

**DESCRIPCIÓN Y EVOLUCIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA REDES DE DATOS  
EN AMBIENTE GSM**

**ROSSANA MARGARITA CASTILLA SIERRA  
VÍCTOR MANUEL MEZA JIMÉNEZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA  
CARTAGENA DE INDIAS**

**2005**

**DESCRIPCIÓN Y EVOLUCIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA REDES DE DATOS  
EN AMBIENTE GSM**

**ROSSANA MARGARITA CASTILLA SIERRA  
VICTOR MANUEL MEZA JIMENEZ**

**Monografía  
Minor de Telecomunicaciones  
Para optar el título de  
Ingeniero Electrónico**

**Director  
JOSE BARBA MERCADO  
Ingeniero Electrónico  
Especialista en Gerencia en Telecomunicaciones  
Universidad de los Andes**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA  
CARTAGENA DE INDIAS**

**2005**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma de Presidente del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

**Cartagena, Noviembre de 2005**

## DEDICATORIA

A mi madre por su dedicación y apoyo.

*Rossana Margarita Castilla Sierra*

Dedicado a todos aquellos que contribuyeron en mi proceso de formación y en la realización de este trabajo de grado. Sin ellos no estarían leyendo esto.

*Victor Manuel Meza Jiménez*

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer conjuntamente a todos aquellos que hicieron posible la realización de esta monografía: A nuestras madres (Eufemia Sierra y Ana Jiménez), a Geraldine Chilet, José Sierra, a nuestros profesores y maestros, en especial al ingeniero Gonzalo López por la orientación y enseñanza brindada, y a todas las personas que ayudaron con sus aportes, familiares, amigos y compañeros, a todos ellos gracias.

*Rossana Margarita Castilla Sierra*

*Victor Manuel Meza Jimenez*

## **CONTENIDO**

**LISTA DE FIGURAS**

**LISTA DE TABLAS**

**RESUMEN**

**OBJETIVOS**

**INTRODUCCIÓN**

### **1 ANTECEDENTES**

**1.1 HISTORIA DE GSM (Global System for Mobile Communication)**

**1.2 LA RED GSM**

**1.2.1 Arquitectura de la Red GSM**

**1.2.2 Interfaces Y Protocolos GSM**

**1.2.3 Canales Físicos y Lógicos**

### **2 GPRS (GENERAL PACKET RADIO SERVICES)**

**2.1 INTRODUCCIÓN A GPRS**

**2.2 SIMULTANEIDAD DE LOS SERVICIOS GSM Y GPRS**

**2.2.1 Terminales GPRS.**

**2.2.2 BSS, Subsistema de Estación Base GPRS.**

**2.2.3 Nodos de Soporte GPRS**

**2.2.3.1 SGSN, Servicing GPRS Support Node.**

**2.2.3.2 GGSN, Gateway GPRS Support Node**

**2.2.3.3 Conexión entre SGSN y GGSN**

**2.3 INTERFACES DE GPRS**

**2.3.1 Pila de Protocolos de GPRS.**

**2.4 PROCESOS GPRS**

**2.5 FUNCIONES GPRS**

**2.5.1 Funciones de Control de Acceso a la Red (*Network Acces Control Functions*)**

- 2.5.2 Funciones de Administración de Movilidad (MM, Mobility Management)**
- 2.5.3 Funciones de Enrutamiento y Transferencia de Paquetes (*Packet Routing and Transfer Functions*)**
- 2.5.4 Funciones de Administración de Recursos de Radios (*Radio Resource Management Functions*)**
- 2.5.5 Administración de Sesión (*SM, Session Management*)**
- 2.6 INTERFAZ DE RADIO GPRS**
  - 2.6.1 Canales Físicos y Lógicos en GPRS**
    - 2.6.1.1 Canales Físicos**
    - 2.6.1.2 Canales Lógicos**
  - 2.6.2 Esquema de Codificación.**
- 2.7 ESTRUCTURA DE MULTITRAMA EN GPRS**
- 2.8 CALIDAD DEL SERVICIO (QOS, *QUALITY OF SERVICE*)**
- 2.9 COMPARACIÓN DE GPRS CON EL MODELO OSI**
  - 2.9.1 Capa Física**
  - 2.9.2 Capa de Enlace de Datos**
  - 2.9.3 Capa de Red**
- 2.10 COMPARACIÓN DE GPRS CON GSM**
- 2.11 VENTAJAS Y DESVENTAJAS**
- 3 EDGE (Enhanced Data-Rates for GSM Evolution)**
  - 3.1 INTRODUCCIÓN A EDGE**
  - 3.2 EDGE COMPACT Y EDGE CLASSIC**
    - 3.2.1 EDGE Classic**
    - 3.2.2 EDGE Compact**
    - 3.2.3 Escenarios de Despliegue**
  - 3.3 INTERFAZ DE RADIO EDGE**
    - 3.3.1 Mejoras de GPRS.**
      - 3.3.1.1 Adaptación del Enlace (*Link Adaptation*)**
      - 3.3.1.2 Redundancia Incremental (*Incremental Redundancy*).**

- 3.3.2 Esquema de Codificación EDGE.**
- 3.3.3 Modulación en EDGE.**
- 3.4 ARQUITECTURA DEL SISTEMA**
- 3.4.1 Protocolos del Plano de Usuario**
- 3.4.2 Protocolos del Plano de Control y canales.**
- 3.5 EDGE PHASE II**
- 3.5.1 Arquitectura del Sistema.**
- 4 MIGRACION DE GSM A UMTS**
- 4.1 EL CAMINO DE GPRS A UMTS**
- 5 TENDENCIAS DE LAS REDES CELULARES GSM EN COLOMBIA**
- 6 CONCLUSIONES**
- 7 BIBLIOGRAFIA**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de Bloques del sistema de una Red Celular	Pág. 16
<b>Figura 2.</b> Arquitectura del Sistema GSM	Pág. 17
<b>Figura 3.</b> Protocolos sobre las Interfaces A, Abis y Um	Pág. 20
<b>Figura 4.</b> Modelo de Capas en GSM	Pág. 23
<b>Figura 5.</b> Arquitectura Genérica de una Red GPRS.	Pág. 26
<b>Figura 6.</b> Protocolos sobre las interfaces en GPRS.	Pág. 32
<b>Figura 7.</b> Enrutamiento de Paquetes en la Red GPRS.	Pág. 39
<b>Figura 8.</b> Transferencia de Datos en Sentido Uplink.	Pág. 41
<b>Figura 9.</b> Transferencia de Datos en Sentido Downlink.	Pág. 41
<b>Figura 10.</b> Enlace Descendente.	Pág. 42
<b>Figura 11.</b> Enlace Ascendente.	Pág. 42
<b>Figura 12.</b> Procedimiento de Codificación	Pág. 46
<b>Figura 13.</b> Estructura Jerárquica de las Tramas.	Pág. 47
<b>Figura 14.</b> Generación de Multitramas	Pág. 47
<b>Figura 15.</b> Comparación de GPRS con el Modelo OSI.	Pág. 52
<b>Figura 16.</b> Estructura del bloque de radio	Pág. 54
<b>Figura 17.</b> Estructura de 52 multitramas mostrando 4 grupos de Tiempo. Pág. 64 B(0) muestra la posición de CPCBH en tanto que C(i) es la posición de CPCCCH en el bloque i.	
<b>Figura 18.</b> Ejemplo de patrón de reutilización de frecuencia efectivo de 4/12	Pág. 65
<b>Figura 19.</b> Formato de ráfaga (burst) de 8PSK para EDGE	Pág. 67
<b>Figura 20.</b> Rendimiento de esquemas de codificación de GPRS y EDGE	Pág. 70
<b>Figura 21.</b> Diagrama I/Q mostrando los beneficios de la modulación en EDGE	Pág. 71

<b>Figura 22.</b> Servicios de RAB en GERAN	Pág. 75
<b>Figura 23.</b> Interfaces de GERAN	Pág. 75
<b>Figura 24.</b> Estructura de protocolo del plano de usuario para GERAN	Pág. 76
<b>Figura 25.</b> Evolución de las Tecnologías	Pág. 77
<b>Figura 26.</b> Integración del equipo central de red UMTS y GSM/EDGE	Pág. 80

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Esquemas de Codificación GPRS	Pág. 46
<b>Tabla 2.</b> Calidad del Servicio	Pág. 48
<b>Tabla 3.</b> Clases de Delay (Retardo)	Pág. 49
<b>Tabla 4.</b> Clases de Fiabilidad	Pág. 50
<b>Tabla 5.</b> Clases de Caudal Pico	Pág. 50
<b>Tabla 6.</b> Clases de Caudal Medio	Pág. 51
<b>Tabla 7.</b> Comparación entre GPRS y GSM	Pág. 55
<b>Tabla 8.</b> Algunas características básicas para modo Classic y compact	Pág. 65
<b>Tabla 9.</b> Despliegue de Escenarios	Pág. 66
<b>Tabla 10.</b> Esquemas de codificación para EDGE packet switched transmission (EGPRS).	Pág. 68
<b>Tabla 11.</b> Progresión del despliegue de UMTS	Pág. 79

## RESUMEN

En la búsqueda de un sistema móvil que cumpliera con las premisas de itinerancia internacional, mayor eficiencia espectral, soporte para la introducción de nuevos servicios y compatibilidad con RDSI, nace *GSM, Global System for Mobile Communication* (Sistema Global para Comunicación Móvil).

Con la creación de este sistema móvil cuyo uso inicial fue el manejo de voz mediante la conmutación de circuitos, se contaba ahora con un ambiente celular global y flexible que rápidamente aumentó el número de usuarios (y redes de este tipo) alrededor de todo el mundo.

Con el tiempo, las exigencias de los usuarios y la necesidad de optimizar los sistemas móviles GSM, abren el camino en la evolución que ha sido marcada por tres fases: La fase 1, en la que se produjeron sus especificaciones. La fase 2, en la que se propuso la inclusión de servicios de datos y de fax; y finalmente, la Fase2+, en la que se realizan mejoras sobre la codificación de voz y se implementan servicios de transmisión de datos avanzados, entre ellos GPRS y EDGE.

Para la implementación de los nuevos servicios y mejoras incluidos en los sistemas GSM en la Fase 2+, se introduce el concepto de conmutación de paquetes, y con ello, la nueva tecnología que lo soporta, denominada *GPRS, General Packet Radio Services* (Servicio General de Paquetes de Radio).

En GPRS se introducen mejoras en la interfaz de radio GSM y se permite la utilización de los recursos para tráfico de tipo discontinuo (por ráfagas). Además, se concibe como un sistema abierto de fácil evolución e integración con otros

sistemas que permite brindar calidad de servicio a los usuarios y mejores tasas de transmisión que las primeras fases de GSM.

Con la mayor exigencia por parte de los usuarios GSM con respecto al aumento de la tasa de transferencia de información requerida para servicios inalámbricos de tercera generación en ambientes macro celulares, *ETSI, European Telecommunication Standard Institute* (Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones), desarrolla la tecnología EDGE que emplea la adaptación entre un número de modulación y un esquema de codificación como medida para proveer tasas máximas de cientos de Kbps en un ambiente macro celular.

EDGE se presenta entonces, como el paso más importante en la migración de los sistemas GSM al estándar de tercera generación UMTS.

## INTRODUCCION

La tendencia global en las telecomunicaciones móviles hacia el incremento del número de usuarios y al aumento de aplicaciones multimedia que exigen mayor ancho de banda, mayores tasas de transmisión y la inclusión de nuevos servicios con la posibilidad de brindar calidad de servicio, ha llevado a la evolución de las tecnologías existentes hacia estándares nuevos de mayor capacidad y eficiencia.

La ruta de evolución basada en GSM se beneficia del dominio del mercado ya establecido por este sistema global. Siendo la solución dominante en el mundo en cuanto a tecnología móvil, con un 70% de los suscriptores de esta tecnología<sup>1</sup>, GSM ha establecido economías de escala sin paralelo que se han manifestado en una mayor variedad de terminales y más aplicaciones que los sistemas basados en CDMA o TDMA puedan ofrecer. Además, la evolución a servicios de la Tercera Generación basado en el patrón GSM se ha beneficiado del apoyo del Instituto Europeo de Estándares en las Telecomunicaciones (ETSI). En enero de 1998, el ETSI creó un acuerdo unánime entre sus miembros para apoyar la interfaz aérea de UMTS como la interfaz aérea principal de Tercera Generación (3G). Debido a que la red de paquete de datos GPRS es un elemento necesario para utilizar el UMTS, la adopción del UMTS ha promovido también el despliegue del GPRS. Los operarios que instalan la red de GPRS también tienen la opción de emplear la interfaz aérea de EDGE en sitios donde se esperan densidades de tráfico menor o donde el espectro nuevo no está disponible.

---

<sup>1</sup> EMC World Cellular Database

## 1 ANTECEDENTES

### 1.1 HISTORIA DE GSM (Global System for Mobile Communication)

En los comienzos de los años ochenta, muchos países en Europa habían desarrollado su propio sistema de telefonía celular análoga que impedía la interoperabilidad más allá de las fronteras de cada país.

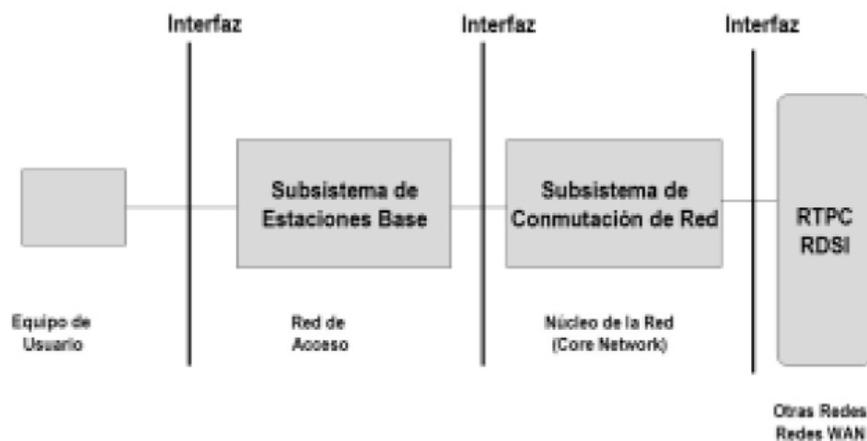
En 1982, el **CEPT, Conference of European Post and Telecommunications** estableció un grupo de trabajo para desarrollar un sistema paneuropeo al que se denominó **GSM, Groupe Speciale Mobile**. El grupo propuso desarrollar un nuevo sistema inalámbrico móvil con las siguientes premisas: itinerancia (roaming) internacional, soporte para la introducción de nuevos servicios, eficiencia espectral y compatibilidad con la RDSI. En 1989, la responsabilidad por el desarrollo de GSM fue transferida al **ETSI, European Telecommunications Standards Institute** que denominó al proyecto como **Global System for Mobile Communications (GSM)**. La evolución de GSM ha estado marcada por tres fases de evolución, la fase 1, en la que se produjeron sus especificaciones; la fase 2, en la que se propuso la inclusión de servicios de datos y de fax; y finalmente, la Fase2+, en la que se realizan mejoras sobre la codificación de voz y se implementan servicios de transmisión de datos avanzados, entre ellos GPRS y EDGE.

GSM es un sistema de conmutación de circuitos, diseñado originalmente para voz, al que posteriormente se le adicionaron algunos servicios de datos: servicio de mensajes cortos, un servicio de entrega de mensajes de texto de hasta 160 caracteres y un servicio de datos GSM, que permite una tasa de transferencia de

9.6 kbps. En los siguientes capítulos se detallarán las capacidades y tasas para posteriores sistemas GSM.

## 1.2 LA RED GSM

La tecnología de sistemas móviles de segunda generación GSM, constituye la base de lo que hoy se conoce como sistema celular digital 1800 (DCS1800, *Digital Cellular System*). En general, el sistema consta de cuatro componentes fundamentales (ver **Figura 1**): *El equipo de usuario*, que corresponde al dispositivo terminal mediante el cual se conecta a la red; la *Red de Acceso*, que permite al usuario dentro de la celda que indican el área física de cobertura de la red; el *Núcleo de la Red*, el cual está constituido por el subsistema de conmutación de red que hacen posible el intercambio de información entre usuarios; Por último, se encuentra el bloque de *Otras Redes*, las cuales pueden ser de voz o datos (RTPC, RDSI, WAN, etc.).

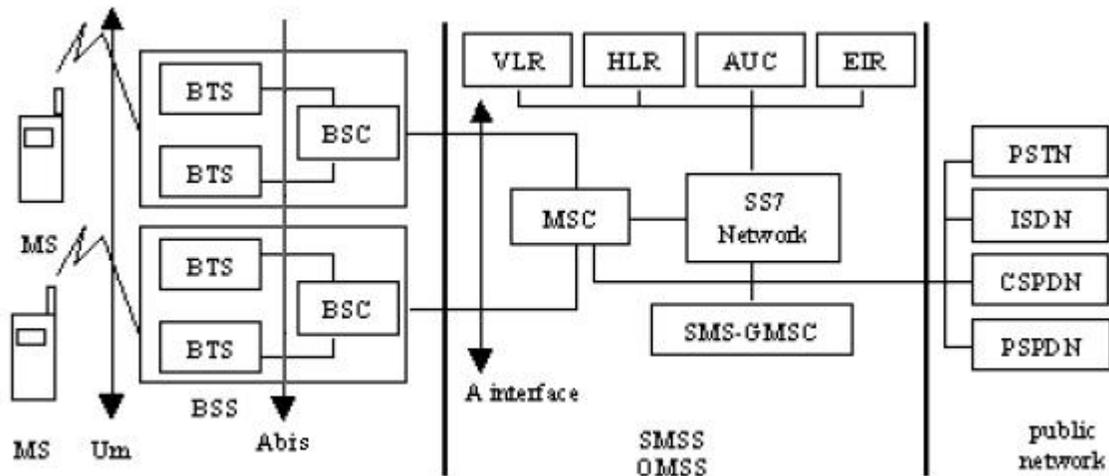


**Figura 1.** Diagrama de Bloques del sistema de una Red Celular <sup>2</sup>

<sup>2</sup> PACHON de la CRUZ, Álvaro. Evolución de los Sistemas Móviles GSM, Sistemas & Telemática, Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad ICESI. 29 de Nov del 2004. Pág. 14

Cada bloque o subsistema debe estar conectado mediante una interfaz que permita el intercambio de información.

**1.2.1 Arquitectura de la Red GSM.** Las redes celulares están compuestas básicamente por los componentes ilustrados en la **Figura 1**. En el caso particular para GSM, cada bloque funcional se divide en componentes que realizan funciones particulares dentro de cada subsistema. En la Figura 2 se muestra la arquitectura del sistema GSM. Sus componentes pueden ser agrupados en tres subsistemas: El subsistema de estaciones base (BSS: Base Station Subsystem), el subsistema de conmutación y gestión (SMSS: Switching and Management Subsystem) y el subsistema de operación y mantenimiento (OMSS: Operation and Maintenance Subsystem).



**Figura 2.** Arquitectura del Sistema GSM<sup>3</sup>

Los elementos que corresponden al equipo de usuario son:

- La Estación Móvil (**MS, Mobile Station**). Corresponde a el equipo físico mediante el cual el usuario puede acceder a los servicios de la red móvil inalámbrica GSM.

<sup>3</sup> PACHON de la CRUZ, Álvaro. Evolución de los Sistemas Móviles GSM, Sistemas & Telemática, Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad ICESI. 29 de Nov del 2004. Pág. 17

- El módulo de identidad del abonado (**SIM, Subscriber Identity Module**). El SIM es el chip que el usuario inserta en el terminal GSM y que distingue entre la identidad del abonado y la del equipo móvil.

Los elementos que constituyen el *Subsistema de Estaciones Base, BSS* (segundo bloque funcional) son:

- La Estación Transmisora-Receptora de base o estación transreptora de base (**BTS, Base Transceiver Station**). Se encarga de proporcionar, vía radio, la conectividad entre la red y las estaciones móviles. Las BTS están bajo el control del Controlador de Estaciones Base (BSC, Base Station Controller).
- El Controlador de Estaciones Base (**BSC, Base Station Controller**). Se encarga de todas las operaciones de transferencia de control de las llamadas y también de controlar las señales de potencia entre las BTS's y las MS's, con lo cual releva al centro de conmutación de varias tareas.
- La Unidad de Transcodificación (**TRAU-Transcoding Rate and Adaptation Unit**). Se encarga de comprimir la información en el interfaz aéreo cuando se hace necesario. La TRAU forma parte del subsistema BSS. Permite que tasas de datos GSM (8,16, 32 Kbps) puedan ser enviadas hacia la interfaz RDSI del MSC que sólo acepta tasas de 64 Kbps.

Los elementos que constituyen el *Subsistema de Conmutación de Red*, (tercer bloque funcional) son:

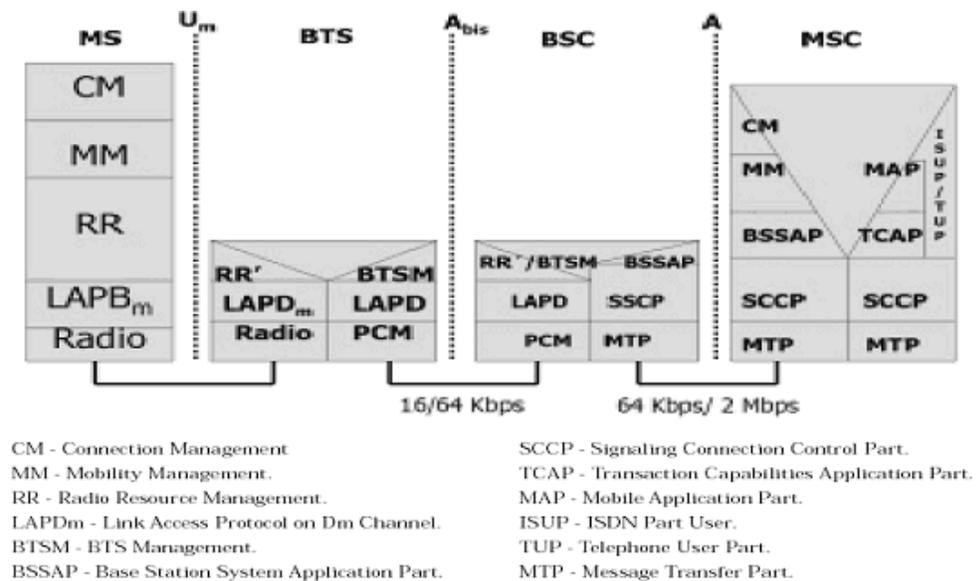
- El Centro de Conmutación de Servicios Móviles o Centro de Conmutación de Móviles (**MSC, Mobile Services Switching Center**). Es considerado el corazón GSM y se encarga de establecer, gestionar y despejar conexiones, así como de

enrutar el tráfico de llamadas entrantes y salientes, y de la asignación de canales de usuario en la interfaz entre el MSC y las BSC. El MSC proporciona la interfaz con el sistema telefónico (**PSTN, Public Switching Telephonic Network**) y presta servicios de determinación de cargos y contabilidad.

- El Registro General de Abonados (**HLR, Home Location Register**). Es una base de datos que contiene y administra la información de los abonados, mantiene y actualiza la posición del móvil y la información de su perfil de servicio.
- El Registro de Abonados Itinerantes (**VLR, Visitor Location Register**). Diseñado para no sobrecargar el HLR. Guarda localmente la misma información que el HLR, cuando el abonado se encuentra en modo de itinerancia (roaming).
- El Centro de Autenticación (**AuC, Authentication Center**). Genera y almacena información relativa a la seguridad, genera las claves usadas para autenticación y encriptación.
- Registro de Identidad de Equipos (**EIR, Equipment Identity Register**). Los terminales móviles tienen un identificador único, el IMEI (**International Mobile Equipment Identity**). El EIR se utiliza para mantener una relación de las identidades de los equipos abonados; a través de él resulta posible identificar aquellos usuarios autorizados.
- El **GMSC, Gateway Mobile Switching Center**, es el punto hacia el cual es encaminada una terminación de llamada cuando no se tiene conocimiento de la ubicación de la estación móvil. Este componente tiene la responsabilidad por el encaminamiento de la llamada al MSC correcto. Las conexiones originadas o dirigidas hacia otras redes son manejadas por este gateway dedicado.

- **SMS-G, Short Message Services Gateways.** Este término es usado para describir colectivamente a dos Gateways que soportan el servicio de mensajería corta (Short Message Services Gateways) descritos en las recomendaciones GSM. El **SMS-GMSC, Short Message Service Gateway Mobile Switching Service** encargado de la terminación de los mensajes cortos y el **IWMSC, Short Message Service Inter-Working Mobile Switching Center** encargado de originar los mensajes cortos.

**1.2.2. Interfaces y Protocolos GSM.** Cada elemento en una red GSM está interconectado a otro mediante interfaces que permiten el intercambio de información entre estas (ver **Figura 3**); cada interfaz a su vez, requiere su conjunto básico de protocolos. Se definen cuatro interfaces en la estructura GSM, estas son:  $U_m$ , A, Abis y MAP, explicadas a continuación.



**Figura 3.** Protocolos sobre las Interfaces A, Abis y  $U_m$ <sup>4</sup>

- $U_m$ : Interfaz aérea (de radio) entre la estación móvil y la BTS. Se basa en operaciones TDMA y en el protocolo ISDN Q.931.

<sup>4</sup> PACHON de la CRUZ, Álvaro. Evolución de los Sistemas Móviles GSM, Sistemas & Telemática, Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad ICESI. 29 de Nov del 2004. Pág. 19

- **Abis:** Esta interfaz define las operaciones entre el BSC y la BTS, o sea permite el control del equipo de radio. Se basa en un enlace de transmisión PCM-30 de 2Mbps y en LAPD (Link Access Protocol on Dm).
  
- **A:** Permite el intercambio de información entre el centro de conmutación de servicios móviles (MSC) y el sistema de estación base (BSS); además, opera haciendo la gestión del subsistema BSS, de las llamadas y de la movilidad. Se basa en un Q.931 modificado que se ejecuta encima de PCM-30, la parte de transferencia de mensaje (**MTP, Message Transfer Part**) de SS7 (**Signaling System 7**) y la parte de control de conexiones de señalización (**SCCP, Signaling Connection Control Part**).
  
- **MAP (Mobile Application Part):** Define las operaciones entre el MSC y la red telefónica, así como el MSC, el HLR, el VLR y el EIR. MAP se implementa encima de SS7. Entre las interfaces que utilizan este protocolo de señalización se encuentran (ver **Figura 2.**):
  - Interfaz B: Esta es utilizada entre el VLR y los MSC asociados que se encuentren en el área de influencia.
  - Interfaz C: Es utilizada por los gateways GMCS para enrutar la llamada al MSC destino a través del HLR.
  - Interfaz D: Es el que permite el intercambio de información entre diferentes HLR o entre un HLR y un VLR.
  - Interfaz E: Es utilizado para intercambiar información entre MSC's de diferentes áreas de influencia.
  - Interfaz F: Permite el suministro de información de un EIR a un MSC (proceso de comprobación del IMEI).
  - Interfaz G: Permite la conexión entre VLR's de diferentes MSC's.
  - Interfaz H: Permite la conexión entre el centro AuC y el HLR.

Los protocolos de señalización en GSM están basados en un modelo de tres capas. En la capa 1 (Layer 1 de la **Figura 4**), como en el modelo de referencia OSI, se fundamenta en la interfaz de radio física como tal. La capa 2 (Layer 2 de la **Figura 4**) de este modelo es la capa de enlace de datos, la cual maneja un protocolo que es una variante de *LAPD (Link Access Protocol on Dm)* de ISDN, y que en GSM recibe el nombre de *LAPDm* (asociado a la interfaz Um) y también, mediante la interfaz A al MTP (***Message Transfer Part***) de capa 2 de SS7.

En la capa 3 (Layer 3 de la **Figura 4**) del modelo, se hace una subdivisión según su función en tres subcapas que son:

- **Administración de los Recursos de Radio (RR, Radio Resources):** Controla el ajuste, mantenimiento y terminación de los canales de radio y fijos incluyendo Handovers.
- **Administración de Movilidad (MM, Mobility Management):** Dirige la actualización de localización y los procedimientos de registro, tanto como la seguridad y autenticación.
- **Administración de Conexión (CM, Connection Management):** Es el que controla en general la llamada, similar a la recomendación CCITT Q.931, maneja además los servicios suplementarios y el SMS (***Short Message Service***).

En el siguiente gráfico, **Figura 4**, se ve como este modelo de tres capas actúa según el modelo de referencia OSI.

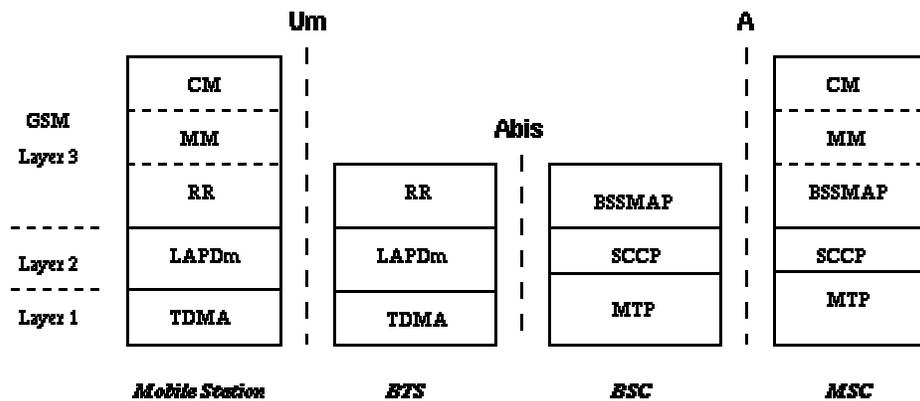


Figura 4. Modelo de Capas en GSM.<sup>5</sup>

**1.2.3 Canales Físicos y Lógicos.** En GSM se pueden distinguir dos tipos de canales, canales físicos y canales lógicos. Los canales físicos se presentan en formas de intervalos de tiempo o Timeslots, y los canales lógicos se representan mediante toda aquella información contenida en los canales físicos. Los canales lógicos a su vez, son dividido en dos tipos: Canales de Tráfico (**TCH, Traffic Channels**) que transportan canales de voz/dato y Canales de Control (**CCH, Control Channels**), que transportan señalización y sincronización entre la estación base y la estación móvil.

<sup>5</sup> INVERSO, Jorge y DEL CAMPO, Fabián. General packet radio service in GSM. Pág. 6

## 2 GPRS (GENERAL PACKET RADIO SERVICES)

### 2.1 INTRODUCCIÓN A GPRS

En el año de 1997, aparecen las primeras implementaciones de la GSM Phase 2+, incluyendo la tecnología GPRS. Este tipo de tecnología para redes móviles, utiliza la conmutación de paquetes para la transmisión de datos y señalización, introduce mejoras en la interfaz de radio GSM y permite la utilización de los recursos para tráfico de tipo discontinuo (por ráfagas). Además, proporciona un acceso más eficiente de las redes celulares a las redes públicas datos.

Las características más relevantes de GPRS son:

- La asignación de calidad del servicio (**QoS, Quality of Service**) diferenciadas a los distintos usuarios móviles mediante la prioridad en función del caudal medio o pico del enlace, de retardos o de fiabilidad del enlace.
- La conmutación de paquetes y el uso de *multislots* (diversas ranuras temporales) con nuevas codificaciones de canal que permiten un mayor caudal, o sea, varios usuarios de GPRS pueden compartir un mismo canal y separar las asignaciones recursos entre enlace ascendente y descendente (*up/down link*).

- Es una arquitectura abierta, o sea, permite la integración de la infraestructura y servicios de telefonía móvil, y la infraestructura y servicios de Internet.

## **2.2 ARQUITECTURA DE LA RED GPRS.**

La arquitectura de una red GPRS puede observarse en la **Figura 5**. Esta utiliza la infraestructura de la red GSM para lograr transmitir paquetes de datos a tasas entre los 9.6 y 171.2 Kbps mediante la adición de nuevos elementos de red, interfaces y protocolos que permitan la transmisión mediante paquetes de información a tasas más altas.

La red GPRS posee dos tipos de Backbones:

- Backbone de Redes Intra-PLMN, el cual interconecta nodos soporte de GPRS de la misma PLMN para redes privadas basadas en IP de un proveedor GPRS.
- Backbone de redes Inter-PLMN, el cual conecta los nodos soporte de GPRS de diferentes PLMNs.



- Clase A: Las estaciones móviles de este tipo permiten al usuario utilizar tanto una conexión por conmutación de circuito como una por conmutación de paquetes con el máximo throughput (rendimiento) posible. Un timeslot para GSM y uno o más timeslots para GPRS.
- Clase B: Las estaciones móviles de este tipo permiten un uso simultáneo de los servicios por conmutación de circuito y por conmutación de paquetes, con perjuicio de las prestaciones del servicio por conmutación de paquetes, o sea, le da una prioridad a GSM y sólo GPRS puede sufrir degradación del servicio.
- Clase C: Las estaciones móviles de este tipo no permiten el uso simultáneo de los servicios, por tanto, el usuario que está disfrutando de un servicio no puede utilizar también otro. La elección de servicios es manual.

**2.2.2. BSS, Subsistema de Estación Base GPRS.** La red GPRS introduce, a nivel de BSC la Unidad de Control de Paquete (**PCU, Packet Control Unit**) que es la responsable de la gestión de recursos radio de los paquetes de datos GPRS: La administración de los canales de radio, tratamiento de la retransmisión, reparto de los canales y la manipulación de acceso al canal. Además la PCU se encarga de separar los paquetes GPRS de los circuitos conmutadores de conexiones, para luego, ser enviados al *SGSN, Serving GPRS Support Node* a través de la interfaz Gb (ver **Figura 5**) empaquetados en tramas PCU de 320 bits.

De igual forma en el subsistema de estación base de GPRS se introduce la Unidad de Control de Canal (**CCU, Channel Control Unit**), el cual es responsable de la codificación de canal, la corrección de errores (**FEC, Forward Error**

**Correction**) y las funciones de monitoreo de canal, incluyendo el QoS (*Quality of Service*) y los niveles de intensidad de la señal.

**2.2.3. Nodos de Soporte GPRS.** Los elementos de la red que se introducen en GSM, y que permiten el manejo de paquetes de GPRS, son los *Nodos de Soporte GPRS (GSN, GPRS Support Node)*, los cuales están subdivididos en el *Nodo de Conmutación (SGSN)* y el *Nodo de Pasarela (GGSN)*.

**2.2.3.1 SGSN, Servicing GPRS Support Node.** El Serving GPRS Support Node (SGSN) se encarga de la entrega de paquetes desde y hacia los móviles que están dentro de su área de servicio. Además, establece los registros que almacenan la información de ubicación (almacenado en el *Location Register* similar al VLR) y el perfil del usuario (almacenado en el registro GR, *GPRS Register*), las funciones de autenticación del abonado, las direcciones del protocolo PDP (*Public or Packet Data Protocol*) para cada usuario GPRS en la PLMN, la gestión de la movilidad y la tarificación.

Este está usualmente conectado a la BSS a través de una conexión Frame Relay de un lado, y al GGSN a través de un backbone de red IP del otro lado.

**2.2.3.2 GGSN, Gateway GPRS Support Node.** El GGSN es el nodo que permite el acceso de la red de paquetes de datos, mediante la evaluación de la dirección PDP, desde y hacia las redes externas de datos (IP, X.25, etc.). Este contiene la información de ruteo usada para encaminar las N-PDU's a los puntos de conexión actuales de las estaciones móviles (MS's).

El GGSN es el encargado de convertir los paquetes GPRS provenientes del SGSN al formato de paquetes PDP apropiado y enviarlos a la red de paquetes de datos correspondiente, y de convertir las direcciones de paquetes de datos entrantes (de redes externas) a direcciones GSM de los destinatarios y luego enviarlos al SGSN

responsable. También se encarga de algunas funciones de tarificación y autenticación

Todo aquel Gateway entre PLMNs y un backbone externo inter-PLMN son llamados *Border Gateways* o *Pasarelas de Borde*, las cuales entre otras funciones, se encargan de garantizar seguridad para proteger los backbones intra-PLMN contra usuarios sin autorización y ataques.

**2.2.3.3 Conexión entre SGSN y GGSN.** La conexión entre SGSN y GGSN permite el intercambio de paquetes de datos usando el protocolo de tunelaje GPRS (***GTP, GPRS Tunneling Protocol***). Esta conexión puede ser establecida usando cualquier tecnología que permita el establecimiento de una conexión IP a velocidades razonables de acuerdo con las especificaciones. Las conexiones de red física tras SGSN y GGSN se dejan a elección del diseñador de red, y pueden ser utilizadas tanto redes Ethernet LAN como redes ATM.

Cuando SGSN y GGSN están en diferentes PLMN's, estas son interconectadas vía interfaz Gp, la cual provee la función de la interfaz Gn, mas la función de seguridad (basada en acuerdos mutuos entre operadores) requerida para la comunicación inter-PLMN.

## **2.3 INTERFACES DE GPRS**

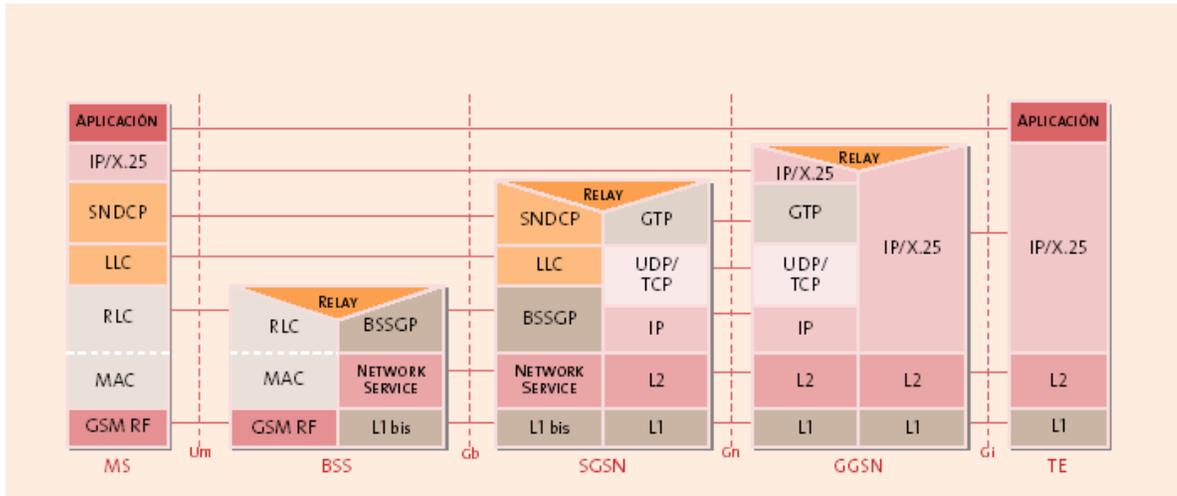
El SGSN tiene tres tipos diferentes de interfaces según el tipo de red al que interconecta: Interfaces IP (*Gn* y *Gp*), Interfaces Frame Relay (*Gb*) e Interfaces MAP (*Gd*, *Gf*, *Gr* y *Gs*). A continuación se define la función de las interfaces asociadas al elemento de red SGSN, que se pueden observar en la **Figura 5**.

- *Gn*: Permite el intercambio de información de usuarios entre GSN's; Además posibilita la conexión intra-PLMN network backbone, o sea, dentro de un mismo área de cobertura.
- *Gp*: Permite el intercambio de perfiles de usuario cuando la MS se mueve del área de cobertura de un SGSN a otro; Posibilita la conexión inter-PLMN network backbone, o sea, presentes en áreas de cobertura diferente.
- *Gb*: Permite la conexión existente entre un SGSN y el Subsistema de Estación Base (BSS).
- *Gd*: Permite la conexión de los SMS-G con el SGSN y el MSC.
- *Gr*: Permite saber al SGSN la información (perfil de usuario, la dirección PDP) del abonado en el HLR.
- *Gs*: Conecta las bases de datos en el MSC/MLR y el SGSN. Permite la coordinación eficiente entre los servicios de paquetes conmutados y los de circuitos conmutados.
- *Gf*: Permite al SGSN solicitar IMEI de una MS cuando intenta registrarlo en la red; Posibilita el suministro de información del EIR al SGSN.

El GGSN por su parte, tiene una interfaz *Gi* que permite la interconexión con las Redes externas *PDN, Public or Packet Data Network* y una interfaz *Gc* que permite a esta pasarela saber la información de abonados mediante una conexión al HLR (ver **Figura 5**).

**2.3.1 Pila de Protocolos de GPRS.** Al igual que a nivel físico, GPRS incluye una pila de protocolos que se encuentran asociadas a cada interfaz mencionada y que permiten el flujo de mensajes entre unidades funcionales. En la siguiente gráfica (**Figura 6**) se observa un esquema de los campos en los que actúan algunos protocolos de la pila GPRS para la transmisión de información entre una estación

móvil (MS) y un equipo terminal (TE), que a diferencia del MS este puede ser un PC o cualquier tipo de equipo que pueda recibir y procesar la información (inclusive un MS).



**Figura 6.** Protocolos sobre las interfaces en GPRS.<sup>7</sup>

A continuación se hace una descripción de cada protocolo propio de GPRS. En la **Figura 15** se observan la pila de protocolos que actúan en GPRS, y se observa su posición en cada capa del modelo OSI.

- **BCC, Broadcast Call Control:** Este protocolo es usado por el VGCS (*Voice Group Call Service*) en las interfaces de radio. Hace parte de uno de los protocolos de subcapa de administración de la conexión (**CM, Connection Management**).

El BCC es el encargado de controlar las llamadas en difusión masiva (*Broadcast Call*) que se hacen para localizar un MS específico. Los procedimientos elementales en el BCC incluyen: Procedimientos de establecimiento del Broadcast, procedimientos de terminación del

<sup>7</sup> GONZALEZ BECERRA, Alejandro. Experiencia de los servicios sobre el piloto de red GPRS. Telefónica Móviles España, departamento de Investigación y Desarrollo. Numero 20. Marzo 2001. Pág. 32.

Broadcast, Procedimiento de información de la fase de llamada y varios procedimientos de diverso tipos.

- **BSSAP+, BSS Application Part Plus:** Define el uso de los recursos del móvil cuando una estación móvil soporta simultáneamente los servicios de GSM y GPRS. Además, define los procedimientos usados por los SGSN para conectarse con los VLR y permitir la interoperabilidad entre servicios de conmutación de circuitos y conmutación de paquetes. Usado en la interfaz Gs. Este protocolo coordina la información de ubicación de las MS's ligadas a ambos servicios, GPRS y no GPRS.
  
- **BSSGP, BSS GPRS Protocol:** Este protocolo transporta la PDU de las BSS en GPRS a los nodos SGSN (serving GPRS support node). La funciones primarias del BSSGP son:
  - Proveer a una BSS (mediante un SGSN) de la información de radio relacionada usada por la función RLC/MAC (en el downlink).
  - Proveer a un SGSN (mediante un BSS) de la información de radio relacionada derivada de la función RLC/MAC (en el uplink).
  - Provisión de funcionalidad para habilitar dos nodos físicamente distintos, un SGSN y una BSC para operar funciones de control de la administración de nodos.
  
- **GCC, Group Call Control:** Este protocolo es usado por el VGCS en la interfaz de radio en el sistema 3GPP. Es uno de los protocolos de la subcapa de CM. Su modo de operación es bastante similar BCC, pero ahora el llamado se hace a un grupo. Las principales funciones del protocolo GCC son: El Procedimiento de establecimiento del llamado de grupo (Group Call), procedimientos de terminación del Group Call,

Procedimiento de información de grupo de la fase de llamada y varios procedimientos de diverso tipos.

- **GMM, GPRS Mobility Management:** GPRS usa el protocolo GSM MM (Mobility Management) que aquí se llamará GPRS MM protocol (GMM). La principal función de este protocolo de subcapa MM es soportar la característica de movilidad en la terminales del usuario, informándole a la red la actual posición del usuario y proveyéndole completa confidencialidad de identidad. Otra función de este protocolo (cuyas funciones son de la subcapa GMM) es la de dar servicios de administración de la conexión a las diferentes identidades de la subcapa superior CM, Connection Management.
- **GSM, GPRS Session Management:** La principal función de este protocolo es la de soportar los contextos PDP que maneja el terminal del usuario. El SM (Session Management) compromete procedimientos como: Identificar la activación del contexto PDP, la desactivación y modificación, y la activación y desactivación de los contextos PDP.
- **GTP, GPRS Tunneling Protocol:** Este protocolo opera a través de la interfaz Gn, entre el SGSN y el GGSN, utilizando túneles de control y tareas de administración que le permiten al SGSN brindar acceso al MS a la red GPRS (Las MS's se conectan al SGSN sin utilizar el GTP). La señalización es la que se encarga de crear, modificar y borrar los túneles de información, y su trayectoria, depende de si el usuario que utilizará un túnel, requiere o no un enlace fiable.
- **LLC, Logical Link Control:** LLC define el protocolo de la capa de control de enlace lógico que se utilizará para la transferencia de paquetes, entre la estación móvil (MS) y el SGSN.

El formato de la trama definido para LLC, está basado en aquellos definidos para LAPD y RLP, aunque entre estos hay diferencias bastante importantes como lo que se refiere a los métodos de delimitación de la trama y los mecanismos de transparencia.

LLC soporta dos modos de operación:

- La operación Unacknowledged peer-to-peer (par a par de no confirmación, acuse de no recibo).
  - La operación Acknowledged peer-to-peer (par a par de confirmación, acuse de recibo).
- 
- **NS, Network Service:** El NS (Servicio de Red) se encarga del transporte de las NS SDUs (**SDU, Servicio Data Unit**) entre el SGSN y el BSS. Los Servicios brindados al usuario NS son: Transferencia NS SDU, Indicador de Congestión de Red, Indicador de Estado (Status Indication).
  - **RLP, Radio Link Protocol:** Este Protocolo fue diseñado originalmente para la transmisión de datos sobre la PLMN GSM, aunque luego ha sido adaptado a las necesidades de transmisión digital vía radio. RLP cubre con las funciones y servicios de capa 2 del modelo de referencia OSI (Enlace de Datos) RLP y su cobertura se extiende desde la estación móvil (MS) hasta la función de interworking localizada en el MSC más cercano.

Existen tres versiones de RLP:

- Versión 0, o versión básica de enlace simple (Single-link)
- Versión 1, o versión extendida de enlace simple (Single-link)
- Versión 2, o versión de Multienlace (Multi-link).

- **SMSCB, Short Message Service Cell Broadcast:** El protocolo SMSCB es un servicio en el cual los mensajes cortos pueden ser transmitidos en broadcast desde una PLMN a las estaciones móviles (MSs). Los mensajes SMSCB vienen de diferentes fuentes (reportes de tráfico, reportes del clima, etc.), la cual es identificada (junto con el asunto o *subject*) por el campo *Identificador de Mensaje* en la cabecera de este protocolo. El servicio de envíos de mensajes cortos en una celda por broadcast (SMS Cell Broadcast), fue diseñado con el fin de minimizar los requerimientos de uso de la batería en los MSs.
- **SNDP, Sub-Network Dependant Convergence Protocol:** El protocolo SNDP usa los servicios brindados por la capa LLC y la subcapa SM (Sesión de Administración). Las principales funciones de SNDP son: Multiplexación de diferentes PDPs (packet data protocol), compresión y descompresión de datos de usuarios (user data), compresión y descompresión de información de control de protocolo, segmentación de una N-PDU (unidad de control de protocolo de red) a LL-PDUs (unidad de control de protocolo de LLC) y reensamble de LL-PDUs a N-PDU.
- **TOM, Tunnelling of Messages:** TOM (Tunalaje de mensaje) es una capa de protocolo genérica usada para el intercambio de tramas de protocolos TOM entre la MS y el SGSN. TOM usa dos LLC SAPs (**SAP, Servicio Acces Point**), una para mensajes de alta prioridad y el otro para mensajes de baja prioridad. Uno de los usos de la capa del protocolo TOM, es la de tunelar mensajes de señalización entre una MS y un MSC/VLR.
- **TRAU, Transcoding Rate and Adaption Unit:** El protocolo TRAU es una entidad encargada de la transcodificación para canales de voz y la función de RA (Rate Adaptation) para canales de dato. Trabaja de la siguiente

forma: Cuando los adaptadores de transcodificación y tasa (transcoders/rate) se encuentran lejos de la BTS, la información entre la CCU (**Channel Codec Unit**), y la TRAU remota, es transferida en tramas con una longitud de 320 bits (20 ms), las cuales son llamadas "Tramas TRAU". En estas tramas, ambas, voz y dato, y la información de control asociada para la TRAU son transferidas.

La TRAU es considerada como parte de la BSC, incluso la señalización entre la BSC y la TRAU (como en las funciones de detección de liberación de llamadas, handover y transferencia de información de O&M) pueden ser llevadas a cabo usando la señalización interna de la BSC.

Las funciones que le corresponden a la TRAU son:

- Función de control de Transcodificación remota y adaptación de tasa (**RTRACF, Remote Transcoder and Rate Adaptor Control Function**);
- La **RSHF, Remote Speech Handler Function**;
- La función RAA para canales codificados de 4,8 y 9,6 Kbps;
- La función RAA para canales codificados de 14,5 Kbps;
- La función RA2;
- La función de transcodificación (transcoder function).
- Opcionalmente las funciones de TFO (ver GSM 08.62).

## **2.4 PROCESOS GPRS**

Las redes que utilizan la tecnología GPRS poseen cierta cantidad de procesos básicos, los cuales describen el funcionamiento de las redes GPRS, estos son:

- Vinculación (*Attach*): Mediante este proceso la estación móvil (MS) se conecta a un SGSN en una red GPRS.
- Autenticación: Como su nombre lo indica, en este proceso el SGSN autentifica el móvil suscrito.
- Activación PDP: Mediante este proceso se establece una sesión de usuario entre la estación móvil y la red destino.
- Desvinculación (*Detach*): Mediante este proceso la MS se desconecta del SGSN de una red GPRS.
- Solicitud PDP iniciada por la red para una dirección IP estática: Proceso por el cual una llamada desde una red de paquetes alcanza una estación móvil usando una dirección IP estática.
- Solicitud PDP iniciada por la red para una dirección IP dinámica: Proceso por el cual una llamada desde una red de paquetes alcanza una estación móvil usando una dirección IP dinámica.

## 2.5 FUNCIONES GPRS

GPRS posee diversas funciones de alto nivel que permiten el desarrollo y funcionamiento de las características propias de este sistema. Dichas funciones son: Las funciones de Control de Acceso a la Red, funciones de Administración de Movilidad, funciones de Enrutamiento y Transferencia de Paquetes, funciones de Administración de Recursos de Radios, y funciones de Administración de Sesión.

**2.5.1 Funciones de Control de Acceso a la Red (*Network Acces Control Functions*):** Se refiere a los procedimientos que permiten a los usuarios emplear los servicios de la red. Por ejemplo, la autenticación y autorización, control de admisión, tarificación, etc.

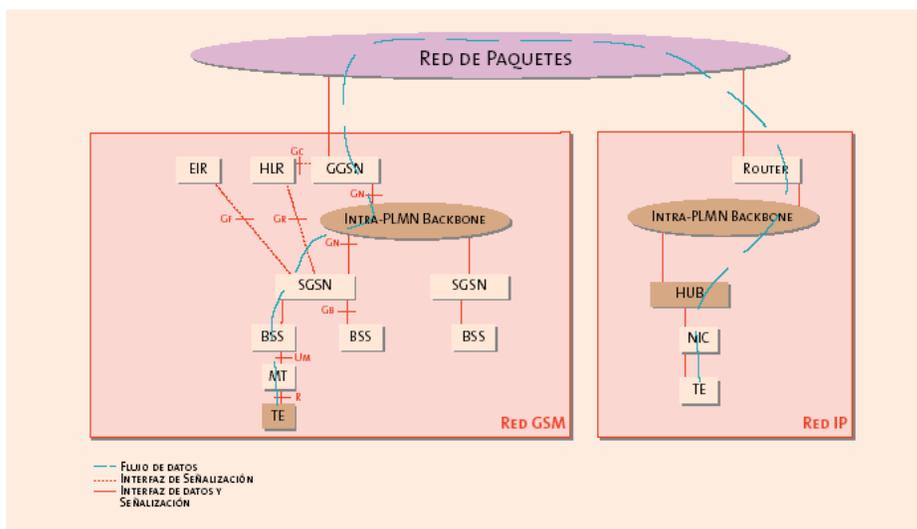
**2.5.2 Funciones de Administración de Movilidad (MM, Mobility Management):** MM es un set de funciones definidas para seguir la situación/estado de los terminales de los usuarios dentro y fuera de su PLMN. Para mantener la movilidad de las MSs, las celdas (establecidas por los BTS) en un área de servicio dado, son particionadas en muchos grupos en la que se brinda a los móviles la capacidad de establecer radio enlaces. De esta forma la actualización continua de la ubicación se podrá realizar.

La administración de la ubicación de la terminal móvil puede ser dividida en dos estrategias básicas: Procedimiento de vinculación (Attach) y desvinculación (Detach), y actualización de ubicación. Su uso depende de la cantidad de tráfico actual y de la frecuencia necesaria para la actualización de la información de la localización. Para entender estos procesos, se introduce el modelo de tres estados, el cual es constituido por los estados llamados IDLE, READY y STANDBY.

- En el estado IDLE (*Inactivo*), el MS no es alcanzable para la conexión GPRS, no se lleva a cabo la actualización de ubicación, y por lo tanto la ubicación actual del MS en la red es desconocida. Para habilitar las conexiones GPRS el MS debe cambiar al estado READY.
- En el estado READY (*Listo o Activo*), las MSs informan al SGSN asociado a su servicio, de cada movimiento a una nueva celda; el *paging* no es necesario. Si una tarea de desvinculación GPRS es requerida, el MS regresará al estado IDLE, y cuando un MS no envíe paquete alguno durante un periodo largo de tiempo, el temporizador de READY expirará y entrará en estado de STANDBY.
- En el estado STANDBY (*En espera*), el SGSN es el que conoce la ubicación del MS por un RA (Routing Area). Un RA es una estructura

intermedia entre las áreas de localización (**LA, Location Areas**) y las celdas, que está usualmente compuesta de muchas de estas. Para saber la celda actual de un MS, el *paging* debe ser realizado en cierta RA. La transmisión o recepción de PDUs regresará al MS al estado READY, luego el proceso de *paging* no será necesario durante el proceso de esta transferencia.

**2.5.3 Funciones de Enrutamiento y Transferencia de Paquetes (*Packet Routing and Transfer Functions*):** Son todas aquellas funciones que se realizan en la red destinadas al establecimiento de las rutas que siguen los paquetes de datos (hacia la misma u otras redes), así como su transmisión. En la siguiente gráfica (**Figura 7**) se observa el proceso de enrutamiento de paquetes en la red GPRS.



**Figura 7.** Enrutamiento de Paquetes en la Red GPRS.<sup>8</sup>

**2.5.4 Funciones de Administración de Recursos de Radios (*Radio Resource Management Functions*):** Como su nombre lo indica, se designa así a las funciones mediante las que se asignan, se da mantenimiento y control, a los

<sup>8</sup> GONZALEZ BECERRA, Alejandro. Experiencia de los servicios sobre el piloto de red GPRS. Telefónica Móviles España, departamento de Investigación y Desarrollo. Numero 20. Marzo 2001. Pág. 33.

recursos del canal de radio. La asignación de frecuencias de GSM se comparte entre los servicios de circuito conmutado y de GPRS.

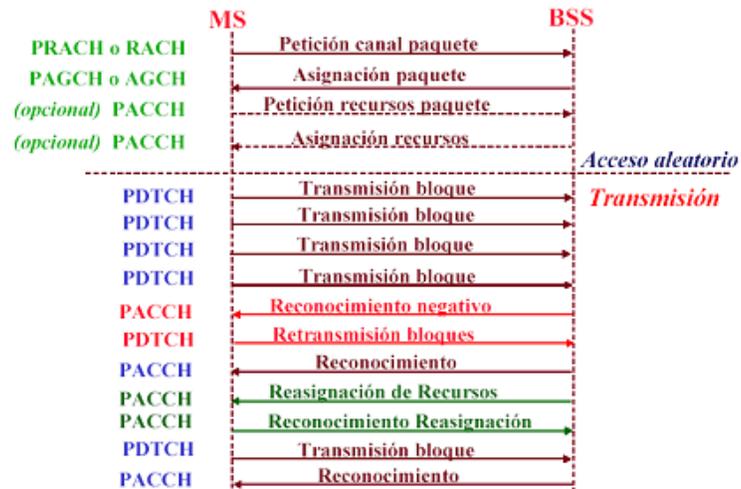
**2.5.5 Administración de Sesión (SM, Session Management):** El recurso de administración de sesión GPRS (SM) es para el soportar del Protocolo de Paquetes de Datos (**PDP, Packet Data Protocol**) PDP context utilizado por las terminales de usuario. Después de una operación de vinculación (attach) anónima o identificada de la MS, un PDP context es creado para describir las características de la sesión establecida (por ejemplo, Access Point Name APN, QoS, prioridad radio, etc.). Otro de los procedimientos del cual la SM se encarga es de la modificación y desactivación de un PDP context.

La principal diferencia entre un MM context y un PDP context, es que el Mobility Management (MM) context proporciona información de la movilidad de un MS en la red, mientras que un Packet Data Protocol (PDP) context provee información que permite soportar la entrega de paquetes entre el MS y la red. Mientras MS podría ser asociado con diferentes PDP context, este sólo tiene un MM context.

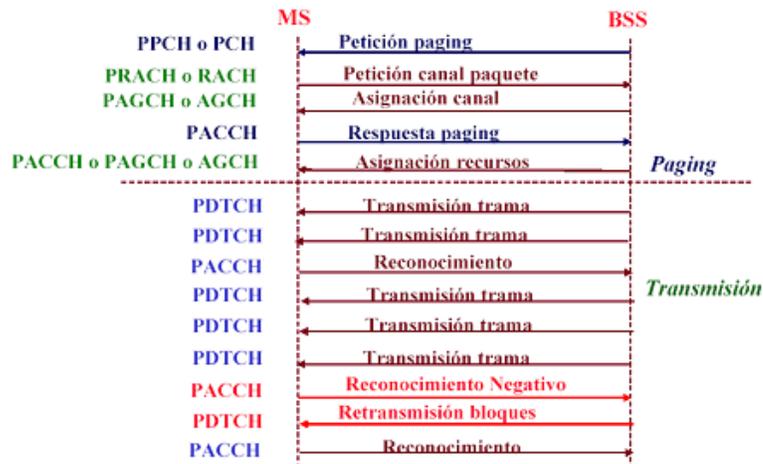
## **2.6 INTERFAZ DE RADIO GPRS**

La interfaz de radio GPRS introduce a las redes GSM el concepto de transmisión de paquetes sobre la interfaz de aire, y posibilita además a la red que los usuarios compartan los recursos de radio y las ranuras de tiempo que son asignadas por paquetes (a diferencia de GSM en la que se asignan ranuras por tiempo indefinido). Esta interfaz es basada en TDMA (Time Division Multiple Access), en la que los canales son asignados cuando los paquetes son enviados o recibidos, y después de la transmisión, son liberados; de esta forma, se permite a múltiples usuarios compartir un mismo canal físico y aprovechar mejor los recursos de radio.

Los canales en GPRS, son asimétricos e independientes, tanto para el *uplink* como para el *downlink*; o sea, en cierto timeslot de TDMA, un canal de datos puede transportar información de determinado MS en el *uplink* y de otro MS en el *downlink*. A continuación se observan los esquemas de transferencia en sentido *uplink* y *downlink* **Figuras 8 y 9**.



**Figura 8.** Transferencia de Datos en Sentido Uplink.<sup>9</sup>



**Figura 9.** Transferencia de Datos en Sentido Downlink.<sup>10</sup>

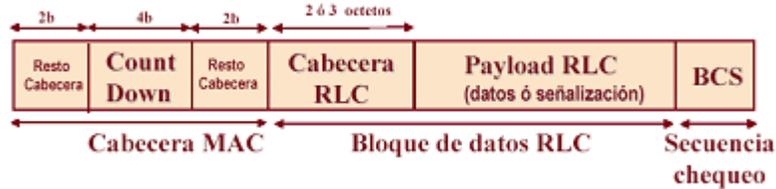
<sup>9</sup> DPC. Grupo de Comunicaciones Radio. "General Packet Radio Service (GPRS)". Pág. 37

<sup>10</sup> DPC. Grupo de Comunicaciones Radio. "General Packet Radio Service (GPRS)". Pág. 38.

A continuación se observan las estructuras de bloque de radio en ambos sentidos, Ascendente y Descendente **Figuras 10 y 11**.



**Figura 10.** Enlace Descendente.<sup>11</sup>



**Figura 11.** Enlace Ascendente.<sup>12</sup>

La anchura del canal y la estructura de la trama en GPRS, son los mismos utilizados en GSM. La estructura de Multitrama de 51 tramas TDMA y de 52 tramas TDMA se especifica en GSM 05.01.

**2.6.1. Canales Físicos y Lógicos en GPRS.** Al igual que en GSM, en las redes GPRS, se hace necesario el uso de canales físicos y lógicos que soporten el manejo de paquetes propio de esta tecnología.

**2.6.1.1. Canales Físicos.** GPRS usa la misma estructura TDMA/FDMA que GSM para formar los canales físicos. Para las direcciones uplink y downlink muchas frecuencia de canales con ancho de banda de 200 kHz son definidos a través de FDMA. Estos son subdivididos además, en tramas TDMA con una longitud de

<sup>11</sup> DPC. Op. Cit. 36

<sup>12</sup> DPC. Op. Cit. Pág. 36

4.615 ms. Cada trama TDMA es también separada en ocho TimeSlots de igual tamaño.

Como una extensión de GSM, GPRS usa las mismas bandas de frecuencias que GSM y sus derivadas (GSM1800 y PCS1900), y ambos comparten los mismos canales físicos. Cada ranura de tiempo, puede ser asignada por GPRS, para transmitir paquetes de datos, o por GSM, para establecer llamadas de circuitos conmutados. Los Timeslots (ranuras de tiempo) utilizados por GPRS son llamados Packet Data Channel (PDCH). La unidad de transmisión básica de PDCH es llamada “*radio block*” (*Bloque de Radio*).

Los *Canales de Paquetes de Datos (PDCH, Packet Data Channel)* utilizan en forma selectiva el protocolo ARQ (*Automatic Repeat Request*) para transmisiones a través de la interfaz; Los canales de paquetes de datos pueden ser: *Canales PDCH dedicados*, asignados de forma exclusiva para el servicio GPRS o *Canales PDCH bajo demanda*, en el que se les da prioridad a los servicios de conmutación de circuitos. El operador puede decidir si dedicar permanentemente o temporalmente algunos canales físicos para el tráfico GPRS.

- ***Canales PDCH bajo demanda***: La asignación de canales físicos en una celda en GPRS puede ser basada en la necesidad actual de transferencia de paquetes, la cual se refiere al principio de “*Capacidad Bajo Demanda*” (*Capacity on Demand*). El aumento o disminución de canales asignados bajo demanda se llevará a cabo en el sistema mediante una función de supervisión de carga (de la subcapa MAC), la cual monitorea la carga de los PDCHs y el número (aumentar o disminuir) de canales físicos asociados en una celda. De acuerdo a la demanda de recursos para servicios de circuitos conmutados, algunos PDCHs deben ser liberados tan pronto como sea posible. El proceso de liberación puede tener dos alternativas:

*Liberación Inmediata (Immediate Release) y Liberación con Retardo (Delayed Release).*

Otro concepto asociado directamente al uso y función de los canales físicos es el *concepto de Maestro-Esclavo (Master-Slave)*. Un PDCH actuando como maestro se encarga de acomodar los paquetes de control de canales comunes (**PCCH, Packet Common Channel**), mientras que los PCCH se encargan de transportar la señalización dedicada y los datos de usuario. El resto de canales actuarán como esclavos solo transfiriendo los datos de usuario.

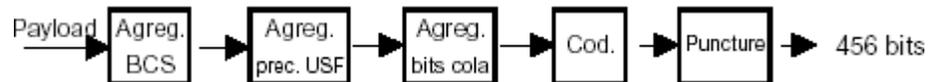
**2.6.1.2. Canales Lógicos.** Al igual que en GSM, para transportar datos del móvil al usuario en GPRS, se diferencian la información de señalización de la del usuario a través de los canales lógicos. Los canales lógicos suelen agruparse en cuatro categorías: Canales Comunes de Control, Canales de Control de Difusión, Canales de Tráfico y los Canales Dedicados de Control.

- *Canales Comunes de Control:* Son canales que permiten a una estación móvil diversas funciones de red. En esta categoría se encuentran: **PPCH (Packet Paging Channel)**, **PRACH (Packet Random Access Channel)** y **PAGCH (Packet Access Grant Channel)**.
- *Canales de Control de Difusión:* Son llamados **PBCCH, Packet Broadcast Control Channel**, y se los encargados de transmitir información del sistema (control general) a todos los terminales.
- *Canales de Tráfico:* Son llamados **PDTCH, Packet Data Traffic Channel**, y son usados para la transferencia de paquetes de datos. Un MS puede usar más de un PDTCH en paralelo (operación multislot) para la transferencia de paquetes individuales.

- **Canales Dedicados de Control:** Son canales que se encargan de procesos de control del tráfico y envío de la información. Se distinguen dos tipos de Canales Dedicados de Control:

- El Canal de Control de Paquetes Asociado (**PACCH, Packet Associated Control Channel**) es usado para transportar información de señalización relativa a un MS dado como un reconocimiento (ACK) y la información del canal de control. Este también transporta mensajes de asignación y reasignación de recursos. Un PACCH es asociado con una o varias ocurrencias de PDTCHs generalmente asociados a un MS. Además, permite transferir el nivel de potencia e información del sistema.
- El Canal **PTCCH, Packet Timing Control Channel**, es el utilizado para el envío de información relativa al avance del tiempo.

**2.6.2. Esquema de Codificación.** Para GPRS, se definen cuatro diferentes esquemas de codificación, designados de CS1 hasta CS4, cada uno de ellos con valores diferentes de codificación de corrección de error que han sido optimizados para diferentes ambientes de radio. La red decide el esquema de codificación según las condiciones del ambiente de radio actual mediante el algoritmo de adaptación de enlace en el controlador de estación base (BSC). Un paquete enviado con un esquema superior de codificación (menor corrección de errores) que no es recibido apropiadamente, puede ser retransmitido con un esquema de codificación más bajo (mayor corrección de errores) si el nuevo ambiente de radio lo requiere. La **Figura 12** muestra el procedimiento de codificación donde el payload se define en la **Figura 16**. Los detalles de la codificación son mostrados en la **Tabla 1**.



**Figura 12.** Procedimiento de Codificación GPRS.<sup>13</sup>

Codificación	Tasa código	Payload	BCS	Pre-codded USF	Bits cola	Bits codificados	Punts. bits	Tasa datos (kbps)
CS-1	1/2	181	40	3	4	456	0	9.05
CS-2	~2/3	268	16	6	4	588	132	13.4
CS-3	~3/4	312	16	6	4	676	220	15.6
CS-4	1	428	16	12	0	456	0	21.4

**Tabla 1.** Esquemas de Codificación GPRS<sup>14</sup>

## 2.7 ESTRUCTURA DE MULTITRAMA EN GPRS

Una estructura de multitrama es necesaria para el PDCH para acomodar los grupos de paging y los bloques posibles de broadcast del sistema de información GPRS. La estructura de multitrama de 51 tramas TDMA y de 52 tramas TDMA se especifica en el GSM 05.01.

En las **Figuras 13 y 14** se pueden observar la estructura jerárquica de las tramas y la generación de multitramas respectivamente.

<sup>13</sup> INVERSO, Jorge y DEL CAMPO, Fabián. General packet radio service in GSM. Pág. 11

<sup>14</sup> INVERSO, Op. Cit.

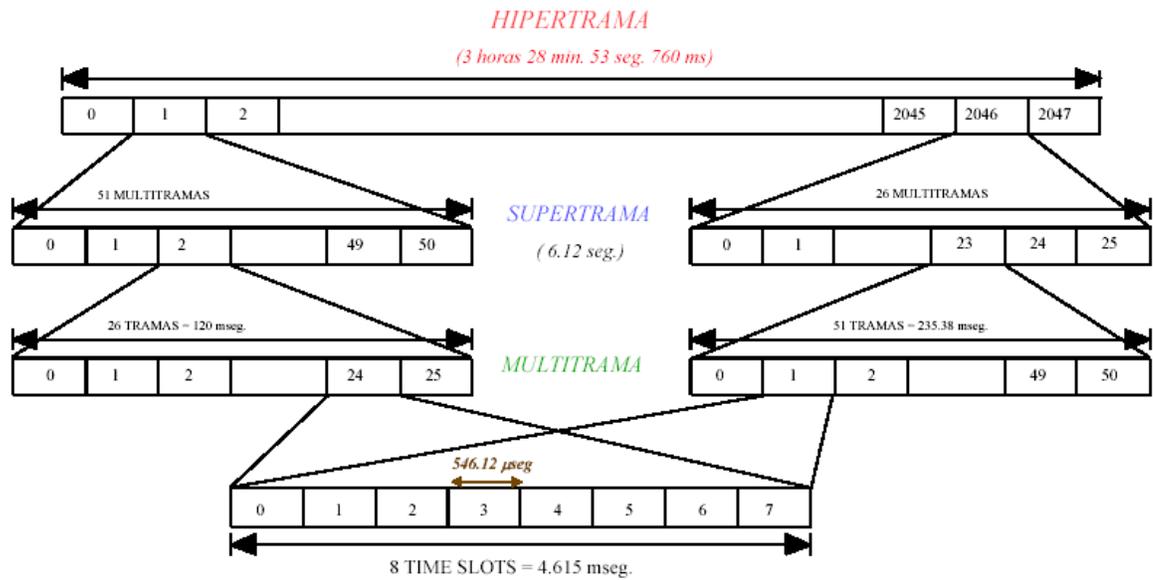


Figura 13. Estructura Jerárquica de las Tramas.<sup>15</sup>

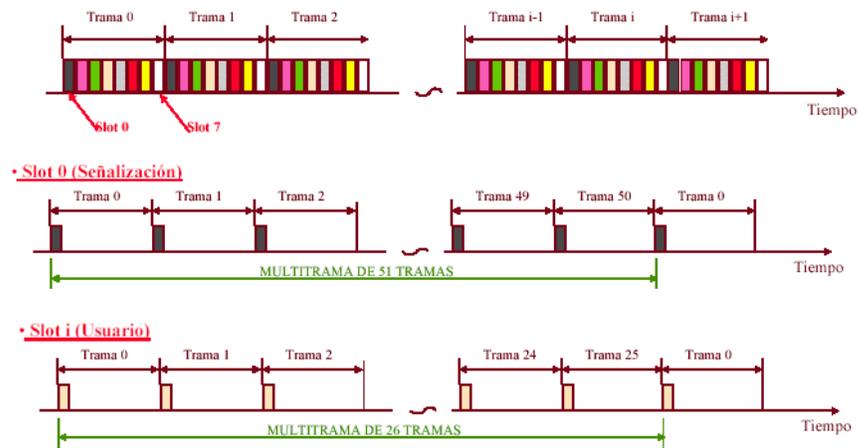


Figura 14. Generación de Multitramas<sup>16</sup>

<sup>15</sup> DPC. Grupo de Comunicaciones Radio."General Packet Radio Service (GPRS)".Pág. 6

<sup>16</sup> DPC. Grupo de Comunicaciones Radio."General Packet Radio Service (GPRS)".Pág. 7

## 2.8 CALIDAD DEL SERVICIO (QOS, QUALITY OF SERVICE)

Cuando se habla de calidad de servicio, QoS, sólo se hace referencia a un conjunto de parámetros de prestaciones que pueden ser observados directamente y medidos desde el punto de acceso al servicio utilizado por el usuario.

GPRS asocia un conjunto de parámetros de QoS, y los denomina “Perfil de calidad del servicio (Perfil QoS)”, para cada contexto PDP. En otras palabras, solo hay un grupo de parámetros válidos para todas las aplicaciones que corren en el mismo contexto PDP (por ejemplo, en una dirección IP). Además, los valores de parámetros son bastante estáticos porque, ni los usuarios, ni el GGSN, pueden iniciar renegociación de los valores después de que los contextos han sido establecidos. En la siguiente tabla (**Tabla 2.**) se observan los parámetros válidos de calidad del servicio.

PARÁMETROS	VALORES				
PRECEDENCIA	ALTA, NORMAL, BAJA				
FIABILIDAD	PROBABILIDAD DE PÉRDIDA DE PAQUETES				
RETRASO EN PAQUETES DE 128 byte	CLASE	1	2	3	4
	MEDIA (s)	<0,5	<5	<50	MEJOR ESFUERZO
	95 % (s)	<1,5	<25	<250	MEJOR ESFUERZO
TASA BINARIA MÁXIMA	8 kbit/s- 171,2 kbit/s				
TASA BINARIA MEDIA	0,22 kbit/s- 111 kbit/s				

**Tabla 2.** Calidad del Servicio<sup>17</sup>

El perfil QoS está definido por cinco atributos: Prioridad del Servicio, Clase de Delay (Retardo), Clase de Fiabilidad, Clase de Caudal Medio, Clase de Caudal Pico. Hay muchos perfiles QoS definidos según sea la combinación de los

<sup>17</sup> GONZALEZ BECERRA, Alejandro. Experiencia de los servicios sobre el piloto de red GPRS. Telefónica Móviles España, departamento de Investigación y Desarrollo. Numero 20. Marzo 2001. Pág. 33.

atributos, aunque una PLMN sólo puede soportar un número limitado de combinaciones de perfiles QoS. A continuación, se hará una breve descripción de los cinco atributos mencionados:

1) Clase de Prioridad: La prioridad del servicio indica el grado de importancia de mantener los servicios comprometidos bajo condiciones anormales en la red GPRS. Por ejemplo, este parámetro determina el orden en el cual los paquetes de datos serán descartados en caso de problemas. La clase de la prioridad del servicio tiene tres valores: 1 (Alta Prioridad), 2 (Prioridad Normal), y 3 (Baja Prioridad).

2) Clase de Delay (Retardo) (ver **Tabla 3.**): Hay cuatro clases de retardos (de la 1 a la 4), estas indican el orden programado de los paquetes de datos, pertenecientes a diferentes operadores y contextos PDP. GSM 02.60 define valores informativos de retardos de transmisión para cada una de estas clases. Sin embargo, autores<sup>18</sup> consideran que los valores deberían ser tomados como valores relativos, y no como valores absolutos de tiempo.

Clase \ Tamaño	128 octetos		1024 octetos	
	Retardo medio	95%	Retardo medio	95%
1 (predictivo)	0.5 s	1.5 s	2 s	7 s
2 (predictivo)	5 s	25 s	15 s	75 s
3 (predictivo)	50 s	250 s	75 s	375 s
4 ( <i>best effort</i> )	No especificado			

**Tabla 3.** Clases de Delay (Retardo)<sup>19</sup>

3) Clase de Fiabilidad (Ver **Tabla 4.**): Este parámetro es definido en términos de las tasa de error residual para los siguientes casos: Probabilidad de Pérdidas de Datos (Paquetes), Probabilidad de la secuencia de datos entregados,

<sup>18</sup> PUUSKARI. Mikko. Nokia Research center. Quality of Service Framework in GPRS and Evolution Towards UMTS. March 1999

<sup>19</sup> DPC. Grupo de Comunicaciones Radio. "General Packet Radio Service (GPRS)". Pág. 43

Probabilidad de entrega de datos duplicada, y la Probabilidad de datos corruptos. La clase de fiabilidad especifica los requerimientos de varios protocolos de capas de red; Define, si debe ser utilizado el proceso retransmisión o *Checksum* en las diferentes capas de protocolos.

Clase	Probabilidad de Perdida de Paquetes	Probabilidad de Paquetes Duplicados	Probabilidad de Paquetes fuera de orden	Probabilidad de Paquetes Corruptos
1	$10^{-9}$	$10^{-9}$	$10^{-9}$	$10^{-9}$
2	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$
3	$10^{-2}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-2}$

**Tabla 4.** Clases de Fiabilidad<sup>20</sup>

4) Clase de Caudal Pico (Ver **Tabla 5.**): El caudal pico o máximo, especifica la máxima tasa a la cual los datos, se espera, sean transmitidos a través de la red para un contexto PDP individual. No hay garantías de que esta tasa pueda ser garantizada o sostenida para cualquier periodo de tiempo.

Clases	Flujo Datos (Octetos/segundo)
1	≤ 1000 octetos (8 Kbits)
2	≤ 2000 octetos (16 Kbits)
3	≤ 4000 octetos (32 Kbits)
4	≤ 8000 octetos (64 Kbits)
5	≤ 16000 octetos (128 Kbits)
6	≤ 32000 octetos (256 Kbits)
7	≤ 64000 octetos (512 Kbits)
8	≤ 128000 octetos (1024 Kbits)
9	≤ 256000 octetos (2048 Kbits)

**Tabla 5.** Clases de Caudal Pico<sup>21</sup>

5) Clase de Caudal Medio (Ver **Tabla 6.**): Este parámetro especifica la tasa promedio a la cual los datos, se espera, sean transferidos durante la duración de un contexto PDP activado.

<sup>20</sup> DPC. Grupo de Comunicaciones Radio. "General Packet Radio Service (GPRS)". Pág. 42

<sup>21</sup> DPC. Op. Cit. Pág. 44

Clase	Trafico
1	Best Effort
2	100 (~0.22 bits/s)
3	200 (~0.44 bits/s)
4	500 (~1.11 bits/s)
5	1.000 (~2.2 bits/s)
6	2.000 (~4.4 bits/s)
7	5.000 (~11.1 bits/s)
8	10.000 (~22 bits/s)
9	20.000 (~44 bits/s)
10	50.000 (~111 bits/s)
11	100.000 (~0.22 Kbits/s)
12	200.000 (~0.44 Kbits/s)
13	500.000 (~1.11 Kbits/s)
14	1.000.000 (~2.2 Kbits/s)
15	2.000.000 (~4.4 Kbits/s)
16	5.000.000 (~11.1 Kbits/s)
17	10.000.000 (~22 Kbits/s)
18	20.000.000 (~44 Kbits/s)
19	50.000.000 (~111 Kbits/s)

**Tabla 6.** Clases de Caudal Medio<sup>22</sup>

## 2.9 COMPARACIÓN DE GPRS CON EL MODELO OSI

GPRS como sistema abierto basa su modelo en el modelo de referencia OSI. Protocolos y subcapas de funciones específicas son requeridos para llevar a cabo la comunicación entre elementos de red y el soporte de paquetes. En la **Figura 15**, se observa el uso de los diferentes protocolos en cada capa del modelo OSI.

<sup>22</sup> DPC. Grupo de Comunicaciones Radio. "General Packet Radio Service (GPRS)". Pág. 45

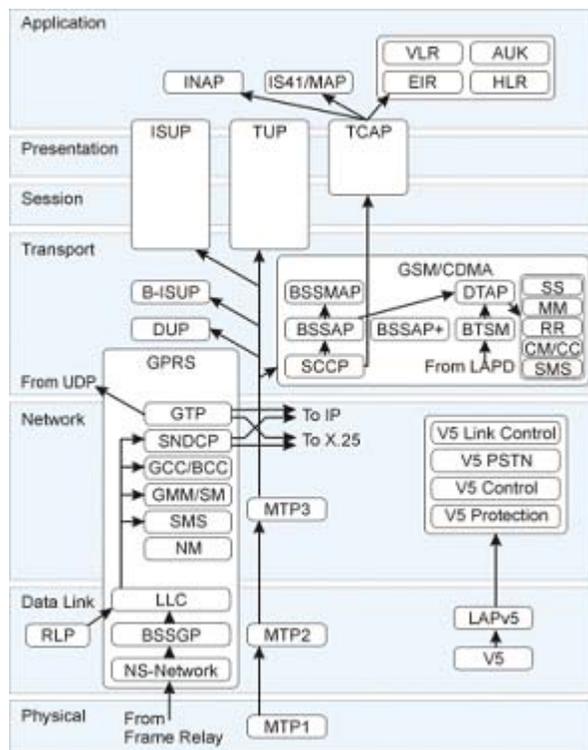


Figura 15. Comparación de GPRS con el Modelo OSI.<sup>23</sup>

**2.9.1 Capa Física.** La capa física en GPRS hace uso de diferentes tecnologías de transporte físico de datos según los elementos de red implícitos en el intercambio de información. En el caso de la comunicación entre la MS y la red, la capa física se divide en dos subcapas que son:

- **PLL, Physical Link Sub-Layer.** Esta Subcapa de acceso físico da los servicios para la transferencia de información para un canal físico entre la MS y la red GPRS. Las funciones de esta subcapa incluyen la fragmentación de las unidades de datos, la codificación de datos, la ejecución del código de corrección de errores hacia delante (**FEC**) (**Forward Error Correction Coding**) y el **Interleaving** rectangular sobre bloques de una radio sobre cuatro bursts en tramas consecutivas TDMA.

<sup>23</sup> GPRS Reference Page .“ Upgrade GSM Technology ”. www. Protocols.com

- **RFL, Physical RF Sub-Layer.** Esta subcapa es la encargada de la modulación/demodulación de las ondas físicas de acuerdo a las recomendaciones de las series GSM 05, que especifican entre otras cosas la frecuencia de las portadoras y la estructura de la trama de GSM (GSM 05.02), modulación de las ondas transmitidas y de la tasa de datos en los canales (GSM 05.04) y las características del transmisor receptor y requerimientos de performance (GSM 05.05).

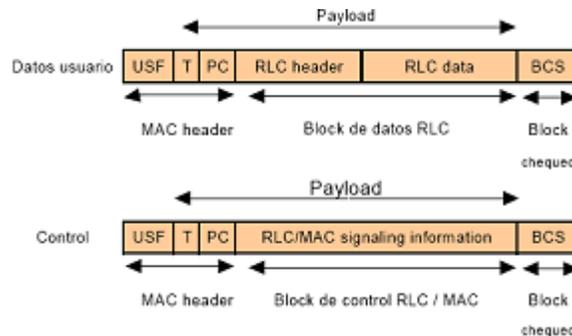
**2.9.2 Capa de Enlace de Datos.** La capa de enlace de datos, al igual que la capa física, es dividida en dos subcapas entre la MS y la BSS. Estas son:

- **LLC, Logical Link Control.** Esta subcapa opera sobre la capa RLC/MAC y provee un enlace lógico entre la MS y el SGSN. En la red esta subcapa es compartida además por el BSS y SGSN (la funcionalidad en el BSS es llamada “LLC Relay”), en este caso, el protocolo BSSGP actúa sobre esta proporcionando ruteo y parámetros de calidad de servicio.
- **RLC/MAC, Radio Link control/Medium Access Control.** Esta subcapa provee servicios para la transferencia de la información sobre la capa física de la interfaz de radio de GPRS. Esta es quien permite que múltiples MSs un mismo medio de transmisión (muchos canales físicos).

La RLC es la encargada de la transmisión de bloques de datos a través de la interfaz de aire y del procedimiento de corrección de errores (**BEC, Backward Error Correction**).

La capa MAC es derivada del protocolo ALOHA ranurado y opera entre la MS y el BTS. Esta es responsable de los procedimientos de acceso al canal de radio, los mecanismos de resolución de contención entre los distintos intentos de acceso al canal y de dar los medios a los usuarios individuales que requieren de los distintos

servicios. En la **Figura 16**, se observa la estructura del bloque de radio para los datos de usuario y el control de mensaje.



**Figura 16.** Estructura del bloque de radio<sup>24</sup>

**2.9.3 Capa de Red.** Sobre esta capa el uso de cualquier protocolo estándar propio de ella, está fuera de las especificaciones GPRS. Protocolos como el GTP de tunelaje, y por debajo de este TCP/UDP (Transmisión Control Protocol/User Datagram Protocol) y el protocolo IP (Internet Protocol) son usados en la capa de red del backbone GPRS. Otros protocolos como SMDCP operan entre el SGSN y MS mapeando las características de los protocolos de la capa red hacia la subcapa LLC.

## 2.10 COMPARACIÓN DE GPRS CON GSM

La **Tabla 7.** que se muestra a continuación compara las características mas relevantes de los servicios GSM y GPRS.

<sup>24</sup> INVERSO, Jorge y DEL CAMPO, Fabián. General packet radio service in GSM. Pág. 11

Servicios GPRS	Servicios GSM
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión típica puede durar horas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duración media de la llamada 2 minutos. En promedio una llamada por hora</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmisión de datos a ráfagas</li> <li>• Enlaces ascendente y descendente independientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujo Continuo de datos en ambas direcciones</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario puede activar servicios de forma independiente</li> <li>• El sistema GPRS soporta de "conectividad especifica por servicio"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los servicios son activados al acceder a la red</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarificación basada en la cantidad de datos transmitidos y/o recibidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarificación basada en el tiempo de ocupación del recurso</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada paquete es tratado como una unidad independiente</li> <li>• No se necesita acceder a las bases de datos (HLR) cada vez que se transmite un paquete</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada vez que activa una llamada se requiere el acceso a la base de datos (HLR)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los paquetes transmitidos son cortos (Típicamente entre 500-1500 octetos)</li> </ul>	

Tabla 7. Comparación entre GPRS y GSM<sup>25</sup>

## 2.11 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Entre las ventajas del sistema GPRS encontramos:

- **Velocidad.** GPRS tiene un máximo de velocidad estándar de 100 kbps (aunque teóricamente es de 171.2 kbps), esta es el doble de la velocidad de las conexiones fijas, y nueve veces mas rápida que los sistemas de transmisión de datos bajo el sistema de red orientada a conmutación de circuitos existentes en GSM.

<sup>25</sup> DPC. Grupo de Comunicaciones Radio."General Packet Radio Service (GPRS)" .Pág. 49

- **Inmediatez.** El sistema GPRS se caracteriza por la ausencia de la necesidad de discar, por esto GPRS se percibe como “estar siempre conectado”. La inmediatez es una característica ventajosa para el sistema GPRS cuando es comparado con la transmisión de datos por conmutación de circuitos.
  
- **Nuevas y mejores aplicaciones.** GPRS permite la adición de nuevas aplicaciones que hasta el momento no eran disponibles en GSM debido a limitaciones en la velocidad de transferencia, entre estas se encuentra la navegación mediante mini-browsers.
  
- **Acceso al servicio.** Para acceder al servicio GPRS se necesita: Un celular o terminal que soporte GPRS, la suscripción a la red GSM que soporte GPRS, suscribirse al servicio de GPRS, conocimiento de cómo enviar y recibir información GPRS usando el modelo específico de celular que se posea, incluyendo la configuración del software y el hardware.
  
- **Factores Claves de la red GPRS**  
 Los factores claves de la red GPRS que aventajan a la red GSM tradicional basada en conmutación de circuitos son: La conmutación de paquetes y la Eficiencia Espectral.

GPRS mejora la capacidad en horas pico de una red GSM dado que simultáneamente:

- Aprovecha los escasos recursos de radio de forma eficiente mediante la concepción de la llamada “Conectividad virtual”.

- Migra tráfico que fue previamente enviado usando datos por conmutación de circuitos hacia GPRS (Conmutación de paquetes) con todo lo que eso implica.
- Reduce el uso de SMS y de la carga de señalización en el canal para éste gracias a que ahora el tráfico que se enviaba por SMS se migra a GPRS / SMS el cual ya es soportado por los GPRS estándares.
- **Internet donde sea.** Por primer vez, GPRS habilita completamente las funcionalidades de internet móvil, permitiendo el “interworking” entre la internet y la red GPRS. Cualquier servicio usado hoy en la Internet “fija” (con conexión fija) como FTP, navegación, chat, e-mail, telnet, entre otras estará disponible también sobre la red móvil gracias a GPRS. De hecho, muchos operadores de redes consideran al uso de GPRS como una ayuda para llegar a ser ISP inalámbricos.
- **Soporte para TDMA y GSM.** Debe hacerse notar que el servicio de radio de paquetes generales (GPRS) es un sistema que no solo ha sido diseñado para redes móviles basadas sobre el estándar de telefonía digital de GSM. El sistema IS-136 que emplea TDMA (Acceso Múltiple por División del Tiempo) muy popular en Norte-América y en Sudamérica también soporta GPRS.

A pesar de todos los beneficios detallados del sistema GPRS, es relevante destacar que no todo son ventajas, este sistema también tiene desventajas que mostraremos a continuación.

- **Capacidad de celda limitada.** GPRS tiene un gran impacto sobre la capacidad de la celda. Hay solo una capacidad limitada de recursos de

radio que pueden ser empleados en usos diferentes, el uso para un propósito excluye el uso simultáneo de otro. Por ejemplo, las llamadas de voz y GPRS ambas usan los mismos recursos de la red. Al GPRS administrar dinámicamente la ubicación de canales y permitir una reducción en la carga de señalización en el canal a horas pico mediante el envío de mensajes cortos sobre canales GPRS, lo cual resulta en la necesidad de SMS el cual utiliza un tipo diferente de recurso de radio.

- **Velocidades muchos más baja en realidad.** Lograr el máximo teórico en GPRS de 172.2 kbps requeriría que un único usuario tomara control de los de los ocho timeslots y sin protección contra errores. Esta claro que para un operador de red no es negocio hacer nada de eso. Además los primeros terminales GPRS soportan dos o tres timeslots únicamente, el ancho de banda al usuario GPRS estará seriamente reducido. Como resultado, las velocidades altas pueden que no estén disponibles para usuarios individuales hasta que se ponga en práctica la tecnología EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution) o la UMTS (Universal Mobile Telephone System).
- **Modulación sub-óptima.** GRS esta basada en la técnica de modulación conocida como GMSK (Gaussian Minimum Shift-Keying). Otras tecnologías como EDGE se basan en un nuevo tipo de esquema de modulación que permite una tasa de transferencia de bits mucho mas alta a través de la interfase de aire la cual se llama modulación 8 PSK (Eight Phase Shift Keying). Como resultado de lo visto, se deberá esperar a EDGE para mejorar en este punto.

### 3 EDGE (ENHANCED DATA-RATES FOR GSM EVOLUTION)

#### 3.1 INTRODUCCIÓN A EDGE

EDGE, tasa de datos mejorada para la evolución GSM, es el siguiente paso en la evolución de los sistemas móviles GSM, cuyo objetivo principal es el incremento de las tasas de transmisión de datos, eficiencia en el manejo del espectro y facilitar la introducción de nuevas aplicaciones y capacidades para usuarios móviles. Con la introducción de EDGE en GSM phase 2+ los servicios existentes, como GPRS y HSCSD (*High-speed Circuit Switched Data*), son mejorados ofreciendo una nueva capa física la cual basa su modulación en la técnica 8PSK (**8 Phase Shift Keying**) que permite ofrecer mejores tasas de datos en los enlaces de radio y una nueva técnica de codificación del canal que puede ser usada para transmitir tanto servicios de paquetes conmutados como servicios de datos y voz con circuitos conmutados. EDGE es considerado por esta razón, una adición a GPRS y no puede trabajar por sí sola.

La aparición de la tecnología EDGE se justifica en la exigencia de aumento de la tasa de transferencia de información requerida para servicios inalámbricos de tercera generación (hasta 48 kbps en cada uno de los 8 slots de tiempo, alcanzando un total de 384 kbps) en ambientes macro celulares. Debido a esta necesidad es que ETSI desarrolla la tecnología EDGE que emplea la adaptación entre un número de modulación y un esquema de codificación (“adaptación del enlace”) como medida para proveer tasas máximas de cientos de Kbps en un ambiente macro celular, soportando con una robustez adecuada canales defectuosos (no decodificado adecuadamente). El ARQ híbrido (Type II) es

considerado también en este sistema (“*redundancia incremental*”) para la mejora del desempeño del mismo.

EDGE consta de dos fases:

- EDGE Phase 1: En esta fase se definen los servicios de paquetes conmutados simples y *multislots*, y los servicios de circuitos conmutados simples y *multislots*, que ha sido completada con 3GPP (***Third Generation Partnership Project***) Release 99.
- EDGE Phase 2: En esta fase se brindan servicios en tiempo real (*Real time*) empleando una nueva técnica de modulación que no fue incluida en EDGE Phase 1. La Phase 2 está en avance en la estandarización de 3GPP, y su cobertura ha sido extendida para cubrir los alineamientos con WCDMA, *Wideband Code Division Multiple Access* (Acceso Múltiple por división de Código de Banda Ancha) y la posibilidad de brindar multimedia vía IP (***internet protocol***). Este concepto estandarizado en 3GPP, es conocido como **GERAN, GSM/EDGE Radio Access Network**.

### 3.2 EDGE COMPACT Y EDGE CLASSIC

Puesto que la mayor parte de los operadores TDMA no van a disponer a corto plazo de nuevo espectro para ofrecer servicios de tercera generación, se ha desarrollado una variante de EDGE, denominada EDGE Compacto, que tiene una mayor eficiencia espectral. Mientras que EDGE Clásico necesita un ancho de banda de 2 x 2,4 MHz (2 x 12 x 200 kHz), EDGE Compacto permite llegar hasta los 384 kbit/s usando sólo 2 x 600 kHz (2 x 3 x 200 MHz) más 2 x 100 kHz de banda de guarda. Sin embargo, el sistema soporta menos usuarios por celda que EDGE Clásico y sólo permite tasas medias mayores de 350 kbit/s cuando el

sistema tiene una carga inferior al 25 por ciento. Mientras que las dos fases de EDGE definen los tipos de servicios en dependencia de las modificaciones al acceso por radio y los esquemas de modulación, los dos tipos de EDGE, *Compact* y *Classic*, basan su diferencia en los requerimientos del espectro (reutilización de frecuencia y despliegue).

**3.2.1. EDGE Classic.** Normalmente, los proveedores del servicio GSM tradicional emplean los planes de reutilización de frecuencia de 3/9 o 4/12 (4 estaciones base, 3 sectores por cluster), y cuando este mismo plan de reutilización de frecuencia es usado en EDGE, a este sistema se le denomina “EDGE Classic”.

“EDGE Classic” es un sistema definido para usar portadoras continuas de BCCH que están típicamente en el plan de reutilización de 4/12 o de 3/9 y el cual requiere al menos 2.4 MHz de ancho de banda en cada dirección. Portadoras adicionales de tráfico, disponibles con un ancho de banda total más alto, pueden ser distribuidos bajo un factor más bajo de reutilización.

Una ampliación de EDGE Classic, puede ser utilizada para proporcionar tráfico de datos y de la información de control a través de portadoras de 200kHz. Un intervalo de tiempo de la primera portadora se usa para señalización de control, la cual es acomodada por la estructura del canal de control que es básicamente idéntica a los canales de control de GSM y transmitida en una estructura multitrama. Sin embargo, los canales de control no se usan en un patrón de reutilización de frecuencia de 1/3.

**3.2.2. EDGE Compact.** Algunos operadores en Norte América donde el espectro 3G ha sido parcialmente asignado para *PCS, Personal Communication System*, hacen uso de un despliegue inicial de 1 MHz en cada dirección. Este hecho ha obligado a reevaluar los sistemas debido al espectro limitado y la necesidad potencial de re-desplegar el espectro actualmente usado por los sistemas ANSI

136; como medida, se adopta una fuerte utilización de planes de reuso de la frecuencia teniendo un mínimo de solo tres frecuencias portadoras de 200kHz asignando una frecuencia para cada uno de los tres sectores por estación base (*reutilización 1/3*) y proveyendo señalización de control con protección de extra reutilización en el dominio del tiempo. El sistema EDGE que hace posible esto (despliegue usando solamente 600 kHz del espectro) es el denominado “EDGE Compact” debido a su requerimiento compacto del espectro.

A pesar de la mejora en la eficiencia de espectro de este sistema compacto, las funciones de control común, como los sistemas de información de broadcast, *paging* (paginación) y acceso de paquetes, no pueden ser desplegada con un reuso de 1/3. De igual forma para los canales de control confiables es requerido el plan de reuso de frecuencia efectivo de 4/12 o 3/9, que se logra empleando grupos de tiempo obtenidos a través de la sincronización de estaciones base. Esta sincronización de estaciones base hace posible asignar canales de control comunes a los paquetes y canales de control de difusión de paquetes de una manera que evita la transmisión simultánea en el grupo de terminales (cluster), creando así la reutilización efectiva necesaria para señalización de control de 3/9 o 4/12.

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

- Canal de paginación de paquetes COMPACT (COMPACT packet paging channel - CPPCH);
- Canal de concesión de acceso de paquetes COMPACT (COMPACT packet accessgrant channel - CPAGCH);
- Canal de acceso aleatorio de paquetes COMPACT (COMPACT packet random-access channel - CPRACH);

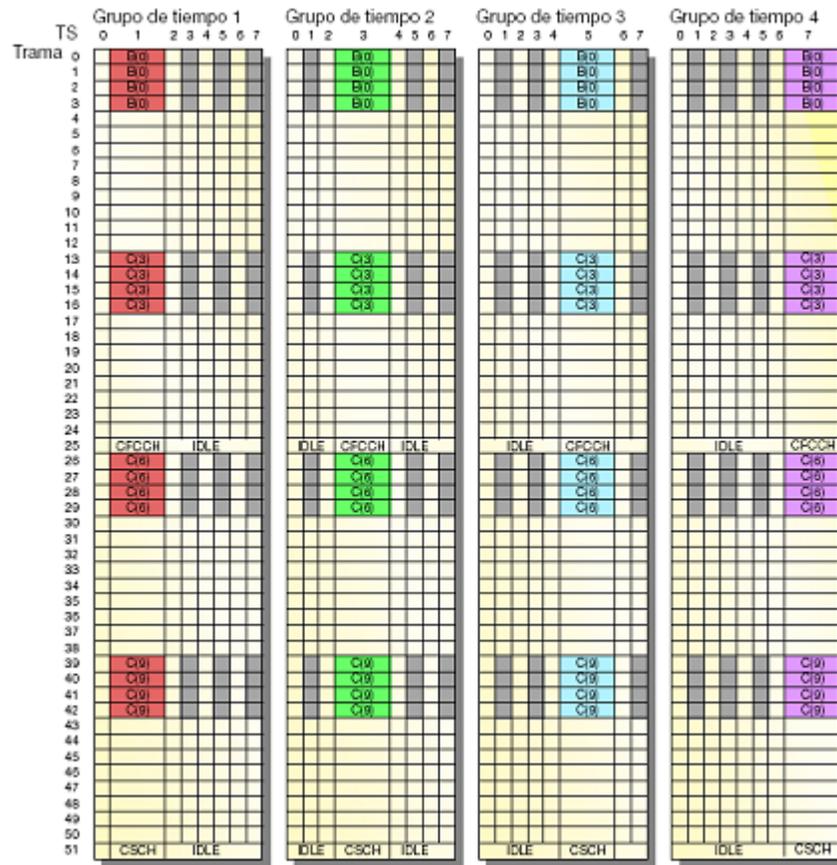
- Canal de difusión de paquetes COMPACT (COMPACT packet broadcast channel - CPBCCH); y
- Canal de control de avance de temporización de paquetes (packet timing-advance control channel - PTCCH).

Los canales de tráfico de paquetes de datos (PDTCH , Packet Data Traffic Channels) y los canales de control asociados a paquetes son idénticos a los definidos para Classic. El número de bloques asignado para CPBCCH y CPCCCH es flexible, de 4 a 12 bloques por intervalo de tiempo en cada multitrama.

EDGE Compact utiliza una transmisión discontinua basada en multitrama 52 (una multitrama compuesta por 52 tramas) y designa diferentes timeslots y la información de control para envío de tramas. Diferentes grupos de tiempo comparten la misma frecuencia, pero se dividen los intervalos de tiempo para señalización de control. La **Figura 17** muestra estructuras multitrama para un patrón de reutilización de frecuencia efectivo de 4/12.

La división tiempo - grupo entre sitios no afecta a los intervalos de tiempo ni a los bloques que transportan tráfico de datos; esto es, el tráfico de datos sigue empleando un patrón de reutilización de frecuencia de 1/3. No obstante, se debe observar que no se usan los bloques que coinciden con el bloque de control de un sitio vecino que usa otro grupo de tiempo. En la **Figura 17**, estos bloques están sombreados.

Para aprovechar adecuadamente la protección del plan de re-uso de canales, este re-uso es explotado de una mejor forma en el dominio del tiempo, el cual requiere una sincronización de trama de las estaciones bases.



**Figura 17.** Estructura de 52 multitramas mostrando 4 grupos de tiempo. B(0) muestra la posición de CPCBH en tanto que C(i) es la posición de CPCCH en el bloque i.<sup>26</sup>

La **Figura 18** muestra un ejemplo con 4 grupos de tiempo en adicionados a una frecuencia de re-uso de 1/3 para obtener un re-uso de 4/12 para los canales de control y en la **Tabla 8** se muestran algunas de las características básicas para los modos Compact y Classic.

<sup>26</sup> LINDHEIMER, Christofer y MAZUR, Sara. "TDMA de la Tercera Generación". Ericsson Review. No. 2. 2002. Pág. 73

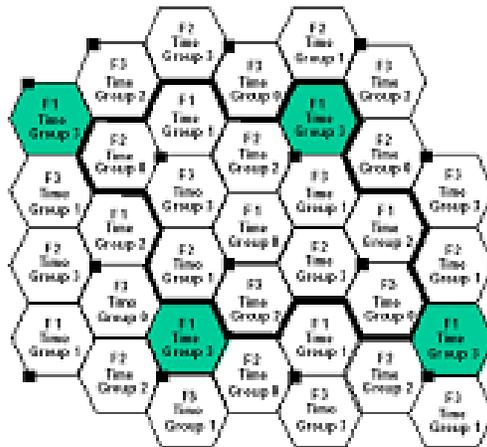


Figura 18. Ejemplo de patrón de reutilización de frecuencia efectivo de 4/12<sup>27</sup>

Características	
Classic	Modo COMPACTO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los canales de control y de tráfico de paquetes en 200 kHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los canales de control y de tráfico de paquetes en 200 kHz</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reutilización de 4/12</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reutilización de 1/3</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.4 MHz + banda de guarda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.6 MHz + banda de guarda</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay requerimientos para BS sincronizada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BS sincronizada proporciona reutilización 4/12 para PBCCH, PCCCH, PSCH, PFCCH</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 7 TimeSlots (TS) disponible para tráfico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6.67 TS disponibles para tráfico</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La portadora transmite constantemente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay transmisión en los intervalos inactivos</li> </ul>

Tabla 8. Algunas características básicas para modo Classic y Compact.<sup>28</sup>

**3.2.3 Escenarios de Despliegue.** El espectro mínimo requerido para el despliegue en Compact es 600 kHz y para Classic es de 2.4 MHz (sin incluir la bandas de guarda en ambos casos), lo que quiere decir que a bandas de 2.4 MHz y superiores, existe la opción de tener un despliegue de cualquiera de las dos,

<sup>27</sup> ERICSSON. Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS. Abril de 2002. [www.ericsson.com/products/white\\_paper\\_pdf/edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_paper_pdf/edge_wp_technical.pdf)

<sup>28</sup> LINDHEIMER, Christofer y MAZUR, Sara. "TDMA de la Tercera Generación". Ericsson Review. No. 2. 2002. Pág. 73

Compact o Classic. La elección del sistema a utilizar, dependerá en parte al desempeño que estos tengan y el desempeño del sistema dependerá a su vez de la configuración empleada en el despliegue. A continuación la **Tabla 9** describe los escenarios considerados:

Scenario	Spectrum	Deployment	Carriers per Sector	Control Timeslots per Sector (4/12 reuse)	Traffic Timeslots per sector	
					4/12 reuse	1/3 reuse
1	600 KHz	Compact	1	4 (1 active, 3 idle)	0	4
2	2.4 MHz	Compact	4	4 (1 active, 3 idle)	0	28
3		Classic	1	1	7	0
4	4.2 MHz	Compact	7	4 (1 active, 3 idle)	0	52
5		Compact	4	1	7	24

**Tabla 9.** Despliegue de Escenarios<sup>29</sup>

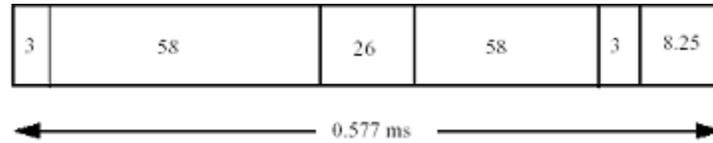
### 3.3 INTERFAZ DE RADIO EDGE

La interfaz de aire de EDGE busca facilitar tasas más altas de bits que aquellas aprovechadas en los sistemas celulares actuales existentes. En pro de incrementar la tasa de bits, se introduce una modulación lineal de alto nivel, 8PSK, que proveen altas tasas de datos, alta eficiencia espectral y complejidad de implementación moderada.

Muchos parámetros de la capa física de EDGE son los mismos a aquellos de GSM. El espacio entre portadoras es de 200 kHz, y la estructura de trama GSM TDMA no cambian. Además de mantener un formato de ráfaga (*burst*) 8PSK similar a la de GSM: una ráfaga incluye una secuencia de entrenamiento de 26

<sup>29</sup> ERICSSON. Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS. Abril de 2002. [www.ericsson.com/products/white\\_paper\\_pdf / edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_paper_pdf/edge_wp_technical.pdf)

símbolos en el medio, 3 símbolos de cola y 8.25 símbolos de guarda al final. Cada burst lleva símbolos de datos de 2x58, los cuales están comprimidos a 3 bits (Figura 19).



**Figura 19.** Formato de ráfaga (burst) de 8PSK para EDGE<sup>30</sup>

**3.3.1 Mejoras de GPRS.** Debido a la mayor tasa de bit que se soporta y a la necesidad de adaptar la protección de los datos a la calidad del canal, el protocolo RLC de EDGE es algo diferente al correspondiente en el sistema GPRS. Los principales cambios realizados son los que se refieren a mejoras en el esquema de control de la calidad del enlace. El término control de la calidad del enlace, se refiere a las técnicas utilizadas para adaptar la robustez del enlace de radio a la variación de la calidad de los canales. Ejemplo de esto, son la *adaptación del enlace* y la *redundancia incremental*. EDGE usa una combinación de estas dos funciones.

Como en GPRS, tasas de codificación inicial diferentes se obtienen dividiendo un número diferente de bits de una codificación (tasa de 1/3 para 8PSK). El esquema de codificación resultante es mostrado en la **Tabla 10**. Esta operación es habilitada dividiendo una cantidad de bits cada vez que un bloque es retransmitido. De esta forma la tasa de codificación es gradualmente disminuida a un 1/3 para cada nueva transmisión del bloque. La selección de la modulación y la tasa de codificación inicial a usar está basada en mediciones regulares de la calidad del enlace.

<sup>30</sup> FURUSKÄR, Anders. Ericsson Radio Systems. "EDGE, ENHANCED DATA RATES FOR GSM AND TDMA/136 EVOLUTION". Pág. 5

Channel Name	Code Rate	Modulation	Radio Interface rate per time slot
CS-1	0.49	GMSK	11.2 Kbps
CS-2	0.64	GMSK	14.5 Kbps
CS-3	0.73	GMSK	16.7 Kbps
CS-4	1	GMSK	22.8 Kbps
PCS-1	0.33	8PSK	22.8 Kbps
PCS-2	0.50	8PSK	34.3 Kbps
PCS-3	0.6	8PSK	41.25 Kbps
PCS-4	0.75	8PSK	51.6 Kbps
PCS-5	0.83	8PSK	57.35 Kbps
PCS-6	1	8PSK	69.2 Kbps

**Tabla 10.** Esquemas de codificación para EDGE packet switched transmission (EGPRS).<sup>31</sup>

**3.3.1.1 Adaptación del Enlace (*Link Adaptation*).** Un esquema de *adaptación del enlace* regularmente estima la calidad del enlace y subsecuentemente selecciona el esquema de codificación y modulación más apropiado para transmisiones entrantes buscando maximizar la tasa de bits del usuario. La calidad del enlace de radio, puede ser medida ya sea por la estación móvil en una transferencia de enlace descendente o por la estación base en una transferencia de enlace ascendente. Para una transferencia de paquete en sentido ascendente, la red informa a la estación móvil que esquema de código puede usar para la transmisión de la próxima secuencia de paquetes. El esquema de codificación-modulación puede ser cambiado por cada bloque de radio (Cuatro ráfagas), este cambio se inicia usualmente por nuevas estimaciones de calidad.

**3.3.1.2 Redundancia Incremental (*Incremental Redundancy*).** En un esquema de *redundancia incremental*, la información es primero enviada con poca codificación, produciendo una alta tasa de bit, siempre y cuando sea inmediatamente exitosa. Si la decodificación falla, bits adicionales codificados (redundancia) son enviados, hasta que la decodificación se lleve a cabo. Entre más codificación se envíe, menor será la tasa de bits resultante y el retardo será

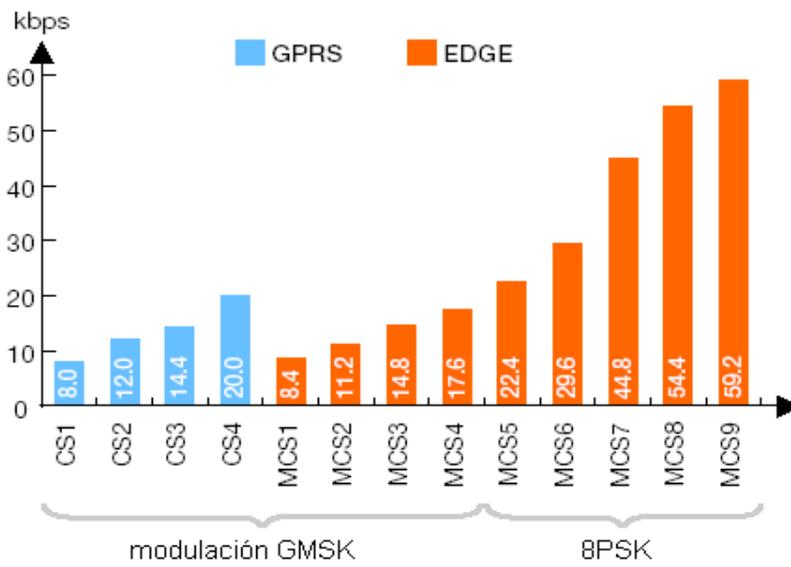
---

<sup>31</sup> FURUSKÄR, Anders. Ericsson Radio Systems. "EDGE, ENHANCED DATA RATES FOR GSM AND TDMA/136 EVOLUTION". Pág. 6

mayor. Para las MSs el soporte de redundancia incremental es obligatorio según el estándar.

La redundancia incremental inicialmente utiliza un esquema de codificación, así como MCS9, con muy poca protección contra errores y sin consideración de la calidad del enlace de radio actual. En este esquema, la tasa de codificación inicial para la redundancia incremental es basada en medidas de la calidad del enlace. Con este esquema se obtienen beneficios como la robustez y alto rendimiento de la operación de la redundancia incremental en combinación con más bajos retardos y requerimientos de memoria disponibles.

**3.3.2 Esquema de Codificación EDGE.** Para EDGE, se introducen nueve esquemas de codificación-modulación (*modulation coding*), designados de MCS1 hasta MCS9. Los primeros cuatro esquemas de codificación EDGE (de MCS1 a MCS4) usan GMSK, los cinco restantes (de MCS5 a MCS9) usan modulación 8PSK. La **Figura 20** muestra los esquemas de codificación de GPRS y EDGE.



**Figura 20.** Rendimiento de esquemas de codificación de GPRS y EDGE<sup>32</sup>

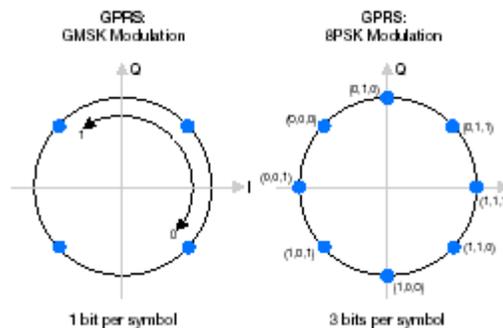
Tanto GPRS con los CSs (de 1 a 4), como EDGE con los MCSs (de 1 a 4) usan modulación GMSK con leves diferencia en el rendimiento. Esto es debido a diferencias en el tamaño de las cabeceras (y el tamaño de la carga útil) de los paquetes EDGE, lo que hace posible resegmentarlos.

El envío de un paquete con un esquema de codificación superior (menos corrección de error) que no es recibido apropiadamente, puede ser retransmitido con un esquema de codificación inferior (mayor corrección de error) si el nuevo ambiente lo requiere. Este proceso es llamado resegmentación (retransmitir con otro esquema de codificación), el cual, requiere cambios en el tamaño de la carga útil de los bloques de radio; por esta razón EDGE y GPRS no tienen el mismo desempeño para el esquema de codificación-modulación GMSK. La resegmentación no es posible en GPRS.

<sup>32</sup> ERICSSON. Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS. Abril de 2002. [www.ericsson.com/products/white\\_paper\\_pdf / edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_paper_pdf/edge_wp_technical.pdf)

**3.3.3 Modulación en EDGE.** El tipo de modulación que es usado en GSM es el GSMK (*Gaussian minimum shift keying*), el cual es un tipo de modulación de fase. Este puede ser visualizado de una mejor forma (**Figura 21**) en un diagrama I/Q que muestra el eje real (I) y el eje imaginario (Q), los componentes de la señal transmitida.

La transmisión de un bit cero o un bit uno es representada por el cambio de fase por incrementos de  $\pm \pi$ . Cada símbolo que es transmitido representa un bit y cada cambio en la fase representa un bit.



**Figura 21.** Diagrama I/Q mostrando los beneficios de la modulación en EDGE<sup>33</sup>

Para aprovechar tasas más altas de bit por ranura de tiempo (*timeslot*) que aquellos disponibles en GSM/GPRS, los métodos requeridos cambian. EDGE se especifica para reutilizar la estructura del canal, el ancho del canal, la codificación del canal y la funcionalidad y mecanismo existente de GPRS y HSCSD. El estándar de modulación elegido para EDGE, 8PSK (*8-phase shift keying*), cumple con todos estos requerimientos. La modulación 8PSK tiene las mismas cualidades en términos de generación de interferencia en canales adyacentes como GMSK, lo que hace posible la integración de canales EDGE a un plan de frecuencia existente y a la asignación de nuevos canales EDGE en la misma forma que los canales GSM. El método de modulación de 8PSK es un método lineal en el cual

<sup>33</sup> ERICSSON. Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS. Abril de 2002. [www.ericsson.com/products/white\\_paper\\_pdf / edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_paper_pdf/edge_wp_technical.pdf)

tres bits consecutivos son dibujados como un símbolo en el plano I/Q. La tasa de símbolos, o el número de símbolos enviados en un periodo de tiempo, permanece igual que para GMSK, aunque cada símbolo ahora representa tres bits en vez de uno, lo que significa que el total de la tasa de datos es incrementado en un factor de tres.

La distancia entre los diferentes símbolos es más corta usando modulación 8PSK que cuando se usa GMSK, por lo cual para 8PSK se incrementa el riesgo de malinterpretar los símbolos porque es más difícil para el receptor de radio detectar cual símbolo ha recibido. Los bits “extra” serán usados para agregar más codificación de corrección de errores, que permiten la recuperación de información correcta.

Sólo en ambientes de radio con condiciones muy bajas, GMSK es más eficiente. De lo contrario, el esquema de codificación EDGE será una mezcla de ambos, GMSK y 8PSK.

### **3.4 ARQUITECTURA DEL SISTEMA**

EDGE no introduce ningún impacto directo sobre la arquitectura de una red GSM/GPRS. La diferencia existente sólo se limita al sistema de la estación base, que ahora permitiría a la red manejar la modulación y los nuevos protocolos incluidos. No obstante en EDGE, el tamaño de ventana de búsqueda repetida automática es extendido buscando minimizar el riesgo a fallas del funcionamiento del protocolo RLC, afectado por cualquier *delay* introducido entre la PCU y la interfaz de radio.

Algunos de los cambios introducidos por EDGE a los protocolos se observan a continuación:

**3.4.1 Protocolos del Plano de Usuario.** Algunos de los protocolos de usuario son influenciados con la introducción de EDGE, sobre todo aquellos cercanos a la capa física (el RLC y el MAC). Hay también algunas pequeñas modificaciones al protocolo de sistema de estación GPRS, BSSGP. El resto de la pila de protocolos permanece intacta.

**3.4.2 Protocolos del Plano de Control y canales.** La introducción de EDGE también tiene un impacto en las capas del *plano de control* que son: la administración de movilidad y la administración de los recursos de radio, sin ningún impacto sobre la administración de sesión.

Las modificaciones a la administración de movilidad son aquellas relacionadas con la introducción de información en las capacidades de EDGE. Estas capacidades incluyen los *multislots* EDGE, la capacidad de modulación EDGE y la clase 8PSK.

En la capa de administración de recursos de radio, el soporte de funciones de ajuste y mantenimiento del flujo de bloques temporales de EDGE es introducida contrario al estándar GPRS en este aspecto. Se introduce también, señalización que soporta la RLC, control de la calidad del enlace y procedimientos de medición (ver GSM 03.64, 04.18, 04.60).

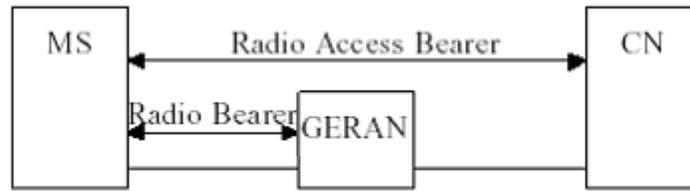
## **3.5 EDGE PHASE II**

Mientras UMTS fue diseñado para el prometido espectro UMTS /IMT2000, EDGE en cambio, apunta la evolución GSM y TDMA hacia la prestación de los mismos servicios que en la bandas de frecuencias existentes. En su primera fase, EDGE ha manejado exitosamente el soporte de altas tasas de datos mediante la introducción de altos niveles de modulación en la interfaz de radio GSM.

La segunda fase de EDGE, EDGE Phase II, incluye la definición de la Red de Acceso de Radio GSM/EDGE (**GERAN, GSM/EDGE Radio Access Network**), que posibilita la evolución común de GSM y TDMA hacia la prestación de servicios completos de tercera generación. Esto permite además, el soporte inicial para servicios genéricos en tiempo real (*generic Real-Time services*) y servicios de espectro eficiente para voz conmutada en paquetes (*spectrum efficient services*), así como sirve de interfaz a un núcleo de red 3G común (*all-IP 3G Core Network common*) con UMTS. La evaluación del desempeño de la capacidad de la voz en GERAN muestra que el uso de la multiplexación estadística y/o los canales de tasa media con modulación 8PSK puede aumentar la capacidad del sistema comparado con los servicios de circuitos conmutados de voz.

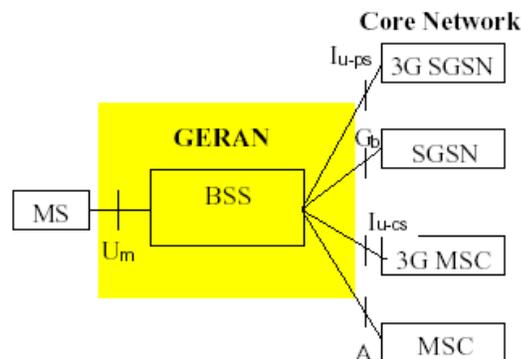
Un aspecto de esta fase es el paradigma de cambiar en el mundo de las telecomunicaciones de la conmutación de circuito a la conmutación de paquetes. Este cambio es válido, no solo para los servicios de datos tradicionales, como e-mail y navegación en la web, sino también para servicios en tiempo real, video conferencia y VoIP (Voice over IP).

Desde una perspectiva de servicio, la principal diferencia entre EDGE phase I y phase II es el soporte de servicios de paquetes basados en tiempo real, incluyendo voz. Los servicios provistos por EDGE phase II son igualados con aquellos soportados por UMTS y se adopta el modelo completo de calidad de servicio (QoS) de UMTS. En busca de adoptar la arquitectura QoS de UMTS, GERAN ha proporcionado los mismos servicios al CN que al UMTS RAN. En la arquitectura de servicio UMTS el RAN provee al CN con una gran variedad de servicios de **RAB, Radio Access Bearer**. Los RABs son divididos en cuatro clases QoS diferente: *conversacional, streaming, interactiva y subordinado*. GERAN proporciona RABs (**Figura 22**) caracterizado por los mismos atributos que los RABs de UMTS RAN.



**Figura 22.** Servicios de RAB en GERAN<sup>34</sup>

**3.5.1. Arquitectura del Sistema.** Otra forma de brindar el servicio de paquetes basados en tiempo real y la adopción de la arquitectura QoS de UMTS es mediante la conexión entre GERAN y un CN de UMTS. Para conectar el CoreNetwork 3G (CN) de UMTS, el GERAN deberá utilizar la interfaz Iu (de la especificación *release 2000*), mostrada en la **Figura 23**. La interfaz Iu puede ser dividida en dos interfaces, donde una es llamada Iu-ps, que conecta al dominio de paquetes conmutados del CN de UMTS, y la otra es llamada Iu-cs, que conecta al dominio de circuitos conmutados del CN de UMTS.



**Figura 23.** Interfaces de GERAN<sup>35</sup>

La **Figura 23** muestra que GERAN también conecta a nodos CN de 2G.

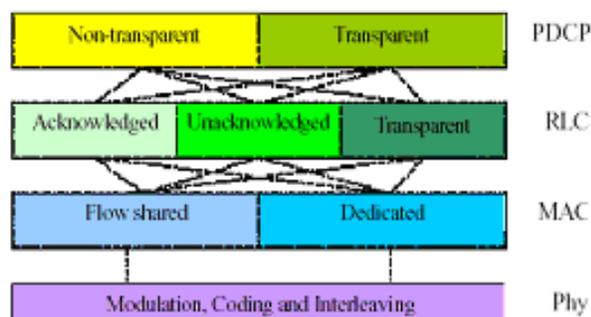
La interfaz de radio entre la MS y GERAN, llamada la interfaz Um, está basada en la interfaz de EDGE phase I. Esta interfaz es dividida en un plano de control y un

<sup>34</sup> ERICSSON. Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS. Abril de 2002. [www.ericsson.com/products/white\\_paper\\_pdf / edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_paper_pdf/edge_wp_technical.pdf)

<sup>35</sup> ERICSSON. Op. Cit.

plano de usuario. *El plano de usuario* puede ser realizado por la capa física, el protocolo MAC, el protocolo RLC y el protocolo PDCP y *el plano de control* por la capa física, protocolo MAC, el protocolo RLC y el protocolo RRC.

La estructura de protocolo del *plano de usuario* para GERAN es mostrado en la **Figura 24**. PDCP es usado para ofrecer *bearers* al CN de igual forma que en UMTS. Los modos transparentes de cada protocolo permite minimizar la cabecera, en caso de que la función del protocolo no sea requerida.



**Figura 24.** Estructura de protocolo del plano de usuario para GERAN<sup>36</sup>

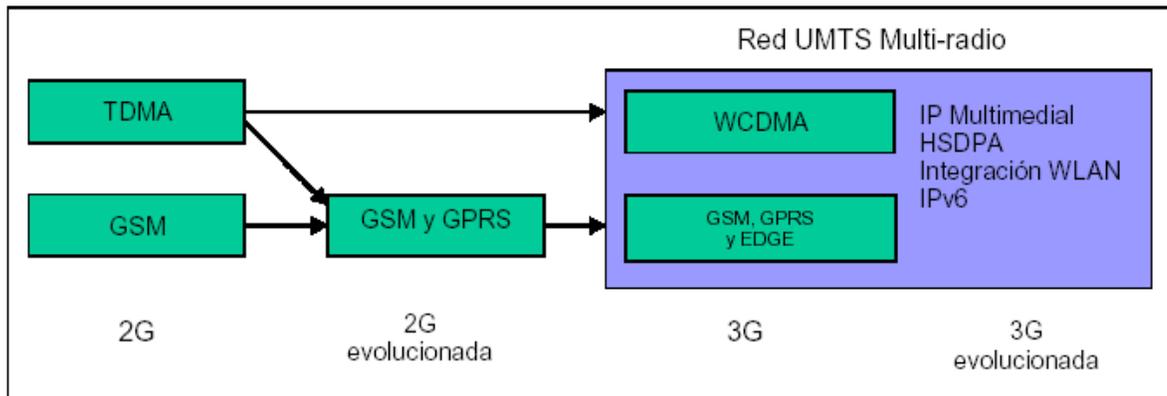
Las principales modificaciones al plano de control están relacionadas a la capa de administración de recursos de radio, donde se introducen el soporte para ajuste y mantenimiento de flujo nuevo en tiempo real. Una mejora importante en este sistema es la introducción de *fast handovers*.

<sup>36</sup> ERICSSON. Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS. Abril de 2002. [www.ericsson.com/products/white\\_paper\\_pdf / edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_paper_pdf/edge_wp_technical.pdf)

## 4 MIGRACIÓN DE GSM A UMTS

La tendencia global en los sistemas móviles en la actualidad es la de incorporar optimizaciones de capacidades y eficiencia. En este contexto dinámico, esto significa la posibilidad de soportar un número cada vez mayor de aplicaciones, por motivo de desempeño así como de menores costos de uso.

La evolución GSM al Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), mostrado en la **Figura 25**, no solo da el soporte para una amplia gama de servicios de datos inalámbricos, sino que lo hace con un mínimo de inversión de una manera eficiente que maximiza el potencial de ingresos y ganancias. A medida que evolucione el mercado de datos inalámbricos, los usuarios exigirán capacidades incrementadas, tales como mayores *throughputs*, controles de calidad de servicio, y soporte multimedia.



**Figura 25.** Evolución de las Tecnologías<sup>37</sup>

Con **UMTS**, *Universal Mobile Telecommunication System* y **HSDPA**, *High Speed Downlink Packet Access*, los usuarios podrán acceder a teléfonos con

<sup>37</sup> RYSAVY, Peter. Capacidades de datos para la evolución GSM a UMTS. Nov de 2002. Pág. 23.

video, música de alta fidelidad, aplicaciones ricas para multimedia, y un acceso sumamente efectivo a sus organizaciones. El rango creciente de aplicaciones soportadas estimulará una mayor demanda y utilización por parte de los clientes y por ende llevará a mayores ingresos para los operadores.

#### **4.1 EL CAMINO DE GPRS A UMTS**

Los operadores GSM en todo el mundo han optimizado sus redes mediante mejoras en las capacidades tecnológicas para dar soporte a GPRS. Los nuevos operadores por su parte han desplegado simultáneamente GSM y GPRS permitiendo una evolución más sencilla, incluso hasta los operadores CDMA tienen la opción de migrar sus redes a GSM/UMTS.

En la migración de redes GPRS a UMTS, la primera actualización de gran importancia es EDGE, la cual, aunque introduce una interfaz de radio mucho más avanzada, utiliza los mismos radio canales y ranuras de tiempo que GSM y GPRS, no requiriendo recursos adicionales de espectro.

Una vez desplegado EDGE, se pueden mejorar sus capacidades de aplicaciones mediante despliegue del subsistema IP Multimedia en sus redes centrales, que también puede dar soporte a una red de radio acceso WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*). Si bien UMTS implica una red de radio acceso nueva, varios factores facilitan su despliegue. En primer lugar, el hecho de que la mayoría de las celdas UMTS puedan co-ubicarse en celdas GSM, procedimiento que es facilitado por la posibilidad de gabinetes multi radio que pueden albergar equipos de ambas tecnologías (GSM/EDGE y UMTS). El segundo factor es que puede utilizarse buena parte de la red central GSM/GPRS. Si bien debe actualizarse el

SGSN, el centro de conmutación móvil solo requiere una actualización sencilla, mientras que el GGSN permanece igual. Una vez que quede completo el despliegue, los operadores podrán minimizar los costos de la administración de las redes GSM y UMTS, ya que estas redes comparten muchos aspectos, entre ellos: Arquitectura de datos en paquetes, Arquitectura de calidad de servicio, Arquitectura de la movilidad y Administración de la cuenta del abonado.

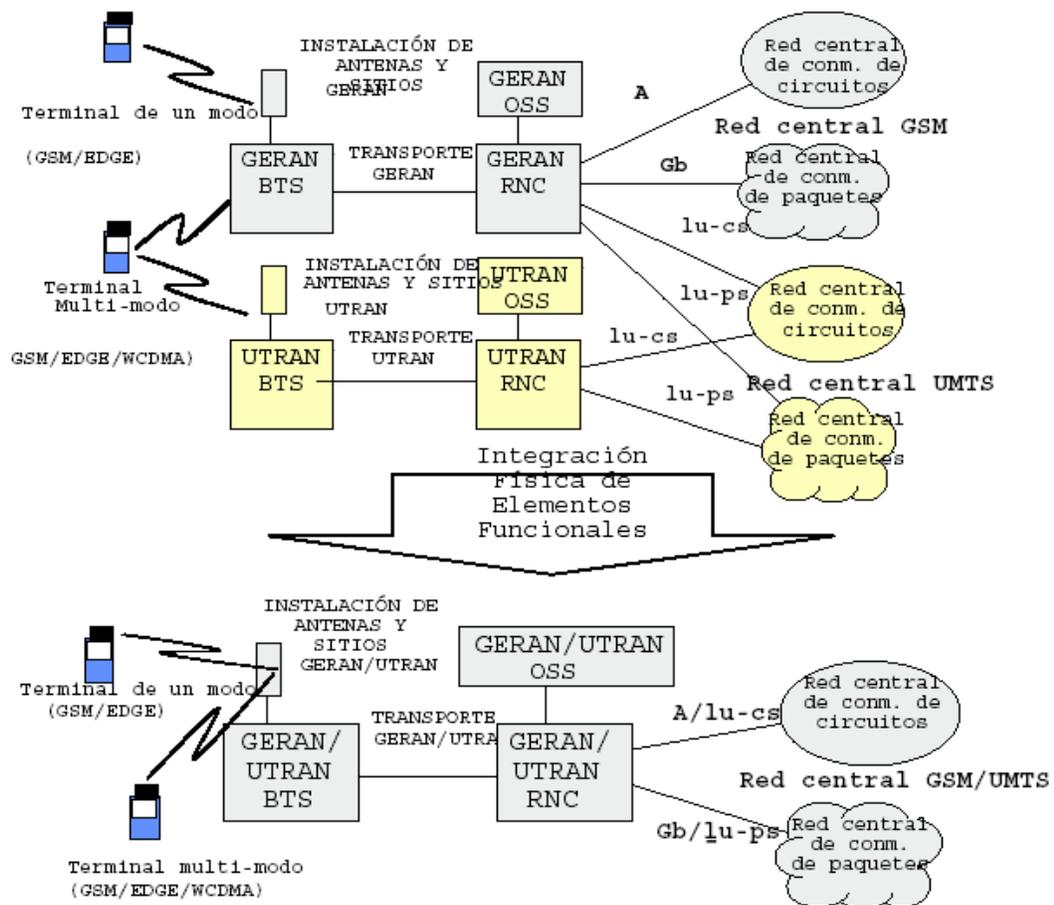
El despliegue de UMTS se desarrollará en varias etapas, comenzando con el despliegue parcial de UMTS sólo en una porción de área de cobertura, continuando con cobertura UMTS continua, para llegar luego a una operación multi-radio altamente integrada. La **Tabla 11** muestra esta progresión.

<b>Etapas de Despliegue</b>	<b>Características</b>
Despliegue UMTS inicial	Sólo una porción del área de cobertura tiene UMTS. GSM provee cobertura continua. UMTS provee funcionalidades optimizadas y alivio de la capacidad para GSM.
Inter-funcionamiento optimizado de UMTS y GSM/EDGE	Cobertura UMTS continua. Cargas más elevadas en UMTS. Red de acceso seleccionado en base a la demanda de servicio y carga.
Capacidad de red Multi-radio completa	Denso despliegue de UMTS, incluyendo micro-celdas. Integración de equipo central GERAN y UTRAN. Integración fluida de calidad de servicio. Añadidura de nuevas radio-tecnologías, tales como WLANs.

**Tabla 11.** Progresión del despliegue de UMTS<sup>38</sup>

Con el transcurso del tiempo, las distintas piezas de la red de acceso GSM/EDGE (llamada GERAN) y la red de acceso UMTS (llamada UTRAN) y la infraestructura central se consolidarán, según se muestra en mayor detalle en la **Figura 26**. Esto disminuirá el costo total de la red y mejorará la operación integrada de las redes de acceso independientes.

<sup>38</sup> RYSAVY, Peter. Data capabilities GPRS to HSDPA. 3G Americas. Sept 2004. Page 22.



**Figura 26.** Integración del equipo central de red UMTS y GSM/EDGE<sup>39</sup>

Al igual que GSM, UMTS continúa en evolución agregando nuevas funcionalidades y capacidades para sucesivas versiones. Algunas de las diferentes versiones de las especificaciones 3GPP son:

- Release 99: Completa. Primera versión desplegable. Soporte para redes de radio-acceso GSM/EDGE/GPRS/WCDMA.
- Release 4: Completa. Soporte para mensajería multimedia.
- Release 5: En vías de finalización. HSDPA y primera fase de Servicios Multimedia Basados en IP (IMS).

<sup>39</sup> RYSAVY, Peter. Data capabilities GPRS to HSDPA. 3G Americas. Sept 2004. Page 25.

- Release 6: En desarrollo. Segunda fase de interfuncionamiento IMS, WCDMA/WLAN, administración común de recursos de radio (GERAN/UTRAN), sistema de antenas Múltiple Entrada Múltiple Salida (MIMO) para mayores velocidades de datos para el usuario y acceso a paquetes de alta velocidad en el *Uplink* (HSUPA).

## 5 TENDENCIAS DE LAS REDES CELULARES GSM EN COLOMBIA

En Latino América, el crecimiento del número de usuario GSM ha aumentado significativamente debido a la tendencia de los operadores a adoptar esta tecnología por su escalabilidad, capacidad de integración a otros sistemas y las economías de escala que brinda.

En Colombia, las tres compañías operadoras de telefonía móvil han adoptado GSM siguiendo con la tendencia ya mencionada. De hecho, Colombia se ubica en el cuarto lugar de Latinoamérica en número de usuarios móviles, presentando en el primer trimestre de 2005, la cifra de 11,3 millones<sup>40</sup>, lo que significa que en estos tres meses se capturaron 900 mil nuevos abonados con respecto al cierre del 2004 según estadísticas de la firma “Informa Telecoms & Media” que maneja datos de telecomunicaciones a nivel mundial. A pesar de esto, si se compara con el número de habitantes, la penetración de la telefonía móvil en Colombia es baja, pues apenas alcanza un 26 por ciento.

Los tres operadores móviles en Colombia que existen en la actualidad son Comcel, Ola y Movistar, y todos utilizan la tecnología GSM que cuenta con el 48 % de los usuarios móviles en el país. El 43 % con TDMA entre Comcel y Movistar y el 9 % restante con CDMA, usada en su totalidad por Telefónica Móvil (Movistar)<sup>41</sup>.

---

<sup>40</sup> DIARIO LA REPUBLICA. Artículo: Los usuarios de móviles en Colombia llegaron a los 11,3 millones. 04/04/2005.

[www.aecomo.org/content.asp?ContentTypeID=2&ContentId=3079&CatTypeID=2&CatID148](http://www.aecomo.org/content.asp?ContentTypeID=2&ContentId=3079&CatTypeID=2&CatID148)

<sup>41</sup> DIARIO LA REPUBLICA. Op. Cit.

## 6 CONCLUSIONES

Para los operadores de telefonía móvil es cada vez más importante brindar a los usuarios servicios que representen un valor agregado. Para esto, se necesitan implementar mejoras en las capacidades de las redes que permitan el soporte de micro-navegación, mensajería multimedia, video telefonía, *streaming* de video y audio, entre otros.

En ambiente GSM las mejoras en las capacidades para este tipo de servicio están ligadas a la fase de evolución 2+, en la cual se introducen a la red los conceptos de conmutación de paquetes y eficiencia espectral. La primera gran mejora a GSM es GPRS, Servicio General de Paquetes de Radio.

Con la introducción de GPRS, se permite la transmisión de datos empaquetados a tasas de 171.2 Kbps, la inclusión de QoS (Calidad de Servicio) en la prestación del servicio y mejoras en la interfaz de radio.

Las mejoras en la interfaz de radio son aquellas relacionadas al soporte de paquetes, que son asignados a cada usuario durante el envío o la recepción de estos y liberados una vez utilizados. La asignación de ranuras de tiempo es asimétrica e independiente, tanto para el enlace ascendente como para el enlace descendiente.

Otro de los cambios significativos hechos sobre la arquitectura es la adición de los nodos de soporte GPRS (***GSN, GPRS Support Node***), los cuales están subdivididos en el *Nodo de Conmutación (SGSN)* y el *Nodo de Pasarela (GGSN)*.

A pesar de las mejoras introducidas al sistema tradicional GSM de conmutación de circuitos por GPRS, muchos de los servicios existentes no eran soportados por este tipo de redes, condición que se ve reflejada directamente en la necesidad creciente de tener redes con mayores velocidades de transmisión. Como solución eficiente a esta limitación y siguiendo el camino en la senda de la evolución GSM nace *EDGE, Velocidades de Datos Mejoradas para la Evolución GSM*.

EDGE es una tecnología celular oficial de 3G que permite velocidades de datos tres veces mayores que las obtenidas con GPRS, ofreciendo tasas hasta de 384 Kbps y teóricas hasta de 473.6 Kbps. Esto es posible mediante las nuevas técnicas de modulación (8PSK) con mecanismos mejorados de adaptación de enlace y la recepción más rápida de datos correctos (*redundancia incremental*).

EDGE como tecnología de tercera generación es un paso fundamental en la migración de las redes GSM a UMTS que permitirán tasas superiores de transmisión de datos haciendo posible el soporte de nuevos servicios y aplicaciones multimedia que manejan audio y video, muchos de ellos en tiempo real (video telefonía, video conferencia).

## 7 BIBLIOGRAFIA

- RYSAVY, Peter. Data capabilities GPRS to HSDPA.3G Americas. Sept 2004.
- ERICSSON. Documento de referencia, EDGE Introducción de altas velocidades de datos en redes GSM/GPRS. Abril de 2002.  
[www.ericsson.com/products/white\\_paper\\_pdf / edge\\_wp\\_technical.pdf](http://www.ericsson.com/products/white_paper_pdf/edge_wp_technical.pdf)
- FURUSKÄR, Anders. Ericsson Radio Systems. **“EDGE, ENHANCED DATA RATES FOR GSM AND TDMA/136 EVOLUTION”**.
- PACHON de la CRUZ, Álvaro. Evolución de los Sistemas Móviles GSM, Sistemas & Telemática, Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad ICESI. 29 de Nov del 2004.
- INVERSO, Jorge y DEL CAMPO, Fabián. General packet radio service in GSM.
- GONZALEZ BECERRA, Alejandro. Experiencia de los servicios sobre el piloto de red GPRS. Telefónica Móviles España, departamento de Investigación y Desarrollo. Numero 20. Marzo 2001.
- DPC. Grupo de Comunicaciones Radio.”General Packet Radio Service (GPRS)” .
- GPRS Reference Page .“ Upgrade GSM Technology ”. [www. Protocols.com](http://www.Protocols.com)
- LINDHEIMER, Christofer y MAZUR, Sara. “TDMA de la Tercera Generación”. Ericsson Review. No. 2. 2002.

## GLOSARIO

**8 PSK** : 8 Phase Shift Keying

**ATM** : Asynchronous Transfer Mode

**AUC** : Authentication Center

### **BACKBONE**

**BEC** : Back error Connection

**BSC** : Base Station Controller

**BSS** : Base Station Subsystem

**BTS** : Base Transceiver station

**CCH** : Control Channels

**CCITT Q. 931** : Control de Conexión ISDN. Q.931 maneja las funciones de setup y breakdown en la conexión.

**CCU** : Channel Control Unit

**CM** : Connection Management

**DCS1800** : , Digital Cellular System

**DOWNLINK** : Enlace Descendente

**EIR** : Equipment Identity Register

**ETSI** : European Telecommunications Standards Institute

**EDGE**: ENHANCED DATA-RATES FOR GSM EVOLUTION

**FDD** : Frecuency Division Duplex

**FDMA** : Frequency Division Multiple Access

**FEC** : Forward error connection

**GERAN** : GSM/EDGE Radio Access Network

**GMSC** : Gateway Mobile Switching Center

**GMSK** : Gaussian Modulation Shift Keying

**GSM** : Global System for Mobile Communications

**GSN** : GPRS Support Node

**GPRS** : General Packet Radio Service

**GTP** : GPRS Tunneling Protocol

**HLR** : Home Location Register

**HSCSD** : High-speed Circuit Switched Data

**IMEI** : International Mobile Equipment Identity

**ISDN** : Integrated services digital network

**IP** : Internet Protocol

**IWMSC** : Short Message Service Inter-Working Mobile Switching Center

**LAPD** : Link Access Protocol on Dm

**LAN** : Local Area Network

**LLC** : Logical Link Control

**MAP** : Mobile Application Part  
**MM** : Mobility Management  
**MSC** : Mobile Service Switching Center  
**MS** : Mobile Station  
**MTP** : Message Transfer Part  
**OMSS** : Operation and Maintenance Subsystem  
**OSI** : Modelo de referencia OSI  
**O&M** : Operación y Mantenimiento  
**PAGING**  
**PAYLOAD** : Carga útil  
**PCU** : Packet Control Unit  
**PLMN**: Public Land Mobile Network  
**PSTN** : Public Switching Telephonic Network  
**QOS** : Quality of Service  
**RDSI** : Red Digital de servicios Integrados  
**RLC** : Radio Link Control  
**RR** : Radio Resources  
**RTPC** : Real Time Control Protocol  
**SGSN** : Serving GPRS Support Node  
**SIM** : Subscriber Identity Module  
**SMSS** : Switching and Management Subsystem  
**SMS-G** : Short Message Service Gateways  
**SMS-GMSC** : Short Message Service Gateways Mobile Switching Service

**SS7** : Signaling System 7  
**TCH** : Traffic Channel  
**TCP**: Transmission Control Protocol  
**TDMA** : Time Division Multiple Access  
**THROUGHPUT** : Rendimiento  
**TRAU** : Transcoding Rate and Adaptation Unit  
**UDP** : User Datagram Protocol  
**UPLINK** : Enlace ascendente  
**UMTS** : Universal Mobile Telephone System  
**VLR**: Visitor Location Register  
**WAN** : Wide Area Network  
**WCDMA** : Wideband Code Division Multiple Access