en Europa están surgiendo alianzas estratégicas entre grandes rivales para sostenerse frente a los enormes gastos de 3G y tener una mayor participación en el mercado, se considera que los actuales operadores Colombianos podrían realizar convenios de esta clase para fortalecerse y poder competir contra los nuevos operadores de PCS. Es claro que en Colombia no se ha creado la demanda para que los operadores actuales evolucionen hacia tecnologías de 2.5G y 3G, pero frente a la competencia que se avecina deben pensarlo detenidamente y poner a punto todas sus estrategias de mercado y desarrollo tecnológico para evitar perder porciones importantes del mercado y conservar su liderazgo comercial.

Debido al contexto económico y social de Colombia y Latinoamérica, la premisa para estos operadores debe ser evolucionar sus redes pero no igualar la evolución realizada en los países industrializados, que sí tienen la necesidad inmediata de desplegar servicios de 3G, sino evolucionar lo suficiente para proporcionar interoperabilidad con ellos, requisito que cumple EDGE.

## RECOMENDACIONES

- Cuando se planteó el trabajo de grado “EDGE - Opción tecnológica para la evolución de la red móvil celular de Colombia hacia una infraestructura de tercera generación”, se pensaba que la opción para el país era el camino TDMA/GPRS/UWC-136, pero la continua búsqueda de información y la relación que se estableció con las empresas del sector, permitieron realizar un viraje de la solución planteada, debido a que proveedores y operadores se dieron cuenta de que era un camino muy riesgoso para ellos. Este es un claro ejemplo de que en el desarrollo de las telecomunicaciones no se puede dar la última palabra porque la tecnología cambia vertiginosamente. De aquí la importancia de realizar estudios sobre tecnologías de punta y mantenerlos actualizados, que permitan complementar la formación de ingenieros en la Facultad y crearles un criterio propio para adoptar decisiones acertadas en el campo laboral y evitar cometer errores tecnológicos y catástrofes económicas.
- Al realizar un análisis de este tipo, hay que tener en cuenta todas las posibles fuentes de información, los organismos que defienden, los que atacan el tema y las opiniones de proveedores, operadores y entes regulatorios nacionales e internacionales, para poder generar conceptos viables desde el punto de vista de la academia, aplicando el criterio adquirido en esta Facultad, en búsqueda del desarrollo tecnológico y beneficio para el país.
- La Universidad debe crear y mantener un vínculo permanente con las empresas del sector de las telecomunicaciones y entes regulatorios de Colombia, con el objetivo de permitir al estudiantado acceder a información relevante y de último momento y tener la posibilidad de convertirse en consultora de telecomunicaciones para involucrar al gremio educativo en los cambios y decisiones que se tomen a nivel nacional.
- El Gobierno Nacional podría permitir el ingreso de tecnologías que involucren economías de escala para obtener beneficios económicos y sociales para el país, realizando una adopción del espectro de acuerdo a las decisiones internacionales para promover la interoperabilidad global y generar el desarrollo tecnológico en Colombia.

- Los temas desarrollados en el trabajo de grado se pueden utilizar para reforzar el contenido de materias afines en la Facultad y sirven de base para futuras investigaciones del grupo de I+D en Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones y del Departamento de Transmisión.
- Debido a que el proceso de estandarización de la tecnología CDMA2000 1xEV no ha finalizado, es interesante continuar su estudio, ya que también puede ser una solución viable tecnológicamente para Colombia.

## BIBLIOGRAFIA

Andersson, Christofer. "GPRS and 3G Wireless Applications: Profesional Developer's Guide". Wiley Computer Publishing; New York, 2001. 317p.

Anthony Garvey. "UMTS road show reaches easter europe". Telecommunications. October 2000.

Dermot McGrath. "The race for 3G is on". On – The new world of communications, 1-2000.

Georgios Karagiannis y Geert Heijenk. "QoS in GPRS". Reporte abierto de Ericsson. Londres, Inglaterra. Dic 21 de 2000.

Koodly, Rajeev y Puuskari, Mikko. "Supporting packet-data QoS in Next-Generation cellular networks". IEEE Communications Magazine, Vol 39, No 2, Feb 2001, pp 180 – 188.

M. Zeng. "Harmonization of global third generation mobile systems ". IEEE Communications Magazine. December 2000.

Mark Cardwell. "Gaining a competitive edge". On – The new world of communications, 2-2000.

Qi Bi. "Wireless mobile communications at the start of the 21<sup>st</sup> century". IEEE Communications Magazine. January 2001.

Sanjima DeZoysa. "A 3G billing maze". Telecommunications. March 2000.

Sarikaya, Behcet. "Packet mode in wireless networks: Overview of transition to Third Generation". IEEE Communications Magazine, Vol 39, No 9, Sep 2000, pp 164 – 172.

Stefano Faccin, Liangchi Hsu, Rajeev Koodli, Khiem Le y Rene Purnadi. "GPRS and IS-136 integration for flexible network and services evolution". Nokia Research Center, Nokia Corp. Mountain View, CA (Estados Unidos). Año 2000.

The Shosteck Group. "White Paper". June 2001.

Torbjon Nilson. "The race for 3G is on". On – The new world of communications, 1-2000.

"Connect to a fast-moving market with GPRS data services". Nokia Corp. Helsinki, Finlandia. Año 2001.

"Ericsson GPRS Solutions – GPRS Backbone". Documento de Referencia de Ericsson. Londres, Inglaterra. Ene 6 de 2000.

"GPRS – General Packet Data Service. White paper". Usha Communications Technology. Los Ángeles, CA (Estados Unidos). Jun 26 2000.

"GPRS Product Description". Ericsson. Londres, Inglaterra. Dic 15 de 1999. Pag. 42 Ericsson.

"GPRS white paper". Cisco Systems. San José, CA (Estados Unidos). Año 2000.

"Massive market appeal". On – The new world of communications, 5-2000.

"Yes 2 GPRS. White paper". Mobile Lifestreams Limited. Berkshire, Inglaterra.

### **Páginas Web**

<http://www.cisco.com>

<http://www.csdmag.com>

<http://www.ericsson.com/developerzone>

<http://www.ericsson.com>

<http://www.mobilifestreams.com>

<http://www.mobileoffice.com.za>

<http://forum.nokia.com>

<http://www.wirelessdata.org>

<http://www.mobile.com>

<http://www.gprsworld.com>

<http://www.mobileapplicationsinitiative.com>

<http://www.3g-generation.com>

<http://www.uwcc.org>

<http://www.mobile3g.com>

<http://www.ieee.org>

<http://www.mobilegprs.com>  
<http://www.umts-forum.org>  
<http://www.3gpp.org>  
<http://www.gsacom.com>  
<http://www.iec.org>  
<http://www.cdg.org>  
<http://www.ericsson.com>  
<http://www.itu.int>  
<http://www.3g-generation.com/>  
<http://www.nortelnetworks.com>  
<http://www.motorola.com>  
<http://www.agilent.com>  
<http://www.idg.es>  
<http://www.networkmagazine.com>  
<http://www.ictnet.es>  
<http://www.pyramidresearch.com>  
<http://www.cintel.org.co>  
<http://www.logica.com>  
<http://www.elitecellular.com>  
<http://www.infodev.org>  
<http://www.alcatel.com>  
<http://www.siemens.com>  
<http://www.nokia.com>  
<http://www.lucent.com>

## ACRONIMOS

### A

- A. Interfaz entre el MSC y el BSC para GSM e interfaz entre el MSC y la BS para TDMA/IS-136
- AAA. Authentication, Authorization and Accounting – Autenticación, Autorización y Facturación
- Abis. Interfaz entre el BSC y la BTS en GSM
- ACCH. Associated Control Channel – Canal de Control Asociado
- ACH. Access Channel – Canal de Acceso
- AMPS. Advanced Mobile Phone System – Sistema Telefónico Móvil Avanzado
- AMR. Adaptative Multi-Rate – Multivelocidad Adaptativa
- ANSI. American National Standards Institute – Instituto de estándares Nacionales Americanos
- APD. Average Power Decrease – Disminución de Potencia Media
- ARCH. Access Response Channel – Canal de Respuesta de Acceso
- ARIB. Association of Radio Industries and Broadcasting – Asociación de Industrias de Radio y Difusión
- ARPU. Average Revenue Per User – Ganancia Media Por Usuario
- ARQ. Automatic Repeat Request – Petición Automática de Repetición
- ATM. Asynchronous Transfer Mode – Modo de Transferencia Asíncrona
- AUC. Authentication Center – Centro de Autenticación

### B

- BCCH. Broadcast Control Channel – Canal de Control de Difusión
- BER. Bit Error Rate – Tasa de Error de Bit
- BG. Billing Gateway – Pasarela de Facturación
- BPSK. Binary PSK – PSK Binaria
- BS. Base Station – Estación Base para TDMA/IS-136
- BSC. Base Station Controller – Controlador de Estación Base
- BSS. Base Station System – Sistema de Estación Base
- BTS. Base Transceiver Station – Estación Transceptora Base

## C

C/I. Carrier to Interference Ratio – Relación de Portadora a Interferencia

CAPEX. Capital Expenses – Gastos de Capital

CCCH. Common Control Channel – Canal de Control Común

CDG. CDMA Development Group – Grupo de Desarrollo CDMA

CDMA. Code Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Código

CDMA/IS-95. Digital Cellular Standard IS-95 – Estándar Celular Digital IS-95

cdmaOne. Marca comercial para IS-95 que integra la interfaz de aire CDMA/IS-95 y el protocolo de red ANSI-41.

CDMA2000 1x EV-DO. CDMA2000 1x Evolution Data Only – CDMA2000 1x Evolución Solo Datos

CDMA2000 1x EV-DV. CDMA2000 1x Evolution Data and Voice – CDMA2000 1x Evolución Datos y Voz

CDPD. Cellular Digital Packet Data – Servicio Celular Digital de Paquetes de Datos

CDR. Call Detail Records – Registros detallados de Llamadas

CHTML. Compact HTML – HTML Compacto

CITEL. Comisión Interamericana de Telecomunicaciones

CN. Core Network – Núcleo de Red

CPAGCH. Compact Packet Access Grant Channel – Canal de Concesión de Acceso por Paquetes Compact

CPBCCCH. Compact Packet BCCH – Canal de Control de Difusión por Paquetes Compact

CPPCH. Compact Packet PCH – Canal de Búsqueda por Paquetes Compact

CPRACH. Compact Packet RACH – Canal de Acceso Aleatorio por Paquetes Compact

CS. Circuit Switching – Red principal por conmutación de circuitos

CS. Code Scheme – Esquema de Codificación

CSD. Circuit Switched Data – Datos por Conmutación de Circuitos

CSCF. Función Control de Sesión de Llamada

## D

D-AMPS. Digital AMPS – AMPS Digital

DCCH. Digital Control Channel – Canal de Control Digital para TDMA/IS-136

DCCH. Dedicated Control Channel – Canal de Control Dedicado para GSM y UMTS

DECT. Digital Enhanced Cordless Telecommunications – Telecomunicaciones Inalámbricas Digitales Mejoradas

DN. Directory Number – Número de Directorio

DNS. Domain Name Server – Servidor de Nombres de Dominio  
 Downlink. Enlace descendente o hacia delante, entre la estación base y la estación móvil  
 DPCH. Dedicated Physical Channel – Canal Físico Dedicado  
 DQPSK. Differential QPSK – QPSK Diferencial  
 DS. Direct Sequence – Secuencia Directa  
 DS. Despread Spectrum – Espectro Desensanchado  
 DS-CDMA. Direct Sequence CDMA – CDMA de Secuencia Directa  
 DSCH. Downlink Shared Channel – Canal Compartido para el enlace Downlink  
 DTCH. Dedicated Traffic Channel – Canal de Tráfico Dedicado  
 DTX. Discontinuous Transmission – Transmisión Discontinua

## E

E-BCCH. Extended BCCH – Canal de Control de Difusión Extendido  
 ECSD. Enhanced Circuit Switched Data – Datos Mejorados por Conmutación de Circuitos  
 EDGE. Enhanced Data Rates for Global Evolution – Velocidades de Datos Mejoradas para la Evolución Global  
 EFR. Enhanced Full Rate – Velocidad Plena Mejorada  
 EGPRS. Enhanced GPRS – GPRS Mejorado  
 EIR. Equipment Identity Register – Registro de Identificación de Equipos  
 ESN. Electronic Serial Number – Número Serial Electrónico  
 ETSI. European Telecommunications Standards Institute – Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones

## F

FACCH. Fast Associated Control Channel – Canal Rápido de Control Asociado  
 FACH. Forward Link Access Channel – Canales de Acceso de UMTS para el enlace Downlink  
 F-APICH. Forward Auxiliary PICH – Canal Piloto Auxiliar para el enlace Downlink  
 F-ATDPICH. Forward Auxiliary Transmit Diversity PICH – Canal Piloto Auxiliar de Diversidad de Transmisión para el enlace Downlink  
 F-BCCH. Fast BCCH – Canal Rápido de Control de Difusión  
 F-BCH. Forward BCH – Canal de Difusión para el enlace Downlink  
 F-CACH. Forward Common Assignment Channel – Canal de Asignación Común para el enlace Downlink  
 FCC. Federal Communications Commission – Comisión Federal de Comunicaciones  
 F-CCCH. Forward CCCH – Canal de Control Común para el enlace Downlink

FCCH. Frequency Correction Channel – Canal de Corrección de Frecuencia  
 F-CPCCH. Forward Common Power Control Channel – Canal de Control de Potencia Común para el enlace Downlink  
 F-DCCH. Forward DCCH – Canal de Control Digital para el enlace Downlink  
 FDD. Frequency Division Duplex – Duplexación por División de Tiempo  
 FDTC. Forward Digital Traffic Channel – Canal de Tráfico Digital para el enlace Downlink  
 F-PCH. Forward PCH – Canal de Búsqueda para el enlace Downlink  
 F-PICH. Forward PICH – Canal Piloto para el enlace Downlink  
 F-QPCH. Forward Quick PCH – Canal de Búsqueda Rápido para el enlace Downlink  
 FR. Full Rate – Velocidad Plena  
 F-SYNCH. Forward Sync Channel – Canal de Sincronización para el enlace Downlink  
 F-TDPICH. Forward Transmit Diversity PICH – Canal Piloto de Diversidad de Transmisión para el enlace Downlink

## G

GAIT. GSM ANSI-41 Interoperability Team – Equipo de Interoperabilidad GSM ANSI-41  
 Gb. Interfaz GPRS entre el BSS y la red principal por conmutación de paquetes 2G  
 GERAN. GSM/EDGE Radio Access Network – Red de Acceso por Radio GSM/EDGE  
 GGSN. Gateway GPRS Support Node – Nodo de Soporte de Pasarela GPRS  
 GIWU. GSM Interworking Unit – Unidad de Interfuncionamiento GSM  
 GMM. GPRS Mobility Management – Gestión de Movilidad GPRS  
 GMSC. Gateway MSC – Pasarela del Centro de Conmutación Móvil  
 GMSK. Gaussian Minimum Shift Keying – Modulación por Desplazamiento Mínimo Gausiano  
 GPRS. General Packet Radio Service – Servicio General de Paquetes por Radio  
 GPS. Global Positioning System – Sistema de Posicionamiento Global  
 GSM. Global System for Mobile Communication – Sistema Global para Comunicación Móvil  
 GTP. GPRS Tunneling Protocol – Protocolo de Entunelamiento GPRS

## H

HA. Home Agent – Agente Residente  
 Hand Off. Transferencia de Llamadas Interceular  
 HDML. Handheld Device Markup Language – Servidor de Lenguaje del Dispositivo para Marcación  
 HLR. Home Location Register – Registro de Localización de Residentes  
 HR. Half Rate – Velocidad Media

HSCSD. High Speed Circuit Switched Data – Datos de Alta Velocidad por Conmutación de Circuitos

HSDPA. High Speed Downlink Packet Data Access – Acceso de Alta Velocidad para Paquetes de Datos del Enlace Downlink

HS-DSCH. High Speed DSCH – Canal Compartido de Alta Velocidad para el enlace Downlink

HSS. Servidor de Abonado Residencial

## I

IM. IP Multimedia – Red multimedia IP

IMEI. International Mobile Equipment Identity – Identificación Internacional de Equipo Móvil

IMSI. International Mobile Station Identity – Número Internacional de Identificación de MS

IMT 2000. International Mobile Telecommunications 2000 – Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000

IMT DS. IMT Direct Sequence – Telecomunicaciones Móviles Internacionales de Secuencia Directa

IMT FT. IMT Frequency Time – Telecomunicaciones Móviles Internacionales de Frecuencia por Tiempo

IMT MC. IMT Multiple Carrier – Telecomunicaciones Móviles Internacionales de Portadora Múltiple

IMT SC. IMT Single Carrier – Telecomunicaciones Móviles Internacionales de Portadora Unica

IMT TC. IMT Time Code – Telecomunicaciones Móviles Internacionales de Código por Tiempo

IN. Intelligent Network – Red Inteligente

IOS. Interoperability Standard – Norma de Interoperabilidad

IP. Internet Protocol – Protocolo de Internet

IR. Incremental Redundancy – Redundancia Incremental

ISDN. Integrated Services Digital Network – Red Digital de Servicios Integrados

ISP. Internet Service Providers – Proveedores de Servicio Internet

ITU. International Telecommunication Union – Unión Internacional de Telecomunicaciones

Iu. Interfaz entre UTRAN y la red principal GSM/UMTS

Iub. Interfaz entre el Nodo B y el RNC

Iu-cs. Interfaz Iu para conmutación de circuitos de la red principal GSM/UMTS

Iu-ps. Interfaz Iu para conmutación de paquetes de la red principal GSM/UMTS

Iur. Interfaz entre RNC y RNC

Iur-g. Interfaz entre UTRAN y BSS

IWF. Interworking Function – Función de Interoperabilidad

## L

LA. Link Adaptation – Adaptación de Enlace

LA. Location Area – Area de Localización

LQC. Link Quality Control – Control de Calidad de Enlace

## M

MAC. Medium Access Control – Control de Acceso al Medio

MAP. Mobile Application Part – Parte de Aplicación Móvil

MCS. Modulation and Coding Scheme – Esquema de modulación y codificación

ME. Mobile Equipment – Equipo Móvil

MGCF. Función de Control de la Pasarela de Medios

MGW. Pasarela de Medios

MIN. Mobile Identification Number – Número de Identificación Móvil

MoU. Memorandum of Understanding

MOU. Minutes Of Use – Minutos de Uso

MRF. Función de Recursos Multimedia

MRP. Multiple Reuse Patterns – Patrones de Reutilización Múltiple

MS. Mobile Station – Estación Móvil

MSC. Mobile Switching Center – Centro de Conmutación Móvil

MSN. Mobile Service Node – Nodo de Servicio Móvil

MVNO. Mobile Virtual Network Operators – Operadores Móviles de Redes Virtuales

MXE. Message Center – Centro de Mensajería

## N

NMT. Nordic Mobile Telephone – Telefonía Móvil Nórdica

NGN. Next Generation Network – Red de Próxima Generación

NMS. Network Management System – Sistema de Gestión de Red

## O

O&M. Operation and Maintenance – Operación y Mantenimiento

OA&M. Operation, Administration and Maintenance – Operación, Administración y Mantenimiento

OHG. Operators Harmonization Group – Grupo de Operadores para la Armonización

OMC. Operation and Maintenance Center – Centro de Operación y Mantenimiento

OPEX. Operational Expenses – Gastos Operacionales

OQPSK. Orthogonal QPSK – QPSK Ortogonal

OSS. Operation and Support System – Sistema de Operación y Soporte

## P

PARC. Acuerdo Panamericano de Roaming

PCH. Paging Channel – Canal de Búsqueda

PCN. Packet Core Network – Núcleo de Red de Paquetes

PCS. Personal Communication System – Sistema de Comunicación Personal

PCU. Packet Control Unit – Unidad de Control de Paquete

PDC. Personal Digital Communication – Comunicación Personal Digital

PDCH. Packet Data Channel – Canal de Paquetes de Datos

PDGN. Packet Data Gateway Node – Nodo Pasarela de Paquetes de Datos

PDN. Public Data Network – Red Pública de Paquetes de Datos

PDP. Packet Data Protocol – Protocolo de Paquetes de Datos

PDSN. Packet Data Serving Node – Nodo Servidor de Paquetes de Datos

PDTCH. Packet DTCH – Canales de Tráfico de Paquetes de Datos

PDU. Protocol Data Unit – Unidad de Protocolo de Datos

PICH. Pilot Channel – Canal Piloto

PLMN. Public Land Mobile Network – Red Terrestre Móvil Pública

PN. Pseudo Noise – Pseudo Ruido

PPP. Point to Point Protocol – Protocolo Punto a Punto

PS. Packet Switching – Red principal por conmutación de paquetes

PSK. Phase Shift Keying – Modulación por Desplazamiento de Fase

PSTN. Public Switched Telephone Network – Red Telefónica Pública Conmutada

PTCCH. Packet Timing Advance Control Channel – Canal de Control Avanzado de Temporización de Paquetes

PTM. Point To Multipoint – Punto A Multipunto

PTP. Point To Point – Punto A Punto

## Q

QoS. Quality of Service – Calidad de Servicio

QPSK. Quadrature PSK – PSK de Cuadratura

## R

- R&D. Research and Development – Investigación y Desarrollo
- RA. Routing Area – Area de Enrutamiento
- RAB. Radio Access Bearers – Portadores de Acceso por Radio
- RACH. Random ACH – Canal de Acceso Aleatorio
- R-ACH. Reverse ACH – Canal de Acceso para el enlace Uplink
- RAN. Radio Access Network – Red de Acceso por Radio
- R-CCCH. Reverse CCCH – Canal de Control Común para el enlace Uplink
- RDCCH. Reverse DCCH – Canal de Control Digital para el enlace Uplink
- RDTCC. Reverse Digital Traffic Channel – Canal de Tráfico Digital para el enlace Uplink
- R-EACH. Reverse Enhanced ACH – Canal de Acceso Mejorado para el enlace Uplink
- RF. Radio Frecuencia
- RLC. Radio Link Control – Control de Enlace de Radio
- RNC. Radio Network Controller – Controlador Red de Radio
- R-PICH. Reverse PICH – Canal Piloto para el enlace Uplink
- RRC. Radio Resources Control – Control de Recursos de Radio
- RTT. Radio Transmission Technology – Tecnología de Transmisión de Radio

## S

- SACCH. Slow Associated Control Channel – Canal Lento de Control Asociado
- S-BCCH. Service BCCH – Canal de Control de Servicio de Difusión
- SCF. Shared Channel Feedback – Canal de Retroalimentación Compartido
- SCH. Synchronization Channel – Canal de Sincronización
- SDCCH. Stand-alone Dedicated Control Channel – Canal de Control Dedicado Autónomo
- SDU. Service Data Unit – Unidad de Datos de Servicio
- SGSN. Serving GPRS Support Node – Nodo Servidor de Soporte GPRS
- SIM. Subscriber Identity Module – Módulo de Identificación del Subscriptor
- SIP. Session Initiation Protocol – Protocolo de Inicio de Sesión
- SMG. Special Mobile Group – Grupo Móvil Especial
- SMS. Short Message Service – Servicio de Mensajería Corta
- SMSCH. SMS Channel – Canal SMS
- SPACH. SMS, Paging and Access Channel – Canal de Acceso, Búsqueda y SMS
- SS. Spread Spectrum – Espectro Ensanchado para CDMA/IS-95
- SS. Switching System – Sistema de Conmutación para GSM

**T**

TACS. Total Access Communications System – Sistema de Comunicaciones de Acceso Total  
 TCH. Traffic Channel – Canal de Tráfico  
 TCP. Transmission Control Protocol – Protocolo de Control de Transmisión  
 TDD. Time Division Duplex – Duplexación por División de Tiempo  
 TDMA. Time Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Tiempo  
 TDMA/IS-136. Digital Cellular Standard IS-136 – Estándar Celular Digital IS-136  
 TDMA/IS-136HS. TDMA/IS-136 High Speed – TDMA/IS-136 de Alta Velocidad  
 TFI. Temporary Flow Identifier – Identificador Temporal de Flujo  
 TIA. Telecommunications Industry Association – Asociación de Industrias de Telecomunicaciones  
 TS. Time Slot – Intervalo de Tiempo  
 TSG GERAN. Technical Specification Group GERAN – Grupo de Especificación Técnica GERAN  
 T-SGW. Función de Pasarela para Señalización de Transporte  
 TTI. Transmission Time Interval – Intervalo de Tiempo de Transmisión

**U**

UE. User Equipment – Equipo de Usuario  
 Um. Interfaz entre el terminal móvil y la estación transceptora base  
 UMTS. Universal Mobile Telecommunications System – Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles  
 UPCH. User Packet Data Channel – Canal de Paquetes de Datos de Usuario  
 Uplink. Enlace ascendente entre la Estación Móvil y la Estación Base  
 USIM. UMTS Subscriber Identity Module – Módulo de Identificación del Subscriptor UMTS  
 UTRA. UMTS Terrestrial Radio Access – Acceso por Radio Terrestre UMTS  
 UTRAN. UMTS Terrestrial Radio Access Network – Red Terrestre de Acceso por Radio UMTS  
 Uu. Interfaz entre el Nodo B y UE  
 UWC-136. Universal Wireless Communications 136  
 UWCC. Universal Wireless Communications Consortium – Consorcio Universal de Comunicaciones Inalámbricas

**V**

VLR. Visitor Location Register – Registro de localización de Visitantes  
 VoIP. Voz sobre IP

VPN. Virtual Private Network – Red Privada Virtual

## **W**

WAP. Wireless Application Protocol – Protocolo de Aplicación Inalámbrico

WARC. World Administrative Radio Conference – Conferencia Mundial Administrativa de Radiocomunicaciones

WCDMA. Wideband Code Division Multiple Access – Acceso Múltiple por División de Código en Banda Ancha

WLAN. Wireless Local Area Network – Red de Area Local Inalámbrica

WRC. World Radio Conference – Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones

WSN. WLAN Service Node – Nodo Servidor WLAN

WWW. World Wide Web

## **OTROS**

136MM. IS-136 Mobility Management – Gestión de Movilidad IS-136

1G. First Generation – Primera Generación

2G. Second Generation – Segunda Generación

3G. Third Generation – Tercera Generación

3GPP. Third Generation Partnership Project – Proyecto de Colaboración de 3G

3GPP2. Third Generation Partnership Project 2 – Proyecto de Colaboración 2 de 3G

8PSK. Eight Phase Shift Keying – Modulación por Desplazamiento de Fase de Ocho Símbolos



