



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGON**

**"COMUNICACIONES INALAMBRICAS Y  
LA NUEVA TECNOLOGIA DE 3G UMTS."**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICO**

**P R E S E N T A N :  
JUAN CARLOS GOMEZ HUERTA  
CESAR RUIZ GOMEZ**

**ASESOR:  
ING. P. PABLO LUNA ESCORZA**

**SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEXICO. 2004**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## **AGRADECIMIENTOS.**

Deseo expresar mi gratitud primero a mis padres, al Sr. Roque Ruíz Suárez, y a la Sra. Aurelia Gómez Mora, por el apoyo que me ofrecieron durante todos mis estudios y haberme enseñado a valorar lo que me han ofrecido y dado todos estos años , de no ser por ellos no lo hubiera logrado terminar la carrera.

A Xóchitl Martínez Garnica; una de las personas mas importante de mi vida, a quien quiero mucho, que también me ofreció su apoyo incondicional y fue de gran ayuda para poder terminar la carrera, y con quien compartiré el resto de mi vida.

También me gustaría agradecer a Mario González Morales, un gran amigo que de igual manera me ha apoyado durante gran parte de mis estudios, aportando sus conocimientos y dándome buenos consejos que ayudaron para mantenerme en la escuela.

A Maria Gómez Mora, Carlos López Velasco, Naadxieli y Reina López Gómez, quienes fueron un gran apoyo durante la carrera.

A la Sra. Guadalupe Gómez Mora, Sandra y Pablo Carbajal Gómez, quienes me apoyaron en momentos difíciles y me enseñaron grandes valores de la vida.

Por ultimo me gustaría agradecer a mis sínodos; Ing. Abel Verde Cruz, Ing. Juan Antonio Villanueva Ortega, Ing. José Luis Estrada García, Ing. Javier Alaín Morones Camacho, y al asesor de esta tesis al Ing. Pablo Luna Escorza, por haberme ayudado a la realización de ésta.

ATENTAMENTE  
César Ruíz Gómez

## AGRADECIMIENTOS.

A MIS PADRES: Raúl Gómez Martínez.  
Rosa María Huerta Martínez.

Por haberme brindado su apoyo en toda mi formación académica y haber confiado en mi día con día, así como haber sufrido conmigo todos mis tropiezos y disfrutar todas mis alegrías.

A MIS HERMANOS: Raúl B. Gómez Huerta.  
Susana Gómez Huerta.  
Ricardo Gómez Huerta.

Porque gracias a ellos descubrí un punto de referencia y aliento para seguir y luchar tanto como ellos lo han hecho en todos y cada uno de sus días.

A MI COMPAÑERO: Cesar Ruiz Gómez.

Por haber afrontado el reto junto conmigo para estudiar y desarrollar este proyecto y así lograr una meta mas en nuestra vida.

A NUESTRO ASESOR: Procoro Pablo Luna Escorza.

Por confiar en nuestro proyecto y así asumir la responsabilidad junto con nosotros de llevar a buenas conclusiones este trabajo.

A LOS CATEDRÁTICOS: Abel Verde Cruz.

Javier Alain Morones Camacho.

José Luis Estrada García.

Juan Antonio Villanueva Ortega.

Quienes le dieron la importancia correspondiente a este proyecto y le brindaron parte de su tiempo para revisarlo y brindar un veredicto sobre lo establecido en el trabajo.

A LA UNIVERSIDAD: Escuela Nacional de Estudios Profesionales.

Aragón – UNAM.

Por abrirme las puertas de sus instalaciones, plan de estudios y profesores. A su vez me permitió desarrollarme académicamente y me guió para lograr otra meta mas de mi vida. Y porque los profesores de la misma hicieron lo posible por transmitirme sus conocimientos para ser mejor cada día.

A TODOS MIS AMIGOS.

Porque gracias a ellos aprendí a querer a mi universidad y logre adaptarme a ella permitiéndome así vislumbrarla como mi hogar. Además les agradezco a todos mis amigos porque siempre estuvieron conmigo y me brindaron su apoyo en cada paso que di.

A todas las personas y familiares que siempre confiaron en mi y me brindaron un punto de apoyo para no decaer en los momentos difíciles y que por ello logre superar muchas adversidades de la vida y por lo cual hoy he llegado hasta aquí. A todos los que tuvieron algo que ver en mi vida y no me fue posible mencionar **GRACIAS**.

# TEMA DE TESIS: COMUNICACIONES INALÁMBRICAS Y LA NUEVA TECNOLOGÍA DE 3G UMTS.

## INTRODUCCIÓN

### 1 INTRODUCCIÓN A LAS TELECOMUNICACIONES.

#### 1.1 Principios Básicos.

- 1.1.1 Señales eléctricas.
- 1.1.2 Ondas electromagnéticas y su modelo de propagación.
- 1.1.3 Principios de modulación.
- 1.1.4 La modulación PCM y leyes de compasión.
- 1.1.5 Modulación digital.
- 1.1.6 Conmutación.
- 1.1.7 Digitalización de señales de voz.
- 1.1.8 Técnicas de acceso (FDMA, TDMA y CDMA).
- 1.1.9 Comunicación dúplex (FDD y TDD).
- 1.1.10 Antenas (Tipos , principio de operación y ganancias).
- 1.1.11 Patrones de radiación.

#### 1.2 Diseño de enlaces.

- 1.2.1 Historia.
- 1.2.2 Aplicaciones en redes celulares.
- 1.2.3 Aplicaciones a redes de acceso.
- 1.2.4 Ventajas y desventajas de los radio enlaces.
- 1.2.5 Usos del espectro.
- 1.2.6 Bandas disponibles y distancia para bandas.
- 1.2.7 Radio digital.
- 1.2.8 Antenas para radio enlaces.
- 1.2.9 Características a considerar de las antenas.
- 1.2.10 Tipo de torres.
- 1.2.11 Selección de sitios.
- 1.2.12 Zonas de Fresnel.
  - 1.2.12.1 Curvatura.
  - 1.2.12.2 Cálculo del factor K.
  - 1.2.12.3 Cantidad de curvatura de la tierra.
  - 1.2.12.4 Guías para la sección de K.
  - 1.2.12.5 Cálculo del radio para la 1ra zona de Fresnel.
  - 1.2.12.6 Criterio para el margen de altura de trayecto.
- 1.2.13 Cálculo de las torres.
- 1.2.14 Cálculo de potencias.
- 1.2.15 Enlace satelital.
- 1.2.16 Geometría de los enlaces.
- 1.2.17 Ángulo Azimut de elevación.
- 1.2.18 Atenuaciones.
- 1.2.19 Espacio libre.
- 1.2.20 Absorción atmosférica.

- 1.2.21 Factor lluvia.
- 1.2.22 Otros efectos de la atmósfera.
- 1.2.23 Deslizamiento de antenas.
- 1.2.24 Estación transmisora.
- 1.2.25 Estación receptora.
  - 1.2.25.1 Cálculo de C/No.
  - 1.2.25.2 Ruido.
  - 1.2.25.3 Temperatura y ruido de la antena.

### **1.3 Sistema satelital.**

- 1.3.1 Historia de los satélites.
- 1.3.2 Puesta en órbita.
- 1.3.3 Rescate de satélites.
- 1.3.4 El satélite y el medio ambiente en el espacio.
- 1.3.5 Fuerzas perturbadoras.
- 1.3.6 La temperatura del satélite.
- 1.3.7 Otros factores de perturbación.
- 1.3.8 Estructura y funcionamiento del satélite.
- 1.3.9 Subsistemas de antenas.
- 1.3.10 Subsistemas de comunicaciones.
- 1.3.11 Fabricantes de equipo satelital.
- 1.3.12 Lanzadores satelitales.
- 1.3.13 Sistema Morelos.
- 1.3.14 Sistema Solidaridad.
- 1.3.15 Distribución de la capacidad de los satélites.

## **2 SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN Y SUS PRINCIPIOS BÁSICOS.**

### **2.1 Telefonía móvil.**

- 2.1.1 Introducción.
- 2.1.2 Historia de las radiocomunicaciones móviles.
- 2.1.3 Comunicaciones inalámbricas.
- 2.1.4 Telefonía celular.
- 2.1.5 Características de la interfaz inalámbrica.
- 2.1.6 Problemas de propagación de ondas de radio.
- 2.1.7 Espectros para comunicaciones inalámbricas
- 2.1.8 Interconexión de los sistemas.
  - -SS.7.
  - -IS-41.
  - -ISDN.
- 2.1.9 Sistemas "Low-tier" y "High-tier".
- 2.1.10 Criterios de evaluación del sistema.
- 2.1.11 Aplicaciones y regiones para los servicios celulares en México.

### **2.2 GSM y las nuevas tecnologías.**

- 2.2.1 Introducción.
- 2.2.2 Historia.
- 2.2.3 Arquitectura de GSM.

- 2.2.4 Elementos de GSM y sus funciones.
- 2.2.5 Espectro utilizado en GSM.
- 2.2.6 Interfaces GSM.
- 2.2.7 Enrutamiento de las llamadas.
- 2.2.8 FDMA, CDMA y TDMA.
- 2.2.9 Canales lógicos y estructura de trama (TDMA).
- 2.2.10 Procesamiento y codificación en GSM.
- 2.2.11 Especificación del sistema y bandas de frecuencias.
- 2.2.12 Servicios y coberturas de GSM.
- 2.2.13 Tecnología Bluetooth.

### **3 UMTS, LA NUEVA TECNOLOGIA DE 3G.**

#### **3.1 Evolución de los sistemas móviles para la 3G.**

- 3.1.1 Sistemas de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, y 3<sup>a</sup> generación.
- 3.1.2 Especificación del proceso para 3G.
- 3.1.3 Arquitectura de la estructura de red.
- 3.1.4 Evolución de GSM a UMTS.
- 3.1.5 Principales Características de UMTS.

#### **3.2 Radio comunicación DE UMTS.**

- 3.2.1 Radiocomunicación para UMTS.
  - 3.2.1.1 Radiocomunicación
  - 3.2.1.2 Banda de frecuencias.
  - 3.2.1.3 WCDMA.
- 3.2.2 Red de Acceso Radial Terrestre UMTS (UTRAN).

### **4 TENDENCIAS TECNOLÓGICAS Y APLICACIONES DE UMTS.**

#### **4.1 Innovaciones de UMTS.**

- 4.1.1 Arquitectura.
- 4.1.2 Servicios.
- 4.1.3 Mejora en la capacidad de voz.
- 4.1.4 Seguridad.
- 4.1.5 Protocolos para UMTS.

#### **4.2 UMTS el corazón de las redes.**

- 4.2.1 Las terminales UMTS.
  - 4.2.1.1 Arquitectura de las terminales.
  - 4.2.1.2 Interfaces usadas.
- 4.2.2 CN arquitectura en 3GPP R99.
- 4.2.3 Control de Movilidad (MM).
- 4.2.4 Comunicación Especial (CM).
- 4.2.5 Aspectos de la arquitectura en 3GPP R4
- 4.2.6 Aspectos de la arquitectura en 3GPP R5.
- 4.2.7 Posibilidades de la comunicación móvil vía satélite.

**CONCLUSIONES**

**APÉNDICE**

**BIBLIOGRAFIA**

## ***HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES ELECTRONICAS***

La teoría sobre las comunicaciones electrónicas comenzó a mediados del siglo XIX con el físico inglés James Clerk Maxwell. Las investigaciones matemáticas de Maxwell indicaron que la electricidad y la luz viajan en forma de ondas electromagnéticas y por lo tanto están relacionadas una con otra. Maxwell predijo que era posible propagar ondas electromagnéticas por el espacio libre utilizando cargas eléctricas, sin embargo, la propagación de onda fue lograda hasta 1888 cuando Heinrich Hertz, un científico Alemán, pudo radiar energía electromagnética desde una maquina que el llamaba oscilador, Hertz desarrollo el primer transmisor de radio y usando estos aparatos pudo generar radio frecuencias entre 31MHz y 1.25GHz también desarrollo la primera antena rudimentaria la cual aun se usa de manera modificada. En 1892 E. Branly de Francia, desarrollo el primer detector de radio.

El primer sistema de comunicaciones electrónicas fue desarrollada en 1837 por Samuel Morse, usando la inducción electromagnética, pudo transmitir información en forma de puntos, guiones y espacios por medio de un cable metálico, le llamo a su invento el telégrafo. En 1876 un canadiense educador llamado Alexander Graham Bell y su asistente, Thomas A. Watson, transmitieron exitosamente una conversación humana a través de un sistema telefónico funcional usando cables metálicos como medios de transmisión.

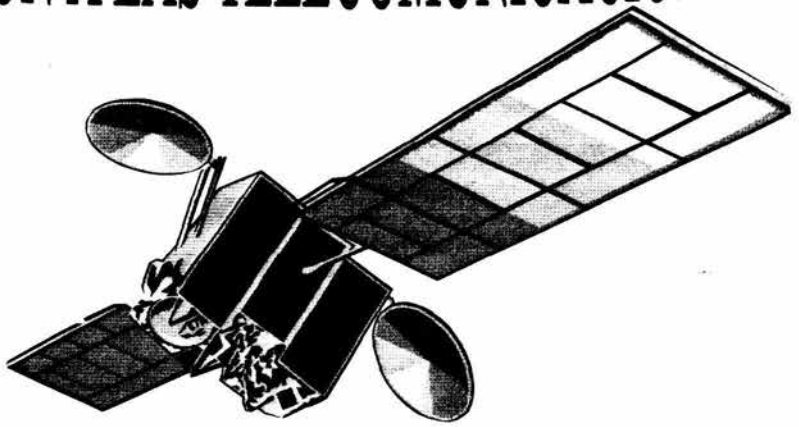
En 1894, Guglielmo Marconi, logro las primeras comunicaciones electrónicas inalámbricas cuando transmitió señales de radio a tres cuartos de milla por la atmósfera de la tierra. Por 1896, Marconi estaba transmitiendo señales de radio hasta dos millas desde los barcos a tierra y en 1899 en vivo el primer mensaje inalámbrico por el canal de la mancha de Francia a Dover, Inglaterra.

En 1902, las primeras señales transatlánticas fueron enviadas de Poldu, Inglaterra a Newfoundland. Lee Deforest invento el tubo de vacio de triodo en 1908, el cual permitió la primera amplificación practicas de las primeras señales electrónicas. La emisión regular de radio comenzó en 1920 cuando las estaciones de radio AM (Amplitud Modulada) WWJ En Detroit, Michigan y, KDKA en pittsburgth, Pennsylvania, comenzaron las emisiones comerciales. En 1933, el mayor Edwin Howard Armstrong invento la frecuencia modulada (FM) y la emisión comercial de las señales FM comenzó en 1936. En 1948 el transmisor fue inventado en los laboratorios Bell por William Shockley, Walter Brattain y John Bardeen. El transmisor llevo al desarrollo y refinamiento del circuito integrado en la década de 1960.



# CAPITULO 1

## INTRODUCCIÓN A LAS TELECOMUNICACIONES



# CAPITULO 1.

## INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES

### 1.1 PRINCIPIOS BÁSICOS.

#### 1.1.1 SEÑALES ELECTRICAS .

Las señales eléctricas tienen una gran importancia dentro del contexto de la información y las telecomunicaciones así como en otras áreas como la aeronáutica, la acústica, la ingeniería biomédica, la sismología y así por mencionar muchas áreas más. De tal modo que en cada una de las diferentes áreas las señales utilizadas son de diferente naturaleza, como por ejemplo; en acústica se trata de señales que se generan por medio de fuentes de sonido, como por ejemplo la voz, la música o cualquier otro tipo de fuente de sonido, para esto el control de el proceso puede ser una señal de tipo térmico, mecánico o eléctrico generadas por los mismos, en la medicina pueden ser señales eléctricas o magnéticas generadas por el organismo humano, y así sucesivamente en todas las demás áreas. Sin embargo todas ellas tienen algo en común; cada señal tiene una o mas características que reflejan los comportamientos de los fenómenos físicos, es decir que cada señal es producida por un fenómeno físico determinado, el cual depende del estudio o la información al que se refiera.

Podemos especificar dos tipos de señales; Las Señales Analógicas y Las Señales Digitales

**Señal Analógica:** Es una señal continua con respecto al tiempo, mientras que su amplitud es diferente con respecto al tiempo, e impredecible.

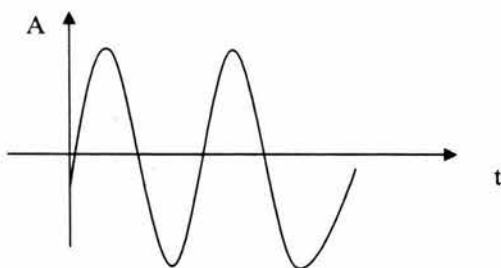


Fig.1 Señal Analógica.

**Señal digital:** Esta señal no es continua con respecto al tiempo, además es discreta, tiene un número limitado de estados discretos. Y únicamente puede tomar valores de un conjunto finito de símbolos o valores.

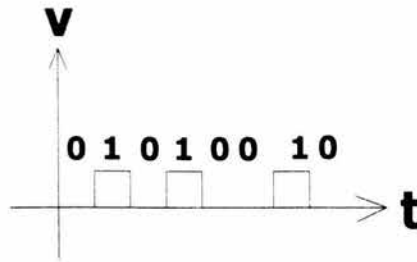


Fig.2 Señal Digital.

Para poder recibir una señal y poder mandarla procesada se requiere de los <sup>1</sup>transductores los cuales pueden hacer que podamos transmitir una señal a distintos puntos si es que así se requiere en formas menos complejas para la transmisión.

Las señales eléctricas dependen de la función del tiempo es decir siempre se forman y se transmiten en función del tiempo, Tal dependencia es una de las principales característica de las señales eléctricas, es decir "Las características que presente una señal son una función del tiempo" por lo cual podemos deducir que las señales varían de una manera continua en función del tiempo , esto significa que conforme avanza el tiempo la señal adquiere valores dentro de un intervalo continuo.

Por otro lado, ambas clases de señales tienen un valor determinado para cada valor del tiempo. Sin embargo, existe la posibilidad de que una señal adquiera valores únicamente en un instante de tiempo (puede ser cada segundo, o cada minuto o cualquier otro intervalo de tiempo). Esto podría ser debido a que el fenómeno que se quiere analizar así lo especifique o si no tal vez porque nuestros mecanismos de estudio si lo requieren o solo así los podemos medir porque no tenemos los mecanismos para medir ciertas características de las señales mas que en unos determinados instantes.

Cuando una señal discreta en el tiempo sólo puede tomar valores de amplitud discretos, entonces se trata de una señal discreta tanto en el tiempo como en la amplitud. Este tipo de señales ha cobrado una gran importancia en las comunicaciones digitales, ya que los sistemas modernos de telecomunicaciones son eficientes y efectivos precisamente a este tipo de señales. Alas señales que son discretas en el tiempo y en amplitud se les denomina *Digitales* como ya lo mencionamos anteriormente, y cuando la amplitud de la señal solo puede tomar uno de dos valores respectivos entonces se trata de una <sup>2</sup>señal digital binaria.

<sup>1</sup> Transductor. Dispositivo electrónico diseñado para poder captar las señales entrantes y poder modificar su naturaleza y poder entregar señales de salida, pero sin cambiar los parámetros.

<sup>2</sup>Señal Digital Binaria. Solo existen dos posiciones para poder tomar valores ya sea, altos o bajos, si no ceros o unos respectivamente.

Una señal digital puede generarse o prevenir de las siguientes fuentes:

- a) Una fuente discreta en el tiempo, que genera señales digitales, como números, letras o textos. Estas señales son digitales porque los números o letras que genera la fuente (símbolo de la fuente o alfabeto de la fuente) sólo puede pertenecer a un conjunto finito de símbolos. Si son números decimales, cada símbolo que genera la fuente únicamente puede ser un número perteneciente al conjunto 0,1,2,3,...,9. Si son letras del abecedario, cada símbolo puede ser una letra del conjunto A, B, C,...;Y, Z.
- b) Una fuente que genera señales discretas en el tiempo y continuas en amplitud, caso en el cual hay que generar una señal discreta en amplitud a partir de las señales continuas. Para realizar este proceso, se necesita aproximar cada valor continuo por medio de uno discreto.
- c) Una fuente continua en el tiempo y continua en amplitud. En este caso es necesario muestrear la señal ( se vera en otro capitulo el teorema de muestro ).

Cuando se transmite una señal se debe hacer con un rango de frecuencias determinado, a lo cual se le conoce como <sup>3</sup>Ancho de Banda. ASCII como una señal puede ser caracterizada por su dependencia con respecto al tiempo, también existe la posibilidad de caracterizarla de acuerdo con las señales senoidales que puedan ser sumadas para formar la señal, esto se conoce como “*espectro en frecuencias de la señal*”.

Las señales pueden trabajarse de diferentes maneras y como tal ponemos algunos ejemplos de lo que se puede hacer con ellas para su mejor manejo y mejor calidad de transmisión de las mismas:

- a) *Amplificación de la señal.* Para poder realizar esta acción se requiere de un amplificador el cual es un sistema que tiene a su salida una replica de la señal de entrada, cuya amplitud ya fue amplificada dentro de el.
- b) *Suma de señales.* Se requiere un sistema al cual le podamos entregar dos señales de entrada y a la salida de este nos entregara la suma de las entradas.
- c) *Multiplicador de señales.* Se requiere de un sistema al cual le podemos acceder dos o mas señales de entrada y la salida será el producto de ellas. Al cual se le conoce también como modulador de amplitud, ya que , si una de las señales multiplica a otra de alta frecuencia la salida del sistema genera un espectro igual al de la señal moduladora, pero trasladado a la frecuencia de la portadora.
- d) *Codificación de la fuente.* Se requiere de un sistema que realiza el procesamiento necesario para poder convertir una señal analógica en una señal digital. Este sistema consiste en la conexión en serie de un muestreado, un cuantizador y un codificador.

---

<sup>3</sup> Ancho de Banda. “Gama de frecuencias que pasa por un determinado canal de transmisión, el ancho de banda determina la velocidad con la cual se puede enviar la información. .Cuanto mayor es al Ancho de Banda es mayor la información que puede transmitirse en una cantidad de tiempo determinada. Regularmente se expresa en kilobits (kb) o en megabits (Mb).

- e) *Filtrado*. Por medio de un filtro se eliminan ciertas componentes de frecuencias de una señal. Existen diferentes tipos de filtros que, dependiendo de la porción del espectro que eliminan, pueden ser paso-bajas (eliminan las frecuencias altas), paso-altas (eliminan las frecuencias bajas), paso-banda (solo deja pasar frecuencias dentro de una banda determinada), o supresor de banda (elimina las componentes dentro de una banda).

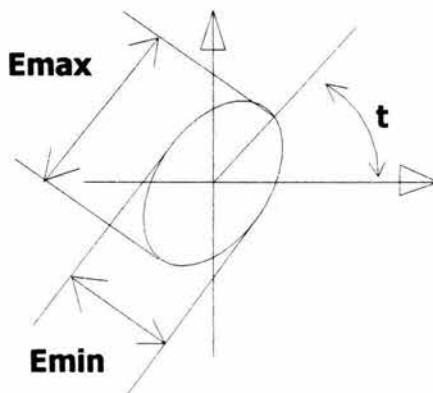
### 1.1.2 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS Y SU MODELO DE PROPAGACIÓN.

Las ondas electromagnéticas se componen de dos campos oscilantes perpendiculares entre sí, uno de los campos es el campo eléctrico (E) y el otro es el campo magnético (H). Ejemplos de ondas electromagnéticas: Ondas de radio, Rayos infrarrojos, Rayos ultra violeta. La diferencia de ellos radica en la frecuencia, la onda electromagnética se propaga por el aire utilizando una antena como acoplador, los dos campos se transmiten al mismo tiempo desfasados uno respecto al otro, la forma y la fase dará lugar al tipo de polarización.

#### POLARIZACIÓN.

La polarización se refiere a la dirección de variación del vector del campo eléctrico dentro de una onda electromagnética. Algunos tipos de polarizaciones son: Polarización elíptica, polarización vertical, polarización horizontal, polarización circular derecha y polarización circular izquierda. Pero el caso más general es la polarización elíptica, del cual se pueden derivar todos los demás tipos como lo veremos a continuación;

$$\text{Razón Axial} = E_{\text{max}} / E_{\text{min}}$$



elipse.

$t =$  ángulo de inclinación de la

En polarización horizontal y vertical, RA = infinita.

En polarización circular, RA = 1

Fig.3

- Derecha. Giro a favor de las manecillas del reloj viento en la dirección de propagación.
- Izquierda. Giro en contra de las manecillas del reloj en la dirección de propagación.

### 1.1.3 PRINCIPIOS DE MODULACIÓN

Modular es hacer variar algún parámetro de una señal en función de otra señal, a la primera se le conoce como señal modulada y a la segunda como señal moduladora. Existen diferentes tipos de modulación de frecuencia (FM), de amplitud (AM), de fase (PM) y combinaciones de ellas, además la modulación puede ser analógica o digital.

● **MODULACIÓN DE AMPLITUD (AM).**- Es el proceso de cambiar la amplitud de una portadora de frecuencia relativamente alta de acuerdo con la amplitud de la señal modulante (información). Las frecuencias que no son suficientemente altas para radiarse de manera eficiente por una antena y propagarse por el espacio libre se llaman comúnmente radio frecuencias o simplemente RF. Con la modulación de amplitud, la información se imprime sobre la portadora en la forma de cambios de amplitud.

La modulación de amplitud es una forma de modulación relativamente barata y de baja calidad de modulación que se utiliza en la radiodifusión de señales de audio y video. La banda de radio difusión comercial de AM abarca desde 535 a 1650 KHz. La radio difusión comercial de televisión se divide entre bandas, dos de VHF y una de UHF, los canales de la banda baja de VHF son entre 2 y 6 (54 a 88 MHz), los canales de banda alta de VHF son entre 7 y 13 (174 a 216MHz) y los canales de UHF son entre 14 a 83 (470 a 890 MHz). La modulación de amplitud también se usa para las comunicaciones de radio móvil de dos sentidos tal como una radio de banda civil (CB) (26.965 a 27.405MHz).

Un modulador AM es un aparato no lineal con dos señales de entrada de información: una señal portadora de amplitud constante y de frecuencia sencilla, la señal de información. La información actúa sobre o modula la portadora y puede ser una forma de onda o frecuencia simple o compleja compuesta de muchas frecuencias que fueron originadas de una o más fuentes. Debido a que la información actúa sobre la portadora, se le llama señal modulante. La resultante se llama onda modulada o señal modulada.

● **MODULACIÓN FM Y PM** .- La modulación en frecuencia y en fase , son ambas forma de modulación angular desafortunadamente, ambas formas de modulación angular se les llama simplemente FM. Cuando en realidad, existe una diferencia clara, entre las dos existen varias ventajas en utilizar la modulación angular en lugar de la modulación de amplitud, tal como la reducción de ruido, la fidelidad mejorada del sistema y el uso más eficiente de potencia. Sin embargo FM y PM, tienen varias desventajas importantes las cuales incluyen requerir un ancho de banda extendida y circuitos más complejos tanto en el transmisor como en el receptor.

La modulación angular fue introducida primero en 1931, como una alternativa a la modulación en amplitud, se sugirió que la onda con modulación angular era menos susceptible al ruido que AM y, consecuentemente, podía mejorar el rendimiento de las comunicaciones de radio.

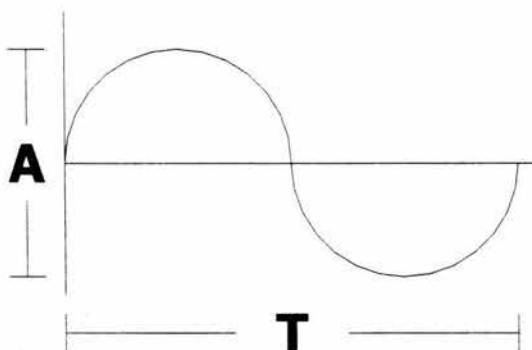
La primera radiodifusión de señales de FM programada regularmente comenzó en Alpine, New Jersey. Actualmente, la modulación angular se usa extensamente para radiodifusión de radio comercial, transmisión de sonido de televisión, radio móvil de dos sentidos, radio celular y los sistemas de comunicaciones por microondas y satélites.

#### 1.1.4 LA MODULACIÓN PCM Y LEYES DE COMPASIÓN.

La modulación por pulsos codificados PCM se emplea para convertir una señal analógica en una cadena digital de datos binarios, el sistema engloba múltiples procesos y suele describirse en tres etapas: muestreo, cuantificación y codificación. Los dispositivos que efectúan el proceso de digitalización, llamados bancos del canal o multiplexores PCM, tienen dos funciones básicas:

- ♦ Convertir las señales analógicas a la forma digital y viceversa en el extremo receptor.
- ♦ Combinar las señales digitales en una misma secuencia de datos multiplexados por división en el tiempo.

El PCM se basa en la teoría de muestreo de Nyquist. Así la velocidad más aceptada en la industria es de 8000 muestras por segundo, lo cual permite reconstruir con exactitud las señales de un canal de voz de 4 KHz, por tal motivo son suficientes para expresar las señales de una línea telefónica de 3 KHz. Por, tanto el intervalo de muestreo es de 125 mseg. El teorema de muestreo garantiza reciprocidad entre la señal analógica y el tren de pulsos de PAM solamente cuando las tres siguientes condiciones se cumplen:



$$F = 1 / T$$

Donde: A = Amplitud.  
T = Periodo  
F = Frecuencia.

Fig.4

1. La señal de entrada no contiene componentes de frecuencia arriba de la frecuencia máxima  $f_0$  (caso particular de la señal telefónica de 3.4 KHz).
2. El pulso utilizado para el muestreo es un impulso con anchura nula y amplitud infinita.
3. Se utilizará un filtro de paso bajo ideal en el extremo receptor (pasan todas la frecuencias inferiores a  $f_0$ ).

En la práctica estas condiciones no pueden cumplirse plenamente. Obsérvese la figura en ella se muestra esquemáticamente la relación entre una función continua y las muestras de esa señal. Puede verse que después del muestreo la señal ya no es continua, pero aún es analógica, donde cada muestra representa la magnitud de la señal original en cada instante de muestreo. A este proceso de muestreo se le conoce también como modulación por amplitud de pulsos (En inglés Pulse Amplitud Modulación PAM). Considerando el circuito simple de la figura 5 en la cual el generador G1 produce una señal V1 a 1000 Hz. El interruptor S1 funciona bajo el control de un generador de pulsos G2 a una velocidad de 8000 Hz. Dado lo anterior, el interruptor permanecerá cerrado durante un pequeño instante, a intervalos de 125 mseg. ( $1/8000 \text{ Hz} = 125 \text{ mseg.}$ ). Por lo tanto, la señal generada por G1 es modulada por el interruptor S y el voltaje V2 que aparece a través de la carga L es la señal modulada PAM.

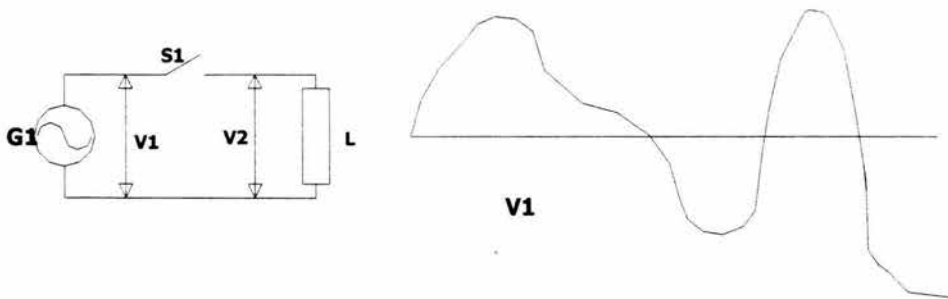


Fig.5

En un circuito práctico la amplitud de la señal muestreada cambia durante el intervalo de muestreo, pero si éste se hace lo suficientemente pequeño, entonces este cambio de amplitud se hace insignificante.

Haciendo ahora un análisis del espectro de la señal muestreada, encontramos que el espectro de la señal original aparece reproducido con ambas bandas centradas en frecuencia múltiples de la frecuencia de muestreo ( $f_s$ ). Esto se muestra en la figura 6 (a). En la figura 6 (b) se ilustra el caso en que la frecuencia de muestreo no cumplen con la frecuencia de Nyquist. Se aprecia un traslape en los espectros adyacentes, lo que ocasiona una pérdida irreparable de información.



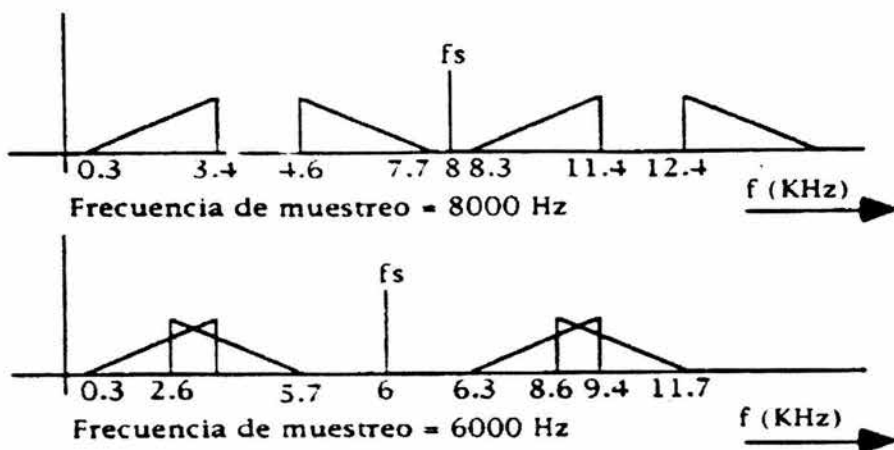


Fig.6

Refiriéndonos a los sistemas telefónicos específicamente, encontramos que las señales de voz se limitan a 3400 Hz. Esta frecuencia se determinó en base a estudios que demostraron que en ese rango de frecuencias se concentra la mayoría de la información disponible en una señal normal de voz y además porque permite una utilización de las líneas de transmisión existentes previas al empleo de la técnica PCM. Una vez efectuado el muestreo, la señal se somete a una segunda etapa de la traducción: la cuantificación, cuyo objetivo es asignar un valor a cada señal PAM.

Los cuantificadores asignan valores entre 1 y 128 o entre 1 y 256 a cada señal PAM; si el cuantificador asigna a la señal un máximo de 128 valores, cada muestra requerirá 7 bits ( $2^7 = 128$ ). Si son 256 valores posibles, cada muestra exigirá 8 bits ( $2^8 = 256$ ). En virtud de que las muestras de amplitud de la señal original van a ser representadas por números binarios, es necesario establecer la cantidad de valores, que podrán ser descritos. Esto significa, en la práctica que se establecerán ciertos límites entre los cuales la señal sea representada por un solo número binario asignado por el codificador.

Por ejemplo, si tenemos un intervalo cuyos límites sean 1.0 a 1.5 y el punto medio de ese intervalo se le asigna un cierto número binario, entonces todos los valores de la señal muestreada que caigan entre esos límites, se les asignará el mismo número binario. A cada intervalo se le denominan paso de cuantificación y a los límites de cada paso se les llama valores de decisión. De esta forma el número de pasos de decisión está determinado por el número de bits que formarán la palabra digital con la que ha de representarse cada valor de amplitud.

Al asignar a un conjunto de valores de la señal muestreada un mismo valor digital, es claro que se tiene como consecuencia un cierto error. A este error se le conoce como error de cuantificación, el valor máximo de este error es la mitad de un paso de cuantificación.

Retomando el ejemplo anterior, del intervalo con límites 1.0 y 1.5, el valor medio del intervalo es 1.25. Entonces si una señal esta por encima de 1.25 se le asigna el valor correspondiente de 1.5 y lo peor que puede pasar es que la señal valga exactamente 1.2 al asignársela el valor digital de 1.5, se habrá tenido un error de cuantificación máximo, en este caso igual a 0.25. En el receptor al decodificar la señal PCM encontraremos que el valor original de 1.25 ahora será considerado como 1.5 ante lo cual surge la necesidad de disminuir este error de cuantificación. También es necesario resaltar que siempre existirá un cierto valor al cuál se le asigne el valor binario máximo, a este valor se le denomina capacidad de carga del decodificador.

Por lo anterior, surge la necesidad de limitar la amplitud máxima de la señal a codificar, pues si la señal excede a la capacidad de carga del codificador, entonces el error de cuantificación no se limitará a la mitad de un intervalo de cuantificación y podrá ser mayor aún. Actualmente los sistemas PCM utilizan 256 niveles que están organizados en 128 niveles positivos y 128 niveles negativos. Un cuantificador de 256 escalones exigirá 64000 bits por segundo para la transmisión ( $8000 \times 8 = 64000$ ).

No es difícil imaginarse que para valores pequeños de la señal, el error relativo será mayor que para los niveles altos. Por ejemplo, si tenemos un valor de 0.8 y le asignamos un valor de 1.0, el error fue 20%. En cambio si tiene un valor de 9.8 y se le asigna un valor de 10, entonces el error será de 2%. Para compensar lo anterior y disminuir el efecto del ruido de cuantificación de tal manera que sea lineal a lo largo de todo el rango de valores, es por lo que en la práctica se emplean las llamadas reglas de codificación.

Los experimentos han demostrado que con 2.048 escalones de cuantificación puede conseguirse una señal vocal de calidad adecuada. Sin embargo si cada muestra exige 11 bits ( $2^{11}=2048$ ), la velocidad de transmisión habrá de ser 88 Kbits por segundo, por lo que resulta muy conveniente disminuir el número de escalones cuánticos, debido a que un mayor número de niveles de cuantificación elevan el precio de los componentes y aumenta el número de bits necesarios para representar la señal. Una solución a este problema puede ser la compasión.

La figura 4 ilustra como la relación entre el ruido de cuantificación y la señal se modifican cambiando la ley de codificación de lineal a no lineal. En la figura 7 (b) y 7 (d) la señal se muestra separada del ruido de cuantificación; de la figura 7 (d) se puede deducir que para una ley de codificación logarítmica la razón entre la señal y el ruido de cuantificación medio es constante.

En la figura 7 (b) vemos que al ir aumentando el nivel de la señal de entrada el ruido medio de cuantificación es constante y por lo tanto la razón va disminuyendo. En la gráfica 7 (d) se tiene que al aumentar la señal de entrada aumenta también el ruido medio de cuantificación y por lo tanto la razón se conserva constante. A este método de utilizar leyes

de codificación no lineales se le denomina compasión. El término se deriva de los dos procesos llevados a cabo tanto en la transmisión como en la recepción. En la transmisión se comprime la señal y en la recepción se expande de manera que el efecto neto sobre la señal sea lineal.

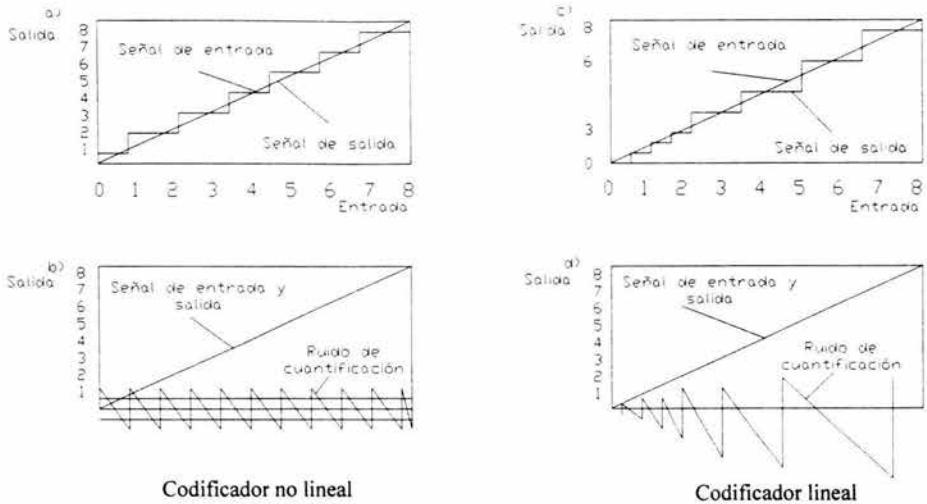


Fig.7

En los primeros sistemas, la relación entre las señales PAM y el código PCM era lineal (se trataba de una codificación lineal). Por tanto, las variaciones de amplitud de la señal se traducían en variaciones idénticas en los códigos PCM. Este efecto traía como resultado una notable distorsión de cuantificación. Los sistemas modernos emplean el concepto denominado codificación no lineal. Figura 7 (c) y 7 (d). Segmento cae la muestra (dado que son 8 segmentos) y los últimos 4 bits indican la posición relativa dentro del segmento ciado.

La ley  $\mu$  es utilizada en Norteamérica y en Japón mientras que la ley A lo es en Europa, y en particular también por México.

Como puede verse ambas leyes son bastantes parecidas, salvo que la ley A usa una relación lineal dentro del margen de pequeñas amplitudes. Para la ley A el tamaño mínimo del escalón es de  $2/4096$ , mientras que para la ley  $\mu$  es de  $2/8159$ . En los sistemas reales de multiplexación por división de tiempo, las leyes de compasión se realizan mediante aproximaciones lineales por segmentos la ley  $\mu$  se representa mediante 15 segmentos, mientras que la ley A se expresa en 13 segmentos. Ambas leyes superan ampliamente los requisitos mínimos de reducción de distorsión en las señales de niveles más bajos.

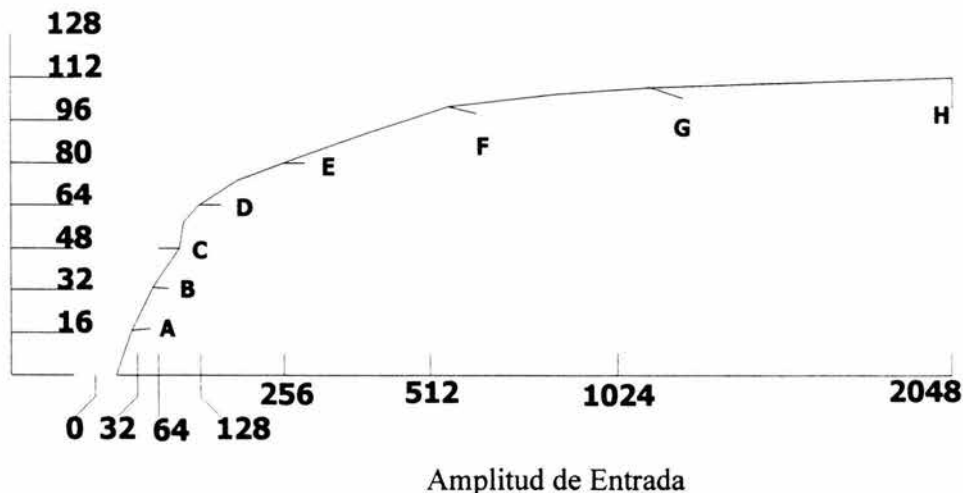


Fig.8

En la figura 9 se muestra el proceso general de las etapas que conforman un sistema PCM. Actualmente existen dos leyes para la codificación de señales PCM a saber: la ley  $\mu$  y la ley A. El sistema original T1 de la Bell utilizaba un compansor con una función continua como ley de codificación con la siguiente ecuación matemática:

$$Y = \log(1 + mx) / \log(1 + m)$$

Donde:  $m = 100$

Recomendaciones posteriores de la CCITT para el sistema de 24 canales abandonarán el compansor y utilizaron una ley no lineal de codificación aproximándose a la ley  $\mu$  ( $m$ ) con un valor para  $m = 255$ .

En los sistemas de telefonía actualmente empleados en nuestro país se utiliza la ley codificación A, cuya expresión matemática es la siguiente:

$$Y = 1 + \log(Ax) / 1 + \log A \quad \text{Para } 1/A < x < 1$$

$$Y = Ax / 1 + \log A \quad \text{Para } 0 < x < 1/A$$

Donde:  $A = 87.6$

La aproximación por segmentos a esta función continua, esta hecha de tal manera que cada segmento cambia su pendiente por un factor de 2. Existen un total de 8 segmentos (para la parte positiva de la curva), de los cuales los dos primeros son colineales como se ilustra en

la figura 9, que muestra la relación entre los valores de la señal a la entrada del codificador y los valores de decisión del codificador.

En el eje vertical Y se representa el número de valores de decisión resultantes de la adjudicación de la palabra de 8 bits a cada muestra codificada. Hay que aclarar que los 8 bits disponibles, el más significativo se utiliza para determinar la polaridad de la muestra ("I" si es positiva y "O" si es negativa).

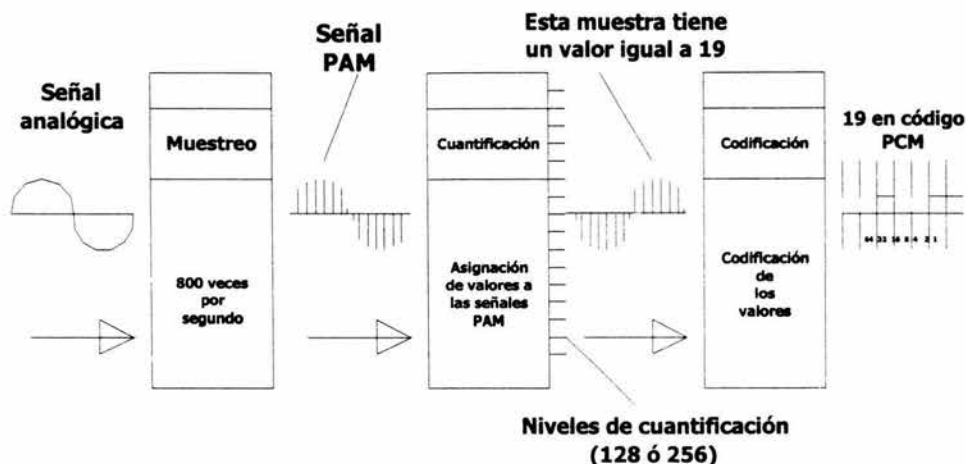


Fig.9

### EFICIENCIA ESPECTRAL DE LA MODULACIÓN.

La eficiencia espectral de modulación ( $n_m$ ) es una relación entre el número de canales de un sistema entre el ancho de banda del sistema y el área total cubierta. Se calcula mediante la siguiente relación.

$$n_m = \frac{1}{B_c N A_c} \text{ (canales / MHz / km}^2\text{)}$$

En donde:  $B_c$  = Ancho de banda del canal (MHz).

$N$  = Factor de rehusó de frecuencias.

$A_c$  = Área cubierta por la celda.

### 1.1.5 LA MODULACIÓN DIGITAL

Un sistema digital ofrece mayor tolerancia al ruido e interferencias, en el sistema digital no se acumula ruido en las estaciones repetidoras, sin embargo el sistema digital es mas vulnerable al desvanecimiento, facilita la integración de señales distintas a la voz, el

sistema digital consume menos energía y requiere menos ajustes, para el sistema analógico la calidad se mide por el nivel de ruido S/N. En el sistema digital se mide por el BER.

Una señal analógica experimenta con el tiempo variaciones de amplitud. De modo que cuando una persona habla por teléfono, las oscilaciones mecánicas (físicas) del aire (fluctuaciones de presión) se transforman en señales eléctricas con formas de cada de características similares, es decir, el micrófono actúa como un transductor, al transformar una señal de una forma de energía (sonora) en otra distinta (eléctrica). A medida que la señal vaya recorriendo el canal de comunicación, la señal deberá amplificarse para evitar que se atenúe con exceso. Al transmitir la señal analógica por el canal aparecen diversos problemas como los que se mencionan a continuación:

- La señal va siendo retransmitida por diversos amplificadores y otros transductores, la retransmisión de la señal se diseña de modo que resulte lo más lineal posible, es decir, que la forma de onda que representa la señal mantiene sus características de un extremo a otro en el canal. Cualquier desviación de la linealidad que presente el sistema se traducirá en una distorsión de la señal. Toda señal analógica no es lineal en alguna medida. Desafortunadamente los componentes que intervienen en la transmisión, por ejemplo, los amplificadores aumentan la no linealidad de los sistemas.

- Como no es posible separar el ruido de una señal analógica cada vez que los dos se mezclan durante una transmisión, tanto el ruido como la señal se amplifican en los repetidores. La relación señal a ruido empeora a medida que el trayecto aumenta

- En cualquier cable o canal aparece ruido térmico provocado por las variaciones aleatorias en el transductor o en el canal.

- Cuando se almacena una señal en un medio de grabación como puede ser un disco o una cinta, el propio medio constituye una fuente de ruido, por ejemplo, las irregularidades en la superficie de un disco o el granulado de una cinta, (debido al tamaño de los dominios magnético, del medio) pueden también producir ruido.

- Toda señal se debilita o atenúa durante su transmisión por un determinado medio, esta atenuación puede debilitar tanto la señal que esta resulte ininteligible para el receptor, con un cable de alta calidad y gran diámetro puede reducirse en cierta medida la atenuación, pero nunca se elimina por completo.

Por todo lo anterior los sistemas digitales evitan estos problemas expresando las formas de onda analógicas mediante representaciones digitales binarias. En esencia, es convertir la señal analógica en series de números digitales que se transmiten por el canal de comunicación como datos binarios. Los números binarios representan muestras de la forma de onda.

No obstante, las señales digitales están sometidas al mismo tipo de problemas e imperfecciones que las señales analógicas: atenuación y ruido. Sin embargo las muestras binarias, de una forma de onda analógica se representan con niveles de tensión discretos, a diferencia ese las señales analógicas que toman valores no discretos, si no por el contrario toman una cantidad de valores indeterminables. El problema de la relación señal a ruido

que se presenta en la señal analógica no se hace presente en las señales digitales porque utilizan un tipo de repetidor diferente, llamado "repetidor regenerativo".

Este repetidor no solo amplifica, si no que regenera los pulsos para restituir exactamente la forma que tenía la señal binaria cuando salió del transmisor origen. A medida que la señal atraviesa el canal, sólo habrá que detectar la presencia o ausencia de un pulso digital binario y no la amplitud de una señal, como en el caso analógico. Aquí radica la mayor ventaja de las señales digitales ya que pueden reconstruirse totalmente antes de que se deterioren hasta quedar por debajo de un determinado umbral. Por lo tanto es posible eliminar completamente el ruido y la atenuación en la señal reconstruida.

El muestreo y regeneración periódicos de la señal se llevan a cabo mediante repetidores regenerativos, representando una ventaja al transmitir en digital, ya que en principio es posible reducir la tasa de error de la señal a un valor tan reducido como se desee simplemente acercando los repetidores. Los repetidores se colocan a lo largo del canal a intervalos definidos, su separación depende de la calidad y tamaño del conductor, de la cantidad de ruido presente en el conductor, de su ancho de banda y de la velocidad de transmisión en baudios. Así por ejemplo, en los primeros sistemas digitales se contemplaban separaciones de 1.80 metros, en la actualidad los canales de fibra óptica permiten transmitir de forma confiable con repetidores separados entre 35 y 55 kilómetros.

## SINCRONIA

Para que ordenadores y terminales puedan establecer comunicación es necesario, en primer lugar, que dispongan de un método con el que ambos dispositivos lleven el control de la transmisión en curso. Así un transmisor ya sea un terminal o un ordenador, debe enviar su señal de modo que el receptor sepa cuando buscarla y reconozca los datos a medida que vayan llegando. En esencia, el receptor ha de saber el momento exacto en que llega cada 1 y cada 0 por el canal de comunicaciones. Si el emisor se limita a enviar los datos por el canal sin previo aviso, lo más probable es que el receptor no tenga tiempo suficiente para ajustarse al flujo de datos que empiezan a llegarle, en cuyo caso los primeros bits se perderán, es aquí donde surge la mayor desventaja del envío de información digital, debido a que la información puede perderse irremediablemente. Tal situación no se hace presente en una transmisión analógica debido a que esta no presenta la sincronía como un punto crítico para el envío de información.

Tan es así, que una máquina transmisora ha de enviar primero a la máquina receptora la indicación de que desea hablar con ella, lo cual plantea la necesidad de una base de tiempo común a mutua representado por un "reloj común", tanto en el dispositivo emisor como en el receptor, este proceso forma parte de un protocolo de comunicaciones y suele conocerse como sincronización.

## MODULACIÓN DE SEÑALES DIGITALES.

Para sistemas digitales de comunicación que emplean señales pasa banda, resulta ventajoso modular una señal portadora con la corriente digital de datos, antes de la transmisión. Las tres formas básicas de la modulación digital correspondiente a la AM, FM y la PM se

conocen como conmutación de corrimiento en amplitud ASK (Amplitude Shift Keying), conmutación de corrimiento de frecuencia FSK (Frequency Shift Keying).

Conmutación de corrimiento de fase PSK (Phase Shift Keying). Observando la forma de la señal analógica se ve que una señal presenta las siguientes características:

- 1) La amplitud de la seña
- 2) La frecuencia de la señal.
- 3) La fase de la señal.

La información digital puede ser modulada por la modificación de una o varias de estas características.

$$S = A \text{ Sen } (\omega t + \Phi)$$

Donde:

A = Amplitud  
 $\omega$  = Frecuencia  
 $\Phi$  = Fase

### MODULACIÓN EN AMPLITUD (ASK).

En la conmutación por desplazamiento en amplitud, la amplitud de una señal portadora de alta frecuencia se alterna entre dos o más valores en respuesta al código PCM. Para el caso binario la elección habitual es el conmutador encendido /pagado (abreviado a veces OOK por las siglas On/Off Keying). La onda de amplitud modulada consiste en pulsos RF, llamados marcas, que representan el valor binario de 1 y espacios que representan en valor binario 0, es decir, en esta técnica de modulación la amplitud de la señal contiene la información.

En la figura 10 se muestra una onda ASK para un código PCM dado, así como en la AM, el ancho de banda básico se duplica en el ASK. La onda ASK para un pulso puede escribirse:

$$\Phi(t) = \begin{cases} A \text{ sen } (Wct) \\ 0 \text{ En cualquier otro caso} \end{cases}$$



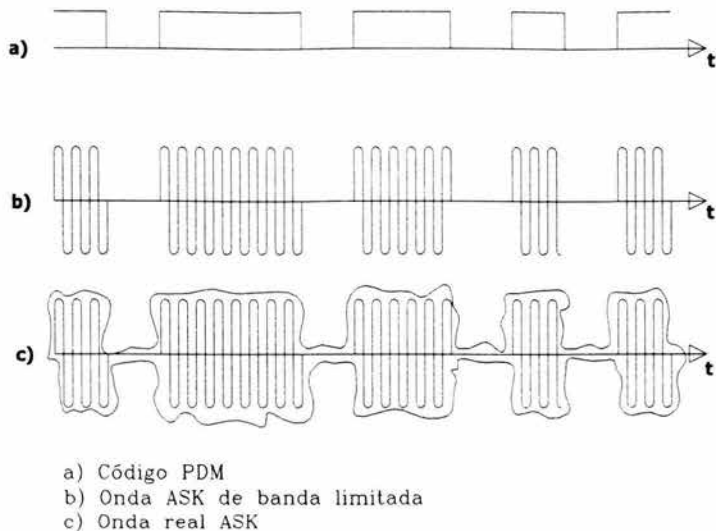


Fig.10

La presentación matemática, para enviar cualquiera de los dos símbolos binarios pueden ser a través de dos ondas.

$$\Phi(t) = \begin{cases} A \operatorname{sen}(mWct) & 0 < t < T \\ 0 & \text{En cualquier otro caso} \end{cases}$$

MODULACIÓN DE FASE (PSK). En este caso se provocan cambios bruscos en la fase de la señal portadora según sea el nivel de la señal de entrada. Así la fase de la señal se alterna a entre dos (o más) valores en respuesta al código PCM. Para PCM binario es conveniente un desfase de  $180^\circ$  para que simplifique el diseño del demodulador y por ello se emplea a menudo. Esta elección particular se conoce comúnmente como conmutador inverso de fase (PSK) para esta técnica de modulación la información esta contenida en la fase izquierda de la señal a una señal de referencia. En un sistema PSK una referencia de fase será necesitada en el receptor para interpretar la información. Un 1 lógico es codificado como una fase izquierda de  $0^\circ$  con respecto a la señal de referencia. Un 0 lógico es codificado como una fase izquierda de  $180^\circ$  con respecto a la señal de referencia. En la figura 11 se muestra una onda PSK. La onda PSK puede expresarse como:

$\Delta 1(t) = A \operatorname{sen}(wct)$       donde:

$$\Delta 2(t) = -A \operatorname{sen}(wct) \quad F2(t) = -F1(t)$$

Este tipo de señales se conoce como antipódica, es decir, las dos señales que denotan los dos posibles símbolos de información tienen exactamente la misma forma pero polaridad opuesta.

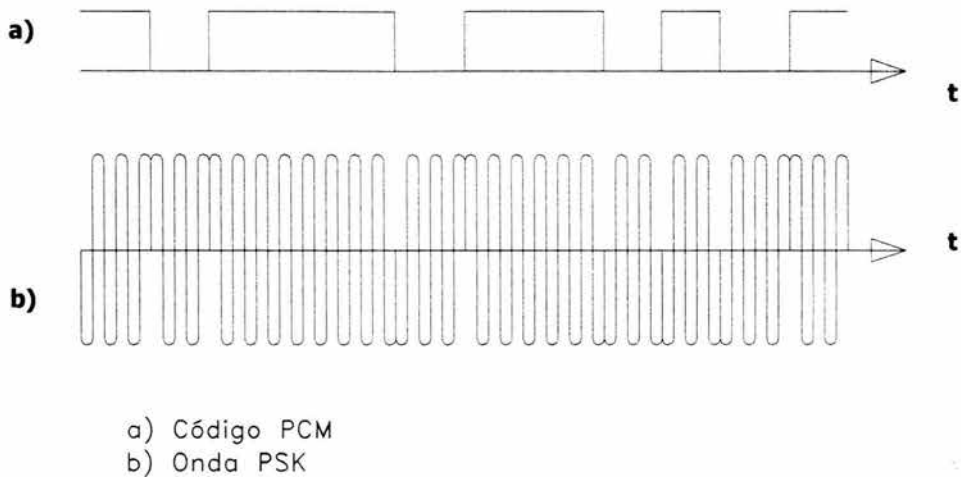


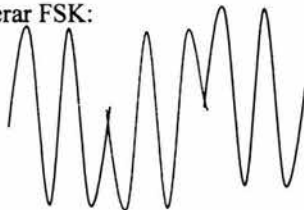
Fig.11

Ninguno de los métodos de modulación digital es particularmente eficiente en términos de ancho de banda empleado. Hasta aquí en los sistemas se ha considerado que sólo se puede transmitir una de dos posibles señales durante cada intervalo de señalización. Tales sistemas tienen una eficiencia teórica de ancho de banda de 1 bps/Hz. En muchas aplicaciones un sistema de transmisión resulta más económico sí, en un ancho de banda determinado, pueden transmitirse más bits por segundo. Esto conduce al examen de métodos de numeración M-aria en los que se transmite una de m posibles señales durante cada intervalo de señalización.

### MODULACIÓN FSK

Para transmitir un símbolo en modulación FSK (Frequency Shift Keying) se debe seleccionar una frecuencia de un conjunto de M frecuencias diferentes. El caso más sencillo es FSK tipo binario con  $M = 2$ .

Existen dos opciones para generar FSK:



Modulación de fase discontinua.

Fig.12

Modulación de fase continua.

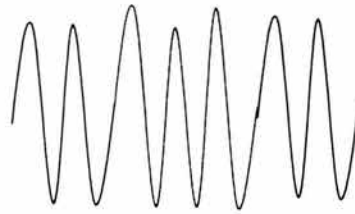


Fig.13

NOTA: Las discontinuidades de fase aumentan componentes de altas frecuencias al espectro de la señal. Esto no es recomendable para los canales típicos. Para poder generar FSK con continuidad de fase (CPFSK) cada pulso debe abarcar un numero entero de ciclos. Para pulsos de duración T cada frecuencia seleccionada debe cumplir:

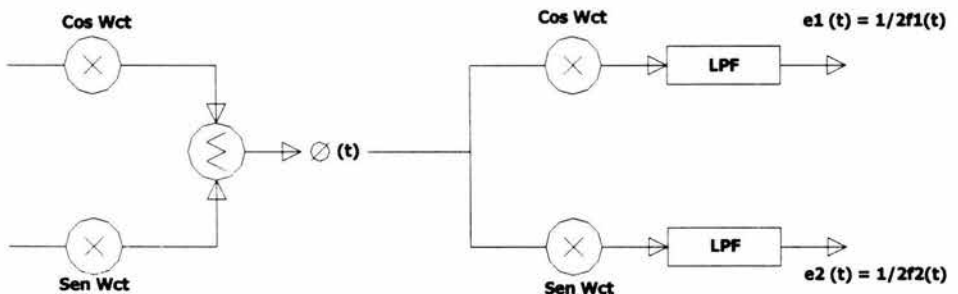
$$f_i T = N_i$$

donde  $N_i$  es un numero entero.

### MODULACIÓN QAM / QPSK

El primer intento de aumentar la eficiencia espectral es utilizar el principio de la multiplexión de cuadratura en la que se combinan dos señales moduladas en cuadratura de fase.

Aprovechando la ortogonalidad de Senos y Cosenos, es posible transmitir y recibir dos señales diferentes simultáneamente en la misma frecuencia portadora, en la figura 14 aparece un esquema para hacer esto, conocido como multiplexión de cuadratura. Esto se puede desarrollar y probar que cada señal puede recuperarse por detección sincrona de la señal recibida con portadoras de igual frecuencia pero en cuadratura de fase.



**LPF = Filtro paso bajas**

Fig.14

Si en el filtro pasa bajos todos los términos en  $2 W_c$  se atenúan resulta

$$E1(t) = \frac{1}{2} f1(t)$$

$$E2(t) = \frac{1}{2} f2(t)$$

Por lo que la multiplexión de cuadrada resulta un método eficaz para transmitir dos señales de mensaje dentro del mismo ancho de banda. Requiere una sincronización precisa de fase del transmisor y el receptor.

La figura 15 se muestra un sistema básico modulador llamado AM de cuadratura QAM.

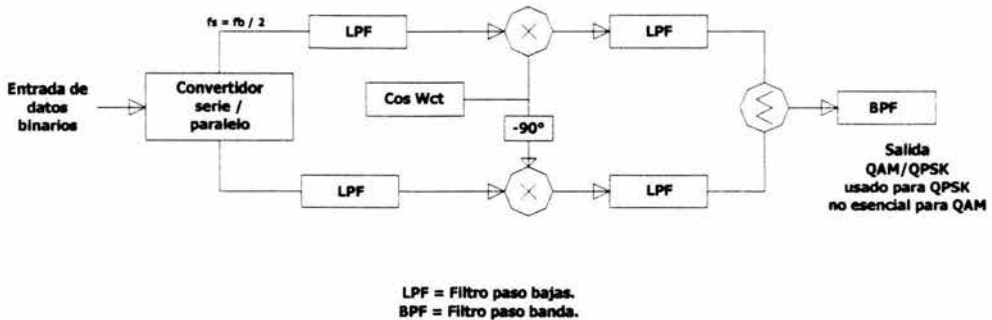


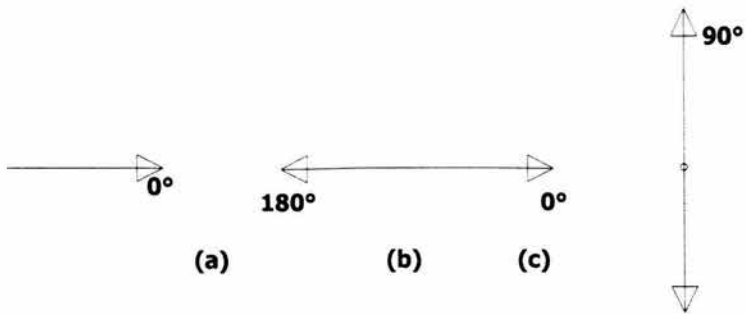
Fig.15

De la figura anterior, el convertidor serie a paralelo recibe la corriente de datos a razón de  $f_b = 1/T_b$  bps y entrega dos corrientes paralelas a  $f_s = 1/T_s$  bps, siendo  $T_s = 2T_b$ . Donde,  $f_s$  es la razón de símbolos o razón de baud y  $f_b$  la razón de bits total del sistema.

La señal I usa la referencia de portadora en fase y la señal Q con la referencia portadora en cuadratura. Las señales I y Q se suman para formar la señal QAM resultante.

Como  $f_s = f_b/2$ , (es decir, el  $f_b$  se dividió en dos fuentes: I y Q) la eficiencia del ancho de banda de la QAM es de 2 bps/Hz.

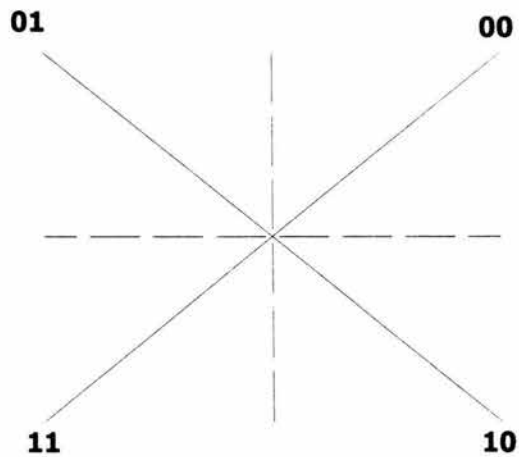
Observando los diagramas fasoriales figura 16 revelan que la QAM puede verse como modulación en fase si las señales I y Q tienen magnitudes idénticas. Tales sistemas se conocen comúnmente como PSK de cuadratura (QPSK).



- (a) Portadora sin modular
- (b) Señal modulada en fase
- (c) Señal modulada en cuadratura (Q)

Fig.16

Como se indica en la figura 17 se utiliza codificación de Gray de forma que los estados de señales adyacentes difieren en un solo bit.



**Señal compuesta QAM/QPSK  
se indican los valores del código Gray.**

Fig.17

En la modulación QPSK toda la información es conducida por la fase y es deseable una envolvente constante.

Los filtros paso bajo del diagrama del modulador en la figura 14 se utilizan simplemente para restringir el ancho de banda de la corriente de datos a menos de la frecuencia portadora. La principal formación espectral en los sistemas QPSK se obtiene con un filtro pasa banda después de la suma I y Q. Las atenuaciones o ganancias relativas en los circuitos I y Q se mantienen todo lo igual que sea posible.

Así, la diferencia entre la QAM cuaternaria y la QPSK es que los sistemas QAM emplean filtrado de premodulación (paso-bajo) para la formación espectral, mientras que los QPSK utilizan filtrado de post-modulación (pasa-Banda) e intentar mantener una envolvente constante en la onda modulada.

Teóricamente, ambos sistemas tienen idénticas densidades espectrales de potencia y probabilidad de error. Debido a estas similitudes y a la popularidad relativa de los sistemas QPSK, este término se utiliza frecuentemente también para los sistemas QAM.

Para la QPSK, durante cada intervalo de símbolo  $T_s$  se transmite una de cuatro posibles ondas de señal que son las siguientes:

$$\begin{aligned} S1(t) &= A \cos \omega t \\ S2(t) &= -A \sin \omega t \\ S3(t) &= -A \cos \omega t \\ S4(t) &= A \sin \omega t \end{aligned}$$

Estas ondas corresponden y representan corrimientos de fase de 0°, 90°, 180° y 270° como se muestra en el diagrama fasorial de la figura 16.

En síntesis los sistemas QAM y QPSK tienen eficiencia de ancho de banda hasta 2 bps/Hz. Ofrecen un atractivo balance entre razones más altas de datos con buenas características de rendimiento (una potencia aceptable contra intercambio de ancho de banda). Se utilizan ampliamente en la práctica para transmisión de datos a velocidad media.

#### VENTAJAS DE LAS SEÑALES DIGITALES.

- Tienen mayor capacidad de transmisión.
- Incrementan su calidad de recepción y transmisión.
- Se puede regenerar la señal en caso de que existieran errores al transmitirla.
- Debido a que utilizan tecnologías LSI y VLSI se tiene un bajo costo.
- Se presenta la conmutación digital.
- Con las señales digitales se integran las transmisiones de voz, datos y video.

### 1.1.6 CONMUTACIÓN.

Dentro del proceso de una llamada es establecer y liberar las conexiones entre los medios de transmisión para poder realizar dicha llamada. La conmutación digital implica el uso de procesadores que controlen las funciones de conmutación

En telefonía existen centrales de conmutación de dos tipos; centrales locales y centrales de tránsito (Tándem). También existen tres formas de realizar la conmutación conmutación.

- Conmutación por división de espacio (S).
- Conmutación por división de tiempo (T).
- Combinación de las dos anteriores (TST).

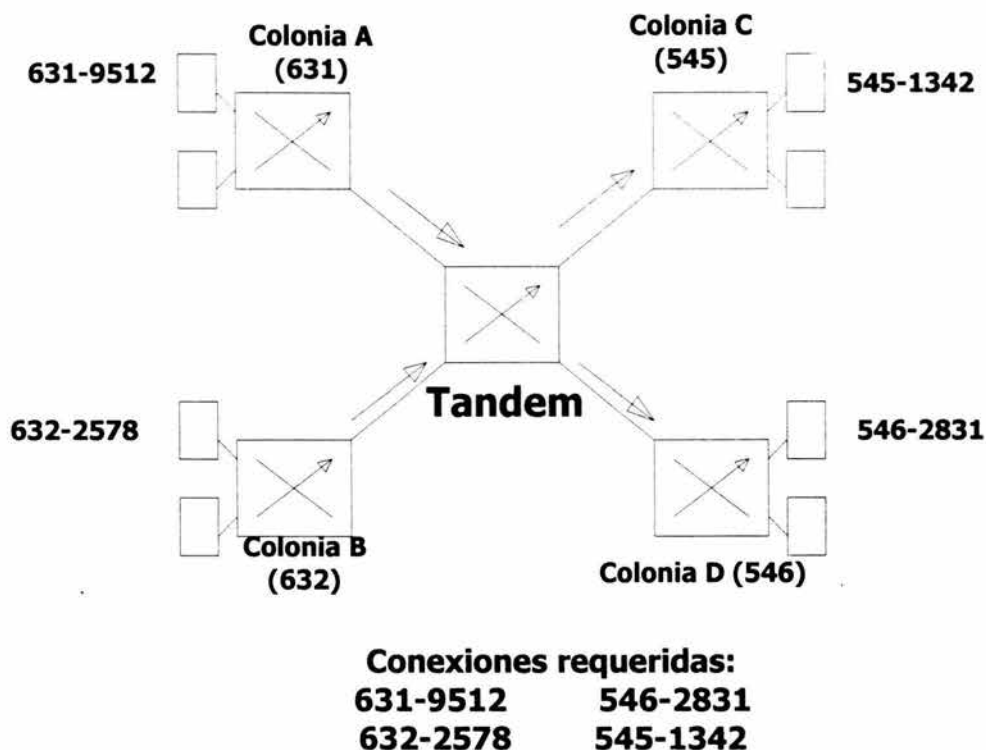
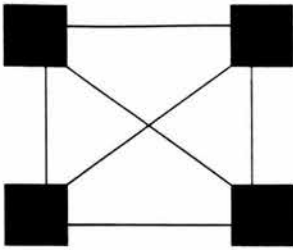


Fig.18

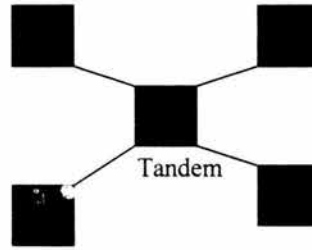
Es importante conmutar, ya que como vemos en las siguientes figuras nos daremos cuenta de que si no existieran conmutadores las trayectorias para las llamadas serían más, lo que daría como resultado una red de comunicación mucho más lenta debido a los diferentes caminos por los que existiera la posibilidad para poder pasar a su destino.

Conexión entre centrales  
Sin central tandem.



Total de enlaces = 6

Conexión entre centrales  
Con centrales tandem.



Total de enlaces = 4

Fig.19

$$K = n(n - 1) / 2$$

Donde:

K = Números de enlace.

n = número de enlaces.

EQUIPO DE  
CONMUTACIÓN.

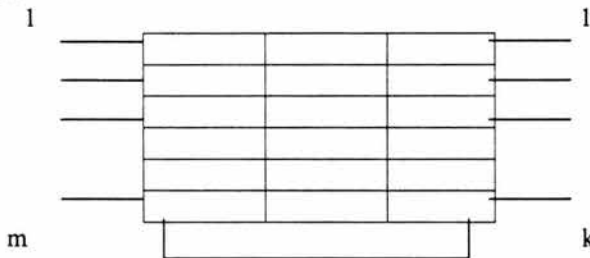


Fig.20

m = Numero de entradas  
salidas.

k = Número de

Decimos que existe bloqueo cuando un usuario desea establecer una conexión y no existen circuitos que puedan trasladar su llamada y dar la salida.

Por disponibilidad entendemos la probabilidad de que un usuario encuentre bloqueo si:

- m es mayor a k, se tiene bloqueo (Blocking).
- m es igual a k, no se tiene bloqueo (Nonblocking).
- m es menor a k, no se tiene bloqueo (Nonblocking).

En el dimensionamiento de centrales locales m siempre es mayor que k.



### 1.1.7 DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES DE VOZ.

En base a la técnica de modulación PCM (Modulación de Códigos por Pulso) se ha logrado digitalizar la voz, ya que lo hace representando muestras instantáneas de la misma, mediante palabras denominadas digitales, las cuales logran formar un tren de pulsos en serie.

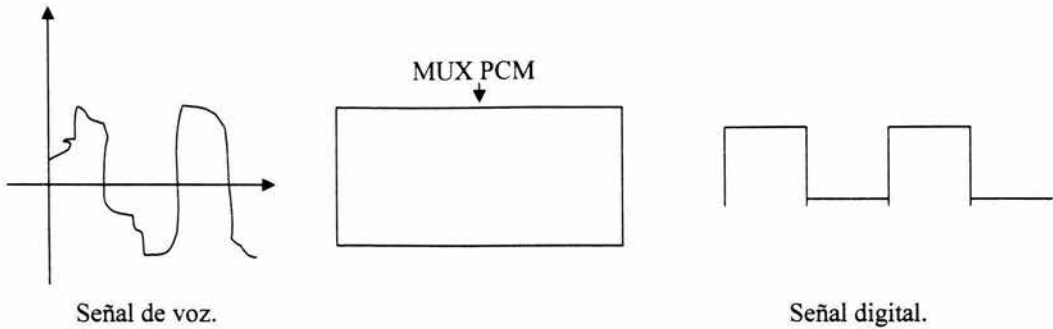


Fig.21

La técnica de modulación PCM lo que hace para la digitalización de señales de voz, es constituirlos dentro de los siguientes parámetros:

- Filtra para poder limitar la señal a 4 KHz (Teorema de Nyquist).
- Realiza un muestreo a 8 KHz (Señal PAM).
- Cuantifica, ya sea en Ley A o Ley  $\mu$  y codifica a 8 bits por muestra.
- Hace la decodificación y el filtrado.



Fig22

El ancho de banda para un sistema telefónico se debe a los siguientes razonamientos:

Las frecuencias que son menores a 1KHz tienen una potencia de transmisión en la señal de el 84%, pero su inteligibilidad es de aproximadamente un 48%. Por otro lado las señales mayores al 1 KHz tienen una potencia de transmisión de el 16% mientras que su inteligibilidad es de aproximadamente el 84%.

La UIT en función a lo anterior trata de poder establecer un punto medio entre la potencia y la inteligibilidad, así es que llega a la solución de poner los siguientes parámetros; Establece un ancho de banda de 4KHz teniendo como mínimo de 300Hz y un máximo de 3400Hz y dejando 900Hz como banda de protección.

### **1.1.8 TÉCNICAS DE ACCESO.**

Las técnicas de acceso múltiple se utilizan para permitir que varios usuarios terrestres puedan compartir un cierto ancho de banda del espectro de radio frecuencia. En el acceso múltiple esta relacionado el ancho de banda de un canal simple con un ancho de banda de coherencia esperado (recordando que el ancho de banda de coherencia caracteriza el canal en el dominio de la frecuencia, siendo una medida estadística del rango de frecuencias sobre el cual el canal pasa todas las componentes espectrales de igual ganancia y una fase lineal. También el espectro disponible se divide en un gran número de canales de banda angosta. Existen tres técnicas principales para realizar esta tarea

FDMA (Frequency Division Multiple Access)

TDMA (Time Division Multiple Access)

CDMA (Code Division Multiple Access)

La tecnología FDMA separa el espectro en distintos canales de voz, al separar el ancho de banda en pedazos (frecuencias) uniformes. La tecnología FDMA es mayormente utilizada para la transmisión analógica. Esta tecnología no es recomendada para transmisiones digitales, aun cuando es capaz de llevar información digital.

#### **CARACTERÍSTICAS FDMA:**

- ❖ FDMA había sido hace poco, la técnica de acceso mas empleada en comunicaciones satelitales
- ❖ La capacidad o banda de frecuencias de los satélites se divide en un número de canales de transpondedor

Ejemplo: 500 MHz en un uplink de 5.925 – 6.425 GHz, se divide en 12 transponderes

- ❖ FDMA implica que varias portadoras coexistan en el amplificador transmisor

Las señales provenientes de los usuarios son analógicas, Varias señales suben al satélite por la misma portadora.

#### *VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE FDMA*

Ventajas:

- ✓ Acceso continuo en la banda del satélite
- ✓ Simplicidad en el funcionamiento
- ✓ Sincronía no necesaria
- ✓ Emplea equipo utilizado por largo tiempo
- ✓ Técnica muy empleada

Desventajas:

- ❖ Falta de flexibilidad para configurar el sistema
- ❖ Decrementos en la capacidad al incrementar los accesos

La tecnología TDMA comprime las conversaciones (digitales), y las envía cada una utilizando la señal de radio por un tercio de tiempo solamente. La compresión de la señal de voz es posible debido a que la información digital puede ser reducida de tamaño por ser información binaria (unos y ceros). Debido a esta compresión, la tecnología TDMA tiene tres veces la capacidad de un sistema analógico que utilice el mismo número de canales.

#### *CARACTERÍSTICAS TDMA:*

- TDMA tiene acceso al canal solo durante cierto time slot
- Throughput (desempeño) casi constante para varios accesos
- Todas las estaciones transmiten y reciben a la misma frecuencia o agrupados en varias frecuencias
- Indispensable tener sincronizadas todas las estaciones
- Necesidad de redimensionar una estación terrena para elevar el throughput.

## ALOHA PURO.

La idea básica es simple: permitir que los usuarios transmitan cada vez que tengan información para enviar, se detecta colisiones simplemente "escuchando" el paquete de información de regreso, si el paquete fue destruido, el usuario espera un tiempo aleatorio para retransmitir, la secuencia básica de operación es:

- 1.- El usuario escribe una línea de texto en su terminal, seguido de la tecla entrada.
- 2.- El procesador interno de la terminal bloquea el teclado, previniendo la entrada de más información.
- 3.- Un paquete conteniendo la línea de texto es enviada al satélite.
- 4.- T segundos después retorna el paquete y, si la transmisión fue exitosa se desbloquea al teclado. Caso contrario el teclado permanece bloqueado y el paquete es retransmitido hasta ser recibido correctamente.

Vulnerabilidad en ALOHA puro.

### **Periode de vulnerabilidad en la transmisión = $2t$**

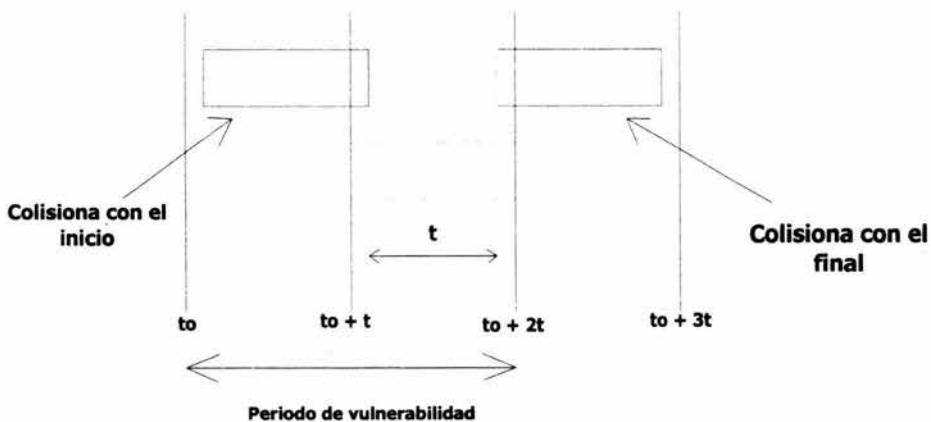


Fig.23

## ALOHA RANURADO.

Slotted – ALOHA o S – ALOHA.- la utilización del canal puede ser duplicada si dividimos el tiempo en ranuras o slots, siendo cada slot del tamaño de un paquete, la secuencia básica de operación sería ahora:

- 1.- El satélite (o controlador) emite una señal de tiempo o sincronía al inicio de cada slot
- 2.- Cada slot es ligeramente mayor al tiempo de un paquete, lo cual permite variaciones en el tiempo de propagación de acuerdo con la posición del usuario en tierra
- 3.- Cada terminal es inhibida de transmitir información hasta recibir la señal de sincronía.

VULNERABILIDAD EN ALOHA RANURADO.

**Periodo de vulnerabilidad en la transmisión =  $t$**

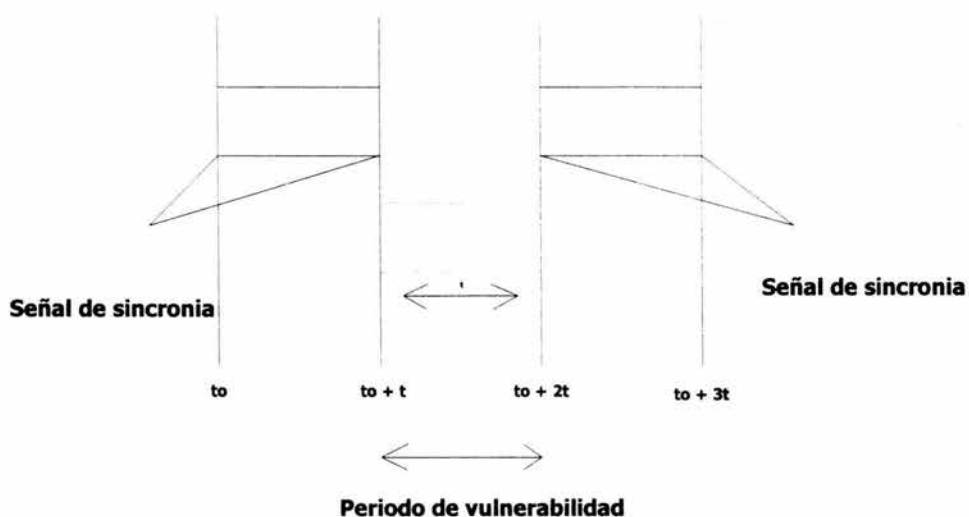


Fig.24

PROTOCOLOS DE CONTENCIÓN PARA SERVICIOS INTEGRADOS.

Fueron diseñados originalmente para redes satelitales, estas redes consisten en un conjunto de estaciones terrenas y un satélite en órbita geostacionaria, todas las estaciones transmiten información hacia el satélite, el cual repite la transmisión en forma de difusión (broadcast) hacia todas las estaciones.

Características:

- 1.- Utiliza detección de portadora no es practico, detección de colisiones si lo es.
- 2.- Basados en S – ALOHA. El tiempo en la red es organizador en tramas o frames de longitud fija
- 3.- Esquemas de reservación. Ranuras de tiempo dentro de las tramas son reservadas de manera dinámica para estaciones específicas.

Es representativo del tipo de protocolo necesario para redes de servicio integrado con un alto numero de estaciones y variedad de trafico.

El protocolo fue diseñado con las siguientes restricciones:

- ⊕ Las transmisiones continuas requieren ancho de banda asegurado sin interrupciones.
- ⊕ El trafico por ráfagas requiere tiempos de respuesta rápidos, aun cuando el numero de usuarios sea alto.
- ⊕ Las estaciones deben tener acceso a la red sin carga pesada de procesamiento.
- ⊕ Debe soportar una variedad dinámica de tipo de trafico
- ⊕ Las transmisiones continuas deben ser restringidas para provenir que aparecen todo el ancho de banda.

Este método utiliza una trama compuesta de una serie de slot, cada trama consiste de 3 subtramas: de reservación, reservada y no reservada, el limite entre subtrama reservada y la no reservada es movable.

La tecnología CDMA es muy diferente a la tecnología TDMA. La CDMA, después de digitalizar la información, la transmite a través de todo el ancho de banda disponible. Varias llamadas son sobrepuestas en el canal, y cada una tiene un código de secuencia único. Usando al tecnología CDMA, es posible comprimir entre 8 y 10 llamadas digitales para que estas ocupen el mismo espacio que ocuparía una llamada en el sistema analógico.

En teoría, las tecnologías TDMA y CDMA deben de ser transparentes entre sí (no deben interferirse o degradar la calidad), sin embargo en la práctica se presentan algunos problemas menores, como diferencias en el volumen y calidad, entre ambas tecnologías.

Con CDMA las estaciones de una red se transmiten constantemente en la misma banda de frecuencias, lo cual produce interferencias que son eliminadas por cada estación receptora

La información binaria  $F1$  modulada una señal de frecuencia variable  $f_n$ . Tales variaciones obedecen los cambios en el código  $c1$ .

La información binaria  $F1$  modula una señal de frecuencia variable  $f_n$ . Tales variaciones obedecen los cambios en el código  $C1$ .

#### VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CDMA:

##### VENTAJAS

- ✓ Operación y funcionamiento sencillo
- ✓ Protección contra interferencias de otros sistemas
- ✓ Inmunidad a interferencia de otras estaciones

##### DESVENTAJAS:

- ❖ Emplea un ancho de banda grande y sin embargo el numero de estaciones no puede ser muy alto
- ❖ Incremento en el numero de estaciones aumenta la posibilidad de interferencia
- ❖ Bajo throughput (15 % para 80 estaciones).

#### COMPARACIÓN TDMA / FDMA / CDMA.

De los tres principales métodos de acceso, se elige el más apropiado a la necesidad en función de la aplicación, del costo y del beneficio. Los tres son aplicables para tráfico constante y de mensajes largos.

Ejemplo : teléfono, televisión, videoconferencia

#### ASIGNACION FIJA.

La capacidad de cada estación se fija independiente de la demanda de tráfico de otras estaciones. Si una estación recibe una mayor solicitud de tráfico de mayor capacidad a la suya, tendrá que rechazarla, se da un bloqueo aun cuando las estaciones estén libres.

## ASIGNACIÓN SOBRE DEMANDA.

La capacidad puede asignarse acorde a la demanda de tráfico que recibe. Hay la posibilidad de transferir capacidad de estaciones con exceso de capacidad hacia estaciones con exceso de demanda.

**Asignación fija** .- Es recomendable en redes con grandes volúmenes de tráfico entre un pequeño número de estaciones de alta capacidad.

**Asignación sobre demanda.**- Optimizar una red satelital con muchas estaciones de baja capacidad y con demanda de tráfico. Se requiere un tiempo de establecimiento, admisible en algunas aplicaciones; para otras, es parámetro es determinante, entonces se puede recurrir al **acceso aleatorio**.

## PRINCIPIOS DEL ACCESO ALEATORIO.

Se usa en redes con muchas estaciones que transmiten esporádicamente mensaje cortos. Este método permite su transmisión casi sin restricciones, en forma de ráfagas en todo el ancho de banda.

- ⊕ Es una técnica de acceso múltiple con división por tiempos y transmisiones aleatorias.
- ⊕ Colisiones de ráfagas pueden presentarse en el satélite.
- ⊕ Tras una colisión es necesario retransmitir la información
- ⊕ El throughput es por lo general bajo.

### 1.1.9 COMUNICACIÓN DUPLEX (FDD y TDD)

Es de suma importancia el poder recibir y transmitir información al mismo tiempo dentro de las comunicaciones inalámbricas, ya que cuando transmitimos no podemos perder el estado de recepción o viceversa, cuando somos receptores no podemos perder el estado de transmisión (a tal efecto se le conoce como \*Duplexing), circunstancia que llevaron a las telecomunicaciones a formar el sistema denominado "Full Duplex", el cual se puede llevarse a cabo bajo el dominio de las frecuencias (FDD) o bajo el dominio del tiempo (TDD).

- **FDD** (Frequency División Duplexing). Este método como su nombre lo dice está basado en el uso de las frecuencias, el cual asigna dos bandas de frecuencia para Tx y Rx respectivamente. Para cumplir el objetivo se requiere de un dispositivo duplexor tanto en la estación base como en la estación móvil, el cual les permitirá transmitir y recibir al mismo tiempo. Este método para realizar su funcionalidad requiere de un dispositivo denominado "Duplexor", en el aparato móvil, permitiendo la recepción y transmisión simultánea.

\* En las comunicaciones inalámbricas, es conveniente que el usuario móvil pueda enviar y recibir información en forma simultánea hacia y desde la estación base. A esta simultaneidad se le denomina "**DUPLEXIÓN**" (duplexing).



## FDD

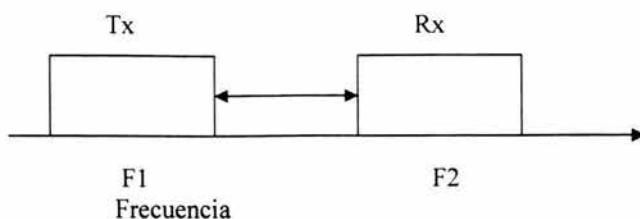


Fig.20

- **TDD** (Time Division Duplexing). Este es otro método de duplexión que utiliza el tiempo en lugar de frecuencias, el cual sobre las mismas frecuencias asigna un instante de tiempo determinado para transmitir y otro para recibir, lo cual por ser incluidos en la misma frecuencia y ser instantes de tiempo muy pequeños aparentara que la transmisión y recepción son instantáneos (lo cual hace necesario que estos intervalos de tiempo sean sumamente pequeños).

## TDD

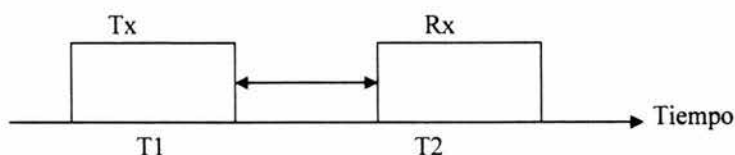


Fig.21

### 1.1.10 ANTENAS.

Son el medio de acoplamiento de impedancias entre el transmisor y el espacio libre, también son capaces de acoplar la potencia de RF de una línea de transmisión al espacio libre, permitiendo a un transmisor radiar su señal y a un receptor capturar la potencia incidente, las antenas pueden ser tan simples como una estructura de cableo' o tan complejos como un sistema de componentes electrónicos.

Gracias a la reciprocidad existente en las antenas, estas pueden ser capaces de transmitir y recibir información en tiempos instantáneos debido a la tecnología FDD y TDD.

Hablando de las antenas de radio-enlaces encontramos a aquellas que se encuentre por debajo de 1GHz las cuales se considerada como antena dipolo, ya que para trabajar a estas frecuencias contienen arreglos de dipolos, como ejemplo encontramos la antena Yagi y las de Hélice, por otro lado las antenas que se encuentran por encima de los 3GHz son de tipo reflexión con plano parabólico y alimentación directa.

Características que debemos considerar en las antenas:

- Rangos de frecuencia de operación.
- Ganancia.
- Patrón de radiación.
- Razón de onda estacionaria (VSWR) y pérdidas por el retorno.
- Ancho del Haz de radiación.
- Discriminación de polarización cruzada.
- Polarización dual o sencilla.
- Razón frente a espalda.
- Uso de Radome.
- Presurización (arriba de 3.4GHz todas).
- Resistencia al viento.
- Dimensiones mecánicas, peso y montaje.

Existen dos grandes tipos de torres empleadas para el sostén de antenas de microondas y son:

- Torres auto soportadas. Estas se mantienen en pie gracias a su estructura en forma piramidal, la desventaja es que pesan mucho y no pueden ser colocadas en hogares.
- Torres ariostradas. Constan con una estructura con las dimensiones iguales a todo lo largo, el área requerida depende con forme a la altura de la torre por lo mismo se sostienen mediante tensores, además son de muy poco peso, por lo tanto encuentran poca dificultad para poder ser colocadas en casi cualquier lugar.

Desde hace algunos años, la órbita geo-estacionaria situada sobre el Ecuador, se está convirtiendo en un lugar muy concurrido por satélites de todo tipo, empleados para las actividades más dispares.

Hay satélites meteorológicos, como el Meteosat, satélites para enlaces telefónicos transoceánicos, para localizaciones marítimas y, lógicamente, para transmisiones de TV. La ventaja que ofrecen los satélites de televisión es la de cubrir un territorio muy amplio, y como este "transmisor" está situado en el "cielo", permite que las emisiones de muchas emisoras de TV lleguen a muchos hogares, incluso aquellos situados en valles y colinas a las que no llega la televisión debido a la ausencia de un repetidor de zona.

Para recibir las emisiones procedentes de un satélite, es necesario la instalación de una antena parabólica exterior de 30 cm a 1,80 de diámetro, añadirle un convertidor, que convierte la señal de 11 GHz a 1 GHz, así como un polarizador, capaz de separar las señales polarizadas horizontalmente de las polarizadas en sentido vertical. Si esta antena dispone de un posicionador, podemos captar varios satélites.

## TIPOS DE ANTENAS.

- ANTENAS TIPO FOCO PRIMARIO (Axisymmetric).
  - Antena parabólica
  - Antena cassegrain
  - Antena cassegrain alimentada con guía de onda de haz con 4 reflectores.
  - Antena Gregoriana
  
- ANTENA OFFSET
  - Antena parabólica
  - Antena torus
  - Antenas Cassegrain
  - Antena gregoriana

### 1.1.11 PATRONES DE RADIACIÓN.

El patrón de radiación deberá ser estrecho para permitir una proximidad adecuada entre los satélites de la órbita geostacionaria. En una antena, los lóbulos laterales son parte de los defectos de esta y deben de mantenerse dentro de ciertos límites para poder controlar las interferencias.

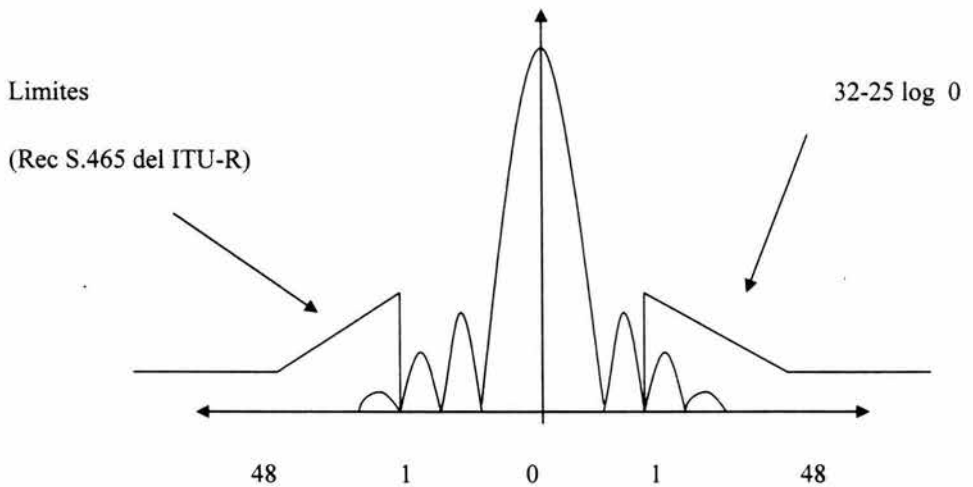


Figura 22

## 1.2 DISEÑO DE ENLACES

### RADIO ENLACES

#### 1.2.1 HISTORIA

El primer enlace en los 30's, en la banda VHF transportando 12 canales y empleando modulación AM. Aplicaciones en la 2ª guerra mundial en la banda UHF. En 1951, enlace de Nueva York a San Francisco con 480 canales de voz un ancho de banda de 20 MHz y operando en la banda de los 4GHz.

Afines de los 60's comienzan los radio enlaces digitales, los transistores facilitaron el desarrollo y complejidad de los equipos, a inicios de los 80's se desarrollan modulaciones más complejas que permiten aumentar la capacidad de confiabilidad. Hoy en día las microondas aun transportan la mitad de trafico de larga distancia y siguen los desarrollos tecnológicos.

La información que se desea enviar se procesa para adecuarla al medio de transmisión y se convierte en ondas electromagnéticas propagables a través del aire. En la recepción se sigue un proceso inverso a fin de recuperar la información original.

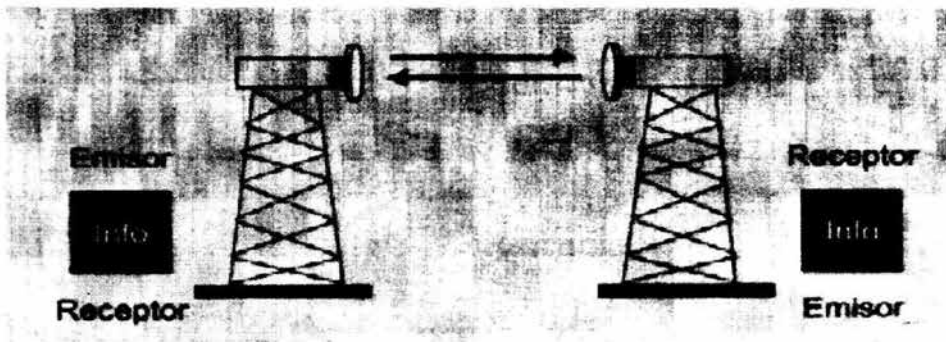


Fig.27

Las señales digitales a transportar son multiplexadas y después procesadas en el equipo de radio para modular una portadora analógica. Esta portadora analógica es la que finalmente se propaga por el espacio en forma de onda electromagnética. En la recepción se sigue el proceso inverso a fin de recuperar la información original.

#### 1.2.2 APLICACIÓN EN REDES CELULARES.

Capacidades no mayor a 34 Mbps, enlaces a frecuencias altas (15 GHz, 18GHz, 23 GHz, 38GHz), topología de anillo o en bus en ciudades grandes, de estrella en ciudades chicas, distancia no mayores a 5 Km., se usan radios de desempeño medio.

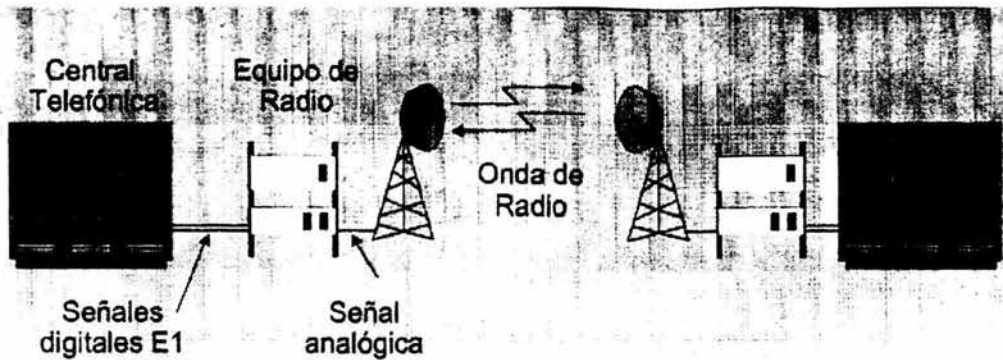


Fig.28

### 1.2.3 APLICACIONES EN REDES DE ACCESO.

Nodo concentrador que forma parte de un anillo urbano de fibra óptica, enlaces de corta distancia menor de 5 Km., y mediana capacidad (2M a 34M) a 15, 18 y 23 G, enlaces diseñados con sumo cuidado a fin de garantizar una alta calidad y confiabilidad. Otras aplicaciones:

- Redes de larga distancia
- Enlaces urbanos punto a punto
- Acceso a nodos de redes satelitales
- Enlaces temporales en eventos especiales
- Enlaces entre centros de producción y centro de transmisión en la TV o radio.

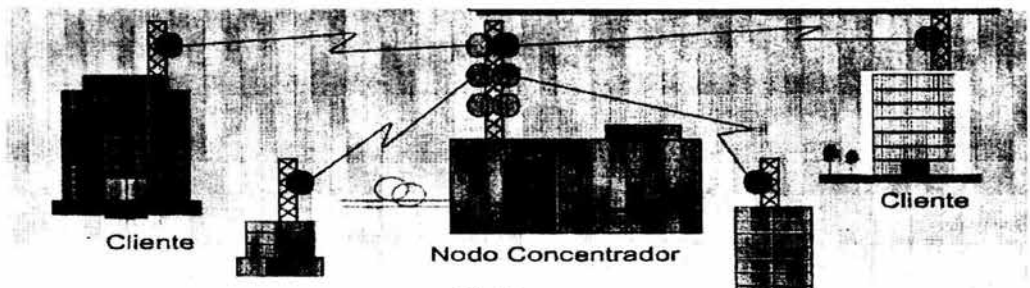


Fig.29

### 1.2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS RADIO ENLACES.

#### VENTAJAS DE LOS RADIO ENLACES

- ✓ Rápida instalación
- ✓ Se adapta a terrenos accidentados
- ✓ El equipo es transportable
- ✓ No hay rupturas en el medio
- ✓ No hay infraestructura en el medio de transmisión
- ✓ Atenuación que varía en forma logarítmica con la distancia
- ✓ Canalización flexible
- ✓ Buena relación capacidad vs costo

## DESVENTAJAS DE LOS RADIO ENLACES.

- ❖ Congestión en el uso de el espectro
- ❖ Requieren tramites y pagos de derechos por el uso del espectro
- ❖ Afectados por condiciones ambientales
- ❖ Posibilidad de interceptación de la información
- ❖ Los sitios requieren mantenimiento
- ❖ Requieren líneas de vista limpia

### 1.2.5 USO DEL ESPECTRO

Normalmente los rangos hasta 11 GHz se emplean para enlaces de larga distancia, debido a que en esta frecuencia la atenuación en el espacio es menor, en los rangos por encima de 11 GHz la atenuación es mayor lo cual reduce la distancia y capacidad de los enlaces. La aplicación de los radio enlaces en estas bandas esta en redes urbanas y suburbanas como las celulares.

A nivel internacional la UIT a través del ITU – T (CCITT) y principalmente del ITU – R (CCIR) establecen las normas para la explotación del espectro radioeléctrico. A nivel nacional la SCT en México establece las normas respectivas (NOM - XXX – SCT1 – 19XX).

### 1.2.6 BANDAS DISPONIBLES Y DISTANCIA PARA BANDAS.

Frecuencias establecidas para radio-enlaces de microondas, en Gigahertz

El uso de estas bandas puede variar de región a región, sin embargo son las de más empleo generalizado.

0.440-0.470	0.806-0.960	1.427-1.525
1.7-2.69	3.4-4.2	4.4-5
5.85-8.5	10.5-10.68	10.7-11.7
12.75-13.25	14.3-15.35	17.7 – 19.7
21.2 – 51.4	25.25 – 29.5	36 – 40.5
47.2 – 51.4	54.25 – 58.2	59 – 64

### DISTANCIA PARA BANDAS

En general estas son las distancias comunes, sin embargo las características de cada enlace o del equipo de transmisión puede ser que se tengan variantes hasta de un 50%.

Banda GHz	Distancia máxima en Km.
2	60
4/5/6	50
7/8	45
11	35
13	25
15	20
18/20	10
30	5
60	0.5

En sus inicios, y aun en día debido a la compatibilidad, los radios digitales han empleado la estructura para los canales de RF diseñada para los radio enlaces analógicos, sin embargo, buscando la eficiencia en el uso del espectro y la mayor tolerancia a interferencias se han diseñado nuevas estructuras para los canales de RF. Estas se usan en radios de corta distancia y a frecuencias superiores, en donde no estaban los radios analógicos.

### 1.2.7 RADIO DIGITAL

Este es el diagrama común para la mayoría de los radios.

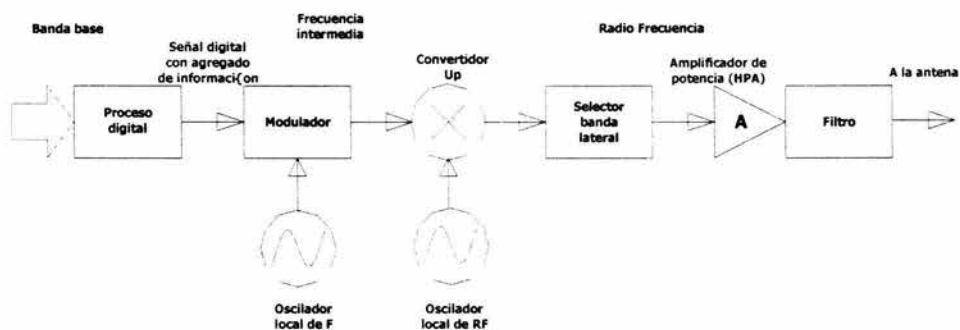


Fig.30

El equipo de radio recibe una señal por parte del multiplexor, de una velocidad de 34.368 Mbps, con código de línea HDB3 y con características de acuerdo a la rec. G.703 del ITU – T. En ocasiones el radio incorpora al multiplexor y recibe directamente las señales de 2.048 Mbps de la central digital.

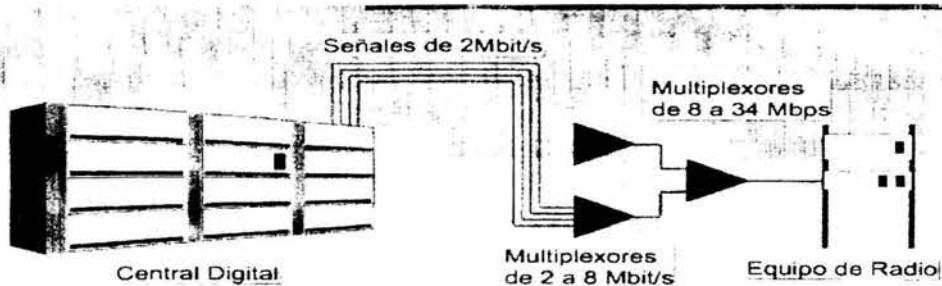


Fig.31

## PROCESAMIENTO DIGITAL DENRO DEL RADIO EN TX.

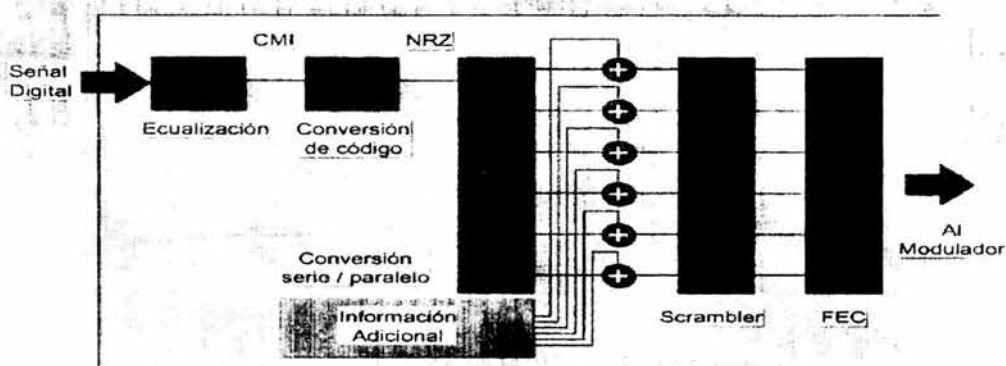


Fig.32

Además de la información útil se debe transportar información como sigue:

- Canales de servicio de voz y datos (RS - 232).
- Palabra de alineamiento de trama de radio.
- Señal auxiliar de banda base.
- Información para monitoreo de errores de paridad.
- Información para conmutación a sistema de reserva.
- Información para la identificación del canal de RF.

### 1.2.8 ANTENAS PARA RADIO ENLACES.

La antena se debe considerar como un acoplador de impedancias entre el transmisor y el espacio libre, se puede utilizar tanto para transmitir como para recibir ganancias a las características denominada reciprocidad, por debajo de 1 GHz se emplean las antenas dipolo como las Yagui y las de hélice, por encima de 3 GHz se emplean las de tipo reflexión con plato parabólico y alimentación directa.



### 1.2.9 CARACTERÍSTICAS A CONSIDERAR DE LAS ANTENAS.

- ▶ Rango de frecuencias de operación
- ▶ Ganancia
- ▶ Patrón de radiación
- ▶ Razón de onda estacionaria y pérdidas por retorno
- ▶ Ancho del haz de radiación
- ▶ Discriminación de polarización cruzada
- ▶ Polarización dual o sencilla
- ▶ Razón frente a espalda
- ▶ Uso de random
- ▶ Presurización (arriba de 3 GHz todas)
- ▶ Resistencia al viento
- ▶ Dimensiones mecánicas y peso del montaje

### 1.2.10 TIPOS DE TORRES.

Existen dos tipos grandes de torres empleadas para el sostén de antenas de microondas:

Torres auto soportadas.- se mantiene en pie gracias a su propia estructura en forma piramidal, pesan mucho no son para poner en techos.

Torres arriostradas.- constan con una estructura con las dimensiones a todo lo largo se sostienen mediante tensores, el área requerida depende de la altura de la torre, se emplea sobre techos debido al poco peso.

### 1.2.11 SELECCIÓN DE LOS SITIOS.

Se deben considerar los siguientes aspectos:

- ♦ Línea de vista entre los puntos
- ♦ Cercanía con la fuente de información
- ♦ Posibilidad de edificios como torres
- ♦ Presencia de interferencias
- ♦ Posibilidad de obstáculos que provoquen reflexiones
- ♦ Facilidades de alimentación, espacio
- ♦ Accesibilidad

Perfil del enlace:

- Considerar todos los obstáculos presentes entre los puntos a enlazar
- Preparar un perfil con las escalas horizontales y verticales adecuadas
- Considerar la curvatura de la tierra
- Salvar la primera altura de la zona de Fresnel
- Considerar la existencia de vegetación o su crecimiento
- Calcular la altura de torres requeridas

Una vez que se tiene los obstáculos ubicados se debe conocer la altura de c/u sobre el nivel medio del mar y se representa en un grafica que tiene como cero el punto con menor altura sobre el mar. La altura de cada obstáculo se debe de incrementar para considerar los efectos de la curvatura de la tierra, las zonas de Fresnel y la vegetación, con las alturas incrementadas, se traza una línea recta que sea capaz de unir ambos extremos, pero salvando todos los obstáculos, si la línea recta no es horizontal se tiene entonces ángulos de elevación y de bajada en los extremos se debe jugar con estos ángulos para minimizar el tamaño de las torres en los dos extremos.

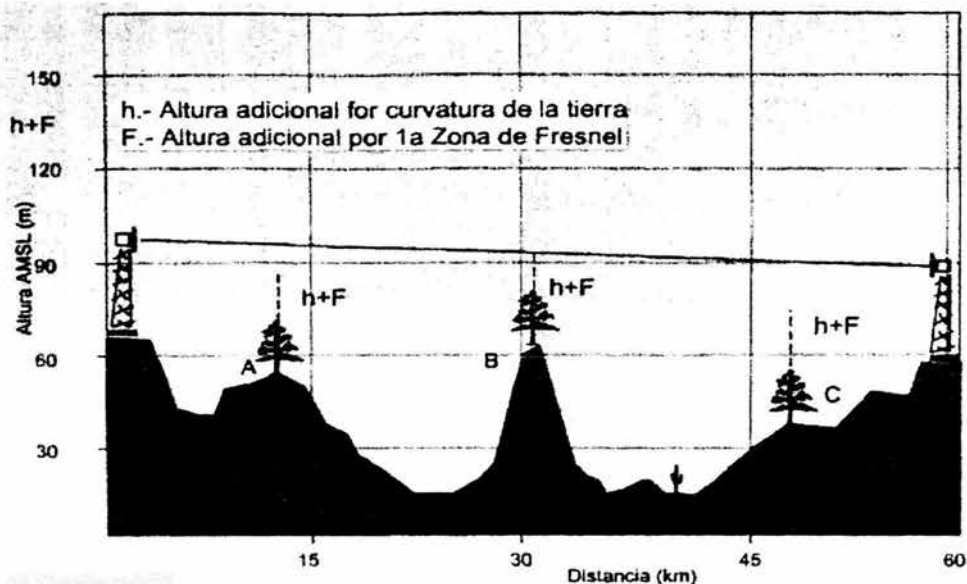


Fig.33

### 1.2.12 ZONAS DE FRESNEL.

De acuerdo a la teoría electromagnética, alrededor de la mitad de la energía pasara por la primera zona de Fresnel, la primera zona se define como la región limite que comprende un haz reflejado con longitud mayor al haz directo en una distancia hasta de  $\lambda/2$ . De  $\lambda/2$  a  $\lambda$  es la segunda zona y así sucesivamente

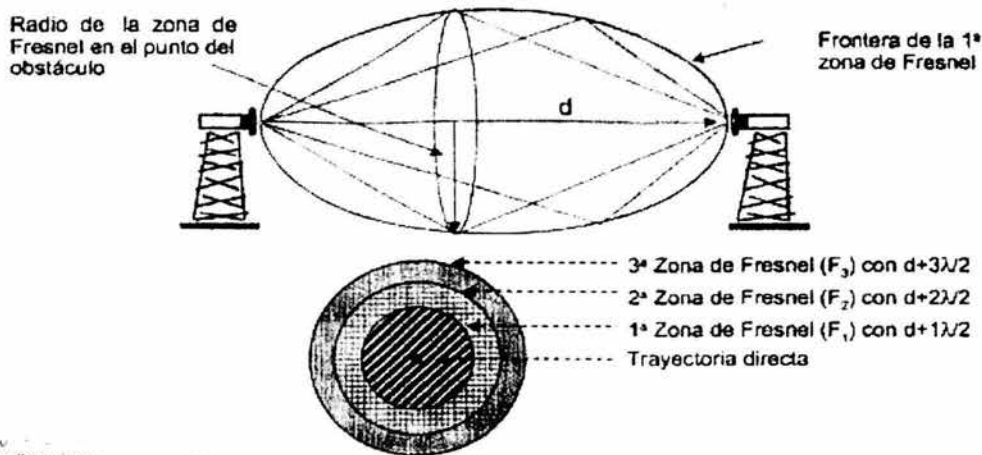


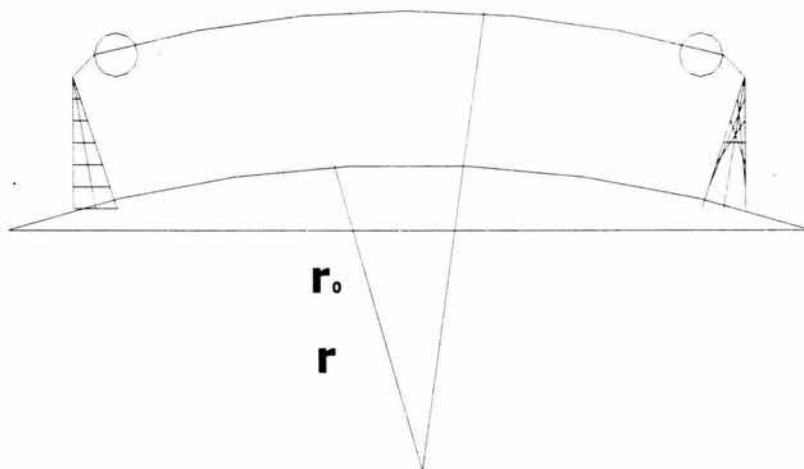
Fig.34

### 1.2.12.1 CURVATURA.

El factor K expresa el grado de curvatura del radio a lo largo de una trayectoria, depende del índice de refracción, el índice de refracción depende de la altura, por lo tanto el factor K es de importancia para el calculo de las alturas de las torres.

r: radio efectivo de la tierra

r<sub>0</sub>: radio verdadero de la tierra (6.370 Km.).



$$K = 1 / (1 + r_0 [ dn / dh ])$$

Donde:  $K = r / r_0$

Fig.35

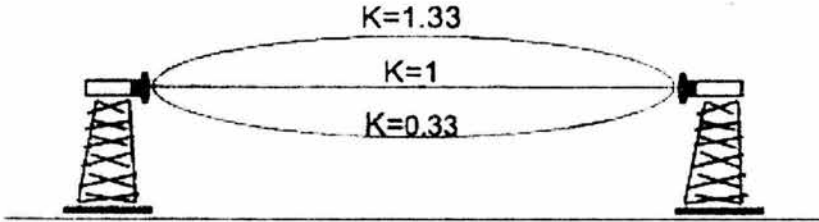
### 1.2.12.2 CALCULO DEL FACTOR K

$N_s$ : es la refractividad de la superficie, esta es la refractividad a la altitud del sitio de microondas o a la refractividad promedio del trayecto.

$N_0$ : Refractividad al nivel del mar se consulta en al grafica especial.

$h_s$ : altura sobre el nivel del mar del sitio de radio en Km.

Un valor estándar es el de  $N_s = 301$  el cual produce un valor de  $K = 1.333$

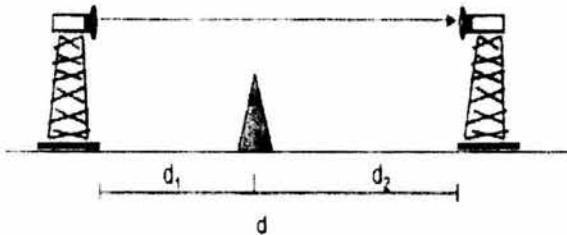


Donde:  $N_s = N_0 e^{(-0.1057 h_s)}$   $r = r_0 / ( 1 - 0.04665 e^{0.0057 N_s} )$

Fig.36

### 1.2.12.3 CANTIDAD DE CURVATURA DE LA TIERRA .

**hm**: representa el incremento adicional en la altura de cada obstáculo por efecto de la curvatura de la tierra y la refracción de la onda electromagnética.



$h_m = 0.078 d_1 d_2 / K$

Donde:  $h_m$  en metros,  $d_1 d_2$  en km.

Fig.37

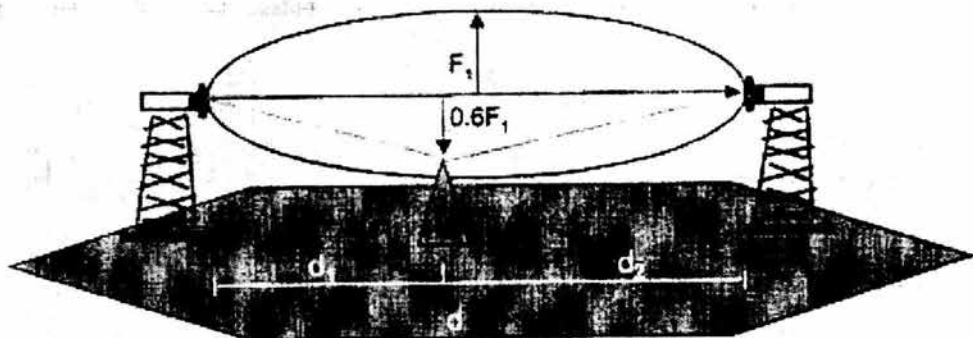
### 1.2.12.4 GUIAS PARA LA SELECCIÓN DE K.

Condiciones de propagación

	Perfecto	Ideal	Promedio	Difícil	Malo
Clima	Atmósfera estándar	Sin capas en la superficie O niebla	Sub estándar Niebla liguera	Capas en la superficie de niebla de tierra	Niebla húmeda sobre el agua
Zona	Zona templada sin niebla sin "ducting" buena atmósfera mezclada durante noche y día	Seco montañoso sin niebla	Plano templado algo de niebla	Tropical húmeda	costa
Factor K	1.33	1 - 1.33	0.66 - 1.0	0.66 - 0.5	0.5 - 0.4

### 1.2.12.5 CALCULO DEL RADIO DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL.

Una vez calculado el radio de la primera zona de Fresnel se toma una fracción de ese valor para incrementar la altura de los obstáculos. Generalmente, se toma una fracción del 60% sin embargo esto puede variar.



$$F_1 = 17.3 \left( \frac{d_1 d_2}{F} \right)^{1/2}$$

Fig.38

d1 y d2 son las respectivas distancias del obstáculo a cada una de las antenas en Km. F es la frecuencia e GHz, F1 esta en metros.

### 1.2.12..6 CRITERIO PARA EL MARGEN DE ALTURA DEL TRAYECTO .

Criterio sugerido.

Condiciones de propagación	Muy buenas	Buenas	Promedio	Pobres
Geografía	Seco montañoso	Plano tierra, adentro	Semiplano, tierra adentro	Costa húmeda
Alta confiabilidad 99.98	0.6 F K = 4/3	10 F K = 4/3	0.6 F K = 1	0.3 F, K = 2/3 o 0.0 F . K = 1/2
Muy alta confiabilidad 99.99 +	1.0 F, K = 4/3	0.6 F, K = 1	0.3 F, K = 2/3	0.0 F, K = 5/12

Nota: la confiabilidad es para un sentido

F: radio de la primera zona de Fresnel

K: factor del radio efectivo de la tierra

CALCULO NUMERICO.

- ◆ Longitud del enlace (D)= 58 Km.
- ◆ Frecuencia de operación (f) =6GHz.
- ◆ Factor K =0.92
- ◆ Margen de la primera zona de Fresnel = 0.6
- ◆ Vegetación mas margen de crecimiento 15.25m
- ◆ altura sobre el nivel del mar (AMSL) en metros
- ◆ altura total sobre el nivel de la tierra (AGL) en metros

Obstáculo	d1 en Km	d2 En Km	AMSL (m)	H (m)	F (m)	V (m)	AGL (m)
A	12.06	45.86	50	46.89	13.1	15.25	75.24
B	31.21	26.71	30	71.01	16.15	15.25	102.41
C	48.27	9.65	35	39.62	11.88	15.25	66.67

### 1.2.13 CALCULO DE LAS TORRES.

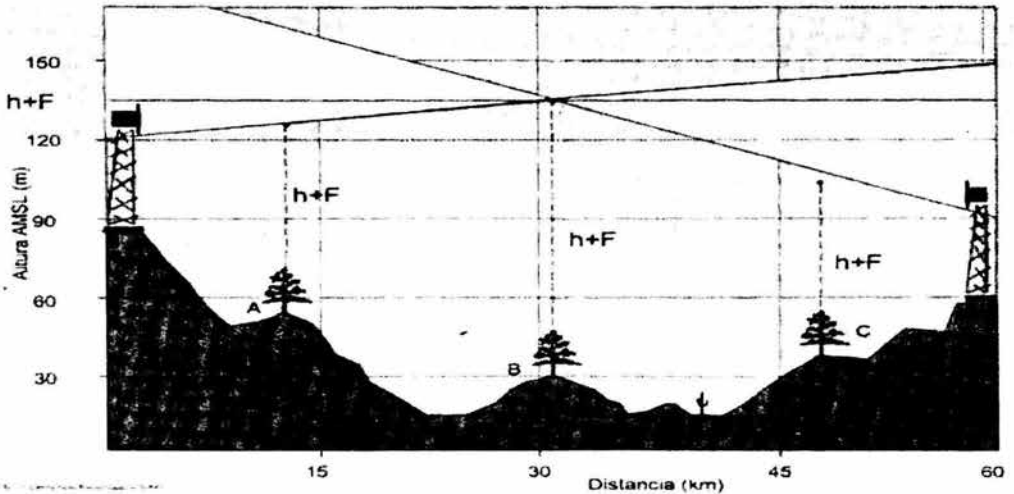


Fig.39

### 1.2.14 CALCULO DE POTENCIAS.

En base a la distancia y a la frecuencia se calculan las pérdidas en el espacio libre, con la altura de las torres y la línea de transmisión seleccionadas se calculan las pérdidas en la línea, de acuerdo al nivel de recepción requerido por el equipo propuesto y al margen deseado se calcula la ganancia de las antenas, el margen de desvanecimiento térmico es la diferencia entre el nivel de recepción calculado y el umbral requerido por el fabricante para garantizar una cierta VER, se calcula el margen de desvanecimiento compuesto, se estima la disponibilidad obtenida cumple con lo planeado se da el visto bueno al diseño. De lo contrario, se debe regresar a los cálculos y modificar parámetros, con el fin de aumentar el margen de desvanecimiento.

### 1.2.15 ENLACE SATELTAL.

Para lograr que los enlaces por satélite cumplan con los requisitos de una determinada red de comunicación deben considerárselas características de las unidades de equipo para las estaciones terrenas y los transpondedores que forman parte de la misma, las del medio de propagación y los efectos de radiaciones no deseadas de origen externo<sup>4</sup>

La señal emitida por la estación transmisora debe llegar a la receptora con la potencia suficiente para garantizar la calidad esperada de la comunicación, a pesar de las pérdidas y el ruido introducidos en su propagación y recepción, de tal forma que en el punto de destino, la relación de la potencia de la portadora al ruido acumulado que se simboliza por  $C/N$ , incluyendo todas las fuentes de interferencia, tenga el valor requerido para la red considerada. De hecho, la finalidad última del diseño de un enlace completo, incluyendo los tramos ascendente y descendente, es cumplir con el valor específico de  $C/N$  requerido, o con otra relación equivalente que en el caso de señales digitales es frecuentemente  $E_b / N_0$  o energía por Bit de información transmitido entre la densidad de ruido. Para obtener la relación necesaria de  $C/N$  deben tomarse en cuenta los factores significativos que afectan a sus dos componentes en el punto de destino, tanto en forma permanente como transitoria. Debido a la imposibilidad de obtener el valor de la mencionada relación durante el 100% del tiempo<sup>5</sup> o al costo de uno muy cercano a este, es necesario señalar como requisito complementario en las bandas superiores a 6 GHz el tiempo respecto del total en que se considera necesario y suficiente obtener una comunicación satisfactoria en una red específica *como porcentaje de disponibilidad*, que típicamente puede ser de 99.5 a 99.9% o mayor según el tipo de servicio, cuyo valor afecta en forma importante el diseño de sus enlaces.

---

<sup>4</sup> Más concretamente, el diseño de los enlaces de las estaciones terrenas con los satélite depende de diversos factores, tales como la distancia del satélite a la zona de servicio, el ruido interno y externo, la absorción de la radiación en el espacio.

<sup>5</sup> A una estación terrena con una antena de anchura de haz a potencia mitad de 0.5' el Sol le produciría interferencia absoluta durante más de 10 minutos varias veces al año aunque no existiera ninguna otra causa de interferencia, impidiéndole alcanzar el 100% de capacidad potencia; de comunicación en el tiempo (52.6 minutos de interrupciones acumuladas durante un año representan 0.01% de pérdida de continuidad en las comunicaciones). Esta interferencia no necesariamente se acumula en tiempo con otros efectos transitorios como la precipitación de lluvia, ya que parcialmente pueden ser coincidentes.

La energía que emana de una antena transmisora se propaga hasta una receptora en una trayectoria en la cual puede haber condiciones de casi vacío hasta atmósfera baja, precipitación de agua, partículas sólidas y objetos mayores que, según el caso, hagan que la propagación produzca un resultado diferente, ya que la energía radiada puede ser parcialmente absorbida, desviada, dispersada y reflejada. No obstante, la mayor parte del tiempo solo tendrán un efecto significativo los factores más importantes. El mayor efecto de reducción de la potencia recibida por una antena es el originado por la dispersión de las ondas en el trayecto de la propagación entre los satélites y las estaciones terrenas y viceversa, Sin embargo dicha reducción tiene en los sistemas geoestacionarios del SFS un valor fijo para dada estación terrena que puede calcularse y compensarse con mucha precisión. Otros factores de detrimento de la comunicación que pueden considerarse de valor constante para estos casos son la interferencias causadas por la operación prevista y coordinada de otros sistemas terrenales y satelitales.

Para asegurar la continuidad de las comunicaciones deben compensarse también, en la medida que sea posible y de costo razonable, los factores que afectan en forma transitoria los enlaces, los cuales tienen un efecto de magnitud variable. A pesar de que se emplean también método de variación de la potencia emitida por las estaciones terrenas, en las condiciones actuales de desarrollo tecnológico el procedimiento más común, para contrarrestar dichos factores, aunque solo sea parcialmente en las redes de muchas estaciones de baja capacidad, consiste en establecer márgenes de potencia en los enlaces por medio de los parámetros de recepción de las estaciones. En esta forma, durante la mayor parte del tiempo (99.51% o mayor ) se cumple o se excede la relación *CIN* establecida. Para el factor más importante de deterioro ocasional *de CIN* en algunas bandas de frecuencias, que es la lluvia, y para otros de esta naturaleza, se tienen datos aproximados de las magnitudes de sus efectos que son excedidas durante determinados intervalos de tiempo acumulados que representan el tiempo total de cada año en que potencialmente son perjudiciales. Con dicha información, representada ulteriormente como ruido y atenuación distribuidos estadísticamente, se pueden estimar los márgenes de potencia necesarios para reducir los tiempos de comunicación insatisfactoria a los valores tolerables establecidos para cada red, tomando en cuenta, desde el punto de vista económico, que un margen mayor puede significar una inversión adicional en equipo.



## 1.2.16 GEOMETRÍA DE LOS ENLACE S.

Datos necesarios.

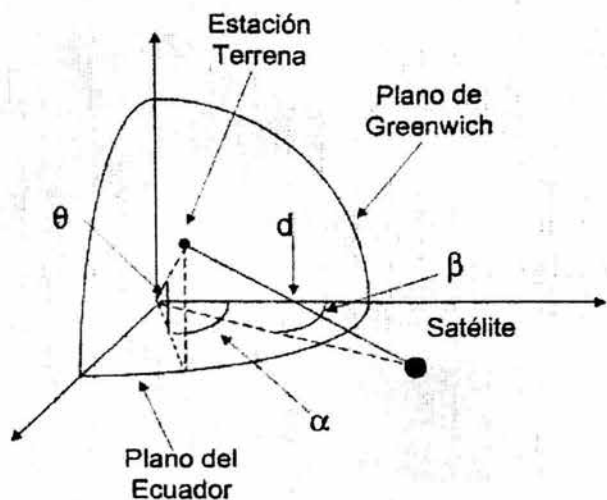


Fig.40

- ◆ Longitud estación terrena
- ◆ Longitud satélite.
- ◆ Longitud estación terrena

Cálculos.

- ◆ (d) Distancia
- ◆ ( $\alpha_0$ ) Angulo de elevación
- ◆ (a) Azimuth

## 1.2.17 ANGULO AZIMUT Y DE ELEVACIÓN

La orientación de la antena de una estación terrena hacia un satélite geoestacionario se realiza ajustando dos ángulos, en elevación y azimut los valores de estos ángulos dependen de la posición geográfica de la estación en latitud y longitud, y de la ubicación en longitud del satélite. Tomando como referencia al eje de simetría del plano parabólico que coincide con su eje de máxima radiación, el ángulo de elevación es aquel formado entre el piso y dicho eje de simetría dirigido hacia el satélite, por otra parte el ángulo de azimut es la cantidad en grados que hay que rotar en sentido de las manecillas del reloj al norte geográfico de la tierra para que ese mismo eje de simetría prolongado imaginariamente pase por la posición en longitud del satélite.

El ángulo formado entre la recta que une la estación terrena y al satélite y una horizontal que es tangente a la tierra en el punto de la estación terrena.

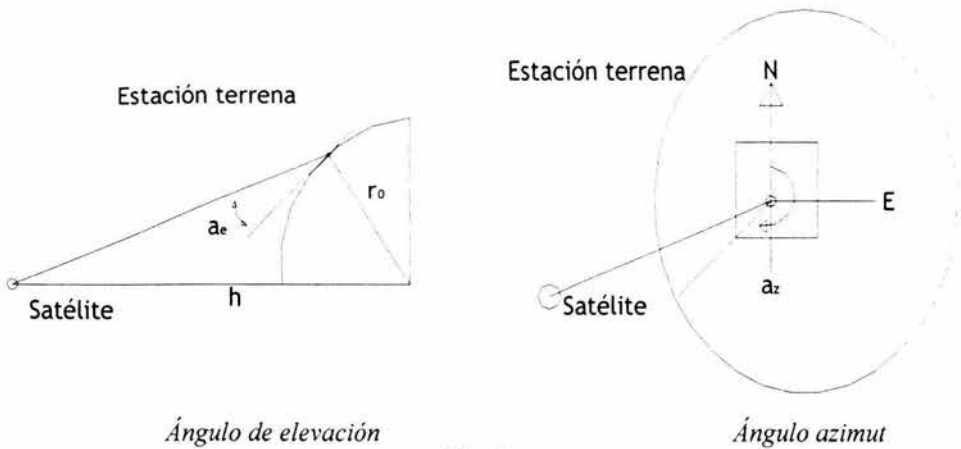


Fig.41

❑ Paso 1.- Se calcula el ángulo Z

$$z = \text{Cos}^{-1} [\text{Cos} \theta \text{ Cos}(\dots)]$$

❑ Paso 2.- Se calcula la distancia d

$$d = [r_0^2 + (h + r_0)^2 - 2r_0(h + r_0) \text{Cos} z]^{1/2}$$

Donde:  $r_0 = 6.378\text{km}$  y  $h = 35.786\text{km}$

❑ Paso 3.- Se calcula el ángulo de elevación ae

$$a_e = \text{Cos}^{-1} [(d^2 - h^2 - 2hr_0) / (2dr_0)] - 90^\circ$$

❑ Paso 4.- se calcula el azimut az

$$a_z = \text{Cos}^{-1} [\text{Tan} \theta \text{ Cot} z]$$

\*Nota: El Azimuth se debe de corregir en función de la ubicación entre el satélite y la estación terrena

► Corrección del ángulo azimut



Fig.42

## 1.2.18 ATENUACIONES

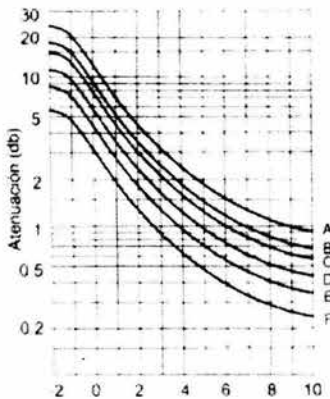
- ✘ atenuación en el espacio libre  
depende de la distancia y la frecuencia
- ✘ atenuación por la absorción atmosférica  
debido al vapor de agua y al oxígeno  
dependiente de la frecuencia
- ✘ atenuación por lluvia
- ✘ atenuación por conexiones
- ✘ atenuación por deslizamiento de antenas

## 1.2.19 ESPACIO LIBRE

Depende de la frecuencia de operación y de la distancia entre el satélite y la estación terrena.

$$FSL = 92.44 + 20 \log (D_{km}) + 20 \log (F_{GHz})$$

## 1.2.20 ABSORCION ATMOSFERICA.



\*Gráfico de atenuación (db) contra el ángulo de elevación y para diferentes frecuencias.

- Fuente ITU-R Rep. 561-1

\*Frecuencias:

- A:30 GHz
- B:30 GHz
- C:18 GHz
- D:18 GHz
- E:11 GHz
- F:4 GHz

\*Para otros ángulos de elevación hay que multiplicar por  $\cos a_0$ .

Se debe principalmente al efecto del vapor de agua y al oxígeno presentes en la atmósfera, la altura sobre el nivel medio del mar modifica otros factores que

influyen como la presión (en atmósferas) y la temperatura (en °C), se incrementa con la

frecuencia (despreciables a menos de 10 GHz, disminuye su efecto al aumentar el ángulo de elevación, la estimación de la atenuación se obtiene de diversas gráficas).

La parte baja de la atmósfera produce absorción de las ondas de radio, la cual depende de parámetros que pueden ser fijos como la frecuencia de la portadora, el ángulo de elevación de la antena y la altura de cada estación terrena sobre el nivel del mar, y variables como la densidad del vapor contenido en el aire y la temperatura al nivel del terreno. El factor más inestable es la densidad del vapor, que puede tener fluctuaciones de efecto considerable.

El fenómeno de absorción en la atmósfera, aunque no tiene un valor constante, está siempre presente y, como la pérdida en el espacio libre, es parte de las condiciones de propagación a cielo despejado que se encuentran en ausencia de fenómenos hidrometeorológicos como la lluvia o de tormentas con partículas sólidas como la nieve o la arena. En las bandas de frecuencia alrededor de 22.2 y de 57 Mhz ocurren las primeras resonancias del vapor de agua y del oxígeno, respectivamente, en las que la absorción atmosférica puede ser muy alta, por lo que no se usan para enlaces ascendentes o descendentes, pero pueden emplearse para enlaces entre satélites.

Las pérdidas por esta causa son muy bajas a los ángulos más usuales de elevación de la trayectoria de un enlace, a los cuales pueden ignorarse a frecuencias hasta de 10 GHz y alcanzan menos de 0.5 dB hasta 15 GHz. Este es el caso en los sistemas de órbitas bajas (por la gama de frecuencias en que operan) y en la mayoría de los sistemas geoestacionarios nacionales, en que los ángulos de elevación son mayores de 20°, salvo en los de países muy cercanos a los polos. Para ángulos de elevación mayores de 10°, calculados para estaciones terrenas al nivel del mar a una temperatura cercana a 15°C (una variación de temperatura de 1°C produce una variación contraria de la absorción menor a 1%).

### 1.2.21 FACTOR LLUVIA.

La atenuación depende de la frecuencia y de la intensidad de la lluvia (a frecuencias menores de 10 GHz es despreciable, se calcula un coeficiente de atenuación (dB/Km.), que después hay que multiplicar por una distancia equivalente, la cual depende del ángulo de elevación, esta atenuación se toma como margen en el diseño .

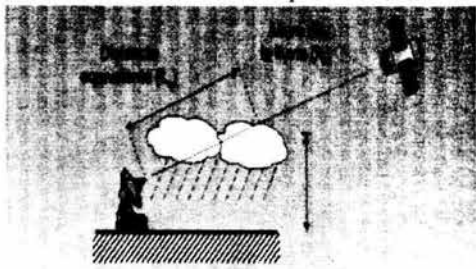


Fig.43

La degradación ocasional más importante de la relación *CIN* se debe a la pérdida de potencia originada por la lluvia. Las atenuaciones por lluvia a las frecuencias altas son función obviamente de su intensidad, crecen en forma muy rápida con la frecuencia hasta 50 GHz y son mayores a ángulos bajos de elevación de las antenas de las estaciones terrenas. Por su importancia se han hecho multitud de estudios teóricos y mediciones de campo y de laboratorio y se han desarrollado diversos modelos generales empíricos para predecir sus efectos en un año medio.

Zona Hidrometeorológica		Confiabilidad 99.5% (dB)	Confiabilidad 99.8% (dB)	Confiabilidad 99.9% (dB)
Nor Occidente	Tx	1.50	3.00	3.50
	Rx	0.00	1.00	1.50
Norte Centro	Tx	0.00	1.00	1.30
	Rx	0.00	0.00	0.00
Golfo Norte	Tx	3.60	6.80	9.20
	Rx	1.60	4.80	7.20
Centro	Tx	2.20	4.20	6.30
	Rx	0.20	2.20	4.30
Pacífico Centro	Tx	3.60	5.90	8.50
	Rx	1.60	3.90	6.50
Istmo	Tx	2.50	5.80	8.20
	Rx	0.50	3.80	6.20
Yucatán	Tx	2.90	6.00	8.90
	Rx	0.90	4.00	6.90

Se considera que si se dispone de datos estadísticos fiables sobre la atenuación a largo plazo que se hayan medido en un ángulo de elevación y en una frecuencia distintos que los que se requieren para una predicción, puede ser preferible trasladar la información disponible a la frecuencia y ángulo deseados, por los métodos diseñados para ese fin, en vez de utilizar un modelo general de predicción.

A menudo el operador de cada sistema nacional de satélites comerciales proporciona a los usuarios de capacidad satelital la información sobre márgenes de potencia necesarios, por cada ciudad o zona del país del que se trate, para lograr los objetivos de disponibilidad de tiempo de comunicación en un año medio elegidos al planificar sus redes.

### 1.2.22 OTROS EFECTOS DE LA ATMÓSFERA

⊕ Deslumbramiento troposférico (Scintillation).- Consiste en fluctuaciones en el nivel de la señal recibida. Es mayor con altas frecuencias, ángulos de elevación pequeños y antenas con ganancia pequeñas, es mayor en verano que en invierno y en regiones tropicales. Por ejemplo, con  $\theta = 10^\circ$  a una frecuencia de 20 GHz y en lugares templados la variación puede ser de  $\pm 1$  dB en promedio.

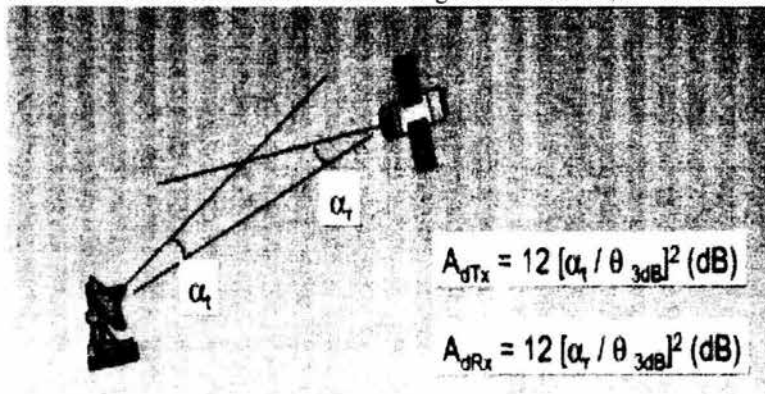
⊕ Efecto de la atmósfera sobre la polarización.- Rotación del plano debido a que la ionosfera es un plasma bajo un campo magnético en donde las componentes del campo eléctrico no viajan a la misma velocidad, esto obliga frecuencias alrededor de 1 GHz a usar polarización circular entre 2 y 3 GHz se puede usar polarización lineal arriba de 10 GHz se desprecia el efecto. Generación de energía en una polarización ortogonal debido a la atmósfera no ionizada se conoce como depolarización.

Este efecto es importante a frecuencias inferiores a 1 GHz, por lo que a dichas frecuencias es preferible emplear redes de polarización circular. La rotación de Faraday es inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia y proporcional a la integral del producto de la densidad de electrones en la ionosfera por la componente del campo magnético terrestre en la dirección del trayecto de propagación.

Su valor mediano presenta variaciones diurnas, estacionales y de ciclo solar sumamente regulares que pueden predecirse, aunque durante breves lapsos se pueden presentar desviaciones irregulares muy notables. Las variaciones regulares del valor mediano, si las circunstancias lo hacen conveniente, pueden ser compensadas por medio de ajuste de la polarización en la estación terrena receptora.

### 1.2.23 DESLIZAMIENTO DE ANTENAS.

El deslizamiento es mínimo en satélites geostacionarios, existe el deslizamiento mecánico



y además las pérdidas por desacoplamiento en la polarización, normalmente se considera un máximo de 3 dB para estas pérdidas.

Fig.44

### CALCULO DE ENLACE DE SUBIDA.

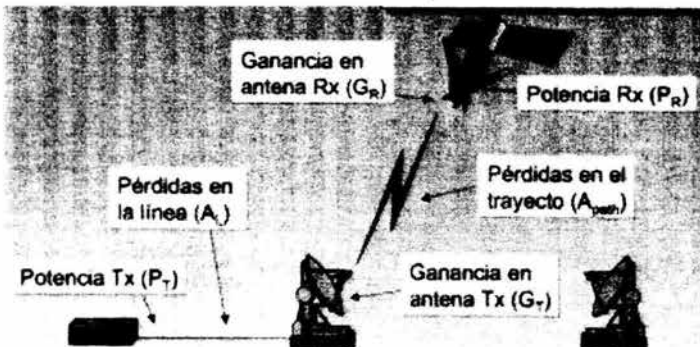


Fig.45

### 1.2.24 ESTACIÓN TRANSMISORA.

PIRE (Potencia isotrópica Radiada Equivalente)

$PIRE = P_{Tx} - A_{Go} + G_A$  ; expresada en dBW.

La ganancia de la antena es directamente proporcional a sus dimensiones e inversamente a la frecuencia de operación. Por ello a frecuencias mas altas se requiere antenas menores para obtener la misma ganancia.

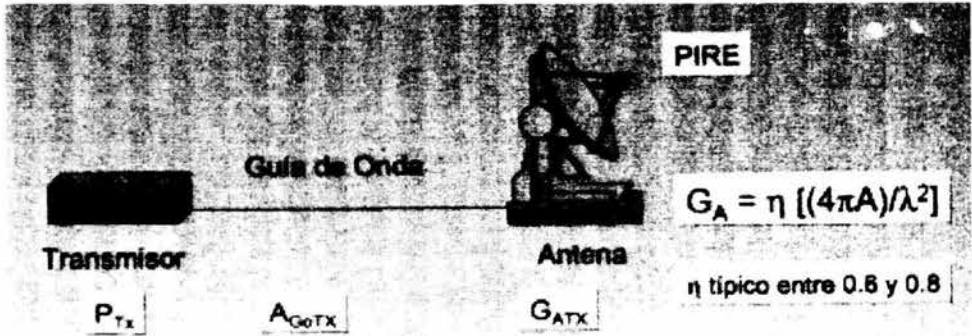


Fig.46

El equipo transmisor consiste básicamente en tres módulos: modulador, convertidor elevador y amplificador de alta potencia, después de que una señal ha sido generada o producida y una vez hechas las combinaciones necesarias de multiplexaje en frecuencia o en el tiempo, se requiere acondicionarla para que pueda ser radiada eficientemente a través del aire, hacia el satélite, sin que sea interferida con otras señales; este acondicionamiento permite que también se le pueda recuperar fielmente en la estación terrena receptora, aunque su nivel de potencia sea sumamente bajo al llegar. El proceso electrónico que se efectúa con este fin es la modulación de una portadora<sup>6</sup> por la señal, y existen varios tipos del mismo; las más comunes son el analógicos de modulación en frecuencia o FM.

### 1.2.25 ESTACIÓN RECEPTORA.

un satélite de comunicaciones funciona como un gran espejo directivo en el espacio; la señal retransmitida por él es idéntica<sup>7</sup> a la que recibe desde la estación terrena transmisora, con la diferencia de que es colocada en una región de frecuencias más bajas en el espectro de radio eléctrico. la antena recibe simultáneamente todas las señales transmitidas por el satélite en la polarización banda de frecuencias con las que ella funciona, o sea, información de muy diversos tipos dentro de un ancho de banda usual de 500 MHz, sin embargo, lo común es que en cada estación en particular solamente sea de interés recibir

<sup>6</sup> la portadora es una señal de alta frecuencia cuyas características se transforman o modulan con los parámetros de la señal de información que se desea transmitir sobre ella

<sup>7</sup> En realidad, no es idéntica sino aproximada, puesto que en cada etapa del sistema de comunicaciones se van añadiendo señales indeseables (ruido), ya que ni el medio de propagación ni ninguno de los módulos electrónicos es perfecto.

una pequeña porción de toda esa información, concentrada quizá en un ancho de banda de tan sólo 5 MHz o aun menos. Es decir, que la estación, después de capturar y amplificar toda esa información, debe separar sólo aquel aparte que le corresponda para procesarla. Hay que tomar en cuenta que posiblemente la información dirigida a una estación en particular provenga de diferentes estaciones terrenas transmisoras que funcionen con transpondedores distintos en el satélite; por lo tanto, esas señales ocupan posiciones diferentes dentro de los 500 MHz de ancho de banda de paquete de información que el satélite retransmite y, en consecuencia, la estación receptora debe extraer únicamente las porciones que le interesen, y que no necesariamente son adyacentes en frecuencia.

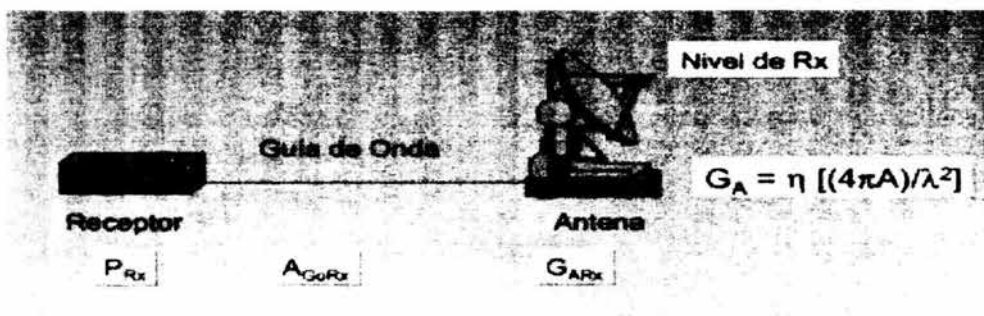


Fig.47

### 1.2.25.1 CALCULO DE C/No

- C/No .- es la relación entre la potencia recibida y la potencia de ruido con un ancho de banda de 1 Hz.
- $C/No = PIRE - FSL_{dB} + GT_{dB/K} - K_{dBW} - \mu_{dB} - (\text{otras perdidas})$
- C/N .- Es la relación entre la potencia de la portadora y la potencia del ruido normalizada al ancho de banda utilizado.
- $C/N = C/No - 10 \log BW$
- En comunicaciones digitales usamos la expresión  $E_b/No$  la cual se especifica para garantizar una cierta tasa de error BER
- En este caso el valor  $E_b / No$  depende del tipo de modulación digital y se puede mejorar empleando técnicas para corregir errores como el FEC.
- Este valor se fija por el fabricante o diseñador de la red, y es básico para la evaluación del enlace al efectuar los cálculos.

### 1.2.25.2 RUIDO

El ruido electromagnético que puede degradar la operación de las redes por satélite se introduce por las antenas receptoras, en las unidades de equipo por fugas en otra, y se genera internamente con efecto significativo en las etapas más sensibles. Es necesario estimar su valor para calcular la relación  $CIN$  (o la relación  $E_b / No$ ) de cada enlace de una red en las condiciones especificadas para su operación.



La estimación del ruido del enlace descendente captado por las antenas de las estaciones terrenas es compleja en el cálculo de los enlaces, ya que depende de diversos parámetros tanto constantes como variables en el tiempo. Asimismo, la incidencia de los parámetros variables puede ser breve o prolongada y su importancia en algunos casos depende de los valores de los parámetros de valor constante (respecto del tiempo), como son el diagrama de recepción de la antena y la ubicación de la estación terrena. En cambio, el ruido total a considerar en los enlaces ascendentes, es decir, en la cadena de recepción de un transponedor, es relativamente fácil de estimar. La potencia del ruido térmico generado en una resistencia, debido a las fluctuaciones de la corriente eléctrica es  $N = kTB$

donde  $k$  es la constante de Boltzman ( $1.38054 \times 10^{-23}$  julios/Kelvin),  $T$  es la temperatura absoluta en grados Kelvin y  $B$  es la anchura de banda en que se mide el ruido. El ruido proveniente del espacio introducido por una antena a un receptor puede considerarse equivalente al originado por una resistencia a una temperatura  $T$  tal que produzca la misma potencia en la misma anchura de banda, debido a que en ambos casos está constituido por energía incoherente estadísticamente distribuida. En muchas de las expresiones para los cálculos de los enlaces se prefiere utilizar la densidad espectral de ruido  $N = N/B = kT$  (W/Hz) o simplemente a  $T$ , que son independientes de la anchura de banda, en representación unívoca del ruido presente en un punto de recepción, en vez de la potencia de ruido  $N$ , de donde se deriva el concepto convencional de  $T$  como temperatura de ruido cuyo valor numérico es  $N/Bk$ .

En el recorrido de la señal desde una antena hasta cualquier otro punto en una estación terrena puede haber ruido adicional o pérdidas introducidas por cada elemento que modifica la temperatura de ruido aparente que refleja todo el conjunto en un punto como temperatura de ruido del sistema.

### 1.2.25.3 TEMPERATURA DE RUIDO DE LA ANTENA

En las estaciones terrenas la antena recibe una proporción significativa del ruido que constituye el de sistema, con posibles variaciones importantes de su valor en el tiempo. En cambio, cada antena de recepción de un satélite dirigida hacia la Tierra introduce una parte mayor, pero casi constante, del ruido en un transponedor.

La temperatura de ruido de una antena ideal de haz infinitamente estrecho apuntando hacia el cenit, pero fuera de toda fuente espacial discreta de ruido intenso, es de unos 5 K a frecuencias por debajo de 10 GHz para una atmósfera despejada. Al disminuir el ángulo de elevación aumenta la temperatura de ruido, que alcanza hasta unos 40 K para un ángulo de  $5^\circ$  a ciclo despejado.

La temperatura de ruido de la antena de una estación terrena se integra a partir de la temperatura de ruido proveniente de cada dirección del espacio y de la tierra, ya que además de captar el ruido en el lóbulo principal recibe ruido por los lóbulos laterales y el posterior.

En una antena que reciba en la banda de 4 GHz la elevación de las contribuciones incluirá entre otros el ruido de fondo cósmico de aproximadamente 2.8 K, el ruido de la tierra (típicamente 290 K) en diversos lóbulos laterales y el producido por la troposfera en el cielo despejado. La figura muestra valores característicos de la temperatura de ruido de una antena operando a 4 GHz en función del ángulo de elevación de la misma.

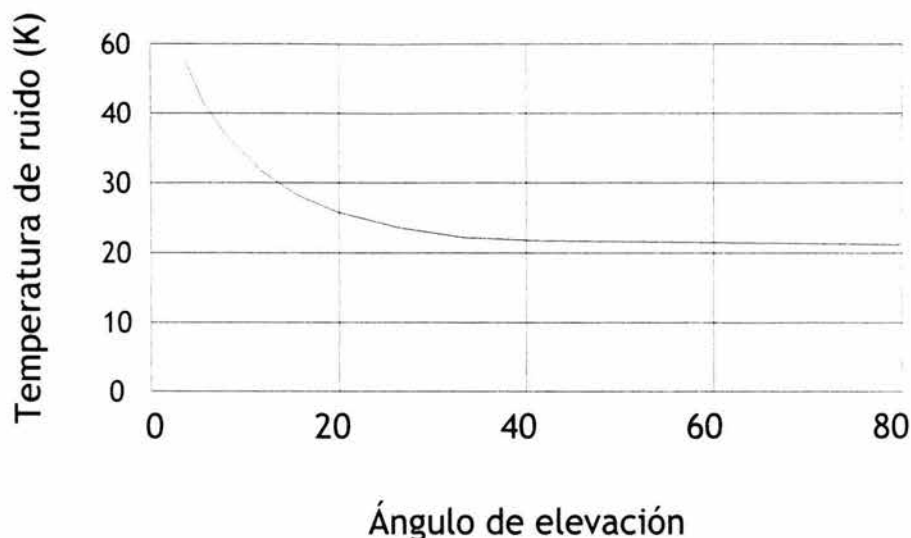


Fig.48

### 1.3 SISTEMA SATELITAL

#### 1.3.1 HISTORIA DE LOS SATÉLITES

En 1945, Arthur C. Clarke sugirió en una de sus publicaciones la posibilidad de colocar satélites artificiales en una órbita tal que al observarlos desde un punto sobre la superficie de la Tierra parecería que no se moviesen, como si estuviesen colgados en el cielo. Los satélites no cambiarían aparentemente de posición y esto traería consigo grandes ventajas pues, tal como se verificaría años más tarde, su operación se simplificaría y el costo de los equipos

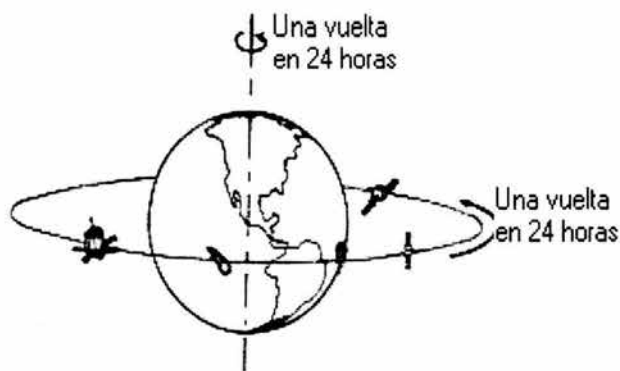


Fig. 49

terrestres necesarios para utilizarlos se reduciría, en relación con el uso de otras órbitas. Además, casi la totalidad deL mundo habitado se podría intercomunicar por radio con sólo tres satélites colocados en esa órbita tan especial ¿Cómo sería posible lograrlo, si los satélites deben moverse a gran velocidad, para no perder altura y caer hacia la Tierra, atraídos por ella? La Tierra gira sobre su propio eje, completando una vuelta cada 24 horas, si se coloca a un satélite de tal forma que gire circularmente alrededor de ella en un plano imaginario que la atraviese por el circulo ecuatorial, y si el satélite también completa una vuelta en 24 horas, entonces, para un observador sobre un punto fijo de la Tierra, se produce la ilusión de que el satélite no se mueve.

La idea de Clarke era muy buena y debían cumplirse varios requisitos para que el satélite fuese en verdad fijo con respecto a la Tierra, es decir, **geoestacionario**.

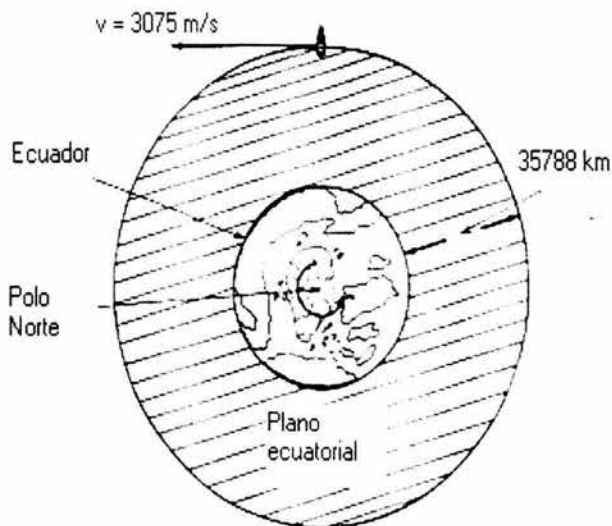


Fig.50

En primer lugar, el satélite debía desplazarse en el mismo sentido de rotación que la Tierra; además, para que no perdiese altura poco a poco y completase una vuelta cada 24 horas, debía estar a aproximadamente 36 000 Km. De altura sobre el nivel del mar; para lograrlo, el satélite debía tener una velocidad constante de 3 075 mis, siguiendo una órbita circular alrededor de la Tierra. Sin duda fueron muchos los científicos e ingenieros que leyeron con interés las ideas de Arthur C. Clarke y de otros autores contemporáneos. Cabe mencionar que en aquel entonces todavía no se lanzaba ni siquiera el primer satélite artificial de la tierra, pero llegó el día en que la era espacial se inició, en 1957, con el lanzamiento del Sputnik 1 y después de varias pruebas con algunos otros satélites en esos primeros años.

Al fin se colocó el primer satélite en órbita geoestacionaria del mundo llamado SYNCOM. Poco más tarde, había un satélite INTELSAT III sobre cada uno de los océanos principales (Atlántico, Pacífico e Índico), intercomunicando al mundo; era el año de 1968 y los sueños de Clarke se habían convertido en una realidad, 23 años después de haber publicado sus ideas. La órbita en cuestión recibe el nombre de órbita geoestacionaria, pero con frecuencia muchos autores e investigadores también se refieren a ella como el cinturón de Clarke, en justo reconocimiento a su promotor. En la actualidad esta es la órbita más congestionada alrededor de la tierra; muchos propietarios de satélites, quieren estar ahí por obvias razones de sencillez y bajo costo de operación.

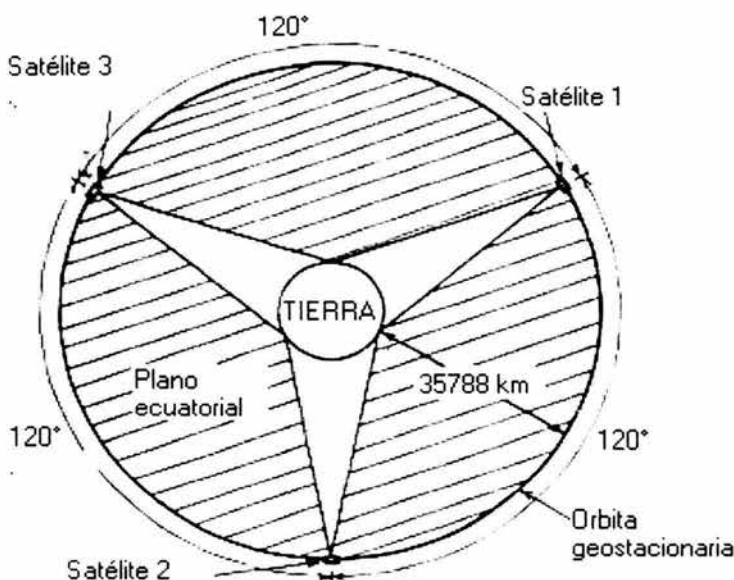


Fig.51

### 1.3.2 PUESTA EN ORBITA

Sin las leyes de Isaac Newton que rigen la mecánica clásica seguramente los científicos del siglo XX no hubieran podido colocar satélites alrededor de la tierra. Gracias a él se sabe que la fuerza de atracción entre un cuerpo y la tierra es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que hay entre ambos y directamente proporcional al producto de sus masas; así mismo que si un cuerpo se le aplica una acción, entonces este responde con una reacción igual y de sentido contrario, oponiéndose a la acción original. Estas deducciones de Newton que datan del siglo XVII hacen posible que el hombre actual lance al espacio vehículos de carga con satélites artificiales en su interior, y que estos últimos conserven su posición orbital en el espacio una vez que han llegado ahí. Para llevar a un satélite a esa órbita tan especial existen tres procedimientos distintos, los cuales se describen a continuación.

#### ● INYECCIÓN DIRECTA EN ORBITA GEOESTACIONARIA.

En este caso, el satélite es transportado por un cohete de varias etapas hasta el cinturón de Clarke, sin que necesite realizar esfuerzos propios, lo que en cambio si es necesario en los otros procedimientos, la inyección directa en órbita geostacionaria es muy costosa y solo se utiliza para lanzar satélites militares; como el satélite no realiza esfuerzos propios, no lleva motores acoplados directamente a él para pasar de una órbita a otra, la probabilidad de que llegue a su destino en buenas condiciones aumentan.

### ● INYECCIÓN INICIAL EN ORBITA ELÍPTICA.

En este procedimiento las etapas del sistema lanzador colocan al satélite en una órbita elíptica de gran excentricidad, es decir, muy alargada, en la que el centro de la tierra es uno de los dos focos. Una vez ahí, el satélite se separa del cohete y da una o varias vueltas en esa órbita, llamada de transferencia geosíncrona, hasta que se lleva a cabo la siguiente etapa del proceso, ya con esfuerzos propios de él mismo.

El perigeo de la órbita de transferencia geosíncrona está normalmente a una altura aproximada de 200 Km. Sobre el nivel del mar y su apogeo cerca de los 35 788 Km.

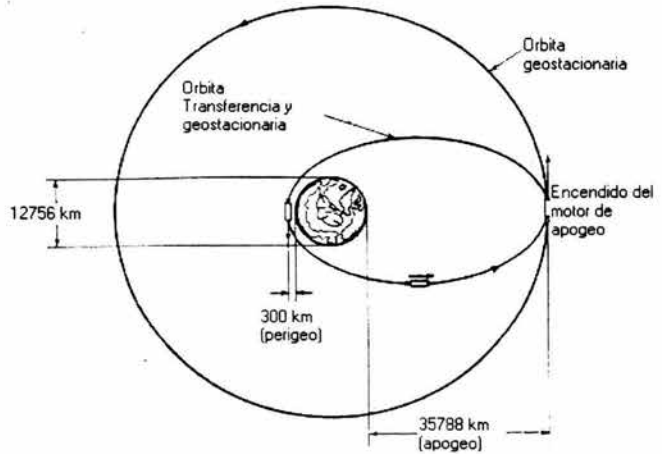


Fig.52

Que es la altura final en la que el satélite debe quedar para funcionar. El paso siguiente es circularizar la órbita y para ello el satélite lleva acoplado un motor que se enciende precisamente en el punto de apogeo de la última vuelta elíptica que se haya programado; obviamente, en el encendido se efectúa después de haber orientado al satélite a control remoto en forma adecuada, para que el empuje del motor apogeo resulte en la dirección correcta. Al encender éste, el satélite recibe un incremento sustancial de velocidad y su órbita cambia, pasando de la elíptica de transferencia geosíncrona a la circular geostacionaria.

### ● INYECCIÓN INICIAL EN ORBITA CIRCULAR BAJA.

Esta es la técnica empleada por el sistema de transportación espacial de la NASA de EE.UU., mejor conocido como orbitador y consiste en tres pasos, los dos últimos son idénticos al caso anterior de inyección inicial en órbita elíptica, y el primer paso se describe a continuación.

El orbitador despega llevando al satélite en su compartimiento de carga y entra en órbita alrededor de la Tierra siguiendo una trayectoria circular, a una altura aproximada de 300 km sobre el nivel del mar. En una de las muchas vueltas que da la nave, el satélite es liberado o arrojado de; compartimiento de carga, quedando de esta forma también en órbita circular baja alrededor de la Tierra, aunque separado del vehículo espacial; la velocidad inicial del satélite es la misma que la de la nave, aunque ligeramente modificada por efecto de los resortes que se emplean para arrojarlo del compartimiento de carga. La separación se efectúa cuando la nave va cruzando el plano del ecuador, y cuarenta y cinco minutos más tarde, cuando el satélite vuelve a cruzar el plano del ecuador, su **motor de perigeo** se enciende. Éste le da un empuje tal que modifica su órbita, cambiándola de circular baja o de

estacionamiento a una elíptica, similar a la del segundo caso, explicado anteriormente.. Una vez que ha cumplido su función, el motor de perigeo se desprende del resto del cuerpo del satélite. Dado así las condiciones adecuadas para que, más adelante y en el momento preciso, un motor de apogeo acoplado al cuerpo del satélite se encienda para circularizar la órbita con su altura final.

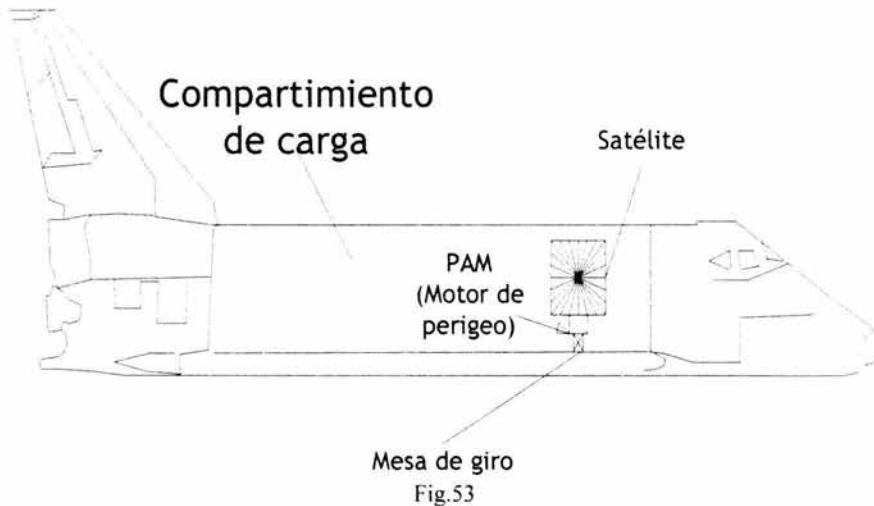


Fig.53

### 1.3.3 RESCATE DE SATÉLITES

Considérese que por alguna razón el satélite no hubiese podido llegar a su posición final. ¿Sería posible aprovecharlo aún en esas condiciones, o al menos rescatarlo? La respuesta es afirmativa, los satélites sí se pueden rescatar, pero salvo pocas excepciones hay que traerlos de regreso hasta la superficie de la Tierra, para revisarlos y volver a intentar llevarlos hasta la órbita geoestacionaria, acoplándoles motores nuevos de propulsión propia. Esta operación se llevó a cabo por primera vez hace algunos años, para rescatar los satélites Westar VI de EE.UU. y Palapa B de Indonesia; para ello se utilizó el orbitador de la NASA, que los trajo almacenados en su compartimiento de carga.

Sin embargo, es preciso recordar que los orbitadores vuelan en órbita circular baja a unos trescientos kilómetros de altura sobre el nivel del mar. ¿Cómo es posible entonces rescatar satélites que se encuentran a la deriva a miles de kilómetros de distancia?, Como los propulsores de este subsistema consumen combustible cada vez que deben ser activados, el satélite lleva en su interior tanques con combustible almacenado para todas estas maniobras que se realizarán a través de varios años. Retómese ahora el caso de un satélite que no haya logrado llegar a la órbita geoestacionaria, como de hecho ocurrió con el Westar VI y el Palapa B, cuyos motores de perigeo o PAM no permanecieron encendidos durante 80 segundos, sino que se apagaron mucho antes, impidiendo que el satélite alcanzase la altura final deseada. Pocos segundos después del encendido, el PAM se había apagado inexplicablemente, quedando cada satélite en una órbita de unos cuantos miles de kilómetros de altura, mucho más abajo de la altura geoestacionaria. Era preciso bajarlos de

alguna manera hasta la altura en que vuelan los orbitadores, para que los astronautas pudieran salir de la nave a capturarlos y almacenarlos en el compartimiento de carga.



Por lo tanto, el combustible almacenado en cada satélite, que se había previsto para operarlo durante todo sus años de vida, se utilizó, a través de muchísimas maniobras, para irlos bajando poco a poco, hasta que quedaran al alcance de los orbitadores. No era posible reparar los satélites en el espacio, a menos que se tuviesen los medios para volver a llenar sus tanques de combustible y ponerles un nuevo motor PAM, y hasta la fecha aún no es posible hacerlo.

Fig.54

La única alternativa que se tuvo en esa ocasión fue traerlos de regreso a la Tierra, para que las compañías aseguradoras los repararan o vendiesen y recuperaran parte de sus pérdidas económicas.

### 1.3.4 EL SATÉLITE Y EL MEDIO AMBIENTE DEL ESPACIO

El satélite ha llegado a su posición final en el cinturón de Clarke, autorizada a su propietario con años de anticipación por la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Sin embargo, no es el primero en llegar ahí; hay muchos otros satélites en el mismo cinturón, algunos jóvenes y otros viejos, de configuraciones, tamaños y aplicaciones distintas; muchos de ellos reciben y transmiten señales en las mismas frecuencias que el satélite recién llegado también usará durante su funcionamiento, por muchos años.

Afortunadamente, aunque todos son vecinos, no se encuentran colocados en el mismo punto; de hecho, están separados entre sí por dos a tres grados de arco, equivalentes a 1 500 y 2 200 kilómetros respectivamente, con lo cual se garantiza que no exista ningún riesgo de interferencia radioeléctrica entre ellos. Además, la posición en longitud de cada uno depende de la zona geográfica que se encargue de intercomunicar. Por ejemplo, un satélite diseñado para prestar servicios de telecomunicaciones a la India se colocará en órbita geoestacionaria sobre el océano indico y no' al otro lado de la Tierra, sobre el océano Pacífico, al sur de México; allí de nada le serviría el sistema a la India, a menos que la energía radiada por el satélite pudiese atravesar el planeta y ser capturada por antenas hindúes que estuvieran apuntando hacia el centro de la Tierra y no hacia el cielo.

De cualquier forma, hay ciertas secciones del cinturón de Clarke que son más codiciadas que otras y que por lo tanto se encuentran sumamente pobladas. La zona de mayor tráfico internacional de señales radioeléctricas vía satélite es la del océano Atlántico, debido a que a sus lados se encuentran los países industrializados de América del Norte y Europa. Por lo que se refiere a tráfico interno o doméstico de señales, se intuye que una de las zonas más congestionadas, por la gran demanda de servicios que allí hay, tanto en variedad como en cantidad, es la sección del arco ecuatorial

Comprendida por las longitudes geográficas de México , EE.UU. y Canadá, así como las longitudes más cercanas a sus territorios. Sin embargo, el satélite no puede cumplir del todo con los requisitos anteriores, ya que varias fuerzas se encargan de dificultarle su tarea, empujándolo o tirando de él de un lado a otro, de tal forma que se le puede imaginar, aunque sea en forma muy exagerada, como una botella que flota sobre las olas del mar cambiando su orientación y posición constantemente. Necesita ayuda para resolver todos estos contratiempos y tener así mismo cierta flexibilidad de movimiento limitado. A través del subsistema de propulsión del satélite, posible ayudarle a corregir su orientación y posición, enviándole comandos a control remoto en forma periódica. En la figura se muestra las dimensiones de una gigantesca caja imaginaria en cuyo centro estaría colocando el satélite en el espacio; nótese que cada lado de la caja mide mucho kilómetros mientras el satélite se mueve dentro de ella.

No habrá ningún problema, pero hay que rastrearlo permanentemente para observar su posición y encender el subsistema de propulsión a control remoto antes de que se salga, para así regresarlo hacia el otro lado de la caja. Claro está que para realizar todas estas maniobras con precisión, se necesita contar en tierra con un centro de control espacial computarizado y que el satélite le envíe cierto tipo de información, que le permite a los operadores, y a las computadoras, hacer sus cálculos y tomar las decisiones correctas. Que forman parte del satélite y que se encargan de recabar esta información para que sea enviada a la Tierra por señales radioeléctricas de telemetría.

Cada vez que el subsistema de propulsión se activa para corregir la posición y orientación de; satélite se consume combustible, y poco a poco los tanques de almacenamiento se van vaciando ¿Qué ocurre cuando ya no hay combustible en los tanques de almacenamiento, después de varios años de haber realizado gran número de maniobras correctivas? Simplemente, ya no es posible mantener al satélite dentro de la caja imaginaria, y tampoco orientarlo correctamente hacia la superficie de la Tierra a la que le debe de dar servicio; se corre el grave riesgo de causarle interferencia a otros sistemas, además de otros problemas operativos en tierra, y la única solución es apagar el satélite, concediéndole su jubilación. El número de años que pueda trabajar sin problemas, es decir, su vida útil, depende en gran medida de la eficiencia con la que los operadores en tierra administren el combustible contenido en los tanques de almacenamiento del satélite.



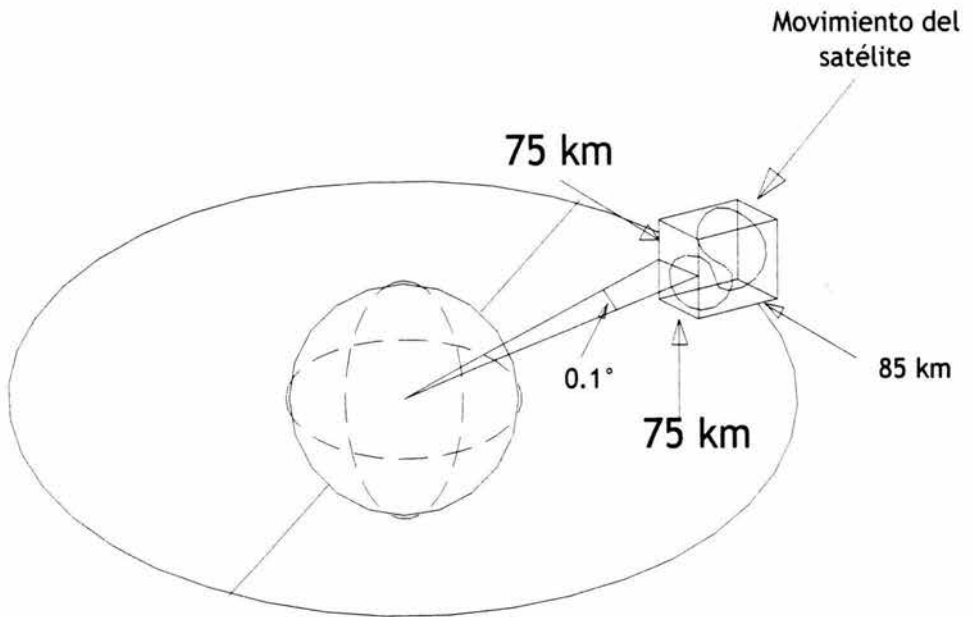


Fig.55

### 1.3.5 LAS FUERZAS PERTURBADORAS

¿Cuáles son las fuerzas que causan tantos problemas para conservar al satélite fijo en su posición geoestacionaria? La fuerza que más le afecta es el campo gravitacional de la Tierra. Este campo no es esféricamente uniforme, pues la distribución de la masa del planeta no es homogénea. Es decir, si se imaginase a una gran esfera en cuyo centro esté el centro de la Tierra, y si pudiese medirse de alguna forma la intensidad del campo gravitacional en todos los puntos de la superficie de esa gran esfera imaginaria envolvente, no se obtendría el mismo valor en todos los puntos, o sea, que la intensidad del campo gravitacional no es exactamente igual sobre un punto en el sur del océano Pacífico que sobre un punto en el continente africano, aun cuando ambos puntos de medición estén a la misma altura sobre el nivel del mar. Más aún, la Tierra no es una esfera perfecta, sino que está achatada en sus polos, y el círculo ecuatorial no es en realidad un círculo, sino una elipse, aunque de muy poca excentricidad; el eje mayor de ésta es 150 metros más largo que el eje menor. Para que se tuviese una uniformidad esférica del campo gravitacional de la Tierra, en primer lugar ésta debería de ser una esfera perfecta, y además su masa tendría que estar mezclada homogéneamente, ambas cosas, imposibles dada la manera en que se formó y a que gira sobre su propio eje. La no o uniformidad del campo gravitacional de la Tierra, combinada con la estructura del satélite tampoco tiene una masa homogénea puesto que sus componentes están fabricadas con una diversidad de materiales, produce un par gravitacional. Este par o fuerza hace que el satélite gire alrededor de su centro de masa y que su velocidad varíe conforme se desplaza sobre su órbita; dicho cambio de velocidad o

aceleración provoca a su vez que el satélite cambie de posición en longitud, es decir, que se mueva a la derecha o a la izquierda (oeste o este) sobre el arco geostacionario, dentro de la caja imaginaria.

El campo gravitacional de la Tierra es la fuerza de mayor influencia la posición y orientación del satélite, debido al gran tamaño que tiene el planeta y a la relativa cercanía del satélite al mismo, pero la Luna también ejerce una ligera fuerza gravitacional perturbadora. Sin embargo, como esta última es mucho más pequeña que la Tierra y además se encuentra diez veces más lejos del satélite que éste de la superficie del planeta comparativo es mínimo, al igual que en el caso de la fuerza gravitacional perturbadora del Sol. De cualquier manera, la combinación de estas fuerzas produce un movimiento del satélite perpendicular al plano, es decir, hacia arriba o hacia abajo (norte o sur) dentro de la caja imaginaria, esto origina una inclinación de su plano orbital de operación con respecto al plano ecuatorial en el que idóneamente debería permanecer. Tal inclinación indeseable entre ambos planos es del orden del  $1^\circ$  por año, medido hacia el plano de la eclíptica; un 30% de esta inclinación se debe al efecto del Sol y un 70% al de la Luna. Dicha atracción combinada de la Luna y del Sol produce además una pequeña variación en la posición longitudinal del satélite, aunque no es tan importante como la causada por el campo gravitacional de la Tierra.

Otra fuerza que también produce cambios en la posición y orientación del satélite es la presión de la radiación solar sobre la superficie de su estructura. Esta fuerza acelera al satélite, y su efecto es mayor en satélites que tienen sus arreglos solares montados sobre paneles desplegables sensibles que sobre satélites de configuración cilíndrica, puesto que en el primer caso la superficie total expuesta a la presión de la radiación solar es mucho mayor; el principal efecto de esta fuerza es cambiar la excentricidad de la órbita del satélite, y como la resultante no incide precisamente sobre su centro de masa, al mismo tiempo se produce un giro, que cambia orientación con respecto a la superficie del planeta.

Campo magnético de la Tierra también produce un par o fuerza perturbadora sobre el satélite, pero en realidad su efecto es despreciable en comparación con los de las fuerzas comentadas anteriormente. Existen además, otras cuya aparición y efecto son impredecibles, producidas por el impacto de meteoritos. Cuando hay una colisión de un meteorito con el satélite, el primero le transmite un momento al segundo, que modifica ligeramente su posición y orientación. Por otra parte, la posición y orientación del satélite no son modificadas solamente por las fuerzas externas que se han mencionado, sino que el propio satélite también genera otras fuerzas perturbadoras.

El simple hecho de que haya movimiento en sus antenas, sus arreglos solares o el combustible que quede dentro de sus tanques de almacenamiento, produce pares o fuerzas que afectan al satélite. Conviene apuntar que conforme los tanques de combustible se van vaciando, el centro de masa del satélite cambia; por lo tanto, cuando se activa el subsistema de propulsión para corregir errores en orientación y posición, el empuje resultante no se aplica precisamente sobre el centro de masa; esto produce pares o fuerzas igualmente perturbadoras durante la realización de las correcciones.

Por último, la misma radiación radioeléctrica de las antenas del satélite produce una presión, cuyo efecto es importante cuando la potencia de transmisión del satélite es alta y está concentrada en un haz de iluminación muy angosto. Esta fuerza origina un giro del satélite, y para reducir al máximo su efecto sobre él, se debe diseñar con antenas colocadas simétricamente con respecto a su centro de masa, o bien, el eje de radiación principal de la antena debe contener dicho centro de masa.

Como puede verse, el nuevo hogar del satélite es muy inestable, y por ello su subsistema de propulsión es sumamente importante para poder mantenerlo dentro de la habitación que le corresponde en el espacio, es decir, dentro de su caja imaginaria. Sin embargo, hasta ahora sólo se ha hablado de los efectos perturbadores mecánicos o de movimiento sobre el satélite; a continuación se mencionan otros, que también pueden alterar su funcionamiento correcto, como son la radiación solar, las partículas cósmicas y los eclipses.

### **1.3.6 LA TEMPERATURA DEL SATÉLITE.**

El satélite está integrado por gran número de elementos, todos ellos fabricados con distintos materiales y diseñados para realizar funciones diversas.

Por ejemplo, las celdas solares trabajan con mayor eficiencia entre  $-100^{\circ}\text{C}$  y  $+50^{\circ}\text{C}$ , las baterías solamente entre  $0^{\circ}\text{C}$  y  $+20^{\circ}\text{C}$ , y los tanques de combustible deben estar entre  $+100^{\circ}\text{C}$  y  $+50^{\circ}\text{C}$ ; el equipo electrónico y los sensores infrarrojos, entre otros componentes, también requieren rangos específicos de temperatura para funcionar bien. Por lo tanto, es preciso garantizar un control térmico eficaz en la estructura del satélite y en cada uno de sus equipos para que no falle.

El mecanismo para hacerlo es muy complejo, pues se necesita mantener un balance térmico entre la energía que el satélite recibe por la radiación de fuentes externas y la energía que él mismo disipa internamente. El problema se complica aún más si se considera que la energía de las fuentes externas cambia constantemente conforme el satélite gira alrededor de la tierra.

Las principales fuentes de radiación externa es el sol, y aun cuando causa algunos problemas para conservar el balance térmico en el satélite, es obvio que sin él no sería posible generar electricidad a través de las celdas solares. Por un lado el sol permite generar electricidad para que el satélite funcione pero por otro complica el diseño del mismo. En todo momento el satélite tiene varias de sus partes expuestas a distintas temperaturas; mientras la cara que esta orientada hacia el sol se calienta mucho, las partes no iluminadas se enfrían. En el interior del satélite, la transferencia de calor se lleva a cabo por conducción, y en el espacio por radiación, puesto que en el medio ambiente de casi vacío excluye la posibilidad de que en este ultimo se pueda transferir por convención. En cuanto a la contribución térmica de la tierra, ésta consiste en radiación infrarroja emitida por ella misma y de la reflexión de los rayos solares sobre su superficie, denominada albedo.

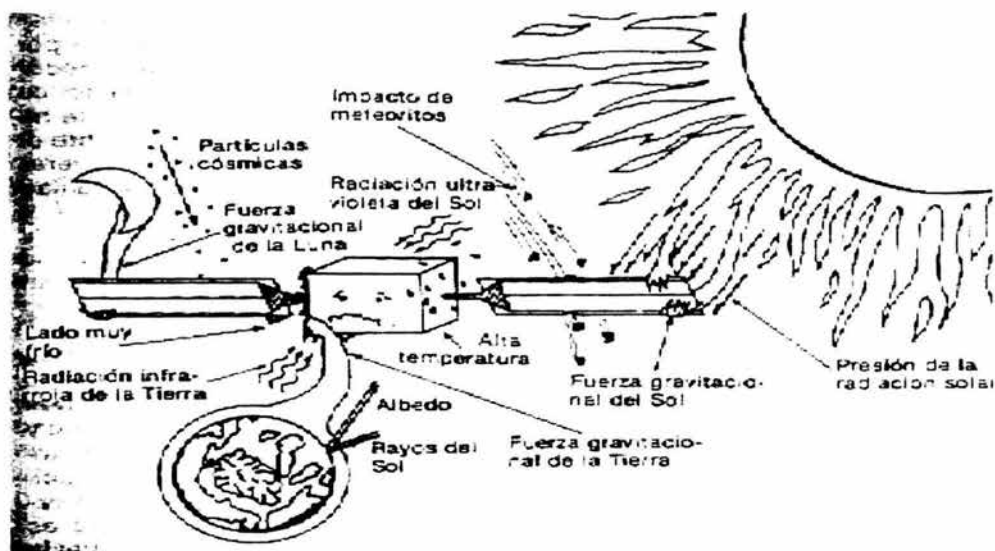


Fig.56

### 1.3.7 OTROS FACTORES DE PERTURBACION

Hasta ahora se han visto ya la mayor parte de los factores que alteran el funcionamiento correcto de un satélite geostacionario y que, por consiguiente, exigen en él un buen diseño y una supervisión y control permanentes. A continuación se mencionan algunos otros factores importantes que complican aún más la vida operativa del satélite. La radiación ultravioleta del Sol causa que los materiales del satélite se ionicen; esto produce un aumento en la conductividad de los aisladores y cambios en las características de emisión y absorción de calor de los materiales protectores.

Además, la misma radiación degrada poco a poco la eficiencia de las celdas solares, que después de varios años de trabajo y de estar expuestas al Sol reducen su eficiencia en un 20% a 30%. El medio ambiente de casi vacío ocasiona, por su parte, que los metales y los semiconductores se sublimen y tiendan a evaporarse. La cantidad de masa que pierden depende mucho de la temperatura, pero en realidad estas pérdidas son despreciables siempre y cuando los materiales utilizados para proteger al satélite no sean muy delgados. Hay otros efectos que pueden resultar más dañinos, como es la posibilidad de que se condensen gases en superficies frías y produzcan un cortocircuito en materiales aislantes. Como punto a su favor, el medio ambiente de casi vacío tiene la ventaja de que elimina la posibilidad de que haya problemas por corrosión.

Adicionalmente, las partículas cósmicas que inciden sobre el satélite ocasionan que sus plásticos se ionice y que la eficiencia de sus celdas solares se degrade aún más; por si fuera poco, también pueden modificar el acabado de las superficies diseñadas para controlar su balance térmico. Meteoritos podían modificar la orientación y posición del satélite, pero además de esto, algunos también pueden perforar partes de su exterior, por la enorme energía que traen consigo a la velocidad que viajan. Este efecto podría resultar desastroso para la supervivencia del satélite, y por ello su estructura debe tener la rigidez suficiente y capacidad de amortiguamiento para resistir impactos de poca intensidad.

### 1.3.8 ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DEL SATÉLITE.

Un satélite es un sistema muy complejo y delicado, integrado por varios subsistemas; cada uno de ellos es igualmente importante pues su probable falla podría causar la inutilidad parcial o total del conjunto. El satélite necesita energía eléctrica, disipar calor, corregir sus movimientos y mantenerse en equilibrio, ser capaz de regular su temperatura, ser resistente al medio ambiente el que vive, y desde luego poder comunicarse con la tierra.

Principales subsistemas de un satélite y funciones:

Subsistema	Función
Antenas	Recibir y transmitir señales de radiofrecuencia
Comunicaciones	Amplificar las señales y cambiar su frecuencia
Energía Eléctrica	Suministrar electricidad con los niveles adecuados de voltaje y corriente
Control térmico	Regular la temperatura del conjunto
Posición y orientación	Determinar la posición y orientación del satélite
Propulsión	Proporcionar incrementos de velocidad y pares para corregir la posición y la orientación
Rastreo, telemetría y comando	Intercambiar información con el centro de control en tierra para conservar el funcionamiento del satélite
Estructural	Alojar todos los equipos y darle rigidez al conjunto.

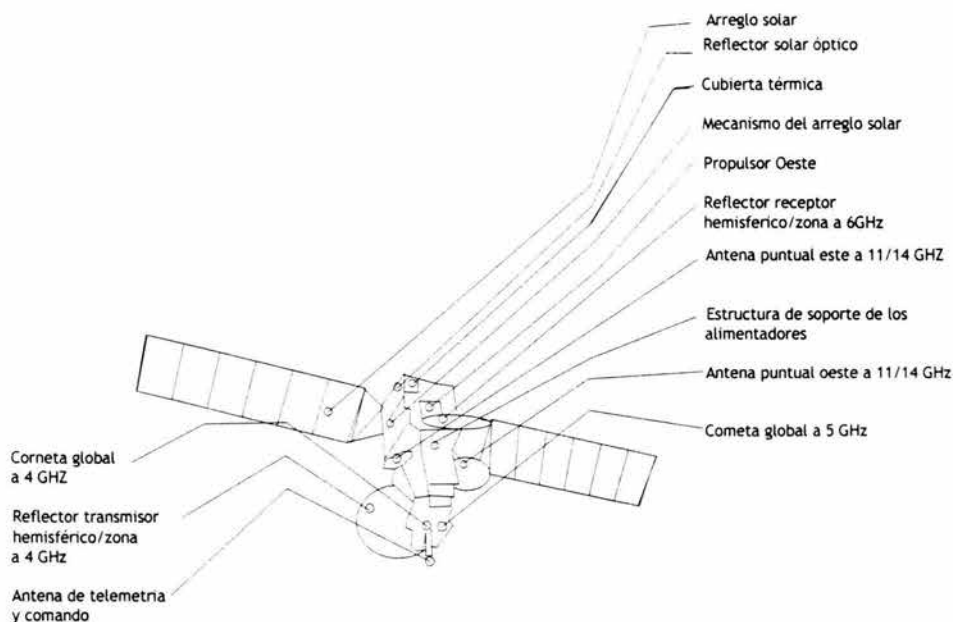


Fig.57

### 1.3.9 SUBSISTEMA DE ANTENAS

Las antenas reciben las señales de radiofrecuencia provenientes de las estaciones terrenas transmisoras, y después de qué son procesadas, en el satélite, las transmiten de regreso hacia la Tierra, concentradas en un haz de potencia. En algunos casos, las antenas que reciben son distintas de las que transmiten, pero también es posible que una sola reciba y transmita al mismo tiempo, utilizando para ello frecuencias y elementos de alimentación diferentes.

Los elementos de alimentación, denominados alimentadores, son generalmente antenas de corneta conectadas a guías de onda, que emiten energía hacia un reflector parabólico, o bien la captan proveniente de este último para entregársela a los equipos receptores, pues su principio básico de operación es similar al de las antenas parabólicas de los satélites. Es fácil comprender que si el subsistema de antenas tuviese alguna falla, por ejemplo, si no estuviese bien orientado hacia la superficie de la Tierra debido a algún desperfecto en su mecanismo, entonces no sería factible transmitir correctamente desde el satélite ni recibir las señales provenientes de las estaciones terrenas.

Las antenas son, al mismo tiempo, el puerto de entrada y de salida de ese mundo electrónico que es el interior del satélite; son la interfase o etapa de transformación entre las señales electromagnéticas que, viajan por el espacio y las señales que circulan dentro de varios de sus subsistemas. Las hay de distintos tamaños, configuraciones y acabados, según

las frecuencias a las que tengan que trabajar y la cobertura que deban tener de ciertas zonas geográficas de la Tierra.

Paradójicamente, una antena parabólica chica puede recibir y transmitir dentro de una extensión territorial muy grande, mientras que una antena de mayor tamaño, que opere a la misma frecuencia, solamente puede hacerlo dentro de una zona geográfica más pequeña. Algo debe obtenerse de una antena grande a cambio de cubrir menos metros cuadrados sobre la superficie terrestre; ¿para qué gastar en tanto material y tener que vencer complicaciones de volumen y peso en el sistema de lanzamiento que lleve al satélite al espacio? La razón es sencilla cuanto más grande son las antenas, tienen la propiedad de una mayor capacidad para concentrar la energía en un haz electromagnético muy angosto, que ilumina pocas unidades cuadradas, pero que las irradia con niveles muy altos de densidad de potencia; esto facilita el diseño y reduce el costo de las estaciones terrenas receptoras, Por otra parte, cuanto más alta sea la frecuencia a la que una antena de dimensiones constantes trabaje, mayor es su capacidad de concentración de energía; ésta es una característica propia de las antenas parabólicas y, en general, de todas las antenas llamadas "de apertura"

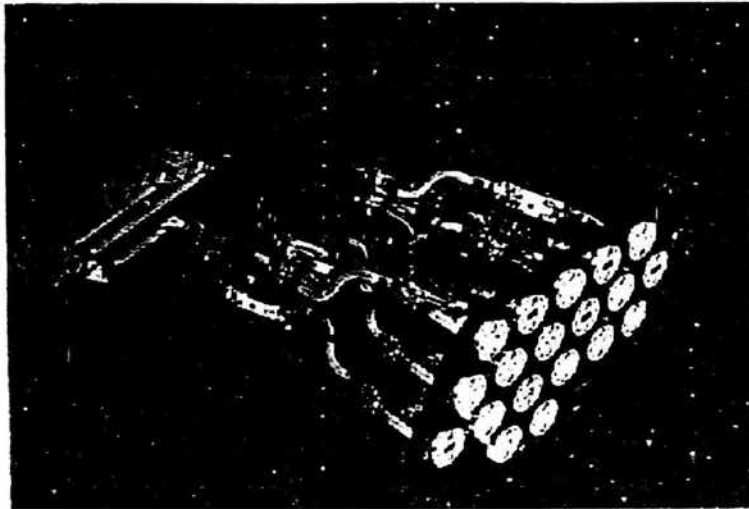


Fig.58

Cuya capacidad de concentrar la potencia en un haz invisible de radiación o iluminación muy angosto es función directa de sus dimensiones eléctricas y no de las físicas. La dimensión eléctrica de una antena es igual a su dimensión física dividida entre lo que mide la longitud de onda a la frecuencia de operación, es el número de longitudes de onda que cabrían alineadas en su apertura o boca.

Hay satélites que tienen varias antenas de características distintas, con finalidades diferentes, el satélite de comunicaciones internacionales INTELSAT V, tiene ocho antenas para poder cubrir una vasta extensión territorial e intercomunicarla eficientemente al menor costo posible. De estos ocho antenas, dos son globales, dos hemisféricas, dos de zona y dos

puntuales. Las primeras dos son antenas de corneta y cubren la mayor cantidad posible de la superficie terrestre que pueda verse desde la posición del satélite, puede recibir desde cualquier estación transmisora que se encuentre dentro de los límites de esa zona y puede transmitir también hacia cualquier estación receptora que se halle dentro de los contornos. La antena de telemetría y comando no es parabólica ni de corneta, pues estas últimas son altamente direccionales; normalmente es una antena biconica, cuya radiación es casi omnidireccional, es decir, que emite más o menos con la misma intensidad en todas direcciones, de esta forma, aun cuando el satélite cambie bruscamente de orientación, su comunicación con el centro de control no se interrumpe y se sigue teniendo control sobre el mismo.

### 1.3.10 SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES

Las señales de comunicaciones (telefonía, televisión e información digital), recibidas por el satélite entran a él a través de sus antenas, y ellas mismas se encargan de transmitir toda esa información hacia la tierra, depuse de procesarla debidamente. Los principales pasos del proceso son amplificar las señales a un nivel de potencia adecuados para que puedan ser recibidas a su regreso con buena calidad, así como cambiarlas de frecuencia para que salgan por el conjunto de antenas sin interferir con las señales que estén llegando simultáneamente.

El subsistema de comunicaciones realiza estas funciones mediante filtros, amplificadores, convertidores de frecuencia, conmutadores y multiplexores. A la trayectoria completa de cada repetidor, comprendiendo todos sus equipos desde la salida de la antena receptora hasta la entrada de la antena transmisora se le da el nombre **transpondedor**, o sea, que el subsistema de comunicaciones consta de muchos transpondedores, y su número depende del diseño del satélite. Este subsistema, incluyendo el de las antenas es de mayor interés para los ingenieros en comunicaciones cuyas responsabilidades es planificar el uso del satélite, es decir, asignar las trayectorias o transpondedores en los que debe ir los diferentes servicios, como los canales de televisión, telefonía y datos, con sus correspondientes niveles de potencia a sí como el espacio<sup>8</sup> que deban ocupar dentro de cada amplificador.

La señal proveniente de la tierra que entra por la antena receptora puede contener muchos canales de televisión, o miles de canales de telefónicos o de datos, todos ellos enviados a frecuencias diferentes, al rango de frecuencias que hay entre la frecuencia más baja y la más alta de las que se transmiten se le da el nombre de ancho de banda. Cuanto mayor sea el ancho de banda de un equipo, este será capaz de trabajar de igual forma dentro de un mayor rango de frecuencias.

Un satélite puede tener varias antenas receptoras o quizá solamente una, dependiendo de su diseño y aplicaciones y cada una de ellas debe ser capaz de recibir al mismo tiempo muchos canales con información que posteriormente serán amplificados por separado en distintos transpondedores. Es decir, las antenas receptoras, y lo mismo se aplica a las antenas transmisoras, tienen un ancho de banda muy grande, suficiente para operar a las frecuencias

---

<sup>8</sup> Por espacio, se entiende el porcentaje de la potencia total del amplificador y el porcentaje de su ancho de banda que son usados por cada señal



asignadas para los satélites de comunicaciones, cuya mayor parte funciona actualmente en las bandas de frecuencias C y KU. En cada una estas bandas, el ancho de banda de operación, o sea, el rango de frecuencias disponibles, es de 500 MHz para transmisión y 500 MHz para recepción. Existen satélites denominados híbridos, que tienen los equipos necesarios para trabajar simultáneamente tanto en la banda C como en la Ku, con lo cual se duplica la capacidad en el número de canales que puede manejar el sistema al mismo tiempo.

En la banda C, las frecuencias que se utilizan para transmitir de la tierra hacia el satélite están entre 5.925 y 6.425 GHz. La antena receptora del satélite detecta todas estas frecuencias, pues su ancho de banda de recepción es igual o mayor a 500 MHz, con una frecuencia central de 6.175 GHz. Los transpondedores, entre otras funciones, cambian las frecuencias de todas las señales contenidas en ese rango, bajándolas a otro igual ancho de banda, pero cuyos límites inferior y superior son, respectivamente, 3.7 y 4.2 GHz; posteriormente, todas las señales contenidas en estas últimas frecuencias son entregadas a la antena transmisora, para que las envíe de regreso a la Tierra. Un enlace de este tipo se representa con la nomenclatura 6 GHz, indicando que la señal sube al satélite con frecuencias cercanas a los 6/4 GHz y que baja con frecuencias cercanas a los 4GHz. En la banda Ku, el proceso, de recepción, conversión de frecuencias y transmisión es similar al de la banda C, sólo que las frecuencias Tierra satélite están entre 14.0 y 14.5 GHz, con una frecuencia central de 14.25 GHz, y las frecuencias, satélite Tierra están entre 11.7 y 12.2 GHz; en este caso, el enlace se representa con la nomenclatura 14/12 GHz.

En los satélites híbridos, los procesos descritos para las bandas C y Ku se llevan a cabo simultáneamente, a través de sus amplificadores y demás equipos correspondientes; estos equipos están contenidos en secciones separadas del subsistema de comunicaciones, puesto que unos están diseñados para trabajar en la banda C y otros para hacerlo en la banda Ku. Es fácil intuir que estos satélites, por el hecho de duplicar su capacidad de trabajo, requieren más energía eléctrica, y en consecuencia necesitan más metros cuadrados de celdas solares para efectuar la conversión suficiente de energía solar en electricidad.

Considérese ahora una trayectoria completa del subsistema de comunicaciones, desde que la señal entra al satélite hasta que sale de él, suponiendo que se está transmitiendo un canal de televisión en la banda C y en el transpondedor número 4; el canal de televisión puede contener, por ejemplo, una película o un partido de tenis, y no implica necesariamente que se trate del canal 4 de alguna organización televisara, pues bien puede ser el canal comercial de televisión 5 o 13, o cualquier otro. Simplemente, ese canal está manejándose a través del transpondedor número 4 del satélite. ¿Cómo se numeran los transpondedores? Recuérdese que el ancho de banda de un satélite usual es de 500 MHz en total. Cuando un canal de televisión se transmite por satélite, al modularlo en frecuencia ocupa normalmente sólo " 36 de los 500 MHz disponibles, y técnicamente esa ocupación puede hacerse en cualquier parte dentro de ese rango. Por conveniencia, el ancho de banda de 500 MHz se divide en espacios o ranuras, cuyo número depende de la aplicación del satélite.

En la figura se muestra una división usual del ancho de banda e un satélite en 12 ranuras o espacios iguales de 36 MHz de ancho de banda cada uno. Los espacios libres entre ranuras adyacentes se dejan para disminuir la posibilidad de interferencia entre las señales que cada

una contiene. Cada ranura puede trabajar con un canal de televisión independientemente, por lo que la capacidad total del satélite en esta banda C de operación sería igual a 12 canales de televisión. También sería posible que en cada ranura cupiesen 2 canales de televisión o cientos de canales telefónicos y de datos.

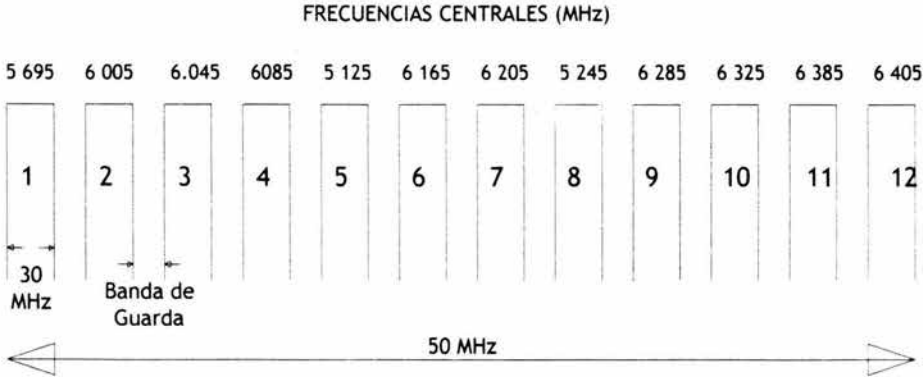


Fig.59

El primer dispositivo electrónico importante que encuentran las señales recibidas por la antena es un **amplificador de bajo ruido**<sup>9</sup>, con poca potencia de salida; este aparato genera internamente muy poco ruido, que se suma a las señales originales que entran a él para amplificación.

Todos los dispositivos electrónicos generan **ruido**, principalmente por su calentamiento; este término se emplea para identificar a las señales nuevas, de diversas frecuencias, que son generadas interna e indeseablemente por el aparato. Si estas nuevas señales, ajenas a la información original, son muy grandes o intensas, entonces al sumarse con la segunda pueden alterar su contenido. La primera etapa de amplificación es muy importante, porque cualquier señal recibida por la antena es muy débil; después de haber recorrido 36 000 km, procedente de la superficie de la Tierra, su nivel: de potencia de llegada al satélite es muy bajo. Por esta razón, es muy importante que el ruido generado por este primer dispositivo de amplificación común sea lo más bajo posible, y de ninguna manera comparable en magnitud a ninguna de las débiles señales que están entrando las estaciones receptoras también llevan un amplificador de bajo ruido inmediatamente después de la antena, por razones similares, ya que las señales también se atenúan mucho durante su recorrido de regreso del satélite a la Tierra.

El amplificador de bajo ruido tiene un ancho de banda muy grande, de 500 MHz, pues debe ser capaz de amplificar al mismo tiempo todas las señales recibidas por la antena, antes de que se proceda a separarlas entre sí, por medio de filtros, para realizar las siguientes etapas del proceso que se lleva a cabo en el subsistema de comunicaciones. Es un dispositivo

<sup>9</sup> A este dispositivo también se le denomina preamplificador de bajo ruido, porque después de él hay otras etapas de amplificación.

clave, de cuyo correcto funcionamiento depende que la información siga fluyendo o no dentro del satélite, y por lo tanto se debe contar con un duplicado; es decir, el amplificador de bajo ruido es un equipo redundante, de tal forma que si uno de los amplificadores se descompone, mediante un conmutador se transfiere el enlace al otro que sí esté en buenas condiciones. Después de que todas las señales han sido amplificadas casi fielmente, puesto que muy poca potencia de ruido se les ha sumado continuarán su viaje a lo largo de la trayectoria del transpondedor; en las etapas siguientes de amplificación se les seguirá introduciendo un poco más de ruido, pero su efecto ya no será tan problemático como hubiese podido ser en la primera etapa de amplificación, porque ahora están vigorizadas con un nivel de potencia tal que las hace menos vulnerables.

Hasta este momento, lo único que se ha hecho es aumentar ligeramente el nivel de potencia de las señales. Cuando han alcanzado un nivel adecuado, pasan por un dispositivo conocido como **convertidor de frecuencia**, que no es más que un oscilador local que multiplica las señales que entran por otra generada internamente; las señales obtenidas a la salida del aparato son similares a las que entraron, por lo que respecta a su contenido, pero han sido desplazadas a frecuencias más bajas en el espectro radioeléctrico. Después de amplificar y cambiar la frecuencia de las señales, el siguiente paso es separarlas en grupos o bloques; cada grupo puede tener un solo canal de televisión o dos, cientos de canales telefónicos, un paquete de información digital de alta velocidad, o alguna otra variante. La separación se realiza con un **demultiplexor**, que tiene un solo conducto de entrada y varios de salida. A él entra información completa de 500 MHz de ancho de banda, y en su interior, mediante filtros, se separan la canales en bloques de 36 MHz cada uno<sup>10</sup>.

A continuación, cada bloque pasa por una etapa muy fuerte de amplificación proporcionada por un **amplificador de potencia**, y después todos los bloques son reunidos nuevamente en un solo conjunto de 500 MHz de ancho de banda, a través de un multiplexor, conectado a la antena transmisora del satélite.

Cuando los amplificadores de potencia del satélite entregan a su salida el máximo de potencia posible, se dice que esta operando en su punto de saturación; para que esto ocurra, la potencia total de las señales que entran a ellos deben tener un valor determinado, sin embargo, no siempre es necesariamente deseable obtener a la salida un amplificador de potencia la máxima posible, es decir, operarlo en saturación. Todo depende de la clase de información que contenga el bloque que se va a amplificar; por ejemplo, si contiene solamente un canal de televisión, o dos canales de televisión, o varias señales de telefonía multicanal cada una de ellas compuesta por decenas o cientos de canales telefónicos individuales, o cualquier otra combinación.

Por otra parte, cuanto mayor sea la intensidad de las señales que llegan al satélite se obtienen mejores resultados en la primera etapa de amplificación (amplificador de bajo ruido), ya que la relación entre la potencia de la señal amplificada y la potencia del ruido térmico generado internamente es mayor, y como la calidad con la que finalmente la señal

---

<sup>10</sup> El ancho de banda de cada bloque del diseño de cada satélite en particular, por lo que el número de salidas del demultiplexor varía, y es igual al número que resulta al planificar la división del ancho de banda total de 500 MHz entre el número de transpondedores deseados.

se recupera en la Tierra depende, entre otros parámetros, de esta relación de potencias, se obtiene entonces una mejor fidelidad. Sin embargo, el alto nivel de las señales amplificadas en esta primera etapa, que se convierte en la entrada a los amplificadores de potencia, en general puede ser demasiado; en estas circunstancias, conviene reducir el nivel de las señales con un atenuador variable compuesto por varios atenuadores fijos en serie antes de alimentar a cada amplificador de potencia.

Todo tipo de información que se transmite al satélite tiene una frecuencia asignada, denominada **portadora**<sup>11</sup> por ejemplo, un canal de televisión tiene su propia frecuencia portadora, y la combinación de 60 canales telefónicos en un solo grupo también tiene la suya. La misma técnica se utiliza cuando los canales telefónicos no se agrupan, sino que se envían en forma aislada, uno a uno; en este caso, cada canal telefónico tiene asignada una frecuencia portadora distinta. De igual forma, un canal digital que contenga datos, sin importar si es de alta o de baja velocidad, requiere tener su propia frecuencia portadora. En la figura se muestra un ejemplo usual de lo que podría contener un transpondedor de 36 MHz de ancho de banda, en donde el espacio de frecuencias disponibles es ocupado por cuatro señales similares en amplitud y ancho de banda, con su propia frecuencia portadora; cada señal contiene 192 canales telefónicos agrupados y proviene de una ciudad distinta.

Para el ejemplo anterior, el número de frecuencias portadoras que entrarían al amplificador de potencia sería mayor de uno e igual a cuatro, y como característica entrada salida del amplificador es alineal se producirían internamente muchas señales adicionales e indeseables que a la salida se sumarían a la información original, distorsionándola.

Estas señales indeseables se denominan en conjunto **ruido de intermodulación**, y su intensidad es cada vez mayor, y más dañina, conforme se trata de obtener más y más potencia a la salida del amplificador, hasta llegar quizá a la máxima posible, correspondiente al punto de saturación. Por esta razón, es preciso operar al amplificador de potencia en un punto de trabajo inferior a la saturación, para reducir así el ruido de intermodulación y su efecto sobre la información original, aunque para ello se tenga que sacrificar potencia de salida.

---

<sup>11</sup> La portadora es una señal senoidal de muy alta frecuencia (frecuencia portadora) que es modulada por la información que se desea transmitir e portar sobre ella. Este proceso es necesario para efectos de transmisión y para la ubicación de cada bloque de información dentro del espectro radioeléctrico, de tal forma que no se traslapen entre sí.

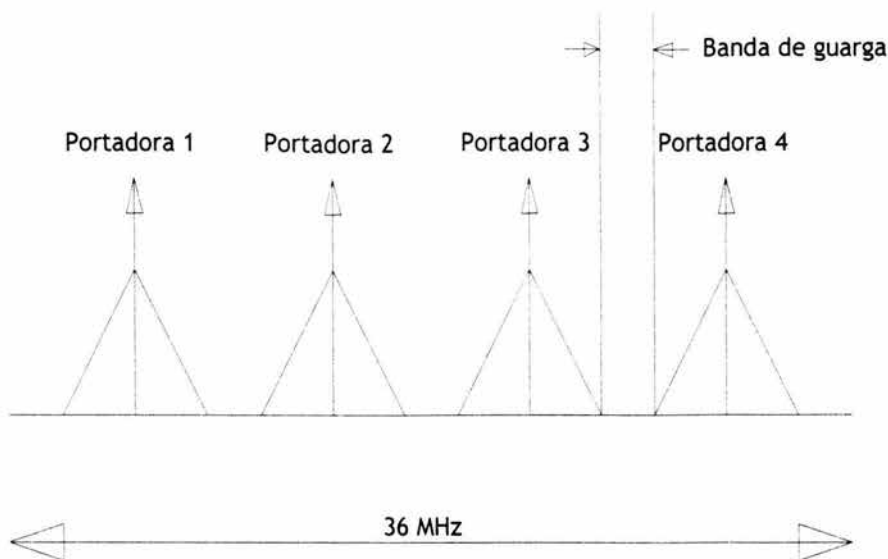


Fig.60

Siempre que haya más de una portadora presente al mismo tiempo en el amplificador de potencia, se produce ruido de inter-modulación y cuanto mayor sea su número, mayor es el ruido y su efecto sobre la información original; por lo tanto, mientras más portadoras se quieran amplificar con el mismo dispositivo al mismo tiempo, será preciso operar en un punto cada vez más abajo del de saturación, y será menor la cantidad de potencia que se pueda aprovechar a la salida. Este problema del ruido de inter-modulación también se tienen en los amplificadores de potencia de las estaciones terrenas transmisoras.

Los canales impares que pasan por el demultiplexor serían los bloques de información contenidos en las ranuras 1,3,5,7,9 y 11 y los que pasan por el número 2 serían los que contienen la información de las ranuras 2,4,6,8,10 y 12. Este tipo de separación de canales ofrece una ventaja importante con respecto al uso de un solo demultiplexor, ya que la banda de guarda entre los nuevos canales adyacentes se incrementa y por lo tanto se reduce la posibilidad de interferencia entre ellos durante la etapa de alta amplificación.

Después de que cada uno de los canales de 36 MHz ha sido amplificado por separado, con su correspondiente reducción de potencia a la salida respecto a la saturación, los canales impares se vuelven a juntar mediante el multiplexor 1 que tiene 6 entradas y una salida, y los canales pares son tratados igualmente por el multiplexor 2.

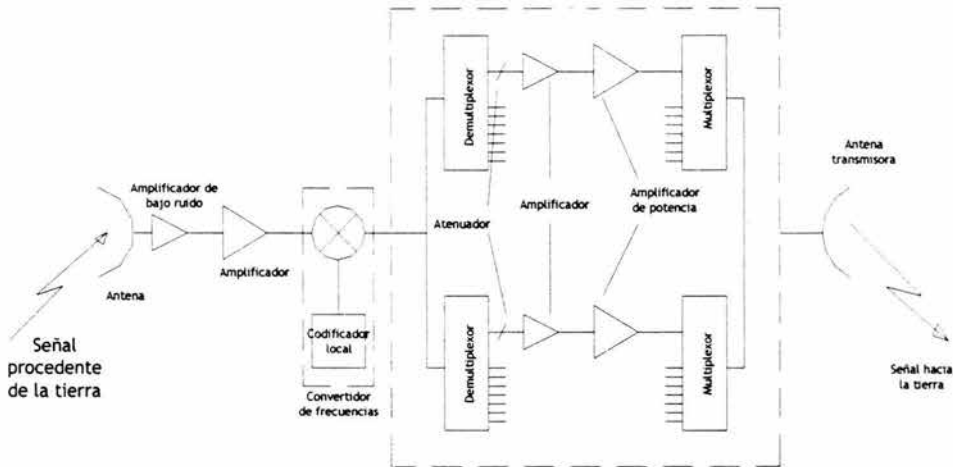


Fig.61

Posteriormente, los dos grupos pasan por un sumador de potencias, y el conjunto, ya de nuevo con su ancho de banda total de 500 MHz, entra a la antena parabólica transmisora<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Los niveles de interferencia se producen aún mas si se cambia la polarización de las señales antes de retransmitirlas; por ejemplo las señales que llegan al satélite con polarización vertical son regresadas hacia la tierra con polarización horizontal, y viceversa

En la figura se muestra el plan de frecuencias y polarización de un satélite Spacenet.

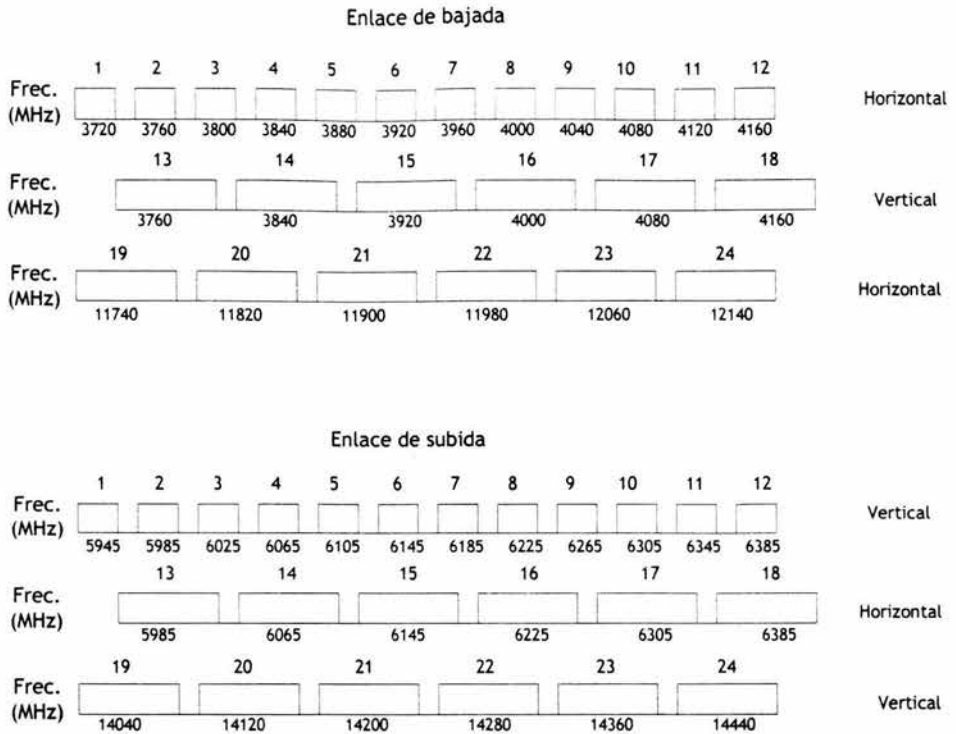


Fig.62

El satélite es híbrido; tiene 12 transpondedores angostos de 36 MHz y 6 anchos de 72 MHz en la banda C, así como 6 transpondedores de 72 MHz en la banda Ku. Las señales de los transpondedor e banda C son transmitidas hacia el satélite con polarización vertical y retransmitidas hacia la Tierra con polarización horizontal; para los transpondedores anchos de banda C se usa polarización horizontal en el enlace de subida y vertical en el de bajada; y en cuanto a los transpondedores de la banda Ku, las señales suben al satélite con polarización horizontal.

En las figuras se muestran los diagramas correspondientes a la composición del subsistema de comunicaciones en las bandas C y Ku del mismo satélite Spacenet,

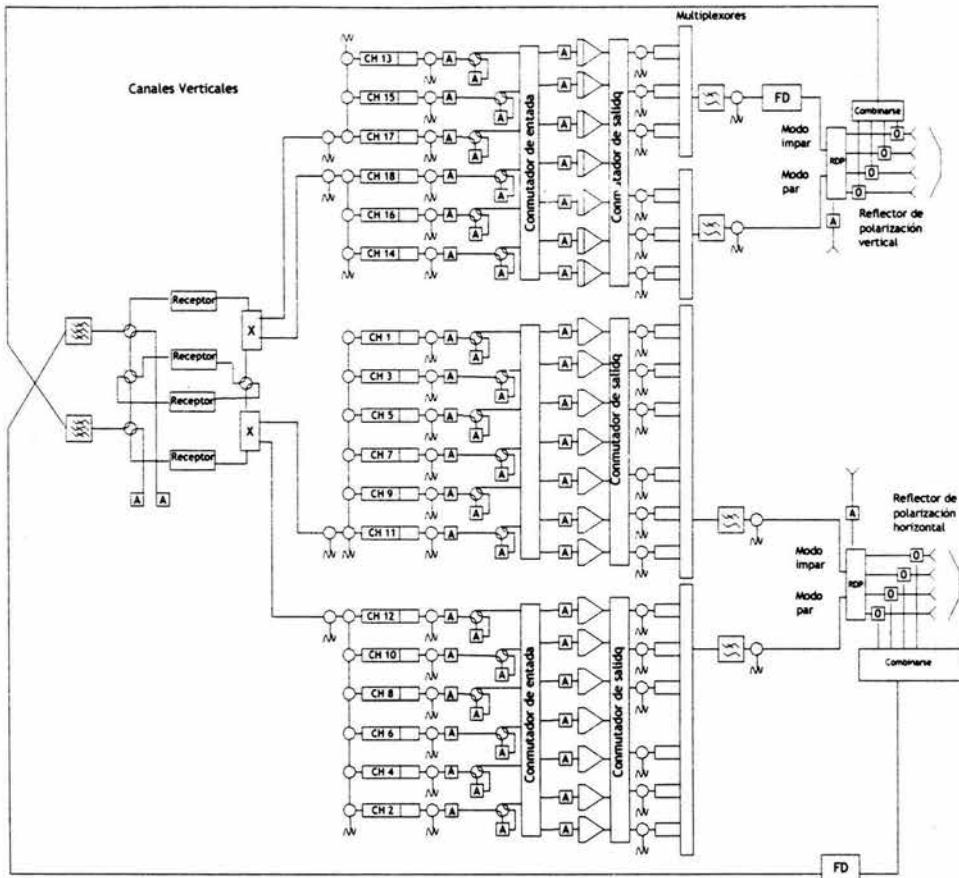


Fig.63

En ambas figuras, las señales llegan al satélite por los reflectores parabólicos de contorno y las cornetas de sus alimentadores; pasan a través de los diplexores que separan a las trayectorias recepción y transmisión, puesto que cada antena se usa para las dos cosas y se suman en los conmutadores de potencia.

Para entrar posteriormente a los receptores redundantes Integrados por los amplificadores de bajo ruido y los convertidores de frecuencia; a continuación, los acopladores híbridos de tres decibeles alimentan a los demultiplexores, en los que los canales son separados en pares e impares'; más adelante cada canal pasa por su sección de atenuación correspondiente y entra aun "conmutador" que lo conecta con otro atenuador y un amplificador de potencia, enseguida, las señales que salen de los amplificadores de potencia entran a un "conmutador de salida" y de ahí pasan a un multiplexor, en una guía de onda



múltiple a la que entran los canales por varios puertos, y que está terminada en cortocircuito en un extremo y conecta a la antena transmisora por el otro.

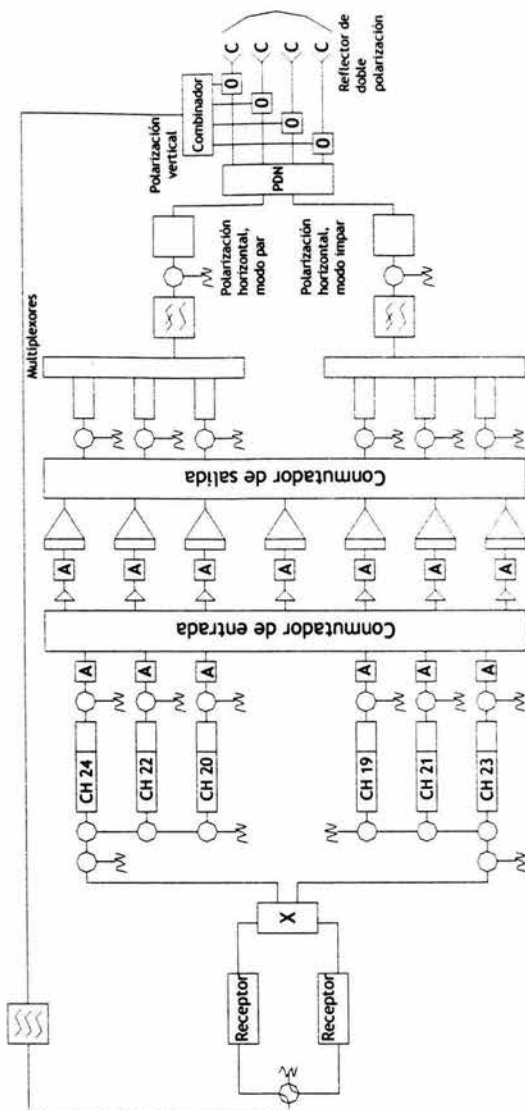


Fig.64

Posteriormente, los canales pares e impares, ya agrupados por separado en los multiplexores, entran a una red de división de potencia que está conectada a las cornetas del alimentador de la antena parabólica, y a las cuales entran las señales a través de los mismos diplexores que las dirigieron anteriormente hacia el combinador de potencia y los receptores.

Hasta, aquí se ha hecho referencia a un conjunto de señales de información que provienen de la Tierra, ocupan un ancho de banda total de 500 Hz, son procesadas por el subsistema de comunicaciones del satélite, y finalmente se retransmiten. Estas señales provienen de diversos lugares geográficos y llegan simultáneamente.

### **1.3.11 FABRICANTES DE EQUIPO SATELITAL.**

- Huges
- NEC corporation
- Rockwell international
- Stellite Transmission System Inc.
- Scientific Atlanta
- AT&T
- Comstream (Spart)
- Alcatel
- Diamler – Benz

### **1.3.12 LANZADORES SATELITALES**

A principios de los 80's, solo E.U. contaba con lanzadores a partir de entonces Europa, Japón y China han desarrollado diferentes programas, Shuttle o Space Transportation System, fue el primer programa que contempla lanzadores recuperables naves como Columbia, Challenger y Discovery tienen entre sus objetivos recuperar satélites en órbita el programa se detuvo de enero 86 a Octubre del 88 como consecuencia del accidente del Challenger.

Delta fue iniciado desde 1950, ha habido desde entonces varias versiones de los vehículos, así como lanzamientos. Atlas es una serie de lanzadores que han funcionado desde 1958, Titan es la serie de lanzadores utilizados por la fuerza aérea de E.U.

La familia de los lanzadores Ariane ha sido desarrollada por la European Space Agency, creada en 1973, desde 1979, cuando empezó sus lanzamientos con el Ariane, junto con las agencias de E.U, es de las más importantes, en 1983 la entonces URSS, empieza a ofrecer servicios al bloque del este con los lanzadores PROTON. Los lanzadores Japoneses N y H son similares a los Ariane y Delta son desarrollados por Mitsubishi, Nissan, China incursiona en 1986 con Long Marche, India e Israel han comenzado ya en el mercado de lanzamientos.

### **1.3.13 SISTEMA MORELOS.**

México inicio sus comunicaciones satelitales arrendando capacidad de un satélite INTELSAT. Posteriormente se puso en órbita la primera generación de satélites mexicanos, los Morelos 1 y 2 lanzados el 17 de junio y el 26 de Noviembre de 1985.

Cada satélite tenía 22 transpondedores.

- ◆ Banda C: 12 de 36 MHz  
6 de 72 MHz
- ◆ Banda Ku: 4 de 72 MHz

Uso de la banda C: conducción de señales de radio, televisión, telefonía troncal de tipo analógico y para redes publicas y privadas digitales.

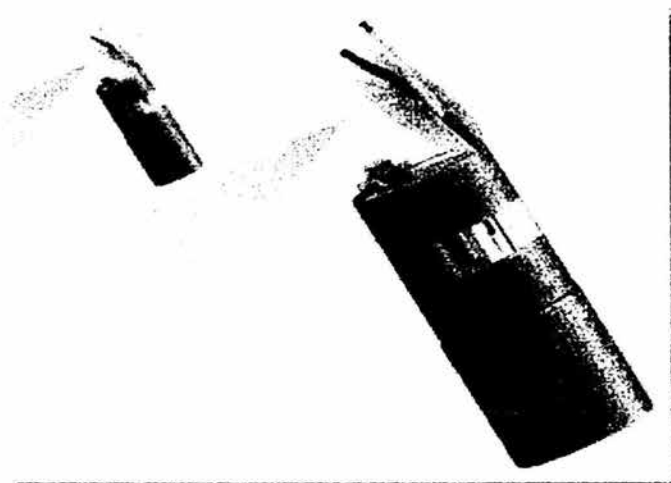


Fig.65

#### 1.3.14 SISTEMA SOLIDARIDAD.

La construcción de los satélites solidaridad 1 y 2 se adjudico a Hughes Space & Communications y sus lanzamientos fueron efectuados por la agencia europea Arian espace en noviembre de 1993 y Octubre de 1994.

Entre las mejoras hechas a estos satélites estan:

- ☑ Mejor relación G/T en los receptores
- ☑ Baterías de níquel - hidrógeno con mejor desempeño
- ☑ Mayor flexibilidad en la utilización de los amplificadores
- ☑ Transpondedores de mayor potencia
- ☑ Conmutación de transpondedores a distintos haces
- ☑ Menor sensibilidad a los efectos de intermodulacion
- ☑ Periodo de vida útil estimado de 14 años.

SATMEX 5.

Satmex 5 fue lanzado el 5 de diciembre de 1998 y sustituyo al morelos 2. este satélite fue construido por Hughes Space & Communications del modelo HS601

HP y lanzado por un cohete 42L de Ariane.

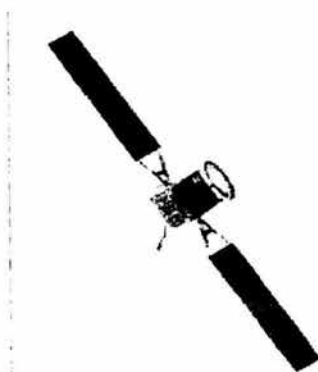


Fig.66

El satélite tiene 48 transpondedores.

- ☉ Banda C: 24 de 36 MHz
- ☉ Banda Ku: 24 de 36 MHz



Fig.67

Entre sus características se cuenta con una potencia de más del doble que los satélites solidaridad ( $> 7000\text{ W}$ ), quince años de vida útil.

Su principal aplicación será la difusión de DTH con cobertura hemisférica.

### 1.3.15 DISTRIBUCIÓN DE LA CAPACIDAD DE LOS SATÉLITES.

Distribución geográfica de la capacidad de cada satélite

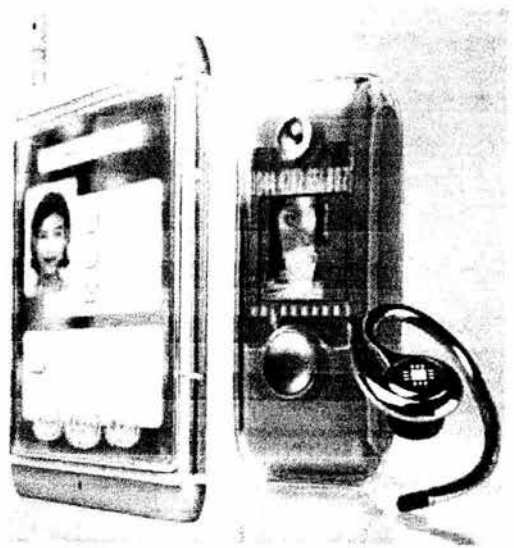
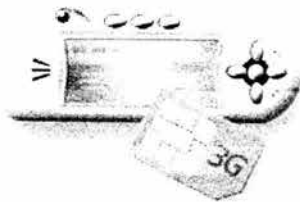
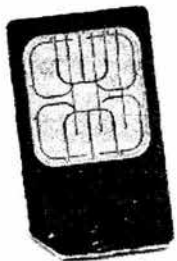
- Solidaridad 1 y 2
  - 85 % México y sur de EU
  - 15 % Latinoamérica
- Morelos 2
  - 100 % México y sur de EU
- Satmex 5
  - 25 % México y EU
  - 75 % Continental



Fig.68

# CAPITULO 2

## SISTEMAS DE 3G Y SUS PRINCIPIOS BÁSICOS



## **CAPITULO 2.**

### **2. SISTEMAS DE TERCERA GENERACIÓN Y SUS PRINCIPIOS BÁSICOS.**

#### **2.1 TELEFONÍA MÓVIL.**

##### **2.1.1 INTRODUCCIÓN.**

A medida que se incrementa la necesidad de la humanidad de poder contar con un sistema de comunicación adecuado, se incrementan las tecnologías que pretenden cumplir con las demandas requeridas.

Se tienen muchos tipos de comunicación, como por ejemplo los sistemas satelitales, por microondas, por redes de área local, por fibra óptica, etc. Pero sin duda el sistema de comunicación móvil la ha brindado grandes avances a la vida social de las personas, por lo cual las comunicaciones móviles han tenido mayor aceptación dentro de un mundo lleno de tecnologías avanzadas, ya que este sistema de telefonía móvil por radio enlace es más accesible dentro de la economía de los usuarios, y más práctico para ellos el poder contar con un sistema de este tipo. Es por ello que nos hemos enfocado más al tema de telefonía móvil y por ello este será el tema a tratar a continuación.

La importancia de crear sistemas avanzados de alta capacidad para cumplir con las tendencias tecnológicas actuales se ha incrementado debido a la alta competencia creada en base a la necesidad de poder dominar los mercados y así obtener mejores beneficios para los consorcios triunfadores. Esto nos lleva a que a medida que salen nuevos productos al mercado se incrementan las expectativas dentro de él, por lo tanto los consumidores de tal producto comienzan a demandar mejoras en cuanto a productos subsecuentes a los establecidos en el momento.

Tales demandas cubiertas son notorias en el proceso de las telecomunicaciones móviles por medio de los sistemas radio eléctricos, pues como lo veremos a continuación se han sufrido, tras grandes etapas dentro de la telefonía móvil, las cuales se definen por la etapa de primera generación, donde predominaban los sistemas celulares analógicos, posteriormente se llegó a la segunda etapa en la cual se dio paso a los sistemas digitales, y finalmente nos encontramos en el proceso de dar el paso a la tercera etapa donde además de ser digitales los sistemas celulares se pretende lograr mayor adaptación de voz, datos y video. Estas son las etapas en las cuales se han marcado los avances de los sistemas celulares, dentro de los cuales se comienza a hablar de la cuarta etapa, pero todo esto se comprenderá mejor más adelante ya que será especificado a detalle en capítulos siguientes.

## 2.1.2 HISTORIA DE LAS RADIOCOMUNICACIONES MÓVILES.

Tomo comienzo a partir de año 1880 cuando <sup>13</sup>Heinrich Hertz logro demostrar la aplicación de las ondas electromagnéticas. De tal modo que la radio se define como un sistema de comunicación mediante ondas electromagnéticas que pueden propagarse por el espacio. Posteriormente se implemento el primer sistema comercial de radio Por <sup>14</sup>Guglielmo Marconi que cubría una distancia de 12 km, pues invento el aparato con el cual se consiguió enviar señales a varios kilómetros de distancia mediante una antena direccional, en 1899 logro establecer una comunicación entre Inglaterra y Francia.

Para el año de 1900 en el mes de diciembre <sup>15</sup>Reginald Fessenden logro transmitir voz Humana a través de la radio, tal enlace cubría una distancia de 1.6 km lo que fue conocido como el radioteléfono. Pero quien realizo la primera transmisión a larga distancia fue Marconi en el año de 1901. Para este año logro transmitir señales a través de el océano atlántico. Para el año de 1907 se perfeccionado, logrando establecer para el uso publico la telegrafía inalámbrica para el uso marítimo.

En el año de 1921, el primer sistema de radio móvil que no fueran embarcaciones fue utilizado por el departamento de policía de Detroi, el cual utilizo un frecuencia de aproximadamente 2 MHz. Para el año de 1932 se incorporo a la utilización de este sistema el departamento de policía en Nueva York, el cual contó con un sistema ubicado en la misma banda. Debido al implemento de estos sistemas la FCC autorizo cuatro canales entre 30 y 40 MHz.

Cabe mencionar que el primer sistema público lo inauguraron los laboratorios de Telefónicos Bell en el año de 1946 en San Louis Missouri. Sistema que opera en el rango de 33 y 150 MHz. El cual incluía además tres canales para la transmisión. Estos sistemas operaban en un solo sentido además de requerir de un operador de teléfono para realizar la llamada, y el usuario tenia que buscar manualmente el canal que se encontrara disponible.

Posteriormente para mediados de los años setentas ya se tenían nuevos sistemas, los cuales operaban en la banda de 150 MHz, los cuales operaban en ambos sentidos, ya contaban con búsquedas de canales automáticamente y la marcación ya era de y hacia las estaciones móviles. Para finales de la década se contaba con sistemas que trabajaban dentro de la banda de 450 MHz. Sistemas entre los cuales encontramos; El sistema MK ubicado en la banda de los 150 MHz y el sistema MJ el cual trabajaba en la banda de los 450 MHz los cuales fueron diseñados por Bell Telephone, estos sistemas fueron predecesores de el llamada sistema IMTS (Improved Mobile Telephone System), el cual posteriormente se convirtió en un estándar para los sistemas de telefonía móvil.

---

<sup>13</sup> Heinrich Hertz (1857-1894), físico alemán, nació en Hamburgo y estudió en la Universidad de Berlín. Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta® 2002. © 1993-2001 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

<sup>14</sup> Guglielmo Marconi (1874-1937), ingeniero electrotécnico italiano, premiado con el Nobel y conocido como el inventor del primer sistema práctico de señales de radio. Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta® 2002. © 1993-2001 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

<sup>15</sup> Reginald Fessenden. Invento el radioteléfono, de origen de origen Estado Unidense.

### 2.1.3 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS.

Existen diversos tipos de comunicaciones inalámbricas, las cuales están basadas en los medios radioeléctricos, estos tipos de radiocomunicaciones pueden ser móviles o fijos, por lo cual podemos decir que un sistema de comunicación móvil puede ser aquel en el cual una de las terminales sea móvil, entre los cuales podemos encontrar comunicaciones satelitales, telefónicas tanto móviles como locales.

Por principio de cuentas mencionaremos las comunicaciones vía satélite, las cuales son definidas como cualquier tipo de comunicación en la cual se establece la comunicación por medio de una nave espacial en órbita terrestre, este tipo de comunicación puede cubrir grandes distancias en la planicie terrestre, lo cual es logrado mediante la reflexión o repetición de señales de radiofrecuencia.

El funcionamiento de la comunicación vía satélite se da por medio de una recepción en la nave espacial de una señal procedente de un punto en específico de la tierra (este enlace se conoce como "enlace ascendente"), el satélite una vez que ha recibido la señal la amplifica y posteriormente la retransmite hacia la tierra en el punto indicado a una frecuencia diferente ("enlace descendente").

Algunos de los servicios principales que ofrecen los satélites encontramos la transmisión de programas de televisión internacionalmente, así como los sistemas de televisión por cable, los sistemas satelitales no solo ofrecen servicios de televisión, sino que también ofrecen servicios de comunicación móvil como sistemas de identificación marítima y terrestre etc.

Dentro de las comunicaciones inalámbricas existe el WLL (Wireless Local Loop – Acceso local inalámbrico), el cual es un sistema de telefonía inalámbrica fija, sistema que utiliza la propagación de ondas de radio para ofrecer el servicio telefónico, este sistema presenta diversos beneficios al usuario como lo son:

- Bajos costos de capital.
- Rápida implementación de la red.
- Y un bajo costo para el mantenimiento.

Generalmente este sistema se define como un sistema telefónico que abarca aproximadamente una milla, pero este puede extenderse hasta una longitud de 50 km dependiendo de la utilización que se le da a este.

Este sistema es demasiado práctico pero ofrece ciertas limitaciones al usuario final, una de ellas es que no ofrece servicios fuera de el área de servicio. Aunque sin duda son aún más las ventajas que este ofrece, como por ejemplo.



Esta diseñado para altas densidades de tráfico y un grado de servicio similar al de el teléfono habitual, también utiliza tecnologías similares a los que utiliza el sistema celular. Por esto el sistema WLL es considerado como la solución lógica para la rápida implementación del servicio telefónico local.

Estas son algunas tecnologías de comunicaciones inalámbricas pero la que más nos interesa a nosotros es la telefonía inalámbrica, la cual fue iniciada a partir de los años setentas, donde inicialmente fue marcada por tener deficiencias en la movilidad, así mismo tenía baja potencia, pero lograba tener comunicación en ambos sentidos.

Los teléfonos inalámbricos han logrado evolucionar hacia las tecnologías digitales como; CT-2, DECT, PACS. Estas tecnologías se clasifican de diferentes maneras como lo veremos a continuación:

CT-2. Cordless Telephone Second Generation – Segunda generación de teléfonos inalámbricos. Este sistema está diseñado para el uso doméstico y oficinas, así como para servicio de tele punto en el acceso público. Son menos vulnerables a interferencias, así también brindan mayor seguridad. Operan en la banda de 864.15 – 868.15 MHz.

DECT. Digital European Cordless Telecommunications – Telecomunicaciones inalámbricas Europeas. Fue especificado como un estándar europeo en el año de 1992, el cual es utilizado en una banda de frecuencia de 1.88 a 1.9 GHz. Su principal funcionalidad se encuentra en los servicios de voz y datos, también cuenta con la cualidad de manejar altas y bajas capacidades (para zonas urbanas maneja entre 1000 y 10000 abonados / km<sup>2</sup>, mientras que para zonas rurales maneja desde 20 abonados / km<sup>2</sup>).

Soporta Hand-offs de baja movilidad, cubre rangos de 200m y 5km, también interactúa con los sistemas de ISDN y GSM. Este sistema fue creado para aplicaciones en negocios (PABX) y de acceso público (WLL).

PACS. Personal Access Communication System – Sistema de comunicación de acceso personal. Este es un sistema PCS de tercera generación al cual inicialmente se le conocía como WACS (Wireless Access Communication Systems), a diferencia de los demás sistemas vistos anteriormente este ya fue diseñado para aplicaciones de voz, datos e imágenes de video, tiene unas celdas de cobertura definidas dentro de un rango de 500m, este sistema define dos características esenciales; Integra las formas de acceso inalámbrico dentro de un solo sistema, con todas las características que conlleva la telefonía, También fue diseñado para ampliar la red telefónica mediante medios inalámbricos a un bajo costo.

Entre los algunos de los sistemas de radio comunicación móvil más básicos encontramos los radiófonos, los sistemas de despacho, los sistemas de radio búsqueda, sistemas de radio móvil por paquetes y radio teléfonos. Estos sistemas los veremos a continuación:

Radiófonos. Permiten la comunicación en ambos sentidos, entre los cuales encontramos los sistemas de radio de Banda Civil, los cuales pueden proporcionar aproximadamente 40 canales , desafortunadamente estos sistemas no aseguran la privacidad en as comunicaciones.

Sistemas de despacho. Por su parte este solo utiliza un solo canal de comunicación común, Regularmente son utilizados por los departamentos de policía, ya que cualquier subscriptor puede escuchar el mensaje, sin embargo los suscriptores no pueden hablar entre si.

Sistemas de radio búsquedas. Un usuario posee un receptor personal, el cual reaccionara únicamente cuando es dirigida una señal hacia el desde un operador. Estos sistemas alertan a los usuarios por medio de un tono, indicándole que tienen un tipo de información visual por medio de letreros o inclusive in formación de voz.

Sistema de radio móvil por paquetes. Utilizan técnicas de accesos múltiples , por lo cual permiten la comunicación dentro de un solo canal sin interferir con otras transmisiones. Una de sus principales ventajas frente a sistemas de paquetes la de no contar con dependencias de topologías fijas, además de que son fáciles de establecerse y pueden operar sin la atención de algún operador. Tales características le permiten al sistema conectarse a dispositivos como; computadoras, sensores, etc.

Sistemas de radiotelefonía. En este sistema encontramos sistemas como radiotelefonía móvil, y sistemas celulares (clasificados en "Telefonía celular") los cuales veremos mas detalladamente en puntos posteriores.

#### **2.1.4 TELEFONÍA CELULAR.**

Recordando un poco sobre el inicio de los sistemas celulares podemos mencionar que estos surgieron alrededor del año 1940, siendo estos analógicos, pero cuando realmente fueron lanzados públicamente al mercado fue a finales de los años setentas en los Estados Unidos. El concepto de un sistema celular primordialmente estaba basado e el uso de transmisores de baja potencia, por lo que las frecuencias utilizadas podían ser reutilizadas dentro de la misma área geográfica.

Comercialmente los sistemas celulares tuvieron su implementación dentro de los países nórdicos, con el sistema conocido NMT (Nordic Mobile Telephone) en 1981, lo que ahora conocemos como Telefonía Móvil Nórdica, los cuales se inician en venta comercial de los servicios celulares ocupando una banda de 450 MHz.

Llegando a los Estados Unidos los sistemas celulares en el año de 1983 a través del sistema celular AMPS (Advanced Mobile Phone Service – Servicio de Telefonía Móvil Avanzado, adaptándose también este estándar en Asia, Latinoamérica y otras regiones , surgiendo así el primer sistema potencial en el mercado mundial para el servicio celular.

Posteriormente de la Telefonía Nórdica surgió otro sistema el cual trabajaba en la banda de los 900 MHz. Pero en los comienzos de los años ochentas los sistemas de telefonía móvil

eran analógicos, lo que causo grandes dificultades debido a que estos no tenían la capacidad de cubrir las grandes demandas presentadas por los usuarios, lo que genero un cambio radical en la telefonía celular, surgiendo así los sistemas digitales.

Por lo que se vieron mejoras en la tecnología digital se comenzó a implementar aún con mayor influencia en la telefonía móvil, se presentaban ventajas como por ejemplo; Mayor facilidad en la señalización, además tenía una menor interferencia, una integración de transmisión, conmutación y un aumento de capacidad para poder cubrir las necesidades que presentaba la sociedad en aquellas épocas, por lo que en los sistemas digitales fueron surgiendo nuevas tecnologías, como lo veremos a continuación;

- Surge el sistema Celular Digital Americano, conocida como el sistema digital de AMPS.
- Posteriormente para 1986 se da comienzo a la estandarización del sistema GSM, el cual se presenta como un sistema digital que se comercializa en Europa.
- A partir de la salida del sistema GSM surge El DCS (Sistema Digital Celular) tal sistema inalámbrico utiliza la banda de los 1800 MHz.
- Posteriormente se introduce al mercado el sistema PDC (Sistema Digital Personal – Personal Digital Cellular) el cual integra la tecnología inalámbrica y alámbrica para ofrecer un conjunto de servicios personalizados, este sistema responde a las necesidades de las demandas actuales aunque con algunas limitaciones por definir.
- El sistema PCS 1900 surge como una actualización de el anterior utilizando la banda de los 1900 MHz. El cual fue introducido en Canadá por primera vez y posteriormente a los Estados Unidos.

Pero para el surgimiento de todos estos sistemas se tubo que implementar una serie de estándares para que los servicios celulares presentaran las tendencias tecnológicas que pretendían, como por ejemplo, para el año de 1987 fue definido el estándar IS-41, posteriormente para el año de 1989 comienza el estudio de la tecnología TDMA y para el año de 1995 TDMA debe enfrentar a el surgimiento de CDMA, los cuales presentan una difícil lucha para ganar el mercado.

Cabe aclarar que en México la telefonía celular comienza a dar servicio a partir del año 1990, lo cual ayudo que para el año de 1993 se contara con 22 millones de abonados celulares en todo el mundo aproximadamente.

Es importante saber que el sistema celular fue desarrollado por los laboratorios de Bell en colaboración con Motorola, a este sistema se le asigna el nombre “Celular” debido a que el área en la cual trabaja o esta planeada su cobertura esta designada por celdas o células, las cuales tiene una forma hexagonal para su mejor cobertura. Y como ya mencionamos anteriormente el sistema IMTS es considerado como el antecesor de los sistemas celulares.

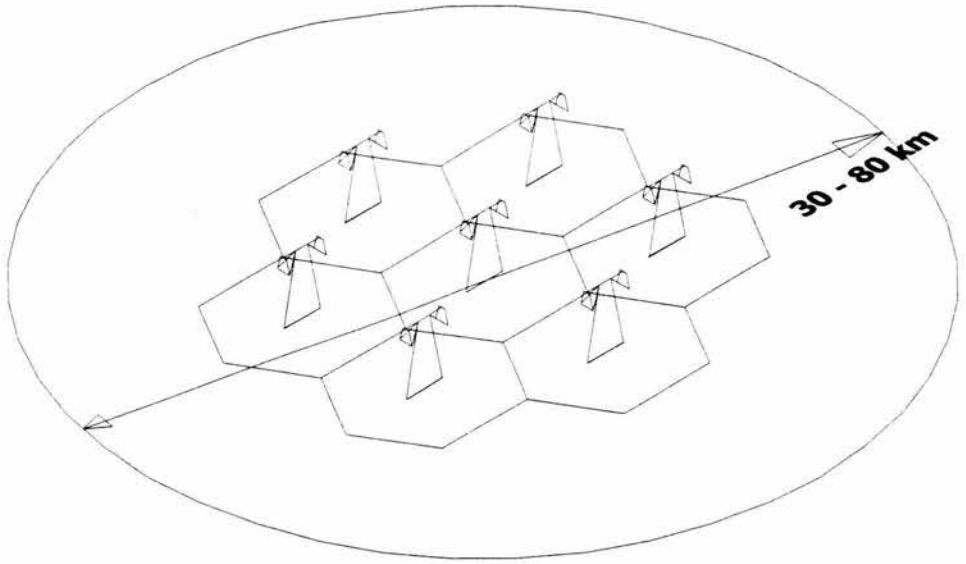
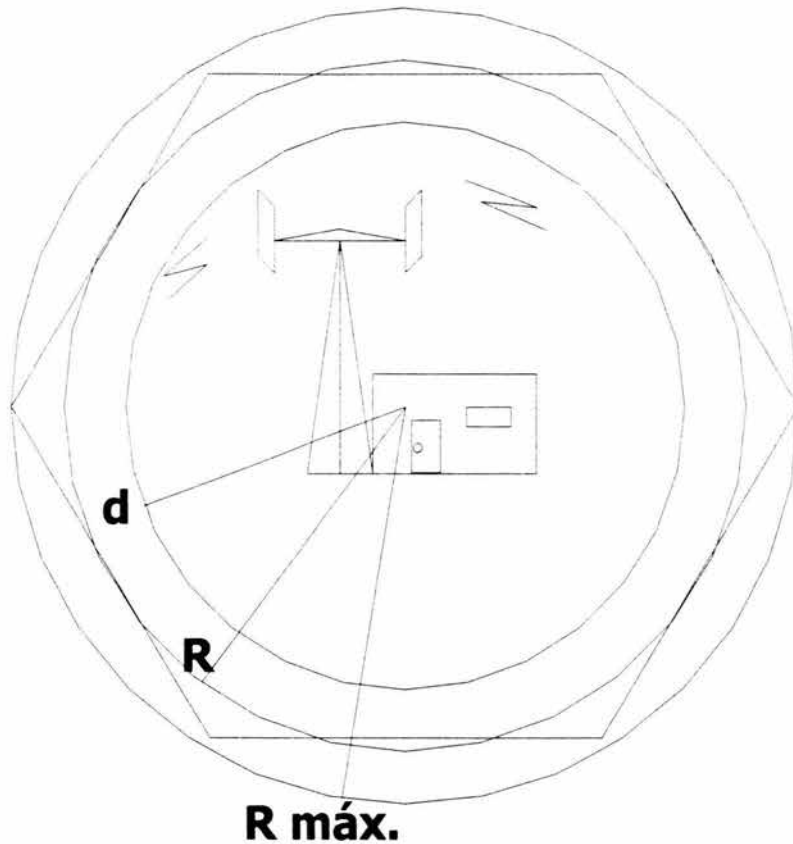


Fig.69

Para la telefonía celular podemos mencionar las siguientes características, debido a que en los siguientes puntos nos ayudaran a comprender mejor el concepto de telefonía celular:

- Las personas pueden establecer una comunicación mediante un dispositivo electrónico, dentro de una misma área, pero a su vez esta comunicación se puede establecer mientras se encuentran en movimiento los dispositivos sin perder la señal.
- Los sistemas celulares surgen a partir de los sistemas de radio telefonía, debido a que estos usan el espectro de frecuencias para lograr el establecimiento de la comunicación.
- Debido a que cubra áreas denominadas celdas toma el nombre de celular.
- El sistema IMTS a finales de los años sesentas es conocido como el sucesor de los sistemas celulares.
- El sistema celular como tal tiene una gran capacidad de suscriptores, también le da un uso adecuado al espectro, tiene compatibilidad tanto nacional como internacional, y su calidad de servicio es casi idéntica a la telefonía fija.

Cabe aclarar que la cobertura de las BTS como lo mencionamos anteriormente se designa por medio de celdas, las cuales teóricamente están designadas por hexágonos pero la realidad es que su cobertura es circular, debido a que las antenas están direccionadas para cubrir cierta distancia y es mas fácil hacerlo de manera circular como lo veremos a continuación:



Donde:  $d$  = Rango nominal de operación.  
 $R$  = Radio de diseño de la celda.  
 $R \text{ máx.}$  = Radio máximo de la celda.

Fig.70

Estas distancias están limitadas a efectos de propagación como el ruido, la potencia de transmisión, etc. Aunque cabe mencionar que los círculos en la cobertura de la BTS no están bien formados, ya que la deformación se debe a que no todas las antenas de radio mantiene la potencia de transmisión igual en tiempos idénticos.

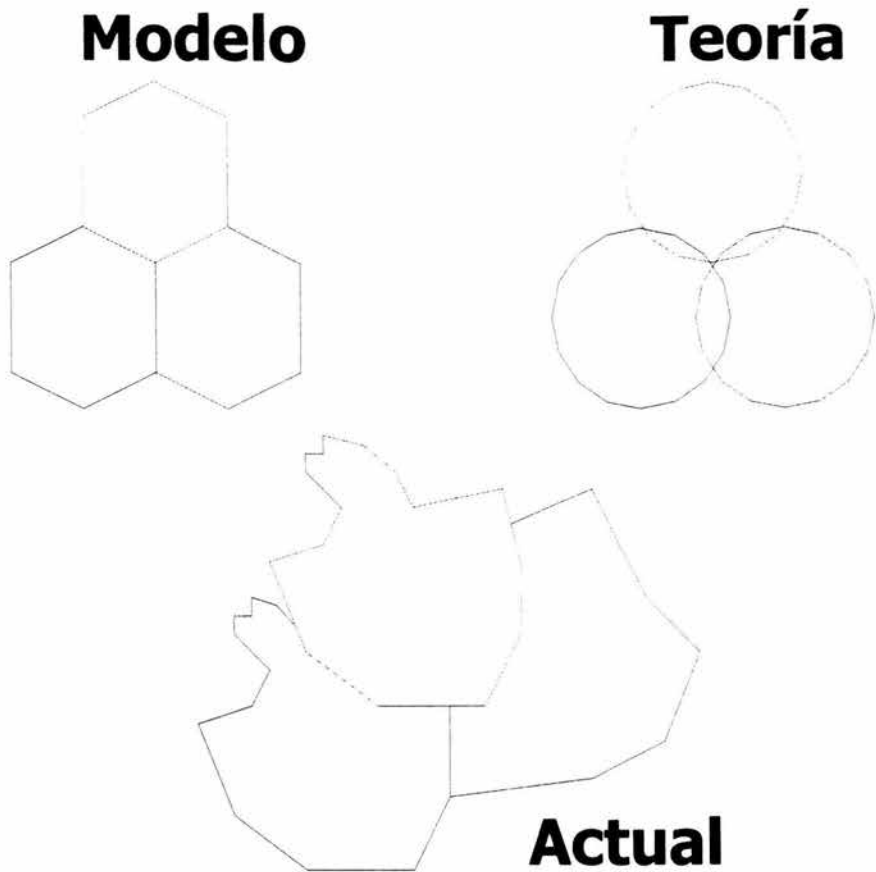


Fig.71

De tal manera que en este esquema podemos observar como se encuentra la cobertura de las antenas transceptoras , tanto en el diseño teórico, el modelo de diseño y la realidad de la cobertura actual.

### 2.1.5 CARACTERÍSTICAS DE LA INTERFAZ INALÁMBRICA.

Dentro de la interfaz aérea se pueden mencionar tres elementos importantes como lo podremos ver a continuación:

- Se debe de identificar el método de acceso, el cual puede ser ; FDMA, TDMA o CDMA.
- Cual es el tipo de modulación sobre el cual se basan, ya sea ; FM, GMSK, /4-DQPSK, QPSK, BPSK.

- En combinación con los puntos anteriores podemos especificar el ancho de banda ya que este depende tanto del método de acceso como de el tipo de modulación.

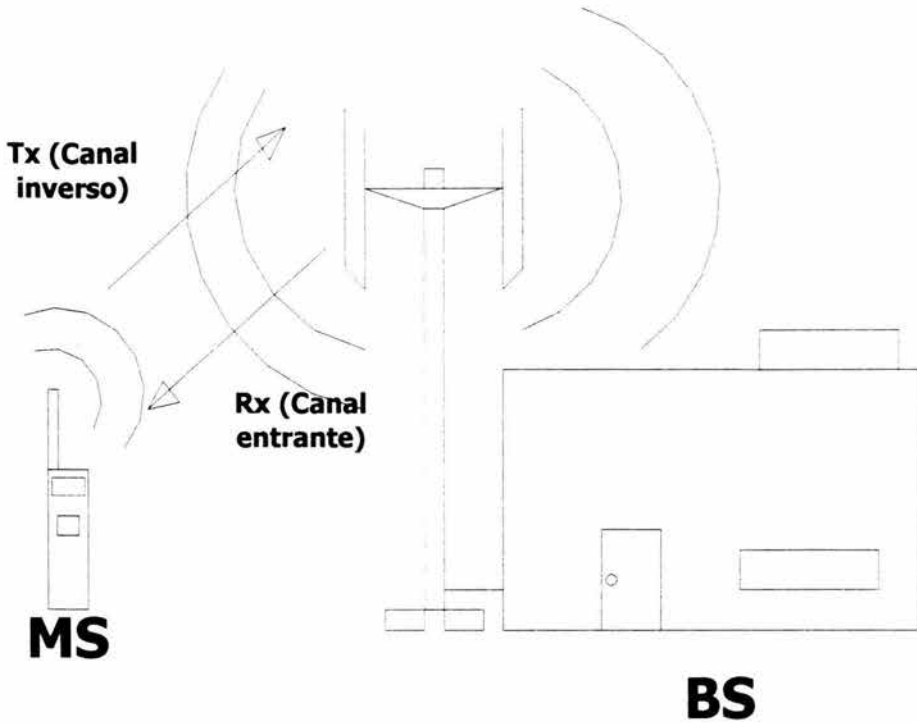


Fig.72

De modo que hemos presentado n tipo de interfaz, pero también a la estación Base se le denomina interfaz, ya que este elemento interactúa como interfaz entre la Estación móvil (MS) y la central celular (MSC), haciendo la función dentro del área a la cual corresponden es decir dentro de la celda en la que se encuentren ubicados.

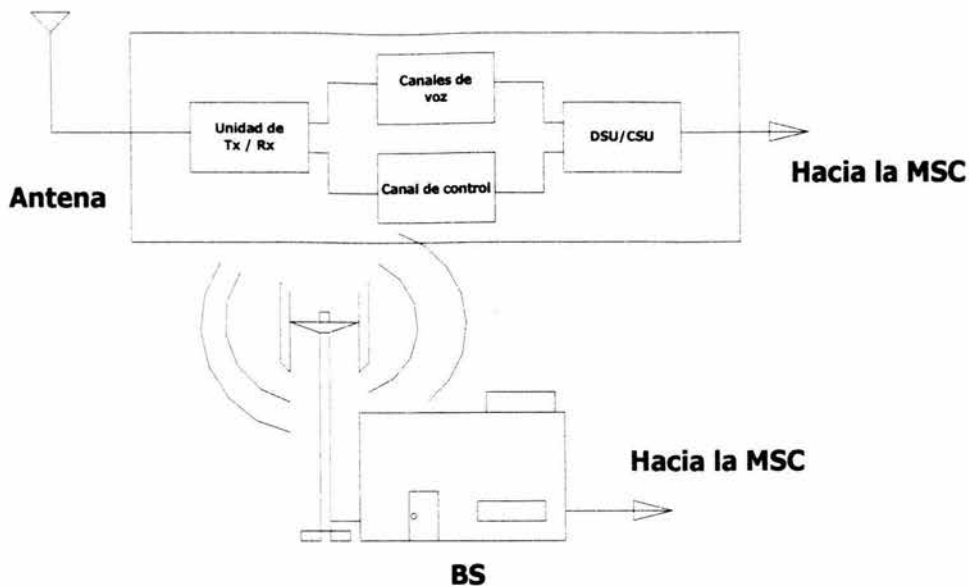


Fig.73

La interfaz que se encuentra entre la Estación Base y la MSC se denomina interfaz A, la cual puede ser un cable de par trenzado, o tal vez una Fibra óptica, o un cable coaxial, o incluso un radioenlace. Mientras que su modo de transporte pudiera ser una estructura digital PDH, en donde los  $E_1$  o  $T_1$  dependen de la capacidad de el PDH, además para cada canal de voz se asigna un intervalo de tiempo de la señal  $E_1$  o  $T_1$ , la cual es establecida de manera dedicada.

### 2.1.6 PROBLEMAS DE PROPAGACIÓN DE ONDAS DE RADIO.

Los problemas en la propagación de radio se presentan debido a diferentes circunstancias, pero estos problemas se presentan dependiendo de el tipo de frecuencia en algunos casos y en otros el problema es general en cualquier frecuencia en la que se maneje el sistema como lo veremos a continuación:



300 MHz	1 GHz	10 GHz	20 GHz	100 GHz
<b>Perdidas en el espacio libre (FSL)</b>				
<b>Desvanecimiento por multitrayectoria</b>				
<b>Desvanecimiento (Reflexión, dispersión, etc)</b>				
<b>Desvanecimiento por obstáculos</b>				
<b>Difracción</b>			<b>Absorción atmosférica</b>	
			<b>Atenuación por lluvia</b>	
				<b>Niebla, Neblina.</b>

Fig.74

#### PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE.

Las pérdidas en el espacio libre es denominado con las siglas FSL por sus siglas en inglés (Free Space Loss), dentro de estas pérdidas se deben considerar los efectos de reflexión. Estas pérdidas se calculan de la siguiente manera:

Pérdidas entre BS y BS por medio de un radio enlace.

$$FSL: 32 + 20 \log f_{\text{MHz}} + 20 \log d_{\text{km}}$$

Pérdidas entre una BS y una MS dentro de un radio enlace.

$$FSL: 40 \log d_m - 20 \log h_{\text{TB}} + B$$

Donde:  $f$  = Frecuencias.

$d$  = Distancias (kilómetros ó metros)

$h_{\text{T}}$  = Altura de la Estación Base.

$h_{\text{R}}$  = Altura en donde se encuentra ubicada la Estación Móvil.

$B$  = Consideraciones por efectos de; rugosidad del terreno, obstáculos en la línea de vista, edificios y árboles o áreas montañosas.

## DESVANECIMIENTO POR MULTITRAYECTORIA.

Esta propagación de multitrayectoria presenta uno de los principales problemas dentro de las telecomunicaciones móviles. Existen varios problemas que generan la propagación multitrayectoria, pero posiblemente tres de los que más preocupan a los diseñadores son los siguientes:

- Esparcimiento por retardo (Delay Spread).

La señal tiende a tomar diferentes trayectorias, por lo cual como todas siguen un camino diferente tienen a su vez una longitud diferente, lo que provoca que al momento de llegar a la MS las diferentes señales se provoquen diferentes retardos, tales retardos son casi imperceptibles ya que se manifiestan en micro segundos.

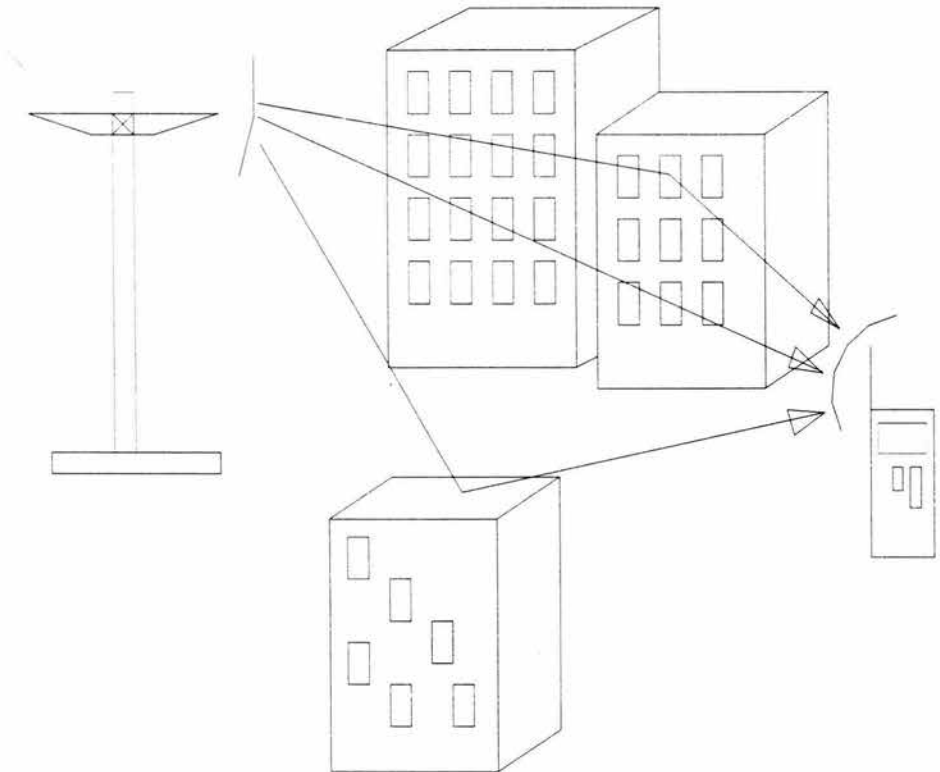


Fig.75

Donde las pérdidas se dan de la siguiente manera:

Ambiente	Retardo, $T_d$ (micro seg.)
Área abierta.	Menor de 0.2
Suburbana.	0.5
Urbana .	3

- Desvanecimiento Rayleigh (<sup>16</sup>Rayleigh Fading).

Una vez establecida la conexión en el punto indicado, se provoca un ensanchamiento en la señal debido a lo mencionado en el punto anterior, este ensanchamiento provoca distorsiones en la transmisión de la señal.

Los problemas de multitrayectoria de una señal también provocan pérdidas de fase y problemas en la amplitud de la señal que es recibida, la profundidad y espaciado provocan problemas en las frecuencias de la onda de radio. Es importante que una MS en movimiento presenta diferentes puntos de desvanecimiento en diferentes instantes mientras se presente el movimiento.

- Corrimientos por efecto Doppler (Doppler shifts)

El ensanchamiento de la señal mencionado anteriormente provoca mayores problemas en los sistemas digitales, ya que provoca traslapes entre los pulsos. A este fenómeno se le conoce como “Interferencia Ínter simbólica”.

Debido a la movilidad del aparato receptor con respecto al transmisor, se presentan variaciones de frecuencia en la señal recibida, a estas variaciones se les conoce como corrimientos por efecto Doppler o Doppler Shifts. Estas variaciones están directamente relacionadas con la velocidad del móvil y la velocidad del mismo.

### Interferencia.

Pero estos no son los únicos problemas que presenta la transmisión de radio para los sistemas celulares, ya que uno de los principales problemas que presentan estos sistemas es la interferencia, para tal problema se presentan dos tipos de estos los cuales son los siguientes:

---

<sup>16</sup> Rayleigh. Desvanecimiento provocadas por la alteración de fase y amplitud, las cuales caen en una distribución estadística conocida como distribución Rayleigh.

- Interferencia por canal adyacente.

Debido a la gran diversidad de canales existen, se presentan en alguna transmisiones canales adyacentes a los que se están utilizando, para evitar tal problema se implementan filtros más selectivos. Pro los filtros requeridos presentan altos costos, por lo cual se ha buscado otra manera de corregir los errores de este tipo y uno de las soluciones encontradas, es el no permitir la utilización de canales adyacentes como se realiza en la transmisión de televisión.

- Interferencia por co-canal.

Debido a que en algunas transferencias se utilizan varios transmisores dentro de la misma frecuencia, se llegan a presentar las interferencias entre estos canales, desafortunadamente este problema no puede ser corregida por medio de filtros , por lo que para su solución se previenen manteniendo distancias mínimas entre transmisores que se encuentren operando a la misma frecuencia, por lo cual es en este punto donde se presenta la planeación celular.

### 2.1.7 ESPECTROS PARA COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

El espectro utilizado para las comunicaciones inalámbricas se presenta de la siguiente manera:

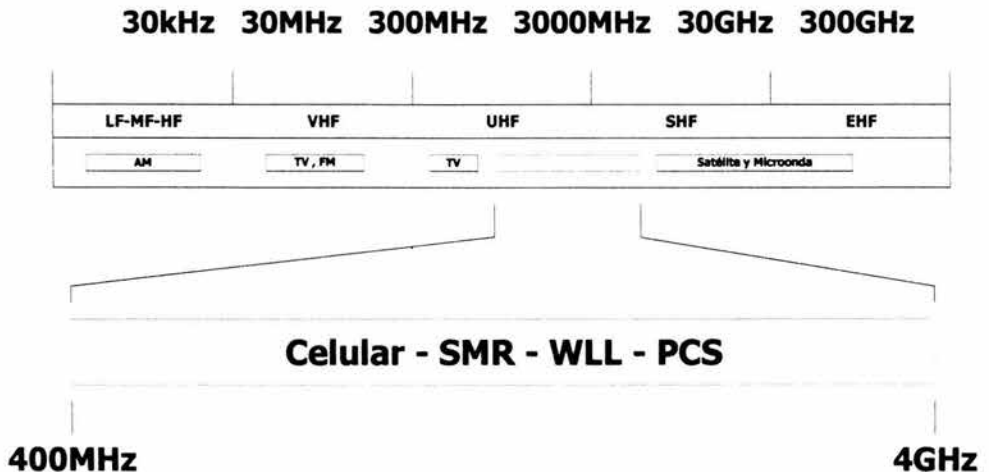


Fig.76

Algunos sistemas celulares actualmente en su operación trabajan dentro de la banda de 900 MHz con 666 canales disponibles , pero en el mundo muchas empresas de telecomunicaciones consideran mas factible trabajar con dos zonas diferentes para a cobertura de una misma región, lo que llevara a trabajar con 333 canales del espectro en cada sistema, por lo que se asigna el espectro correspondiente como lo veremos a continuación.

<b>Banda</b>	<b>Móvil</b>	<b>Base</b>	<b>Concesionario</b>
A	824-845 , 845-846.5 (MHz)	869-880 , 890-891.5 (MHz)	El mismo al de la red publica.
B	835-845 , 846.5 , 849 (MHz)	880-890 , 891.5 , 894 (MHz)	Distinto al de la red publica.

### 2.1.8 INTERCONEXIÓN E LOS SISTEMAS SS.7, IS-41, ISDN.

La señalización se define como un protocolo (lenguaje) que puede existir entre un equipo terminal y una central telefónica o entre dos centrales realizándose en estas para poder llevar a cabo las funciones de conmutación, dentro de este tipo de señalización se presentan dos categorías; La señalización por canal asociado (CAS, un ejemplo es el sistema R2) y la señalización por canal común (CCS un ejemplo de esta es SS.7). La señalización cubre los siguientes puntos en su funcionalidad: Cumple un objetivo, el cual esta referido a la regularización y estandarización de los procedimientos o sistemas utilizados dentro de una red de comunicación. Otro objetivo es lograr que se encuentre un solo sistema de señalización dentro de una red, esto para evitar repeticiones y conversaciones innecesarias. Con la ayuda de la señalización se pretende que una red de comunicación pueda ser mas eficiente, veloz y mas confiable, además de poder optimizar los recursos con los que cuenta la red. La señalización se puede establecer dentro de una comunicación a larga distancia como una local, esta especialmente diseñada para poder cubrir estas necesidades.

Existen tres tipos de señales, la señal de línea, las señales de registro, y las señales acústicas. La señalización de línea cuando se presenta entre centrales sirve para mandar información del circuito, ya sea porque este ocupado o este libre según sea el caso, dentro de los sistemas PCS la señalización se realiza por el cambio de bits.

La señalización por canal asociado CAS dentro de la trama de un E1 es reservado el TS16 (en la trama del 1 al 15 para llevar la información de línea) Transporta información del estado del circuito en cuatro bits por canal, tomando dos por trama y de tal modo completa los 30 canales de información.

La señalización por canal común CCS para una situación de tener que mandar información a un E1, lo hace por un canal común o bien un TS, en donde el protocolo que aquí se utilice contendrá toda la información de señalización de todos los circuitos.

Este tipo de señalización podrá establecer los circuitos y llamadas, ya que de forma lógica realiza las funciones de señalización de línea y de los registros de los TS de E1 por un canal común a ellos. Es en este tipo de señalización donde se presenta SS.7, por lo que mencionemos un poco de historia sobre SS.7; Se inicia en el año de 1980, pero para el año de 1988 ya es considerado mas seriamente, para el año de 1990 ya se comienza a utilizar ampliamente, por lo que después de un tiempo ya es requerido este sistema para poder implementar una red RSDI. El sistema de SS.7 utiliza generalmente un canal de 64 kbps, lo

que hace que se tengan tiempos de establecimiento de llamadas mas cortos, también puede administrar un mayor numero de circuitos por enlace de señalización, no dejando a un lado la posibilidad de que se puedan incrementar nuevos servicios, por lo cual a este tipo de red se le denomina una red inteligente.

Los elementos con que cuenta una red de SS.7 son los siguientes:

SP (Punto de señalización) . Así se les conoce a las centrales telefónicas dentro de la red, este elemento contiene funciones de un STP y de SCP.

STP (Punto de Transferencia de Señalización). Se encarga de conmutar y enrutar las unidades de señalización a los puntos que fueron destinados, también pudiera identificarse con un conmutador de paquetes de datos.

Este se encuentra físicamente dentro de una central telefónica en algunas ocasiones, pero en otras se encuentra de manera independiente en la cual le denominan "Standalone" , en esta forma tiene una apariencia similar a los de los conmutadores de paquetes. También los STP en estado independiente son aplicados de otras formas como por ejemplo un conmutador de paquetes X.25. En algunas otras ocasiones los STP tiene bases de datos de los usuarios registrados al igual que los SCP, con la finalidad de que los SP cuando requieran información puedan ocurrir a estas sin la necesidad de recurrir a los SCP, dos de las principales funciones de este elemento son las siguientes:

- Logran realizar el enrutamiento de mensajes dentro de la red (SCP's y las tablas de el enrutamiento.
- También realiza un enrutamiento especializado, el cual lo realizan por medio de la SCCP y la traslación de direcciones.

SCP (Punto de Control del Servicio). Como su nombre lo indica son centros de control, además de tener una base de datos , en este elemento se tiene la información de los abonados que están registrados, con lo cual pueden designar el servicio a estos o no si es que así lo requieren, por lo cual se tiene un control adecuado en base a este elemento.

El SCP como es un controlador tiene la función de atender la consulta que pudiera hacerle ya sea el SP o el STP, como por ejemplo:

- Atiende servicios especiales como los de el numero 800.
- Además brinda información para lograr el enrutamiento de llamadas.

Por lo tanto un SCP es denominado un centro inteligente dentro de la red , ya que en el residen todas las bases de datos para el procesamiento de las llamadas. Pero debemos saber

que la información que se maneja en este elemento es totalmente independiente, por lo cual cualquier actualización o modificación que se realice no pueda sufrir una afectación a cualquier otro red.

La configuración básica de una red en malla es la más utilizada por lo cual mencionaremos dos puntos importante en los cuales se puede conocer un poco más la conexión de red:

- Cada punto de señalización con funciones de cuatro niveles son conectados a los STP's mediante un conjunto de uniones que muestran la señalización.
- Los STP's son Inter. Conectados entre ellos, lo cual lo hacen mediante cuatro conjuntos de enlaces como lo veremos continuación.

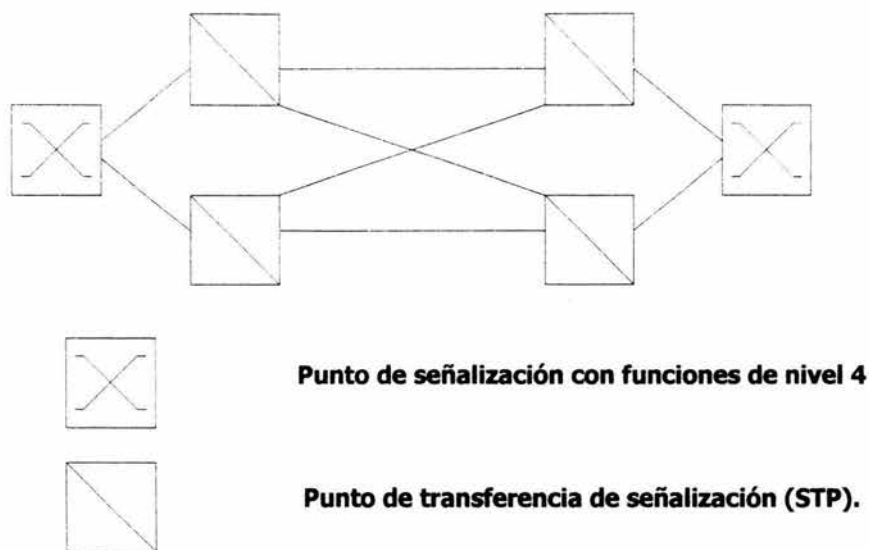


Fig.77

Podemos mencionar que SS.7 por canal común funciona como interfase para la interconexión de las redes inteligentes, pero existe la competencia de este sistema ya que también existe la posibilidad de utilizar X.25.

El sistema de SS.7 abarca del nivel tres al siete del modelo OSI, por lo cual es más utilizado dentro de la telefonía celular para el buen envío de mensajes y complementación de llamadas.

La implementación de SS.7 se logra soportar servicios especiales dentro de la telefonía, mientras que IS-41 define como van ha ser los procedimientos para realizar la interconexión entre distintos sistemas celulares.

IS-41 (Interim Standard – 41 ó Estándar Provisional - 41) opera entre los sistemas de radio comunicación celular, tal estándar contiene los siguientes estándares:

- IS-41.1-A Panorama funcional.
- IS-41.2-A “Hand-off” entre sistemas.
- IS-41.3-A dedicada al “Roaming” automático.
- IS-41.4-A Establecida para la administración , operación y mantenimiento.
- IS-41.5-A Especial para comunicaciones de datos.

Pero dentro de el estándar de IS-41 existen dos versiones; IS-41 Rev. A é IS-41 Rev. B

Con la implementación de IS-41 dentro de SS.7 se obtiene la intervención de la SCCP y la MTP, además se utiliza el servicio de clase 0 sin conexión de la SCCP, por lo que el esquema de trabajo se vuelve muy similar al de la red SS.7, considerando que ahora el usuario pasa a la parte de la aplicación móvil (MAP).

IS-41 la podemos definir de acuerdo a lo mencionado anteriormente como una señalización, la cual en la parte de la telefonía celular se encuentra dentro de los swichs, haciéndolo dentro de SS.7 este conjunto de estándares , este a su vez esta es montado sobre la capa tres y cuatro del modelo OSI. También es utilizado este protocolo para distancia, lo cual proporciona aún más a la telefonía móvil.

El sistema de IS-41 define un conjunto de estándares conjunto de estándares para el mejor funcionamiento de las comunicaciones móviles, estos funcionamientos no exentan sistemas analógicos ni digitales, ya que trabaja con los dos, por lo cual debemos saber cubren la señalización de las redes en varios lugares del mundo como por ejemplo; La parte de Norteamérica., partes de Sudamérica, entre otros más. Entre los estándares que cubre IS-41 se encuentran: AMPS dentro de los sistemas analógicos, mientras que dentro de los sistemas digitales se encuentran TDMA, D-AMPS y CDMA.

Entre las funcionalidades que presenta IS-41 a parte de la comunicación de voz encontramos las siguientes:

- Mensajes tanto de voz como por fax. Tal funcionalidad permite que los abonados puedan enviarse mensajes de voz como fax haciéndolo de forma rápida y fácil, lo cual se vuelve importante para poder transmitir a grupos de trabajo, comités o equipos.



- Otra funcionalidad es la de Busca personas. Lo cual permite con la ayuda de el envío de mensajes cortos, enviar y recibir datos en la pantalla del teléfono móvil del abonado.
- Internet. Con la ayuda de el sistema y un MODEM que contiene el celular, se logra el acceso de Internet a una velocidad de 9 600 bps o incluso superiores a esta velocidad.

Enfocándonos en el tema de RDSI (Red Digital de Servicios Integrados), o ISDN (Integrated Services Digital Network) denominado por sus siglas en ingles, antes de existir este sistema las comunicaciones telefónicas se hacen de forma analógica, pero conforme las tecnologías de telefonía avanzan se ha llegado a la digitalización, tal digitalización permite la RSDI, ya que por medio de ella los abónalos tienen una comunicación digital con su central telefónica.

Para poder trabajar adecuadamente la RDSI requiere de varias características como las siguientes: Poder contar con medios de transmisión digitales entre las centrales ya sea PDH y SDH, además de que las centrales deben de ser digitales, también las centrales deben de manejar SS.7 entre las conexiones de centrales así como manejar señalización de usuarios, por lo mencionado anteriormente se deben de digitalizar las interfaces dentro de la central digital al igual que las interfaces de usuarios.

LA red RDSI es totalmente digital, ya que se utiliza una modulación PCM, además de que la técnica TDM es utilizada para multiplexar dos canales B más un canal D (2B+D) sobre el par de cobre.

Se puede tener una integración de servicios mediante RSDI, aunque cabe aclarar que esta red no sustituirá todas las redes en una sola donde se puedan integrar todos los servicios, sin embargo este red permite que para ciertos servicios se tenga una mejora tanto en términos técnicos como económicos, además de que por medio de esta red también se logran las cuotas telefónicas fijas o variables dependiendo de la distancia a la cual se transmita, el tiempo y la cantidad de información.

Para sistemas celulares la SS.7 contiene servicios integrados proporcionados por la RSDI, tal es el caso de el sistema de tercera generación GSM.

### 2.1.9 SISTEMAS “LOW-TIER” Y “HIGH-TIER”.

**High-tier** es el sistema de nivel superior dentro de el cual se encuentran los siguientes sistemas; NMT, IS-95, AMPS, IS-136, RMTS, GSM y TACS. En este sistema encontramos las siguientes características:

- Alta potencia de transmisión en radio bases.

- Debe presentarse una gran altura en las antenas de la radio base que va desde los 30 a 50 metros.
- También debe tener una alta velocidad para poder cubrir la movilidad que presente el usuario entro de una área amplia.
- Mientras que su radio de cobertura debe de ser amplio es decir entre 5 y 20km aproximadamente.
- Desafortunadamente sus estaciones de radio base son de alto costo.

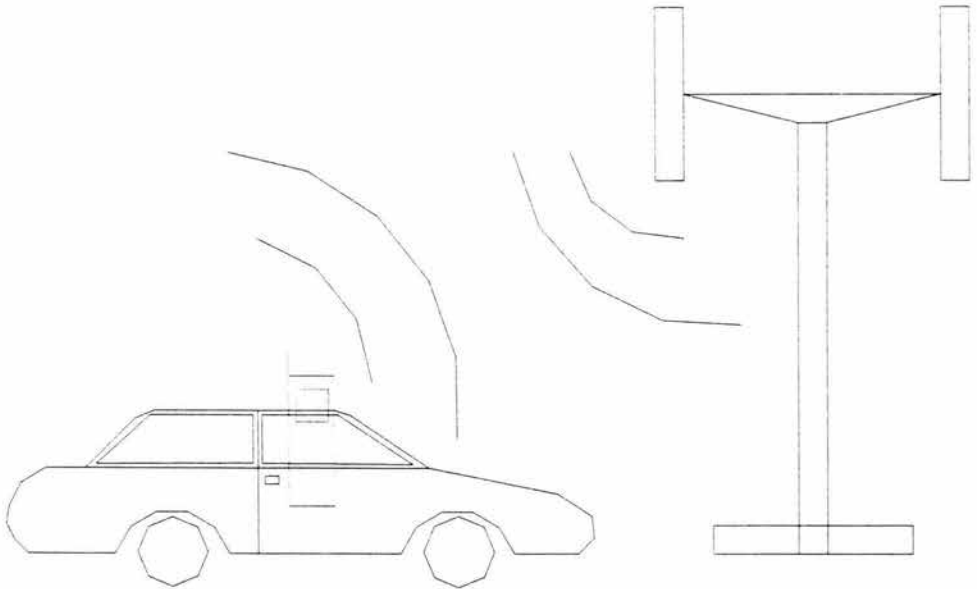


Fig.78

**Low-tier** es el sistema de nivel inferior dentro de el cual se establecen los siguientes sistemas; PACS, PHS, DECT CT2. Este sistema presenta las siguientes características:

- Presenta baja movilidad y potencias menores al anterior sistema en su transmisión.
- Trabaja con pequeñas micro celdas , por lo cual su radio de cobertura es pequeño en comparación con el sistema anterior.
- Tienen radio puertos con pequeñas antenas.
- Este sistema es mejor para cubrir áreas de alta densidad.

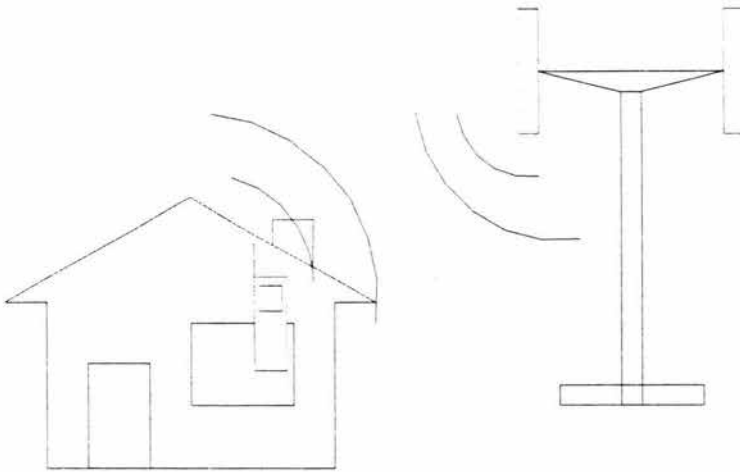


Fig.79

Debido a tales características el sistema Low-tier funciona adecuadamente para los sistemas de telefonía inalámbrica móvil, aunque los estudios continúan para poder hacer mas eficiente este sistema y se pueda tener mejor funcionamiento, ya que la mayoría de los sistemas de telefonía inalámbrica están dentro del sistema Hig-tier.

### 2.1.10 CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA.

Cuando nosotros adquirimos algún servicio de un sistema de comunicación inalámbrico debemos de tomar en cuenta algunos puntos y criterios de evaluación para poder tener conformidad al momento de la adquisición, por lo cual mencionamos algunos puntos en cuanto al criterio que debemos evaluar para la adquisición del sistema, tales puntos son los siguientes:

*Capacidad y costo.* Este punto se refiere a la cobertura que el sistema pueda cubrir, es decir si adquirimos un teléfono celular y este se encuentra dentro de un sistema que tenga gran cobertura, podremos desplazarnos por varias partes y nuestro celular estará activo y no fuera de servicio, por lo cual este punto es indispensable ya que los abonados demandan la gran capacidad de cobertura debido a su movilidad que presentara, por lo cual mientras mas estaciones de radio bases tenga y mejores ubicaciones tengan será mucho más atractivo para el usuario, de tal modo que se presentaran dos puntos de suma importancia en un criterio de evaluación.

- Dentro de un sistema *Low-tier* normalmente es requerido un mayor numero de radio puertos que los requeridos en un sistema *High-tier* , sin embargo, los radio puertos por su simplicidad están considerados como mas económicos de manera individual.

- Permitir una mayor capacidad de usuarios por lo que no debieran haber limitantes al momento de hacer contrataciones en el sistema y costos de implementación mas bajos.

Por lo anterior mostraremos una tabla donde podrán apreciarse los sistemas en tanto a los dos puntos mencionados anteriormente.

Sistema.	Capacidad. (Canal de tráfico por mi <sup>2</sup> ).	Costo por canal de tráfico.
AMPS	5.4	\$10000
IS-136 TDMA	26	\$4500
IS-95 CDMA	40	\$6000
GSM	28	\$4500
PACS	420	\$700

*Calidad de voz.* El sistema High-tier para poder brindar un ancho de banda menor sacrifica la calidad de voz, es decir que en este punto el sistema HT no tiene una buena calidad de voz.. mientras que el sistema LT tiene una calidad de voz casi similar a la de una red telefónica convencional, por lo que se puede decir que tiene una calidad de voz buena en comparación con el sistema HT.

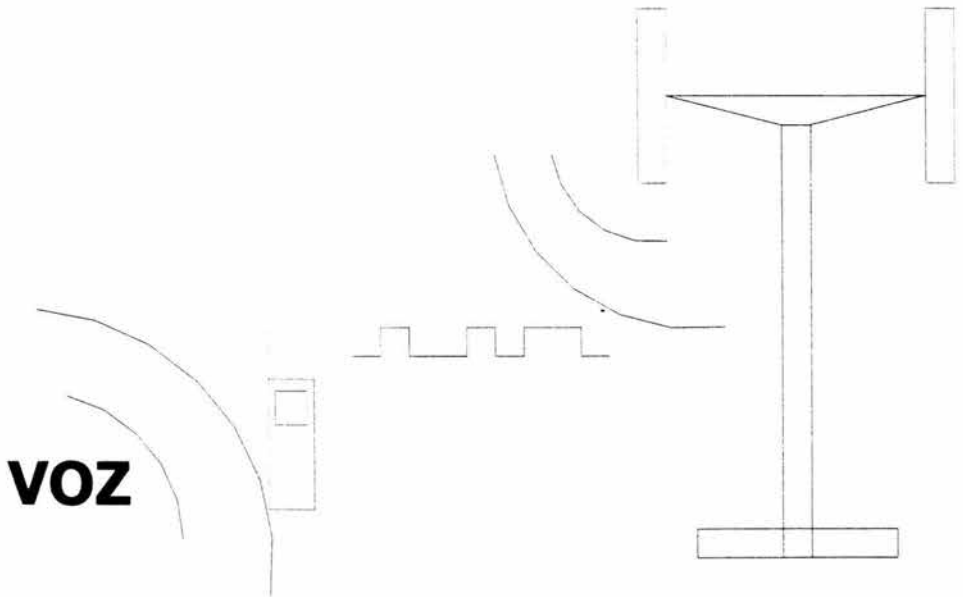


Fig.80

Es sumamente importante la codificación de voz dentro de el ámbito digital para el desempeño de un sistema, ya que de esta depende el ancho de banda requerido, por lo que es importante señalar que en los sistemas celulares se requiere una calidad de voz buena pero con un ancho de banda menor.

*Movilidad y velocidad de datos.* Es importante mencionar que el sistema High-tier, puede trabajar para unos sistemas que contengan alta velocidad, pero desafortunadamente no tiene una buena velocidad en transmisión de datos, mientras que por el contrario el sistema Low-tier tiene una buena velocidad en la transmisión de datos pero presenta una baja respuesta en tanto se presenta gran movilidad. Para el mejor entendimiento presentamos la siguiente tabla.

Sistema.	Movilidad (mph)	Velocidad de datos (bps)
AMPS	Mayor de 60	19 200
IS-136 TDMA	Mayor de 60	8 000
IS-95 CDMA	Mayor de 60	8 000
GSM	Mayor de 60	14 000
PACS	40	32 000
PHS	5	32 000
DECT	2.5	32 000

### 2.1.11 APLICACIONES Y REGIONES PARA LOS SERVICIOS MÓVILES EN MÉXICO.

En el país de México las regiones se encuentran concesionadas por la “Comisión Federal de Telecomunicaciones” (COFETEL) en las bandas A y B para las regiones que cubren los celulares dedicadas a las siguientes compañías:

Región 1. Baja Celular Mexicana, S.A. de C.V.

Región 2. Movitel del Noroeste, S.A. de C.V.

Región 3. Telefonía Celular del Norte, S.A. de C.V.

Región 4. Celular de Telefonía, S.A. de C.V.

Región 5. Comunicaciones Celulares de Occidente, S.A. de C.V. IUSACELL.

Región 6. Sistemas Telefónicos Portátiles Celulares, S.A. de C.V. IUSACELL.

Región 7. Telecomunicaciones del Golfo, S.A. de C.V. IUSACELL.

Región 8. Portal del Sureste, S.A. de C.V.

Región 9. SOS Telecomunicaciones, S.A. de C.V.

Mientras que dentro de la banda B se encuentran concesionada la radio telefonía siguiente:

Radio Móvil Dipsa, S.A. de C.V. TELCEL.

Como hemos visto se encuentra dividido la asignación de los sistemas de telefonía celular, pero estas regiones se encuentran divididas en zonas del país, por lo cual es importante conocer como se encuentran divididas las regiones en nuestro país.

Región 1. Esta región comprende las siguientes entidades federativas; Baja California , Baja California Sur y sonora (Solo San Luis Colorado).

Región 2. Comprende las entidades federativas de ; Sonora (Excepto San Luis Colorado), Sinaloa.

Región 3. Se encuentran comprendidas las siguientes entidades federativas; Chihuahua, Durango, Coahuila (Solo, Francisco I. Madero, Matamoros, San Pedro, Torreón y Biseca).

Región 4. Se encuentran las siguientes entidades federativas; Nuevo León, Tamaulipas y Coahuila (Excepto los municipios mencionados para la región 3)

Región 5. Se encuentran las siguientes entidades federativas; Colima, Nayarit, Michoacán, Jalisco.

Región 6. Se encuentran las siguientes entidades federativas; Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, Zacateas y Jalisco.

Región 7. Se encuentran las siguientes entidades federativas; Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz.

Región 8. Se encuentran las siguientes entidades federativas; Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán.

Región 9. Se encuentran las siguientes entidades federativas; Hidalgo, México, Morelos y el Distrito Federal.

Debido a lo mencionado anteriormente, debemos saber que ninguna compañía de celular cubre completamente todo la región, ya que únicamente cubre la región en donde se encuentre la población, así como lugares específicos ya sean autopistas, carreteras, o lugares en donde los usuarios requieran comunicarse. Pero también ofrecen cobertura en las regiones marítimas pero solo a ciertos kilómetros de distancia de la costa.

## **2.2 GSM Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS.**

### **2.2.1 INTRODUCCIÓN.**

Los sistemas analógicos no fueron capaces de poder dar cobertura a la gran demanda que se requería de los servicios para los abonados de sistemas celulares, por lo cual se fue presentando el problema de que los sistemas analógicos llegaron a un punto en el cual ya era tanta la demanda que en ocasiones ofrecían un servicio deficiente, puesto que ya se sobrepasaba del número de abonados que podría atender dentro de sus respectivas áreas asignadas. Por ello para dar solución al problema se implementaron los sistemas digitales, los cuales podrían cubrir las demandas que se presentaban hasta aquellos momentos, pero lo más interesante fue la llegada de un sistema digital denominado <sup>1</sup>GSM (Sistema Global de comunicaciones Móviles), el cual podría no solo dar solución al los problemas presentados si no que también se implementaría una red que pudiera cubrir las demandas de no solo esos tiempos si no que también lograría cubrir las demandas que se presentarían en tiempos futuros.

Por otro lado el sistema GSM presentaba un aumento en la capacidad de tener una mejor planificación celular con una mayor reutilización de las frecuencias, así como una futura existencia de canales codificados a la mitad de la velocidad, lo cual permitiría duplicar la capacidad del sistema con una ocupación del espectro radioeléctrico. GSM desde sus inicios proporciono algunos factores que hicieron que su desarrollo y aceptación fueran aceptados, tales factores fueron los siguientes:

- Identificación de la comunidad europea.
- Desregulación de la telefonía móvil; al menos para dos operadores por país.
- Incentivación de un mercado mayor para los fabricantes.
- El sistema no debería de estar basado en ninguna de las tecnologías existentes.
- Exportación de tecnología y productos a países fuera de Europa.

- Limitaciones de capacidad de los sistemas analógicos existentes en los países europeos.
- GSM debía cubrir económicamente grandes áreas, territorios urbanos y suburbanos.
- El sistema debería operar correctamente a grandes velocidades (por ejemplo , autos), para peatones en zonas urbanas , con edificios, dentro de los edificios, estacionamientos , aeropuertos, estaciones y así todos los lugares que tuvieran difícil acceso a la internase de radio.<sup>17</sup>

De tal manera que el nuevo sistema fue aceptado y recibido con los brazos abiertos por los sistemas de comunicación, ya que ofrecería grandes ventajas de comunicación tanto frente a los sistemas analógicos como e frente a los sistemas digitales iniciales, aunque GSM pertenece a los sistemas digital, pero sin duda que fue un paso importante para poder llegar la ultima tecnología denominada UMTS.

### 2.2.2 HISTORIA.

Todo comienza en el año de 1982, ya que para este año CEPT (Conference of European Post and Telecommunications) propone el desarrollo de el sistema GSM, para poder desarrollar un nuevo estándar de telefonía móvil digital el cual cubriría la creciente demanda de telefonía móvil , así como cubrir la creciente demanda que sufrirían las redes de telefonía móvil europea, debido al rápido crecimiento presentado.

Por otro lado la Comisión Europea (EC, European Commission) propuso que los estados miembros reservaran una banda de frecuencia de 900 MHz para poder ser utilizado por el sistema GSM, con l a finalidad de que los usuarios finales de este sistema pudieran ocupar su mismo teléfono celular en los distintos países en los que se tuviera la cobertura de este sistema. Para 1986 en Paris se llevaron a cavo , pruebas de campo de diversos sistemas propuestos para la interfaz aérea de GSM, se establecieron criterios para valorar a los sistemas candidatos , pero los criterios de evaluación para poder ser aceptados los candidatos eran:

- Eficiencia espectral.
- Calidad de voz subjetiva.
- Costo del móvil
- Viabilidad de la unidad móvil.
- Costo de la Radio Base o Estación Base.
- Habilidad de soportar nuevos servicios.
- Coexistencia con sistemas existentes.

---

<sup>17</sup> GSM: Por sus siglas en ingles se denomina "Global System for Mobile Communication" lo que en español se denomina; Sistema Global para Comunicaciones Móviles.



Después de debatir profundamente sobre cual seria la tecnología a utilizar para la técnica de acceso múltiple entre FDMA, TDMA y CDMT, la decisión final llego para el año de 1987, donde optaron por establecer TDMA para GSM

Para 1987 , 13 operadores y administradores de doce áreas del grupo consejero de CEPT GSM firmaron la carta de acuerdo de GSM <sup>1</sup> (Grupo Especial Móvil) denominada "Memorandum of Understanding (MoU – Acuerdo de Comprensión). Dando como fecha de inicio el 1 de Julio de 1991.

En el año de 1989 GSM se convierte en un comité tecnico debido a la formación de el <sup>18</sup>ETSI, posteriormente en el año de 1990 las especificaciones de GSM en la banda de los

900 MHz también se aplican a los sistemas celulares digitales dentro de la banda de 1800 MHz (<sup>19</sup>DCS-1800), mientras que en el siguiente año 1991 las recomendaciones para GSM ya se encuentran muy avanzadas.

Pero sin duda una de las fechas mas importantes fue la de 1992, ya que el sistema GSM entra en funcionamiento, pues se presenta el lanzamiento comercial en Europa. (God Has Sent Mobiles)

Después de su lanzamiento en el año de 1993 el sistema GSM cuenta ya con 62 miembros en 39 países en todo el mundo, además con 32 miembros ,as potenciales en otro 19 países, lo cual hace que GSM cuente ya con cerca de un millón de usuarios, dando cifras de que el 80% se encuentra en Alemania, y para este mismo año sus servicios comerciales parten de Europa hacia otros países dando como resultado la llegada del sistema a: Australia, Hong Kong, Nueva Zelanda.

En el mismo año de 1993 GSM ya comienza a tener redes dentro de ; Dinamarca, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Noruega, Portugal, Suecia, Suiza y UK. Mientras que para el año de 1994 ya hubo otros países interesados en tener planes para GSM, como lo fueron; Andorra, Austria, Camerún, Cipro, Estonia, Islandia, Irán, Kuwait, entre otros tantos mas.

Finalmente GSM puede desarrollarse como un sistema confiable, ya que a partir de los años 90' s comienza a tener respuesta de los usuarios y conseguir millones de usuarios que avalaran su calidad y servicios prestados. Finalmente para el año del 2002 GSM se encuentra presente en 143 países, comunicando a más de 300 millones de personas suscritas a 390 operadores móviles, por lo cual en estos momentos GSM es el estándar de comunicaciones móviles mas usado no solo en el continente europeo si no en todo el mundo.

---

<sup>18</sup> ETSI: European Telecommunications Standards Institute (Instituto de Estandarización para las Telecomunicaciones Europeas).

<sup>19</sup> DCS 1800: (Sistema Digital Celular) sistema digital inalámbrico que utiliza la banda de los 1800.

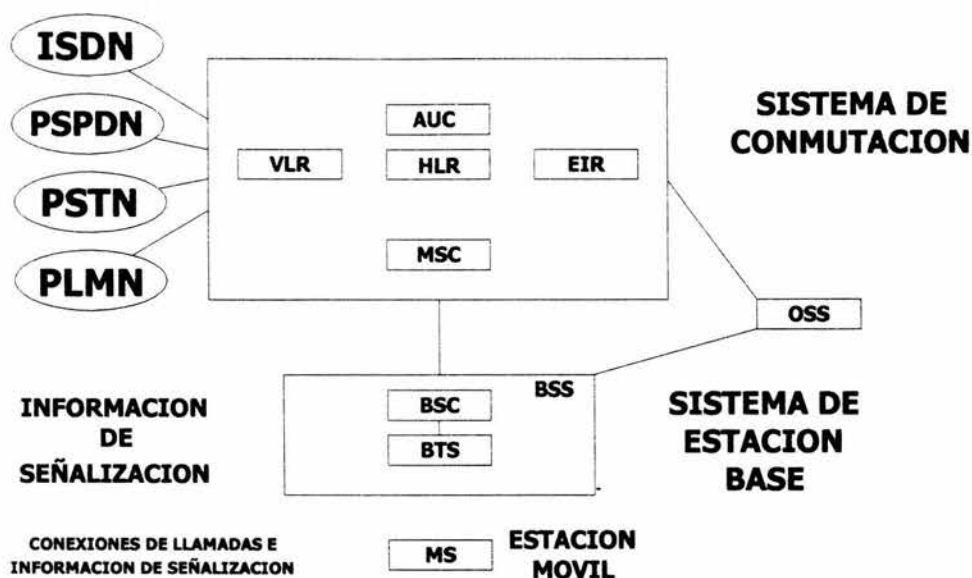
### 2.2.3 ARQUITECTURA DE GSM.

Es importante saber que la arquitectura de GSM esta dividida en tres partes primordialmente, los cuales son los siguientes; El sistema de *red y conmutación* , el sistema de *Estación Base* y el sistema de *operación y mantenimiento*.

Cada uno de estos sistemas contiene diferentes funcionalidades de las cuales depende la funcionalidad del sistema GSM debe de entrar en un estado máxima respuesta y buen desempeño. Las funciones que se realizan con el proceso de llamadas y el abonado deben estar contenidas en el sistema de conmutación , mientras que el sistema de estación base contiene las funciones relacionadas con la radio, y todo esto se encuentra bajo la supervisión del sistema de operación y mantenimiento.

El sistema de Estación Base esta conectado con la Estación Móvil por medio de una interfaz aérea y por medio de esta conexión y esta interacción entre elementos, el abonado puede conectarse a la red móvil, por lo cual podrá enviar y recibir llamadas.

*Modelo del sistema GSM.*



OSS: Operation Support System.  
(sistema de operación y mantenimiento).

Fig.81

Pero para poder hacer estas operaciones de poder enviar y recibir llamadas desde una red fija a un abonado móvil o viceversa , es indispensable que el sistema de conmutación tenga

implementadas las interfaces apropiadas de interconexión con toda la variedad de redes fijas existentes como por ejemplo; red telefónica básica, red digital de servicios integrados (RSDI – ISDN), red de paquetes, etc. Por otro lado para poder hacer llamadas de abonados móviles a otros abonados móviles es necesario que el sistema de conmutación tenga implementada la interfaz hacia otras entidades de la red GSM. Este sistema especifica no solamente la interfaz aérea, sino también los principales interfaces que identifican a los distintos elementos. Pero existen tres interfaces dominantes, las cuales son las siguientes:

- Interfaz entre: El MSC y el controlador de la radio Base (BSC).
- Interfaz Abis entre el BSC y el transceptor de la Radio Base (BTS).
- Interfaz Um entre el BTS y la Unidad Móvil (MS).

El subsistema BSS incluye el manejo de la interfaz de radio entre las unidades móviles y la otra parte del sistema GSM, pero también este subsistema proporciona y maneja las rutas de transmisión entre las unidades móviles y el sistema NSS.

El subsistema NSS cuenta con la responsabilidad de manejar las comunicaciones y las conexiones de las terminales móviles hacia las redes u otras unidades móviles, el NSS no se encuentra en contacto directo con las unidades móviles, del mismo modo se encuentra el BSS lejos del contacto con las redes externas.

Por otro lado es indispensable conocer más a fondo como interactúan los diferentes sistemas que componen GSM, por lo cual analizaremos cada uno de ellos a continuación.

### **Sistema de red y conmutación.**

Al igual que en el sistema de telefonía fija el sistema de conmutación (el cual forma parte del sistema NSS) realiza todas las funciones correspondientes como por ejemplo; la gestión de llamadas, el control de el tráfico, el análisis de numeración, el tráfico y estadísticas de llamadas, también incluye el equipo y las funciones relacionadas con las llamadas, manejos de suscriptores, movilidad y la interfaz con la <sup>20</sup>PSTN.. El sistema GSM esta compuesto por las siguientes unidades funcionales o nodos de red para este primer sistema.

---

<sup>20</sup> PSTN. (Public Switched Telephone Network) Red telefónica conmutada pública. LaPSTN está compuesta de redes locales, redes de centrales telefónicas y de la red de larga distancia que interconectan teléfonos y otros dispositivos de comunicación a nivel mundial. También se le conoce como alambica.

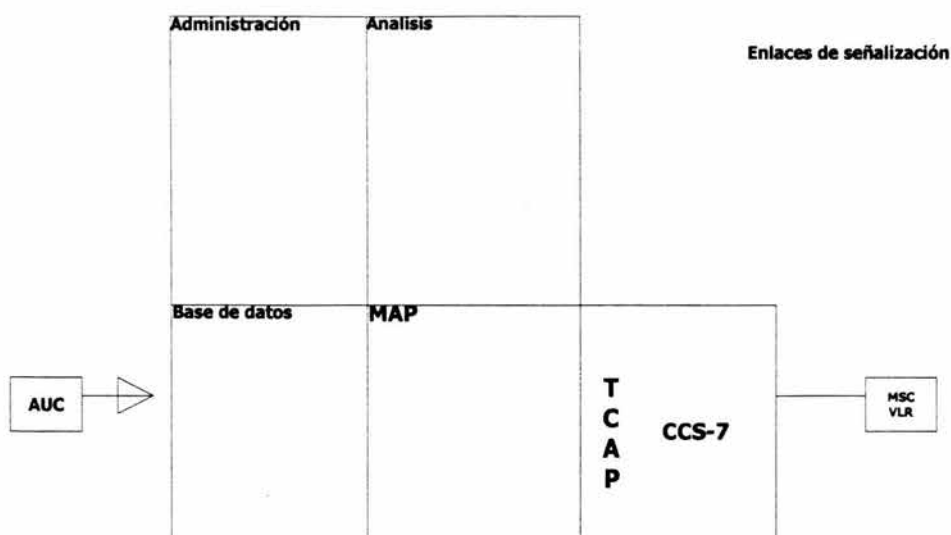
**MSC.** (Central of Commutation Movil) Central de conmutación de móviles. Es un conmutador que provee servicios y coordinador entre los usuarios móviles en una red y también en redes externas.

**HLR.** (Home Location Register) Registro de posiciones base. Es una base de datos que se utiliza para almacenar y administrar suscripciones celulares. El HLR se considera como la base de datos más importante ya que almacena datos permanentes sobre los abonados , incluso el perfil de los abonados, información de ubicación y estado de actividad.

Una red GSM puede tener una o más HLR dependiendo de la capacidad de los equipos y de la forma de organización de la red. Estos son algunos datos que almacena la HLR:

- Información de la suscripción.
- Información para el enrutamiento de llamadas hacia la central donde el móvil esta localizado.
- Numero internacional de la estación móvil IMSI.
- Numero de abonado MSISDN.
- Información sobre teleservicios y servicios portadores.
- Restricciones.
- Servicios suplementarios.
- Tripletas.

## Estructura del HLR



**HLR. Estructura del sistema.**

Estructura de el HLR.

Fig.82

- Base de datos donde se almacenan datos y tripletas para cada abonado.
- Administración: Gestiona la información desde y hacia los operadores. (altas y bajas de los abonados).
- MAP: Parte de la aplicación de las unidades móviles. Es la parte de el abonado que recibe y envía mensajes además toma las decisiones adecuadas. Corresponde a los niveles altos del modelo \*OSI (Open System Interconnection).
- CCS-7: Señalización por canal común, el cual permite a través de los enlaces y terminales de señalización de transferencia de información hacia y desde el MSC / VLR.

- TCAP: Parte de aplicación de las capacidades transaccionales. Proporciona una interfaz estándar entre los mensajes de señalización (MAP) y la señalización propiamente dicha <sup>21</sup>(CCS-7). Interfaz hacia el centro de autenticación para pedir tripletas.

**VLR.** (Visistor Location Register) Registro de posición visitado.

Es el registro de una base de datos donde son guardados los parámetros de los abonados que se encuentran dentro de el área de servicio de el VLR.

Cuando un abonado cambia de el área de servicio, el numero VLR debe actualizar los datos de este abonado y pide al HLR sean concedidos todos los datos necesarios para el establecimiento de las llamadas, tanto desde el abonado como hacia el abonado móvil.

**AUC.** (Authentication Center) Centro de Autenticación.

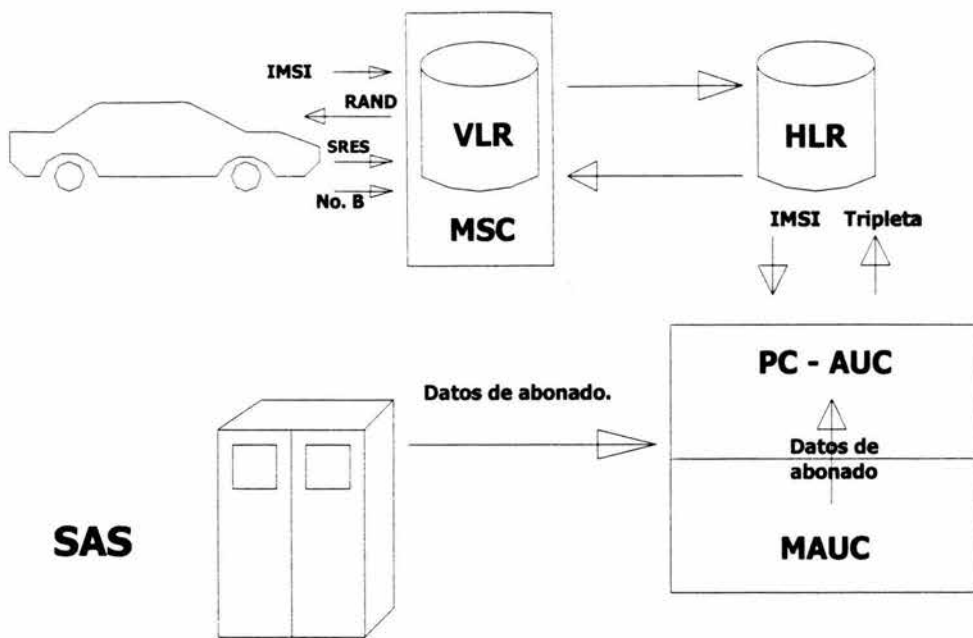
La función principal de el AUC es generar tripletas para cada abonado.

- RAND. Numero aleatorio.
- SRES. Respuesta.
- Kc. Clave de cifrado.

La tripleta es utilizada para autenticar una llamada además de que se utiliza para obtener las claves de cifrado de el camino radio. Cuando un abonado intenta acceder a el sistema, ya sea porque debe hacer o recibir una llamada o simplemente porque esta cambiando de el área de autenticación (Cambio de el VLR) se inicia de forma automática el proceso de autenticación como lo veremos a continuación.

---

<sup>21</sup> CCS-7. Señalización 7, sirve para el envío de mensajes, completa las llamadas. Es un protocolo que va de la capa 3 a la 7 del modelo OSI.



AUC. Proceso de autenticación.

Fig.83

El funcionamiento para el AUC es el siguiente: El MS envía IMSI (No. De identificación de el abonado dentro de la red móvil) hacia MSC / VLR que tiene almacenada una serie de tripletas para cada uno de los abonados visitantes. MSC / VLR envía un RAND hacia MS que a su vez calcula el SRES y lo vuelve a enviar hacia MSC / VLR que identifica si es que coincide con el que ya tenía o no. Después de este control MSC / VLR decide si se continúa con la llamada o no lo hace. Independientemente de todo este proceso la estación móvil también calcula la clave de cifrado Kc para poder cifrar o descifrar el camino de radio.

**EIR.** (Equipment Identity Register) Registro de identificación de estaciones móviles.

Base de datos que puede almacenar la identidad internacional de la estación móvil (IMEI). Contiene tres listados denominados ; blanca, gris y negra, en los cuales están clasificados datos de el equipo móvil de tipo inventario, como por ejemplo, datos puestos por el fabricante, ya sea No. de serie, modelo, etc.

**MTSO.** (Movil Telephone Switching Office) Oficina de conmutación de teléfono móvil. Es la central pública para el conmutador móvil, la cual aloja la s estaciones de relé y de supervisión de campo para conmutar llamadas entre las estaciones bases celulares y central alambica (PSTN).

### **\*Sistema de estación base.**

Este sistema de estación base primordialmente se encuentra encargado de el funcionamiento de radio dentro del sistema GSM, como por ejemplo; la gestión de las comunicaciones radio, así como el control de potencia entre el sistema dominado por la estación base y la estación móvil, es decir puede controlar los niveles de atenuación de la potencia dentro de la transmisión, también controla la potencia de radio entre el traspaso de la estación móvil de una celda a otra, por lo cual la estación base debe de incrementar la potencia de radio o disminuir la misma según el acercamiento de la estación móvil o la posición en la que se encuentre dentro de la celda. Físicamente la Estación base (radio base) es un equipo que permite y propicia la comunicación entre el MSC y la MS, mientras que la comunicación entre la BSS y el móvil se da a través de la interfaz inalámbrica Um, mientras que la comunicación entre la BTS y la BSC se da a través de una conexión determinada como Abis. El sistema de la estación base esta constituido de las siguientes unidades funcionales:

**BSC.** (Base Station Controller) Controlador de estación base.

**BTS.** (Base Transceiver Station) Estación Base Transceptora.

### **\*Sistema de operación y mantenimiento.**

Este sistema de operación y mantenimiento , centralizado y remoto, proporciona todo lo necesario para que se puede llevar a cabo una eficiente aplicación de la red tanto en la parte de la conmutación tanto como en la de radio.

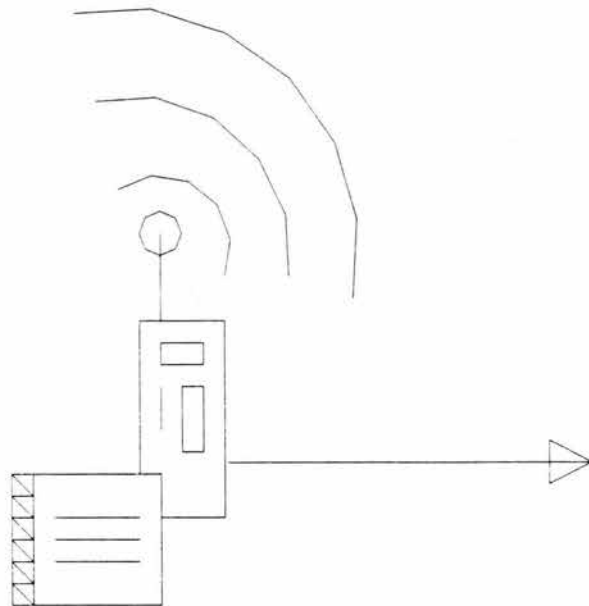
Dentro de las principales tareas que cumple este sistema son; que la red celular funcione correctamente, la administración de abonados, gestión de averías y medidas de funcionamiento de la red de conmutación y de radio, también provee de las rutas de transmisión además de establecerlas. La parte de control tiende a funcionar con las actividades de manejo de tráfico de la parte operacional haciendo un monitoreo de las actividades y a su vez haciéndoles modificaciones para poder mantener y mejorar las funciones correspondientes.

## **2.2.4 ELEMENTOS DE GSM Y SUS FUNCIONES.**

Dentro de los principales elementos que interactúan con el sistema GSM encontramos al MS+Sim, la BTS, la BSC y la GMSC

**MS + Sim.** (Movil Station) Estación móvil. La MS forma parte de los elementos que interactúan en la red de operación, la cual es una unidad móvil con equipos de radio comunicación que utiliza el usuario para acceder a algunos de los servicios de telecomunicaciones que proporciona la red. Entre algunas funcionalidades de mayor importancia de la MS encontramos las siguientes:





## MSI + SIM

- Voz.
- Datos.
- Fax 3G.
- Soporte de SIM.
- Control.

Fig.84

Existen varios tipos de estaciones móviles , los cuales dependen de la potencia de transmisión básicamente. Por lo cual se definen cinco potencias deferentes, las cuales están definidas en base al nivel de potencia máximo en RF (Radio frecuencias) con las que se pueden transmitir de tal modo como se muestra a continuación:

<i>Clase</i>	<i>MS. Max Potencia en RF (Watts)</i>
I	20 (sin complemento de corriente)
II	8
III	5
IV	2
V	0.8

Clase de móviles en GSM de acuerdo a su potencia de transmisión.

La unidad móvil puede dividirse en dos partes; Donde la primera parte incluye al parte del hardware y el software el cual tiene la capacidad e soportar las interfaces entre le radio y el usuario. Mientras que la segunda parte incluye datos específicos tanto del usuario como de la terminal por medio de una tarjeta inteligente denominada \*<sup>22</sup>Sim Card , a la cual se le denomina simplemente SIM. Esta tarjeta es conectada a la primera fase de la unidad móvil. Por lo tanto La tarjeta puede conectar a la usuario con la red identificándolo ante ella , por lo tanto la red no le permitirá el acceso al usuario si se han incumplido los términos de contrato o si es que llegase a reportar como robada. Finalmente podemos mencionar algunos datos importantes que la tarjeta puede almacenar como los siguientes:

- Identificación del MS (IMSI)
- Números telefónicos
- Números de identificación personal (PIN)
- Parámetros de seguridad y autenticación.
- Mensajes cortos recibidos.
- TMSI (actualizado por la red).
- Servicios adicionales de GSM.
- Identidad de el área donde esta ubicado (LAI).

La IMSI (International Mobile Subscriber Identification) Almacenada en la tarjeta SIM, la cual es asignada al abonado al momento de subscribirse , también identifica a una unidad móvil .

**IMSI (International móvil subscriber identificación), hasta 15 dígitos.**

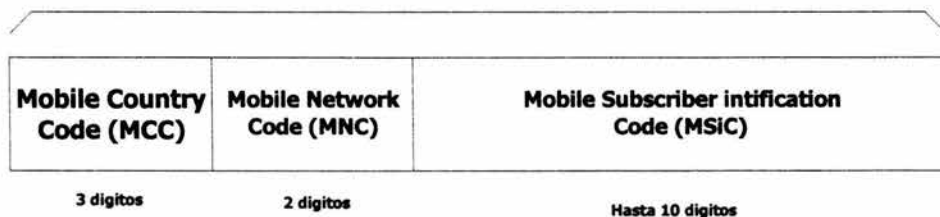


Fig.85 IMSI.

MCC. (Mobile Country Code), consta de 3 dígitos.

MNC. Mobile Network Country) consta de dos dígitos.

MSIC. (Mobile Sudscriber Code) úede constar hasta con 10 dígitos.

<sup>22</sup> SIM: (Subscriber Identity Module) Modulo de identidad el abonado. Tarjeta inteligente que esta integrada a un teléfono móvil la cual contiene información sobre el abonado.

Además de la IMSI también existe la IMEI (International Mobile Equipment Identity) La cual identifica únicamente al equipo (Primera parte de la unidad móvil). Este es asignado por el fabricante del equipo, el cual también se forma de 15 dígitos como lo vemos a continuación.

- TAC . (Type Approval Code) consta de 6 dígitos.
- FAC . (Final Assembly Code) consta de 2 dígitos.
- SN . (Serial Number) consta de 6 dígitos.
- SP . Contiene dos dígitos de reserva.

Finalmente dentro de lo que la Sim Card contiene encontramos al TMSI, el cual asigna el VLR a los móviles. También puede identificar a un móvil únicamente dentro de el área controlada por la VLR y el número máximo de bits que utiliza es de 32 bits.

**BTS.** (Base Transceiver Station) Estación Base Transceptora.

La BTS incluye y maneja la interfaz de radio hacia la estación móvil. Es el equipo de radio (transceptores y antenas) que se requieren para transmitir servicios entre las estaciones bases de la red y otros sistemas, es decir contiene todos los equipos necesarios para poder cubrir una o varias células. En la BTS encontramos las antenas, tanto de microondas, las cuales enlazan de BTS a BTS, también contienen antenas de radios, las cuales enlazan de BTS a una MS o celular, Las componen también los pararrayos, los cuales soportan las descargas impuestas por la naturaleza, así mismo encontramos las escalerillas indispensables para la conducción de los cables, estas escalerillas se aterrizan a tierra para evitar sobrecargas en caso de necesitarlo.

Dentro de las funciones de la BTS mas importantes encontramos:

- Realiza la codificación y decodificación de los canales de radio.
- También realiza el cifrado y descifrado de el camino de radio.
- Hace mediciones de la intensidad de la señal.
- Formula gran diversidad de la recepción.
- Busca las estaciones móviles.
- Recepción las peticiones provenientes del canal de la estación móvil.
- Realiza mediciones sobre los canales de radio frecuencias.

- Controla los niveles de potencia.
- Hace una transmisión de información para lograr la sincronía.

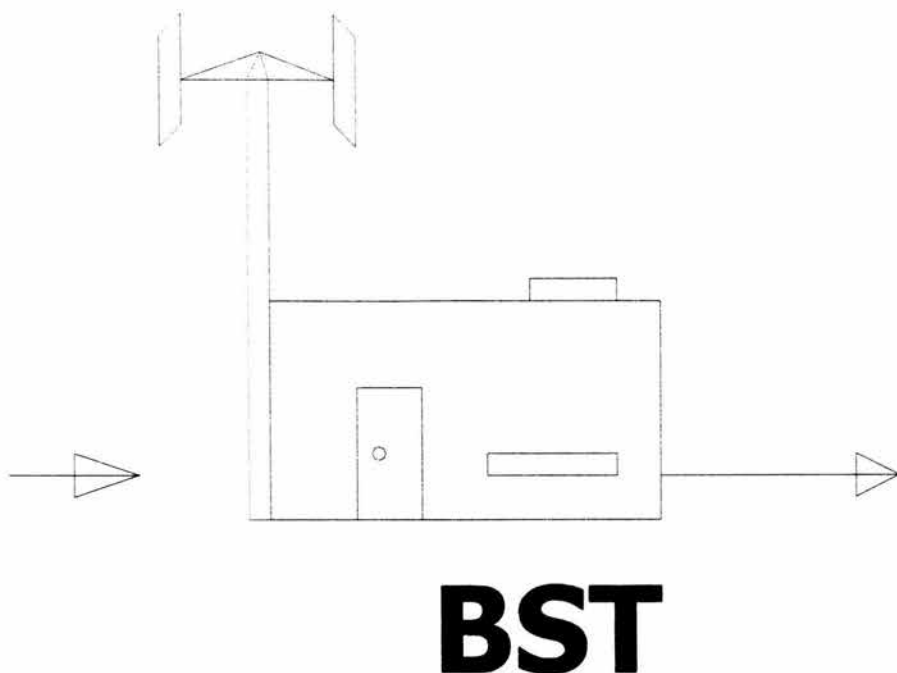


Fig.86 Estación Base transceptora.

**BSC.** (Base Station Controller) Controlador de estación base.

El BSC entrega las funciones de control y enlaces físicos entre el MSC y el BTS. La BSC controla un grupo de BTS, para lo cual podemos definir a la estación base como un conmutador de alta capacidad que proporciona funciones como las transferencias (handover), los datos de configuración de estación base celular, y control de los niveles de potencia de la radiofrecuencias en estaciones bases transceptoras. .

Mas detalladamente podemos decir que el controlador de la estación base realiza la función de una interfase, entre la estación base y el sistema de conmutación, por lo tanto podemos decir que separa las funciones de radio de las funciones de conmutación. Algunas de las funciones que realiza son las siguientes:

- Gestiona los canales de la radio frecuencia.
- Hace una supervisión a las estaciones base (BTS).
- Realiza una liberación de el canal.
- Traspaso entre canales de la BSC.
- Gestiona las transmisiones que se realizan hacia la estación base.
- Funciona como un transcodificador y también como un adaptador de velocidades.
- También puede identificar a las estaciones móviles.
- Realiza el transporte de mensajes.
- Obtiene reportes de el desempeño y la gestión.

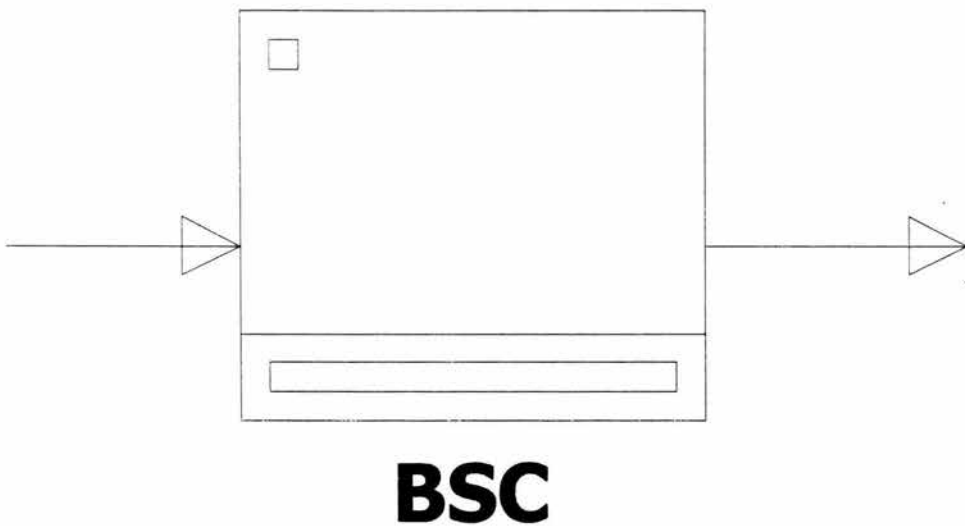
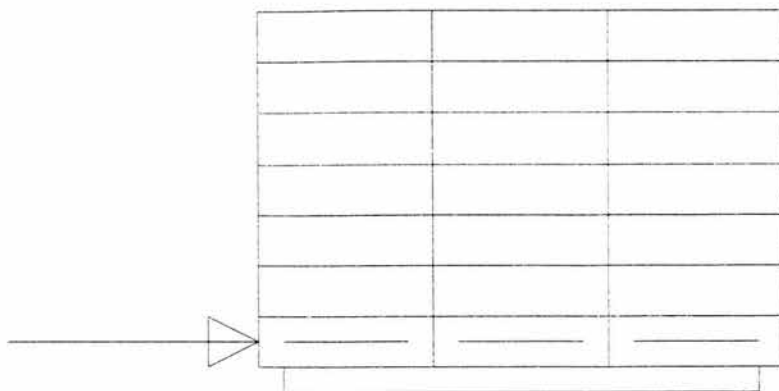


Fig.87 Controlador de estación base.

**MSC.** (Central of Commutation Movil) Central de conmutación de móviles. Es un conmutador que provee servicios y coordinador entre los usuarios móviles en una red y también en redes externas.

La central MSC funciona como una interfaz entre la red GSM y las redes publicas de voz y datos. Las funciones más importantes que realiza son las siguiente:



## MSC

Fig.88 Central de conmutación móvil.

- El establecimiento, el enrutamiento, el control y la terminación de llamadas.
- La gestión de “handover” (traspaso de llamadas) entre centrales.
- Gestión de servicios suplementarios.
- Recoge datos de traficación y contabilidad
- Realiza el procesamiento de l autenticación.
- Da el acceso a la PSTN.
- Gestión de movilidad.

## 2.2.5 ESPECTRO UTILIZADO EN GSM.

Para conocer más a fondo el espectro que maneja el sistema GSM debemos considerar los siguientes puntos:

A). Se asignaron un total de 50 M Hz para el de GSM, estimado desde la creación de el sistema.

B). Cuenta con 125 canales “full duplex” de 200 K Hz cada uno de los que fueron asignados, estos 125 canales son enumerados de el 0 al 124, pero el canal cero no es utilizado ya que se mantiene como reserva de guarda.

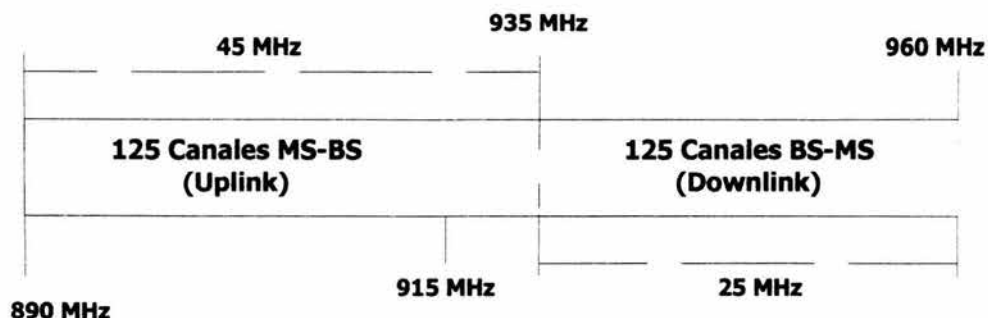


Fig.89 Espectro utilizado en GSM.

C). Pero existen diferentes implementos en GSM para el funcionamiento de las frecuencias, cuyo cambio entre estos implementos son las frecuencias utilizadas, por lo que podemos observar que las redes de GSM operan en tras bandas de frecuencias distintas como lo veleros a continuación:

- GSM 900.
- GSM 1800.
- GSM 1900.

## 2.2.6 INTERFACES GSM.

Se pueden definir cuatro interfaces para la estructura de GSM, las cuales son la interfaz  $U_m$ , la interfaz A, la interfaz *Abis*, y la interfaz *MAP*:

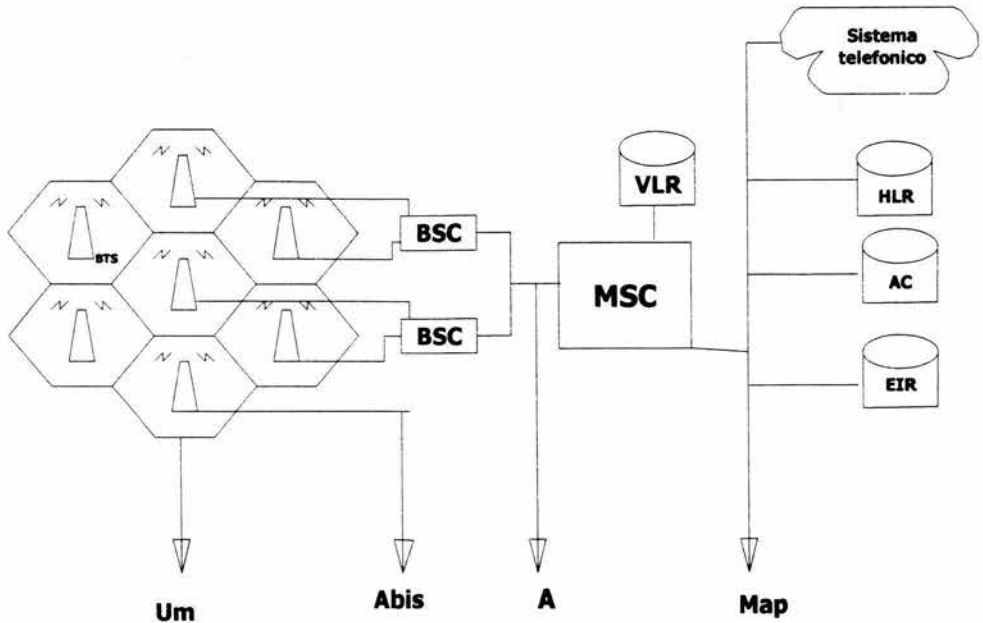


Fig.89 Interfaces GSM.

Donde las podemos definir de la siguiente manera:

Interfaz  $U_m$ . Es la que interactúa entre la estación móvil y a estación base, esta basada en la operación de TDMA y montada sobre el protocolo de ISDN Q.931.

Interfaz A. Esta ubicada entre el centro de conmutación de servicios móviles y la estación base. Esta basado en un Q.931 modificado, el cual se encuentra sobre PCM-30, en la parte de transferencia de mensajes (MTP, message transfer part) dentro de SS7 y la parte de control de conexiones de la señalización (SSCP, signaling connection control part).



**Interfaz Abis.** Esta tercera interfaz define las operaciones entre el controlador de la estación base BSC y la estación base BTS, esta basada en un enlace de transmisión de PCM-30 de 2Mbits/s y LAPD.

**Interfaz MAP.** Es la parte de la aplicación, donde MAP significa; parte de la aplicación móvil,, esta define las operaciones entre la central de conmutación móvil MSC y la red telefónica, así como la HLR, el VLR, y el EIR. Esta interfaz esta implementada sobre SS7.

El sistema GSM esta diseñado para poder permitir la división de particiones funcionales, donde encontramos la división principal dentro de la interfaz A . Dado que un extremo de esta interfaz esta encargada de las operaciones de las MSC, HLR y VLR, mientras que en el otro extremo de ella se realizan las operaciones de la BSC y aéreas.

Debido a que la interfaz  $U_m$  es la que mas interesa a los usuarios nos enfocaremos ha hablar mas sobre ella, iniciando primordialmente que a esta interfaz también se la conoce como Interfaz de radio debido a que esta basada en la radio frecuencia y es la que conecta ala MS con la BTS.

Esta interfaz utiliza una combinación de técnicas de multiplexión, los cuales son por división de frecuencias (FDM, multiplexión por división de frecuencias) y la técnica de división de tiempo (TDMA , acceso múltiple por división de tiempo). Originalmente el sistema GSM operaba en el intervalo de los 900 MHz (GSM 900), pero evoluciono al sistema DCS 1800 (GSM 1800) aumentando la capacidad en el ancho de banda, del mismo modo sucedió en la evolución al sistema de los PCS 1900 (GSM 1900).

Dentro de la interfaz que opera en GSM operan 125 canales en el sistema de full dúplex , en el modo ascendente y descendete con distintas frecuencias portadoras. En el siguiente ejemplo veremos un canal asignado a la portadora de 935.2 MHz y otro canal se asigna a la portadora de 890.2 MHz. De ahí en adelante estos canales multiplexados por división de frecuencia pasan a multiplexarse en la división de tiempo, especificando sus tramas como corresponde a cada sistema de GSM (900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz ).

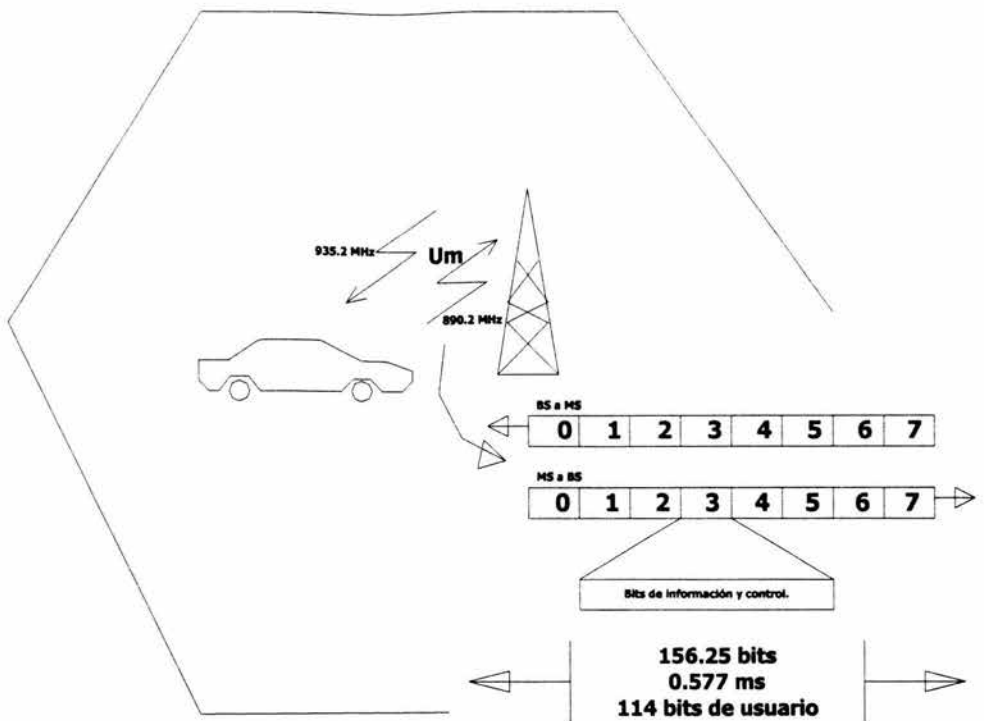


Fig.89 La interfaz Um

Como podemos observar en la figura, los canales de ascenso y descenso tienen la misma estructura. Por otro lado es importante recalcar que a través de esta interfaz se puede enviar una gran cantidad de información (por ejemplo datos de abonado, señalización de control, etc.). Pero depende de la información para poder enviar canales lógicos a través de los canales físicos. En cuanto a las características de la señal de radio podemos mencionar que se utiliza la modulación<sup>23</sup> GMSK.

<sup>23</sup> GMSK

En cuanto a los canales lógicos podemos mencionar los siguientes:

- Canales de tráfico (TCH), los cuales contiene la información de el usuario, como la voz codificada o datos. En un principio este canal utilizaba 22.8 k bits / s , pero se aumento la velocidad para poder recibir mas información, haciendo doblar la capacidad de el sistema
- Canales de control, los cuales contiene la información de señalización o datos de sincronía, este canal se divide en otros canales para su mejor aprovechamiento.
  - a) Canales de radiodifusión (BCH). Canal por el cual se transmiten correcciones de frecuencia, sincronía, etc. Entre la BTS y las MS.
  - b) Canales comunes de control (CCCH). Se transmite la información para la localización de l móvil, la cual es solicitado para el acceso. Esta transmisión se hace punto a punto, pero solo de BTS a un único MS y viceversa.
  - c) Canales de control dedicados (DCCH). Ayuda a la inicialización de llamadas, también envía informes sobre la medida de potencia y señalización , por ejemplo el traspaso de células.

Finalmente podemos mencionar que todos los elementos que componen la parte la interfaz, realizan una función muy importante y nos damos cuenta que estas funciones realizadas por cada elemento son imprescindibles para obtener un buen funcionamiento y ofrecer los servicios demandados por los usuarios.

### **2.2.7 ENRUTAMIENTO DE LAS LLAMADAS.**

El enrutamiento e llamadas en GSM lo podemos definir de la siguiente manera. Inicialmente cuando un usuario de un teléfono en el sistema fijo realiza una llamada a un teléfono móvil que se encuentra dentro del sistema GSM, lo hace a través de la red telefónica publica. Esta llamada se enruta a través de un MSC (Puerta de acceso), proceso en el cual se examinan los dígitos marcados, determinando si puede continuar o no, lo cual si la respuesta es positiva y lo accesa al siguiente punto. En el siguiente paso se interroga el registro de ubicación de origen de el usuario llamando a través del TCAP SS7. Para el siguiente paso el HLR hace un interrogatorio al registro de ubicación del visitante (VLR), el cual se encuentra brindando el servicio al usuario. Posteriormente el VLR devuelve el número de enrutamiento al HLR, el cual lo devuelve al MSC. Después el MSC interactúa con el VLR para comprobar la llamada entrante. En el siguiente paso La BSS recibe la notificación del MSC y envía una señal de notificación al usuario destino, y cuando este envía la señal de regreso quiera decir que la llamada se a completado la llamada.

Cuando una llamada es de un teléfono fijo se comienza con una utilización de tonos, y cuando se hace la llamada de un teléfono celular se utilizan frecuencias. También podemos mencionar que las <sup>24</sup>tróncales entre las comunicaciones de teléfonos fijos y teléfonos celulares son diferentes, ya que los tróncales utilizadas en los teléfonos fijos son PTC, mientras que para celulares son ICP.

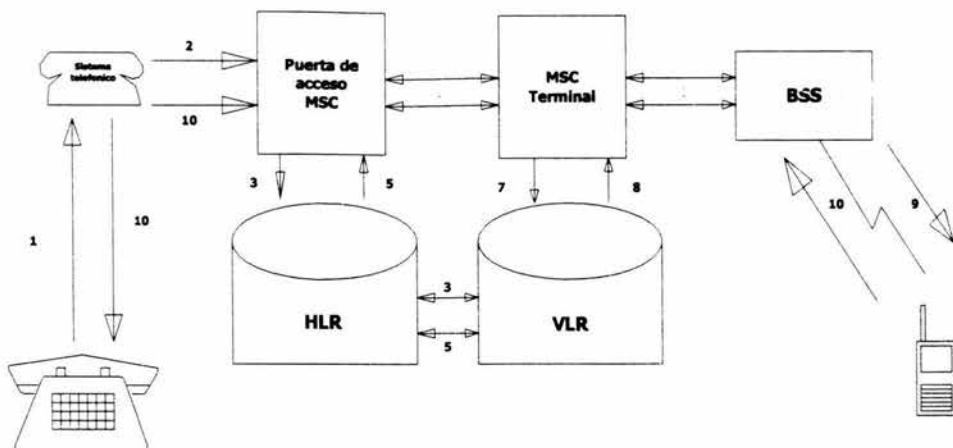


Fig.90 Gestión de llamadas GSM.

- 1.- <sup>25</sup> Se hace una llamada a la unidad móvil.
- 2.- La red telefónica reconoce el número y se lo da a la puerta de acceso MSC.
- 3.- El MSC no puede enrutar más lejos; interroga al HLR del usuario.
- 4.- Interroga al VLR que sirve actualmente al usuario (solicitud del número de roaming).
- 5.- Número de enrutamiento devuelto al HLR y luego a la puerta de acceso MSC.
- 6.- Llamada enrutada al MSC terminal.
- 7.- El MSC pide al VLR correlacionar la llamada con el suscriptor.

<sup>24</sup> Troncal: Es una interfaz, la cual puede ser un E<sub>1</sub>, o un STM<sub>1</sub>, etc.

<sup>25</sup> Bell Northern Research, Global System for Communications, Telesiss, 94, 1992.

8.- El VLR hace lo que se le pide.

9.- Se envía señal a la unidad móvil.

La unidad móvil responde; los MSC transporta la información de vuelta al teléfono.

### **2.2.8 FDMA, CDMA y TDMA.**

Existen tres métodos de acceso muy importantes dentro de las telecomunicaciones móviles, los cuales son:

FDMA. Acceso múltiple por división de frecuencia.

CDMA. Acceso múltiple por división e código.

TDMA . Acceso múltiple por división de tiempo.

Por lo cual es importante recalcar que el sistema GSM utiliza una combinación de FDMA y TDMA, haciéndolo de la siguiente manera; El FDMA divide el ancho de banda de 25 MHz en 124 frecuencias de portadora, mientras que el TDMA toma cada una de las frecuencias y las divide en unidades básicas, llamadas periodos de ráfagas.

La trama del TDMA forma una unidad básica de la definición de los canales lógicos. La cual define ocho periodos de ráfagas agrupados. Por otro lado los canales de trafico son utilizados para llevar la información de voz y datos. Se define como un grupo de 26 tramas de TDMA.

La tecnología de CDMA llego después , pero en los principios de GSM fueron tomados en cuenta tanto TDMA y CDMA para poder trabajar en el, es decir que buscaban una técnica de acceso confiable y eficaz para poder soportar el nuevo sistema implementado, y como ya lo hemos mencionado anteriormente, la decisión se inclino al sistema de TDMA, el cual con la colaboración de la técnica de acceso de FDMA cubrieron los requisitos indispensables para poder cubrir las 3espectaticas del nuevo sistema GSM.

Pero la confrontación ente el sistema de acceso por códigos y por tiempo aun no ha terminado, siendo que la técnica de TDM fue aceptada por el sistema de GSM, no se puede decir que la técnica de tiempo esta aventajada sobre CDMA, ya que aun siguen los debates, pero mientras CDMA presenta ventajas y desventajas ante TDMA, el sistema de código sigue siendo importante dentro de las telecomunicaciones y de hecho ha procurado establecerse mejor que el sistema impuesto por el de tiempo ya qua ahora el sistema CDMA ha logrado establecer su nuevo sistema ya mejorado al cual se le ha denominado

WCDMA “Acceso múltiple por división de código con banda ancha. Este nuevo sistema ha logrado ser mas aventajado que las versiones anteriores ya que ahora se esta implementando en la nueva tecnología denominada UMTS, de la cual se hablara en el siguiente capitulo.

Aunque se ha implementado WCDMA no se puede descartar a las demás técnicas de acceso ya que la competencia en el mercado sigue, y mientras tanto para el año en curso el sistema TDMA esta activa ya que soporta al sistema actual GSM, y aun no se sabe por cuanto tiempo este sistema predomine dentro de la telefonía inalámbrica, pero hasta saber esto no debemos de perder de vista al nuevo sistema WCDMA que esta revolucionando con sus cambios dentro de la misma telefonía celular.

### 2.2.9 CANALES LÓGICOS Y ESTRUCTURA DE LA TRAMA.

Al igual que en los sistemas de D-AMPS, CDMA, y otras existe dos fases de enlaces, uno que se maneja como enlace de subida “Uplink” y otro de bajada “Downlink, los cuales se manejan dentro de una portadora, la cual determina la separación entre cada tipo de enlace como lo veremos a continuación.

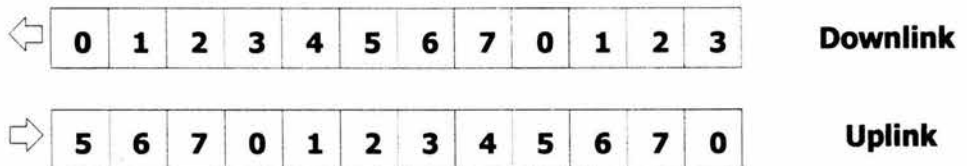


Fig.91 Enlaces de subida y bajada.

La transmisión de BTS a MS se encuentran desfasadas 3 time slots con respecto a la transición de el sentido MS a BTS. Lo cual permita que el MS no requiera de los demultiplexores para poder transmitir y recibir en tiempos iguales. Lo cual es una técnica de TDD, pero en GSM se utilizan dos bandas de frecuencias, una banda para el transmisor y otra para poder ser receptor en tiempos casi iguales. La trama en GSM esta basada en la técnica de acceso TDM, por lo ya mencionado anteriormente, por lo cual veremos a continuación la estructura de la trama:

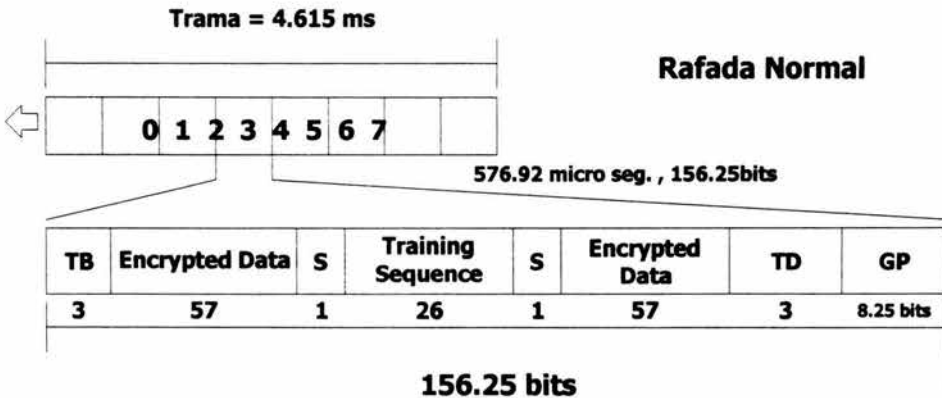
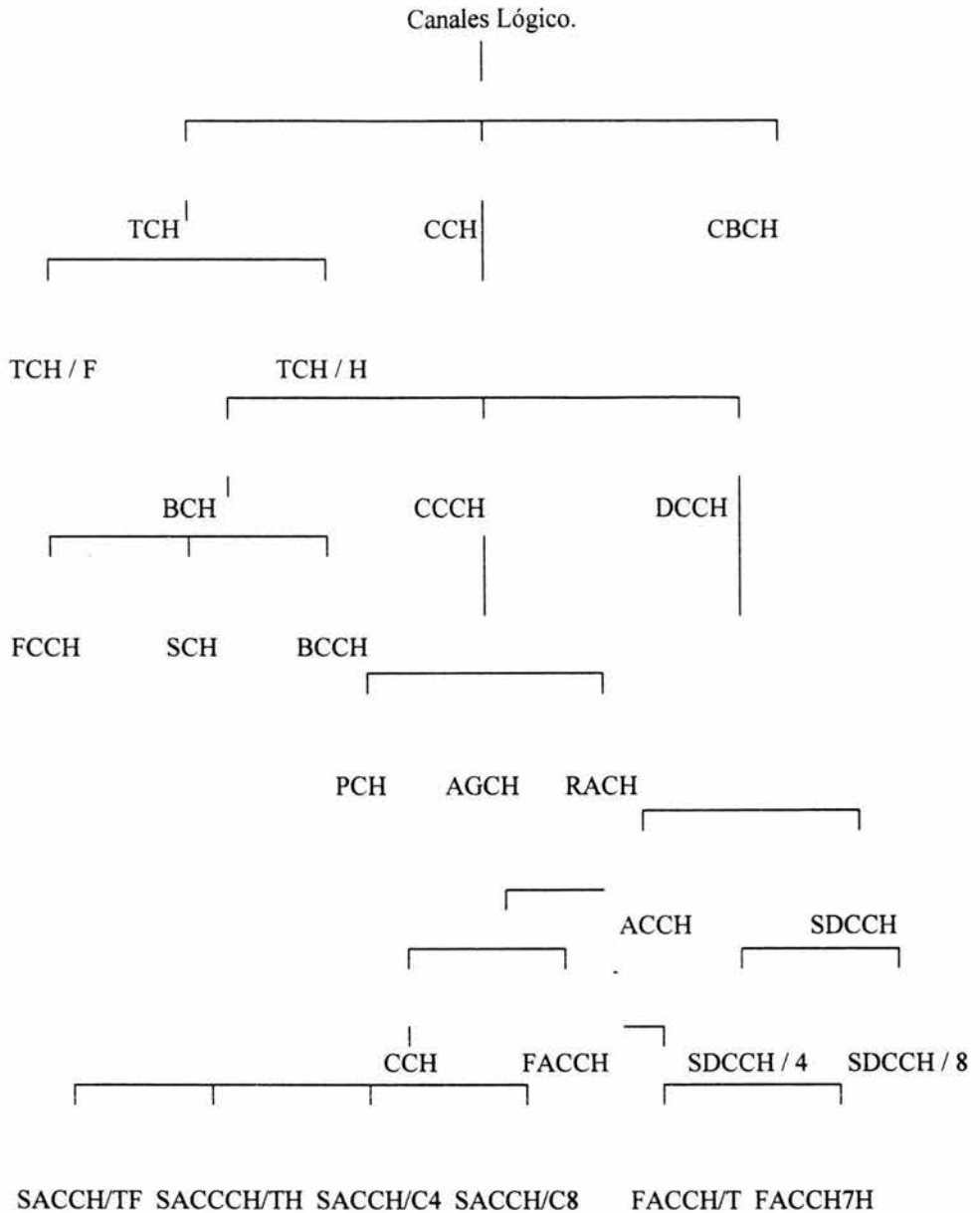


Fig.92 Trama TDMA en GSM.

Canales lógicos ubicados en cada uno de las fracciones de tiempo en donde se van acomodando.





Donde:

TCH: Canal de tráfico.

TCH/F: Canal completo de tráfico.

TAC/H: Parte del canal de tráfico.

CCH: Control del canal.

BCH: Transmisión del canal.

CBCH: Célula de la transmisión del canal.

CCCH: Control común del canal.

DCCH: Control dedicado al canal.

FCCH: Corrección de frecuencia del canal.

SCH: Sincronización del canal.

BCCH: Transmisión e control del canal.

PCH: Página del canal.

AGCH: Mayor acceso del canal.

RACH: Acceso aleatorio al canal.

SDCCH: Puesto único al control del canal dedicado.

ACCH: Asociación de control del canal.

SACCH: Muestra de asociación del canal.

FACCH: Rápida asociación de control del canal.

## 2.2.10 PROCESAMIENTO Y CODIFICACIÓN EN GSM.

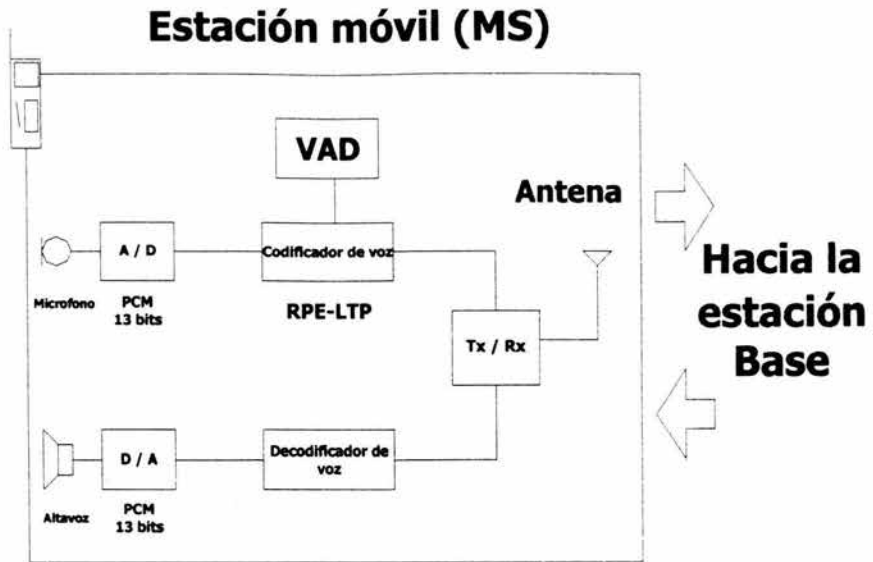


Fig.93

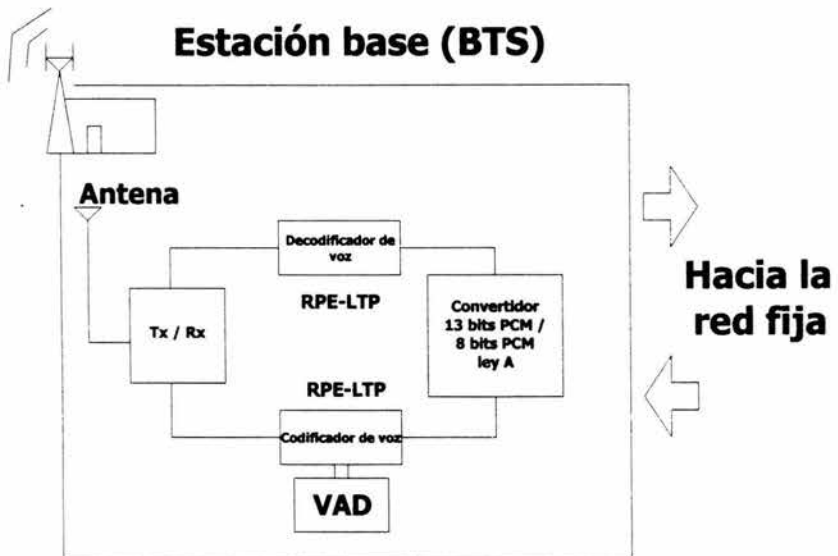


Fig.94

La codificación de voz en GSM se da de la siguiente manera:

Primero se introduce una señal física, la cual es transformada en una señal eléctrica por medio de un transductor, el cual se muestra en la primera figura, esta señal obtenida es pasada por un filtro pasa banda el cual como vimos en los primeros capítulos tiene un ancho de banda para la voz de 300 – 3400 Hz. Una vez que esta señal ha sido filtrada pasa a un convertidor de señal analógica a señal digital A / D la cual pasa por el sistema <sup>26</sup>PCM, el cual toma 8000 muestras por segundo una vez que se realiza esta operación se transmiten 104 kbps al sistema CODEC <sup>27</sup>RPE-LTP, donde una vez regulados los pulsos pasan 13 kbps al Canal CODEC para de ahí ser enviados al modulador en una cantidad de 22.8 kbps, y posteriormente transmitirse a la BTS.

Cuando se va a recibir la señal al MS se realiza casi el mismo proceso pero con la diferencia de que en lugar de utilizar un modulador, se utiliza un demodulador y ahora en la parte del PCM se utiliza un convertidor de D / A de digital a analógico y finalmente para poder ser convertido a una señal física se utiliza un filtro paso bajo a una frecuencia de 4 kHz.

En la codificación del canal, podemos mencionar que cada paquete es transmitido a una velocidad mucho mayor (270.833 kbps) para permitir que los usuarios (8 máx.) que estén utilizando este canal puedan enviar su información.

## 2.2.11 ESPECIFICACIÓN DE EL SISTEMA Y BANDAS DE FRECUENCIA.

- GSM 900.

También llamada GSM, esta opera en la banda de frecuencias de los 900 MHz, siendo esta la más común en Europa y el resto del mundo. Cuenta con 125 canales en dos sub-bandas de 25 MHz cada una dentro de los rangos de 890 MHz – 915 MHz y 935 MHz – 960 MHz, con un ancho de banda de cada canal de 200 KHz.

Cada portadora se divide en tramas, donde cada trama está dividida en 8 fracciones de tiempo (time slot), con una duración de la trama de 4.6 ms, también tiene una separación entre portadora de enlace de subida y enlace de bajada de 45 MHz.

---

<sup>26</sup> PCM: La distancia entre un nivel a otro debe ser a la distancia del valor de el voltaje en el que es comparado para la codificación.

<sup>27</sup> RPE-LTP: Regulador de pulso (Excitation / Linear Predictive Coding)

- GSM 1800.

También se le denomina PCN (Personal Communication Network) ó Red comunicaciones personales y DCS 1800). Representa el estándar de la segunda generación, la cual opera como su nombre lo indica en la banda de los 1800 MHz .

Es utilizado en un numero mayor de países cada vez, entre los cuales podemos mencionar; Francia, Alemania, Suiza, Gran Bretaña y Rusia. Antes de 1998 se decreto una norma de la europea en donde se decreto que los miembros de la unión europea deberían de coincidir en la licencia de al menos un operador DCS 1800, e hecho estos miembros fueron exigidos a coincidir con la licencia.

Este sistema cuenta con 374 canales en dos sub-bandas de 75 MHz cada una, localizados entre los rangos de los 1710 MHz – 1785 MHz y 1805 MHz – 1880 MHz. Los cuales cuentan con un ancho de banda de 200 KHz por canal. Mientras que la separación entre los enlaces de subida con los de bajada es de 75 MHz.

- GSM 1900.

A esta frecuencia de GSM también se le conoce como PCS (Personal Communication Services) ó Servicios de comunicaciones personales, PCS 1900 y DCS 1900. Esta es la única banda de frecuencias utilizada por los Estados Unidos y Canadá para el sistema GSM. El termino PCS se refiere a cualquier red que se especifique como telefonía móvil digital, pero que opere en la banda de frecuencias de los 1900 MHz, pudiéndosele llamar así a cualquier tipo de red telefónica móvil que cumpla con este parámetro y no solo denominándosele así a los de le sistema GSM.

Este sistema cuenta con 374 canales en dos sub-bandas de 75 MHz cada una, las cuales se encuentran comprendidas en los rangos de 1850 MHz – 1925 MHz y 1930 MHz – 2005 MHz, cuentan con un ancho de banda de 200 KHz por cada canal. Existe una separación entre el enlace de subida y el enlace de bajada de 75 MHz. En los Estados Unidos se asigno parte de el rango de la banda de 1800 MHz para aplicaciones de comunicaciones punto a punto.

## **2.2.12 SERVICIOS Y COBERTURAS DE GSM.**

El sistema GSM, ofrece una gran cantidad de servicios debido a su gran capacidad y su buen estructuración, además de que es uno de los sistemas más avanzados de la segunda generación y que da paso a los sistemas de tercera generación. Pero para poder brindar una buena calidad de servicios el sistema GSM, se encuentra sustentado bajo el concepto ISDN (RSDI), servicios a los cuales también se les denomina servicios GSM – <sup>28</sup>PLMN. Podemos decir que un servicio otorgado por el sistema GSM se le denomina como un conjunto de

---

<sup>28</sup> PLMN. (Public Land Mobile Network) Que en español quiere decir; Red móvil pública local.

capacidades y facilidades que provee a los abonados. Pero para lograr los beneficios esperados por el sistema, se recurrió a cubrir las siguientes características:

- a) Tener una calidad de voz superior, tratando de tener una calidad de voz igual o superior a los celulares ya existentes de alta calidad.
- b) También poder ofrecer un bajo costo operacional, tanto en la compra como en el mantenimiento del servicio en las unidades móviles.
- c) Se debe cubrir un alto nivel de seguridad, es decir tener alta confidencialidad y prevenir los fraudes.
- d) Se debería de contar con un roaming internacional, que el usuario pudiera contar con un mismo número en todo el mundo. Para lo cual el sistema GSM debería tener un “acuerdo de roaming”, lo que se define como un acuerdo comercial entre distintos operadores de redes, con lo cual lograría transferir elementos como los cargos de llamadas y la información del abonado para controlarlos a medida que estos se puedan desplazar libremente en sus diferentes áreas. Pero para que un servicio de roaming funcione correctamente se necesitan de cinco puntos importantes; Primordialmente se necesita una base de datos para almacenar la información del cliente (HLR). Segundo una base de datos de número de teléfonos móviles utilizados por cada conmutador de la red. Tercero una red de señalización para la comunicación entre los conmutadores. Cuarto, es necesaria la especificación de las rutas para dirigir los mensajes hacia el destino correspondiente. Y finalmente conexiones públicas que sean de larga distancia para poder entregar la información de las llamadas.
- e) Contar con terminales que se pudieran portar (personales) de baja potencia, es decir las MS.
- f) Variedad en los servicios de red e innovadoras facilidades para el usuario.

A continuación mostraremos algunos de los servicios que ofrece GSM a los abonados:

### **Servicios de portadora o portadores (Bearer Services).**

Estos servicios ofrecen al abonado la capacidad requerida para transmitir señales entre dos o más puntos de acceso. Incluyen:

- Pueden transmitir la información a distintas velocidades, Conmutación Dúplex con la comunicación de los circuitos síncrona y asíncrona.
- Pueden acceder a funciones PAD (Ensamblado y desamblado de paquetes).

- Acceso a redes publicas de datos, por medio del protocolo X.25, servicio de comunicación de paquetes, par comunicación de datos dúplex.
- Se puede transmitir tanto voz y datos en la misma llamada, haciéndolo por medio de un envío alterno.
- Se puede seleccionar el MODEM, selecciona los servicios de audio de 3.1 kHz una ves conectado a la ISDN.
- En la retransmisión se puede hacer la solicitud automáticamente para lograr la mejora en cuanto a la taza de errores.

### Teleservicios.

Ofrecen al abonado la capacidad e comunicarse con otros abonados incluidas todas las funciones de el equipo terminal. En donde encontramos los siguientes sevicios:

- Transmisión de voz tanto en telefonía como enllamadas de emergencia.
- Ofrece servicios de mensajes cortos SMS (short Message service). El cual es un servicio de busca personas integrado que permite a los abonados de GSM enviar y recibir mensajes directamente a la pantalla de otros abonados con un máximo de 160 caracteres.
- Puede manejar los mensajes así como los servicios de almacenamiento.
- Puede el usuario acceder a videotexto, teletexto, y fax móvil ya que con el sistema GSM se pueden enviar y recibir faxes desde cualquier parte donde haya servicios de el sistema .
- Un acceso seguro a las redes corporativas, ya que GSM codifica el enlace aéreo y proporciona seguridad adicional para la confidencia de correo electrónico, fax o archivos.
- Ademas proporciona Internet, ya que como GSM es una red digital, puede proporcionar una conectividad de datos móviles mas popular y sólida del mundo, también puede realizar conexiones con velocidades de transmisión de 9.600 bits por segundo o mas. Por ello con solo una llamad ase puede tener acceso a Internet.

### Servicios suplementarios.

Finalmente el sistema GSM cuenta con otro tipo de servicios, los cuales son denominados suplementarios, los cuales se ofrecen junto con los servicios básicos, entre los cuales encontramos los siguientes:

- Servicio de identificación de números. En el cual se muestra en la pantalla el número y nombre del usuario de donde procede la llamada.
- Ofrecimiento de llamadas. Las llamadas pueden ser transferidas a otro número si es que así lo desea el usuario, ya sea cuando este ocupado o indispuesto el usuario al que se le llama, o simplemente se puede rutear a llamada a otro número cuando la llamada esta en proceso.
- Complemento de llamadas. En este servicio se tiene la conocida llamada en espera, es decir el usuario puede contestar otra llamada entrante mientras el teléfono se encuentra activado con otro llamada, y así dejar un momento en espera la llamada que se encontraba en curso actualmente antes de llegar la segunda llamada..
- Servicio multiusuario. También la permite al usuario unir las dos llamadas para comunicarse simultáneamente con los dos usuarios entrantes o incluso conectarse con tres o cinco usuarios más al instante.
- Servicio de interés comunitario. El abonado de GSM puede junto con otros usuarios del mismo sistema pueden abrir un grupo y restringir a los demás que no pertenezcan a el, mientras que los usuarios del mismo grupo pueden comunicarse entre ellos , pero no con los usuarios que no estén dentro de el grupo.
- Servicios de cobro. Este servicio permite al usuario hacerse cargo de el costo de las llamadas entrantes a tarifas especiales,, además de que el costo será mostrado en el pantalla del teléfono.
- Transferencia adicional de información. Le permite al usuario de un teléfono GSM enviar datos a otra unidad que se encuentre dentro del mismo sistema o dentro de un número ISDN.
- Restricción de llamadas. Con este servicio se puede evitar que salgan llamadas del teléfono , pero no evita que entren, o si lo prefiere el usuario evita que salgan llamadas internacionales pero no locales, pero permite recibir cualquier tipo de llamadas, también permite que si el usuario esta fuera del país de origen pueda hacer llamadas al mismo país pero no a otro distinto aunque si permite la entrada de cualquier llamada o viceversa, también si lo prefiere se puede evitar que entren las llamadas pero no evita que salgan.

### 2.2.13 TECNOLOGÍA BLUETOOTH.

Bluetooth se presenta como una nueva tecnología sobre la cual se pretenden establecer las comisiones inalámbricas la posibilidad de transmitir amplia y confiablemente voz y datos entre diferentes equipos mediante el enlace de frecuencias. Esta nueva tecnología pretende cumplir con los siguientes objetivos:

- Facilitar las comunicaciones entre los equipos móviles y los fijos.
- Eliminar la mayor parte posible de cables y conectores entre estos.
- Posibilitar la creación de redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre nuestros equipos personales.

Grandes empresa mundiales se han dado cita en la fabricación de la tecnología, ya que esta comprende hardware, software y requerimientos de interoperabilidad, por lo que sectores de las telecomunicaciones y la informática, entre algunas empresas se encuentran; "Ereccion, Nokia, Toshiba, IBM, Intel y lagunas más, pero se pretende que posteriormente se incorporen otro tipo de empresas como del ramo de automatización industrial , maquinaria, entretenimiento entre otras, por lo que en un tiempo no muy lejano se presentara la posibilidad de tener una conectividad tanto en la oficina como en el hogar.

Se pretende establecer esta tecnología en los sistemas de tercera generación, por lo que GSM siendo de segunda generación y dando pasos a la tercera generación pudiera contar ampliamente con este servicio, en donde no cabe duda de que se presente esta nueva tecnología es en el sistema UMTS, ya que este pertenecerá abiertamente a los sistemas de tercera generación, por lo que podemos esperar grandes cambios en los sistemas celulares, PCS móviles , PDAs y auriculares, dentro de poco tiempo.

Primordialmente esta nueva tecnología se introdujo en los sistemas de redes para comunicaciones inalámbricas, tanto en negocios en los cuales las personas viajaran demasiado fuera de el país, pero para ello el sistema debe cumplir con ciertas expectativas dentro de el ámbito de las telecomunicaciones entre las cuales encontramos las siguientes:

- El sistema debería de operar en todo el mundo.
- Se pretende el poco consumo de energía en el emisor de radio, puesto que este se integraría en equipos a los cuales se les suministrara la alimentación por medio de baterías.
- Debería de soportar voz y datos, puesto que este servicio ofrecerá aplicaciones multimedia.



Para que este sistema pueda ser cubierto se debe guardar una banda de frecuencias dentro de los rangos que requiere el sistema dentro de los países que deseen obtener servicios dentro de este sistema, para que en cualquier lugar del mundo donde nos encontremos podamos disfrutar de los beneficios de la nueva tecnología.

En los sistemas de transmisión de radio de Bluetooth se utiliza el método de salto de frecuencias, ya que con este método se puede lograr un ahorro en potencia y un bajo costo. El sistema de salto de frecuencias, funciona haciendo una división de frecuencias en varios canales de salto, lo cual hace que las transceptoras durante una conexión vayan cambiando de canal de manera casi aleatoria el sistema es abreviado por sus siglas en inglés "FH". Con tal funcionamiento se logra que el ancho de banda sea relativamente pequeño y una buena cobertura total dentro de el ancho de banda y además se logra casi una inmunidad a las interferencias.

# CAPITULO 3

## UMTS, LA NUEVA TECNOLOGÍA DE 3G



## CAPITULO 3

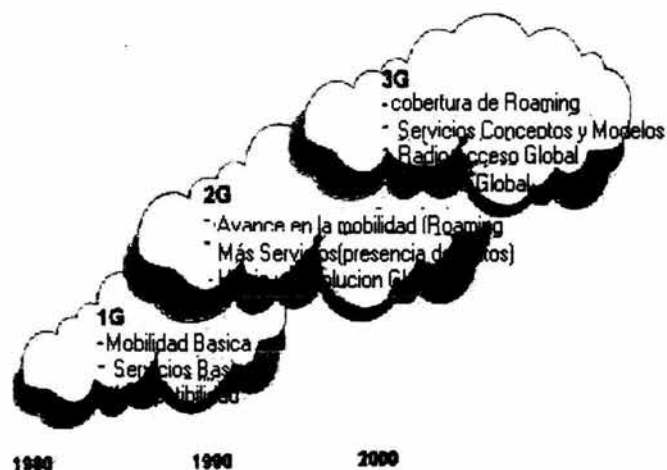
### 3. UMTS, LA NUEVA TECNOLOGÍA DE 3G.

#### 3.1 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS MÓVILES PARA LA 3G.

UMTS, siglas que en inglés hace referencia a los Servicios Universales de Telecomunicaciones Móviles, es miembro de la familia global IMT-2000 del sistema de comunicaciones móviles de "tercera generación" de UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), y lo que se explica más adelante sobre UMTS y los servicios UMTS es igualmente válido para otros miembros de la familia IMT-2000 (norma de telefonía móvil para 3G). UMTS tendrá un papel protagónico en la creación del futuro mercado masivo para las comunicaciones multimedia inalámbricas de alta calidad que alcanzarán a 2000 millones de usuarios en todo el mundo en el año 2010. UMTS es la plataforma de prestaciones móviles preferida para los servicios y aplicaciones con gran contenido del mañana. En los últimos diez años, UMTS ha sido objeto de intensos esfuerzos de investigación y desarrollo en todo el mundo, y cuenta con el apoyo de numerosos e importantes fabricantes y operadores de telecomunicaciones ya que representa una oportunidad única de crear un mercado masivo para el acceso a la Sociedad de la Información de servicios móviles altamente personalizados y de uso fácil.

UMTS busca basarse en y extender las actuales tecnologías móviles, inalámbricas y satelitales proporcionando mayor capacidad, posibilidades de transmisión de datos y una gama de servicios mucho más extensa, usando un innovador programa de acceso radioeléctrico y una red principal mejorada.

#### 3.1.1 SISTEMAS DE 1ª, 2ª, 3ª GENERACION



Hoy día se reconoce ampliamente que tres generaciones diferentes que hasta donde la comunicación móvil es convenida figura A. que La primera generación, 1G, es el nombre para el análogo o semi-análogo del (camino de radio de análogo, pero el cambio digital) de la red móvil estableció a mediados de los años ochenta

Fig.95

como el sistema del Teléfono Móvil Nórdico (NMT) y el Sistema Telefónico Móvil americano (AMPS). Esta red ofreció servicios básicos para el usuario y el énfasis estaba en el discurso relacionado a servicios. 1G red sólo se desarrolló con alcance nacional y muy a menudo los requisitos técnicos principales se estaban de acuerdo entre el operador del Telecom gubernamental y la industria doméstica sin publicación más ancha de la especificación. Debido a la especificación nacional la red 1G sea entre si incompatible y se consideraba que la comunicación móvil era algún tipo de curiosidad y se agregó servicio de valor encima de la red fija por esa ves.

Porque la necesidad para comunicación móvil aumentada, también la necesidad para un sistema de comunicación móvil más global aumentaba. Los grupos de la especificación internacionales empezaron a especificar qué segunda generación, 2G sistema de comunicación que debe aparecer como móvil. El énfasis en 2G estaba en la compatibilidad y la transparencia internacional; el sistema debe ser regional (como el ancho de europa ) o un semi global y el usuario del sistema deben poder accederlo básicamente en cualquier parte dentro de la región. Del punto de vista del usuario terminal, la red 2G ofreció a un "paquete" más atractivo para comprar; además del servicio del discurso tradicional estas redes pudieron proporcionar algunos datos y los servicios suplementarios más sofisticados.

Debido a la naturaleza regional de regularización, el concepto de globalización no tuvo éxito completamente y allí es unos sistemas disponible 2G en el mercado. Fuera de éstos, la historia de éxito comercial es Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM) y sus adaptaciones: ha excedido claramente todas las expectativas pusieron los dos técnicamente y comercialmente.

Se espera que la tercera generación, 3G, complete el proceso de la globalización de comunicación móvil. Hay intereses nacionales y regionales involucrados de nuevo y pueden preverse dificultades. Sin embargo la tendencia es que 3G serán basados principalmente en GSM las soluciones técnicas debido a dos razones: la tecnología de GSM domina el mercado y las grandes inversiones hicieron en GSM debe utilizarse lo mas pronto como sea posible. Basado en esto, los grupos de la especificación crearon una visión sobre cómo la telecomunicación móvil desarrollará dentro de la próxima década. A través de esta visión, algunos requisitos para 3G eran cortos enlistados como sigue:

- El sistema debe especificarse totalmente (como GSM) y deben regularizarse interfaces mayores y deben abrirse. Las característica técnicas generadas deben ser válido en todo el mundo.
- El sistema debe traerle valor agregado claro al GSM en todos los aspectos. Sin embargo, al principio el sistema debe ser hacia atrás por lo menos compatible con GSM y ISDN (Servicios Integrales de la Red Digital).
- Multimedia y todos sus componentes deben apoyarse a lo largo del sistema

El acceso de la radio de los 3G debe proporcionar capacidad del wideband (ancho de banda) sea bastante genérico para volverse disponible en el todo el mundo. El término "wideband" (banda ancha) fue adoptado para reflejar los requisitos de capacidad entre 2G

capacidad del narrowband (banda estrecha) y la capacidad de la banda ancha de los medios de comunicación de comunicaciones fijos.

- Los servicios para los usuarios terminales deben ser independientes de tecnología de acceso de radio y la infraestructura de la red no debe limitar los servicios a ser generados. Es decir, la plataforma de tecnología es un problema y los servicios que usan la plataforma son totalmente otro problema.

Mientras se trabajo 3G en la especificación todavía está siguiendo las tendencias de la telecomunicación mayores tiene cambios, también. El mundo de la telecomunicación tradicional y a ahora la comunicación de los datos separada o los de Internet han empezado a converger rápidamente. Esto ha empezado una cadena de desarrollo, donde se combinan telecomunicación tradicional y tecnologías de IP en el mismo paquete. Esta tendencia común tiene muchos nombres que dependen del punto de vista del portavoz; algunas personas llaman el ot designado este desarrollo la "Sociedad de Información Móvil" o "IP Móvil", algunas otras personas dicen que es "3G Todo el IP" y en algunos contextos comerciales también el nombre "E2E IP" (End to End IP) se usa. De un punto de vista 3G, una balanza llena de aplicación de IP se define como una fase designada del camino de desarrollo 3G.

El sistema 3G está por consiguiente ya en evolución a través de las nuevas fases y recientemente la discusión en 4G ya ha empezado. Ahora mismo puede volverse demasiado temprano predecir donde la evolución 3G acaba y realmente la salida 4G. Más bien este desarrollo del futuro puede pensarse como una cadena de desarrollo continuad donde 3G continuarán presentando a las nuevas maneras para manejar y combinar todos los tipos de datos y movilidad. 4G surgirán entonces como un concepto del sistema más sofisticado que todavía le trae valor más agregado al usuario terminal.

### **3.1.2 ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO PARA 3G.**

El GSM uniforme es normal en países europeos la globalización de comunicación móvil lo ha habilitado. Esto se puso evidente, cuando los japonés 2G Pacífico las Comunicaciones Digitales (PDC) no lo extendió al Este Lejano y la norma de GSM abierta se adoptó en las partes del comandante de los mercados asiáticos y cuando su variante se volvió uno de las alternativas nacionalmente regularizadas para el Sistema de Comunicación Personal americano (PCS) el mercado, también.

Un sistema de comunicación móvil común, global crea naturalmente muchos deseos políticos. En el caso de 3G esto puede verse incluso en la política nombrando del sistema. El término más neutro es tercera generación, 3G. En otra parte los problemas diferentes mundiales se da énfasis a y así el término 3G global y tiene sinónimos regionales. En Europa 3G UMTS se ha vuelto (Sistema de la Telecomunicación Móvil Universal), siguiendo la perspectiva de ETSI. En Japón y el EE.UU. el sistema 3G lleva a menudo el nombre IMT - 2000 (Telefonía 2000 Móvil Internacional). Este nombre viene de la Unión de la Telecomunicación Internacional (ITU) el proyecto de desarrollo. En el EE.UU. el CDMA 2000 es también un aspecto de sistemas celulares 3G y representa la evolución del sistema ES - 95.

Al principio UMTS heredó elementos suficientes y los principios funcionales de GSM y el nuevo desarrollo más considerable se relaciona a la parte de acceso de radio de la red. UMTS trae en el sistema una tecnología de acceso avanzada, a saber los wideband (ancho de banda) tecnología de acceso de la radio. Se lleva a cabo Wideband (banda ancha) radio acceso con Wideband Acceso Múltiple por División de Código a tecnología (WCDMA). WCDMA ha evolucionado de CDMA que como una tecnología probada, se ha usado para los propósitos del ejército y para el narrowband (banda estrecha) de la red celular especialmente en el EE.UU..

La regularización de UMTS se precedió por varios proyectos de investigación de regularización fundados y fue financiado por el EU. Durante los años 1992 - 1995 una RACE MoNet proyectan desarrollo, la técnica del modelado que describe asignación de la función entre el acceso de la radio y partes del centro de la red.

Este tipo de técnica del modelado fue necesitado, por ejemplo para comparar Red Inteligente (EN) y GSM MAP los protocolos como soluciones de direcciones de movilidad. Esto era, además de las discusiones en el banda estrecha vs banda ancha ISDN, uno de los disentimientos principales en MoNet. También la discusión sobre el uso de ATM (Modo del Traslado Asíncrono) y B-ISDN como técnicas de la transmisión fijas se levantó en el extremo del proyecto de MoNet.

Durante los siguientes años 1995 - 1998, actividades de la investigación eran continuadas dentro del proyecto de ACTS FRAMES. Los primeros años se usaron por seleccionar y desarrollar una tecnología de acceso múltiple conveniente y consideran el TDMA principalmente ( Acceso Múltiple por División de Tiempo) contra CDMA (Acceso Múltiple por División de Código). Los fabricantes europeos grandes prefirieron TDMA porque también se usó en GSM. CDMA la tecnología en que baso fue promovida principalmente por industria americana que tenía experiencias con esta tecnología principalmente debido a su utilización temprana en aplicación de la defensa.

ITU tenía un sueño para especificar una tecnología de internase de radio global común por lo menos. Este tipo de trabajo de armonización se hizo bajo la nombre Futuro Público Entre el Sistema de la Telefonía Móvil (FPLMTS) y más tarde IMT - 2000. Debido a muchas actividades paralelas en cuerpos de regularización regionales este esfuerzo se convirtió en promoción de principios arquitectónicos comunes entre la familia de IMT - 2000 sistemas.

Europa y Japón también tenían términos diferentes para desarrollo del sistema 3G. En Europa una necesidad para los datos móviles comerciales reparo con calidad garantizada, por ejemplo el servicio del video móvil, se reconoció ampliamente después de las experiencias tempranas de la narrowband (banda estrecha) de los datos aplicación en GSM. Había una demanda urgente entretanto en el Este lejano (Japón) densamente poblado para frecuencias de la radio adicionales por los servicios de discurso. La cobertura de frecuencia identificadas por ITU en 1992 para el futuro 3G sistema llamado IMT - 2000 se volvieron la solución más obvia a este problema.

En temprano 1998 un empujón mayor fue logrado adelante cuando ETSI TCSMG decidió seleccionar WCDMA como su UMTS radio tecnología. Esto también fue apoyado por el operador japonés más grande NTT DoCoMo . La tecnología de red de centro era de acuerdo ser desarrollada en base a la GSM centro red tecnología Durante 1998 los ETSI europeos y los cuerpos de regularización japoneses al mismo tiempo (TCC y ARIB) una codicia para hacer una norma de UMTS común. Después de este acuerdo, la 3GPP organización se estableció (figura B) y determina se empezó regularización de UMTS el mundo ancho.

Del punto de vista de UMTS, la 3GPP organización es un tipo de "Umbrella" (paraguas) que apunta para formar norma compuesta teniendo en cuenta presiones políticas, industriales y comerciales que vienen de los cuerpos de la especificación locales:

- ETSI (Instituto de Norma de Telecomunicación europeo) / Europa
- ARIB (Asociación de Industrias de la Radio y Negocio) / Japón
- CWTS (China la Telecomunicación Inalámbrica el grupo Normal) / China
- T1 (regularización Comité T1 - las Telecomunicaciones) / EE.UU.
- Asociación de Tecnología de telecomunicación (TTA) / Corea
- Comité de Tecnología de telecomunicaciones (TCC) / Japón

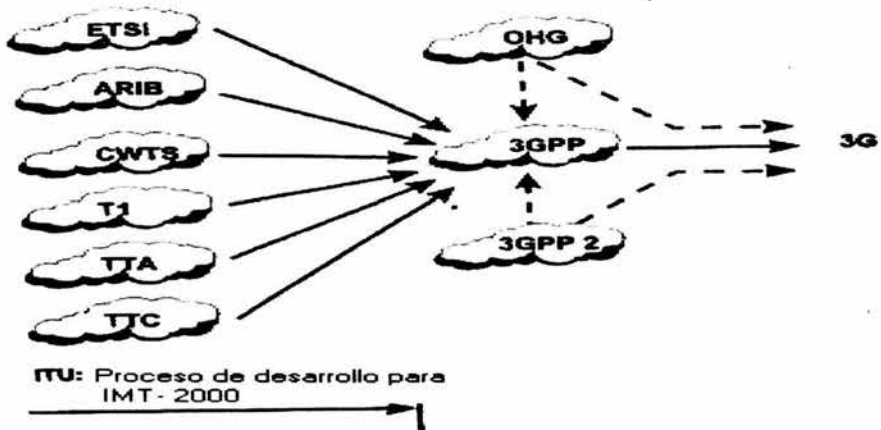


Fig.96

Como esta es una tarea muy difícil, una organización independiente llamada OHG (Operador Grupo de Harmonización) se estableció los 3GPP relativamente poco después. La tarea principal para 3GPP es definir y mantener las especificaciones de UMTS y el papel de OHG es buscar soluciones de compromiso también para esos artículos que los 3GPP no pueden manejar internamente. Este garantías del arreglo que 3GPP's trabajo procederá en horario.

Para asegurar que el punto de vista americano será tomada en cuenta un Tercer Proyecto de Sociedad de Generación apartado Número 2 (3GPP - 2) se fundó y esta

organización realiza las características técnicas trabajadas del IS - 95 base de tecnología de radio.

La meta común para 3GPP, ISG y 3GPP - 2 son las especificaciones creadas según las que un sistema celular global que tiene acceso de radio de cobertura ancha, podría llevarse a cabo. Resumiendo, había que eran tres acercamientos diferentes hacia el sistema celular global, 3G. Estos acercamientos y sus ladrillos son, en un nivel áspero, presentado en la tabla siguiente.

Variante	Acceso de la Radio	Switching	2G base
3G (US)	WCDMA, EDGE, CDMA2000	IS - 41	IS - 95, GSM1900, TDMA
3G (Europa)	WCDMA, GSM, EDGE	Avance GSM NSS y Centro del paquete	GSM900/1800
3G (Japón)	WCDMA	Avance GSM NSS y Centro del paquete	PDC

### 3.1.3 ARQUITECTURA DE LA ESTRUCTURA DE LA RED

La idea principal detrás de 3G es preparar una infraestructura universal capaz de llevar existiendo y también los servicios futuros. La infraestructura debe diseñarse para que la tecnología cambie y la evolución puede adaptarse para conectar una red de computadoras sin causar incertidumbres a los servicios existiendo que usan la estructura de la red existiendo. La separación de tecnología de acceso, tecnología de transporte, la tecnología de servicio (mando de conexión) y la aplicación del usuario que nosotros podemos manejar este es un requisito muy exigente.

#### MODELO CONCEPTUAL DE LA RED

De lo antes dicho la red desde el punto de vista ejemplar conceptual, la arquitectura de la red entera puede ser dividida en subsistemas basados en la naturaleza de tráfico, estructuras de los protocolos, así como los elementos físicos. Hasta donde la naturaleza de tráfico está interesada, la red 3G consiste en dos dominios principales, el cambio de paquete (PS) y el cambio de circuito (CS) los dominios. Según la 3GPP especificación TR 21.905 un dominio se refiere al grupo nivelado más alto de entidades físicas y las interfaces definidas (punto de la referencia) entre los tales dominios. Las interfaces y sus definiciones describen exactamente cómo los dominios comunican entre sí. De la estructura protocolar y su punto de vista de responsabilidad, la red 3G puede ser dividida en dos estratos: acceder al estrato y no el estrato de acceso. El estrato se refiere a la manera de protocolos de la agrupación relacionada a un aspecto de los servicios proporcionado por uno o varios dominios.

Así, el estrato de acceso contiene los protocolos que manejan actividades entre el Equipo del Usuario (UE) y red de acceso. El no el estrato de acceso contiene protocolos que manejan actividades entre el UE y Red del Centro (CS / PS dominio), respectivamente.



La parte de figura C que se llama "Red de la Casa"(network Home), mantiene suscripción estática y información de seguridad. La red funcional es la parte de la red del centro + dominio que proporciona la red del centro funciona localmente al usuario. La red del tránsito es la parte de red de centro localizada en el camino de comunicación entre la red funcional y la parte remota. Si, para una llamada dada, la parte remota se localiza dentro de la misma red como el UE originando, entonces ningún caso particular de la red del tránsito se necesita.

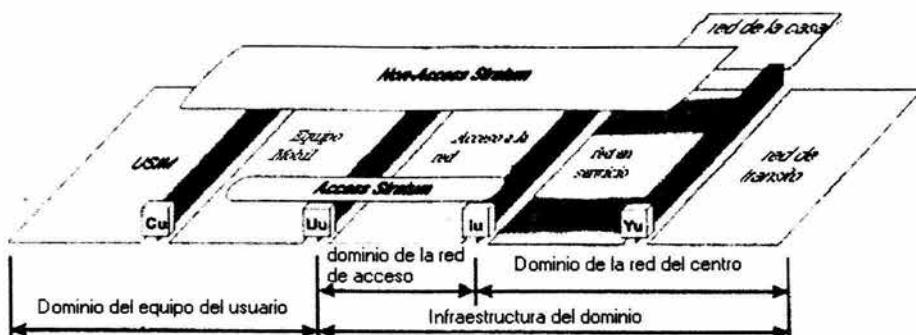


Fig.97

## ARQUITECTURA DE LA RED ESTRUCTURAL.

En UMTS la tecnología de GSM tiene un papel notable como fondo y realmente UMTS apunta para rehusar cada cosa que es razón capaz. Por ejemplo, algunos procedimientos usaron dentro del el no estrato de acceso , en principio, el rehúso de GSM pero naturalmente con modificaciones requeridas. El término 3G de la red se llama UE y contiene dos partes separadas, el Equipo Móvil (ME) y UMTS Servicio Identidad del Módulo (USIM).

El nuevo sistema que controla el acceso de radio de cobertura ancha tiene nombres diferentes y depende del tipo de tecnología del uso de la radio . Los términos generales son Red de Acceso a la Radio (RAN). Si hablando sobre todo de UMTS con WCDMA radio acceso, el nombre UTRAN o UTRA se usa. El otro tipo de RAN incluido en UMTS es GERAN. GERAN y sus definiciones no son parte de 3GPP R99 aunque ellos están llamado las posibles alternativas de acceso de radio que pueden utilizarse en el futuro. La especificación de GERAN y su armonización con UTRAN es uno de los temas en 3GPP R4 y 3GPP R5.

El UTRAN es dividido en los Subsistemas de Red de Radio (RNS). Un RNS consiste en un juego de elementos de la radio y sus controles correspondientes en el elemento. En UTRAN el elemento de la radio es Nodo B, llamado la Estación de la Base (BS). Y controlando elemento es Director de Red de Radio (RNC). Los RNS se conectan a nosotros encima de la red de acceso la interfase interior Iur.

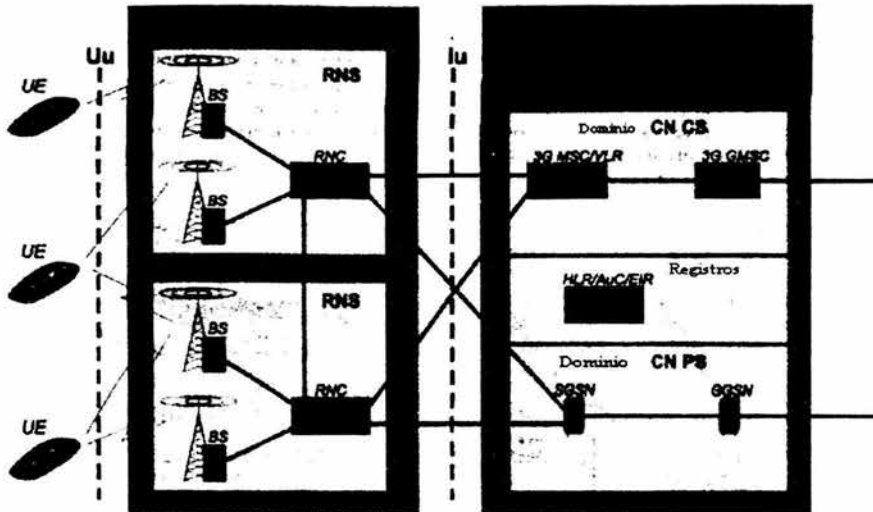


Fig.98

La Red de termino del Centro (CN) cubre todos los elementos de la red necesitados por cambiar y mando del subscriber. En fases tempranas de parte de UMTS de estos elementos se heredan directamente de GSM y ellos se modifican para la parte de UMTS. Después, cuando transporta la tecnología cambia, la red del centro que la estructura interior cambiará notablemente, también. El término CN Cambio de Circuito (CS) y el paquete de Cambió (PS). También se presentan las interfaces abiertas mayores de UMTS en figura 98. Entre el UE y UTRAN las interfaces abiertas es Uu que en UMTS se comprende físicamente con tecnología de WCDMA.

### ARQUITECTURA DE DIRECCIÓN DE LOS RECURSO.

La red elemento céntrico arquitectura describió sobre el resultado de la descomposición funcional y la línea de responsabilidades entre el dominio mayor y finalmente entre los elementos de la red, figura que 99 ilustra que esto se extiende de funcionalidades mayores que son.

- ✓ Comunicación Dirección (CM)
- ✓ Movilidad Dirección (MM)
- ✓ Radio Recurso Dirección (RRM)

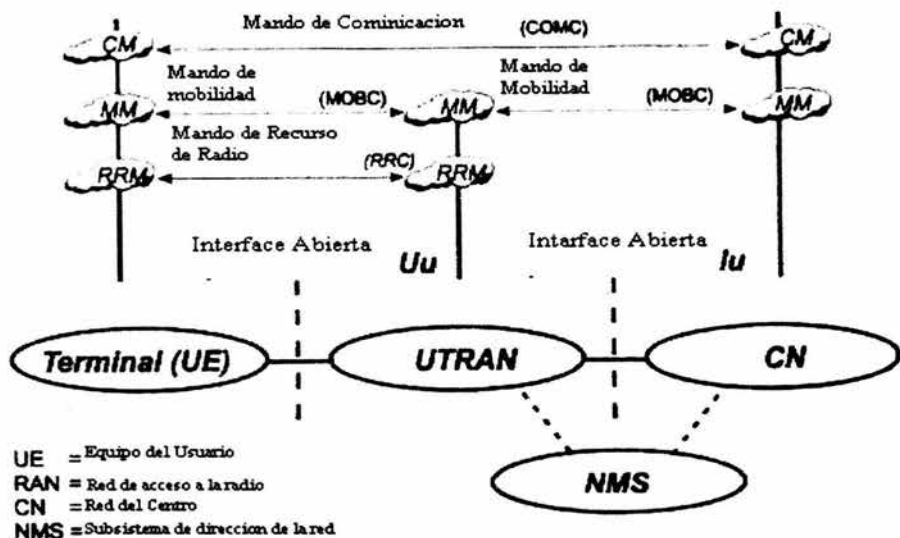


Fig.99

CM cubre todas las funciones y procedimientos relacionados a la dirección de conexiones del usuario. CM es dividido en algunas áreas substitutas para que manejar el cambio de circuito y conexiones, la dirección de la sesión para el cambio de paquete y conexiones, así como manejo de servicios suplementarios y el servicio de mensaje corto.

El MM cubre todas la función y procedimientos necesitados para la movilidad y seguridad, por ejemplo, los procedimientos de seguridad de conexión y procedimientos de actualización. La mayoría de los procedimientos del MM ocurre dentro de la red del centro y sus elementos pero en la 3G parte de la función del MM también se realiza en UTRAN para el paquete de cambió y conexión.

RRM es una colección de algoritmos que UTRAN usa para la dirección de recursos de la radio. Estos algoritmos manejan, por ejemplo, mando de poder para las conexiones de la radio, tipos diferentes de handovers, carga del sistema y mando de admisión.

## UMTS SERVICIO Y ARQUITECTURA DEL PORTADOR

En ambos 1G y 2G la aplicación de tecnología y sus detalles eran problemas como tal. En 3G la tecnología es importante pero la opinión común es que en la red 3G es más una "red de servicio" que una red celular llana. En otras palabras, 1G y 2G estaban tecnológicamente limitada esto les permite a los usuarios finales usar un juego limitado de tecnología de los servicios específicos. En 3G la tecnología no debe ser la limitación. Este tipo de acercamiento es parcialmente comercial y, en cierto modo, consigue el pensamiento del operador.

Porque una red 3G será en conjunto, una misma infraestructura compleja, hay dos problemas que están por todas partes presente en la red y deben manejarse cuidadosamente. Éstas son dirección de la red y seguridad. Del punto de vista de arquitectura de servicio, una red 3G y sus elementos de conformación pueden ser divididos en cuatro capas diferentes. La primera capa en siendo la base de todos es transmisión física. Los nodos que usan forma de la transmisión física su propia capa, elementos de la red. La tercera capa contiene los elementos y funcionalidades que forman el ambiente donde se crean los servicios para el usuario final.

Puesto que los servicios sofisticados requieren volúmenes, la provisión satisfecha está separada en su propia capa encima de la pila. Se declara a menudo que las capas más bajas, requiere las más grandes inversiones y en las capas más altas las inversiones no están jugando el papel mayor. Más bien puede decirse que cada capa en este modelo genera costos y rédito pero aquellos son diferentes en naturaleza. Los dos principios del partidario pueden aplicarse a esta cuatro pila de la capa:

- Regla A: la situación más baja que la capa tiene, el más grande es la inversión en elementos de la red. En otras palabras, la transmisión y elementos de la red forman el costo más grande en la red 3G. La generación del rédito depende de la configuración de la red y fondos.
- Regla B: La situación más alta que la capa tiene, el más grande es la inversión en personas y ideas.

Al mover a las capas más altas, la pura tecnología no es un problema como a tal; más personas que tienen las ideas buenas y una comprensión de conducta humana son el centro los principios comerciales aquí. En otras palabras, la tecnología forma una plataforma donde las ideas buenas tienen la posibilidad de convertirse en servicios exitosos para los usuarios finales.

El nivel de acceso y la seguridad de la red interior en UMTS, es asegurada utilizando mecanismo muy sofisticado y los algoritmos eficaces. En este respeto la red de UMTS está más segura que la red de GSM. El modelo comercial abierto que apoya tercer involucrimiento de la parte trae el aspecto de extremo a la seguridad del extremo, sin embargo, no en el alcance de las especificaciones 3GPP, aunque los riesgos potenciales involucrados se reconoce.

La estructura se presenta en la figura 100 que es un modelo de arquitectura de red del portador y punto de vista de QoS. Desde que el QoS es uno de los problemas más importantes en UMTS.

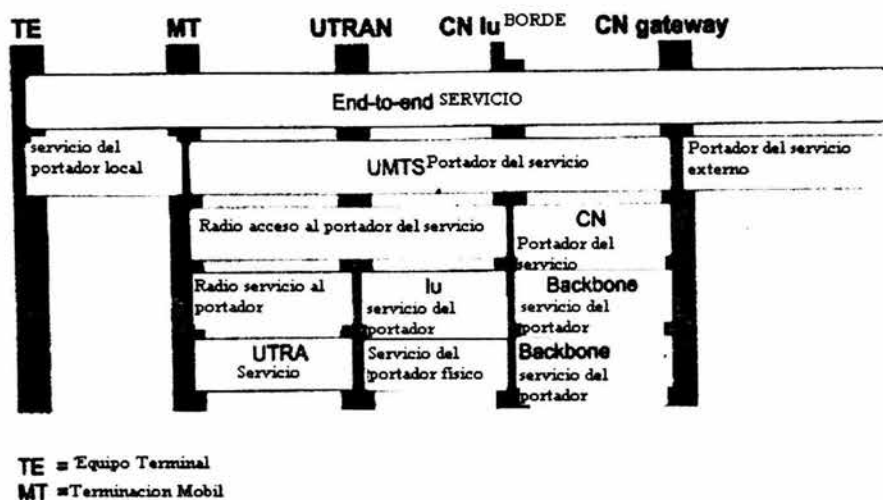


Fig.100

### 3.1.4 EVOLUCIÓN DE GSM A UMTS

La evolución es uno de los términos más comunes usado en el contexto de UMTS. Generalmente se entiende para significar la evolución técnica, i.e cómo y qué tipo de equipo y en que orden ellos compran a la red existiendo cualquiera. Esto es en parte verdad pero para entender el impacto de la evolución, un contexto más ancho necesita ser examinado en el orden. La evolución como un contexto nivelado alto no sólo cubre la evolución técnica de elementos de la red sino también las expansiones para conectar una red de computadoras arquitectura y servicios. Cuando estos tres tipos de la evolución van de la mano de 2G a 3G tendrán éxito y generarán rédito.



Fig.101

La evolución técnica significa el camino de desarrollo de cómo conecta una red de computadoras, se llevarán a cabo elementos y con la tecnología. Éste es un desarrollo muy sincero y sigue en general tendencias de desarrollo de tecnología comunes, estrictamente. Porque los elementos de la red juntos la forma, la red evolucionará de acuerdo con, la teoría.

En esta fase uno debe tener presente que una red es tan fuerte como su elemento más débil y simples a las interfaces abiertas definió en las especificaciones muchas redes son combinaciones de equipo proporcionadas por muchos vendedores. La evolución técnica puede proceder sin embargo con pasos diferentes en asociación con el equipo de vendedor diferente y cuando se adaptan cambios de tipo de evolución entre varios equipo de los vendedores el resultado no pueden ser tan bueno como se esperó.

La evolución de servicio no es semejante problema. Es basado en demandas generadas por los usuarios finales y estas demandas podría ser reales o imaginarias; los operadores de la red en algunos momentos y fabricantes de equipo ofrecen de manera los servicios más allá de las expectativas del subcriptor. Si la necesidad de los usuarios y la gama de servicio de operadores, pueden esperarse dificultades con negocio celular. La idea principal detrás de las especificaciones de GSM era definir algunas interfases que determina los componentes regularizados del sistema de GSM.

Debido a esta franqueza de la interfase, el operador que mantiene la red, puede obtener componentes diferentes de la red de GSM diferente conexión a una red de computadoras a los proveedores. También, cuando una interfase está abierta que define estrictamente cómo las funciones del sistema están procediendo a la internase y esto determina a su vez qué funciones que puedan ser llevado a cabo internamente por los elementos de la red en ambos lados de las interfaces.

Como era experiencia al operar la red móvil análoga, la mucha carga generada de la inteligencia centralizada en el sistema, que disminuye la actuación del sistema global así. Eso es por qué la especificación de GSM en principio proporcionan los medios para

distribuir inteligencia a través de la red. El antedicho las interfaces se define en los lugares donde su aplicación en ambos natural y técnicamente razonable.

Del punto de vista de la red GSM, esto descentralizó inteligencia es llevado a cabo dividiendo la red entera en cuatro subsistemas separados que son subsistema de la red (NSS), Subsistema de Estación de Base (BSS), Subsistema de Dirección de red (NMS) y la Estación Móvil (MS).

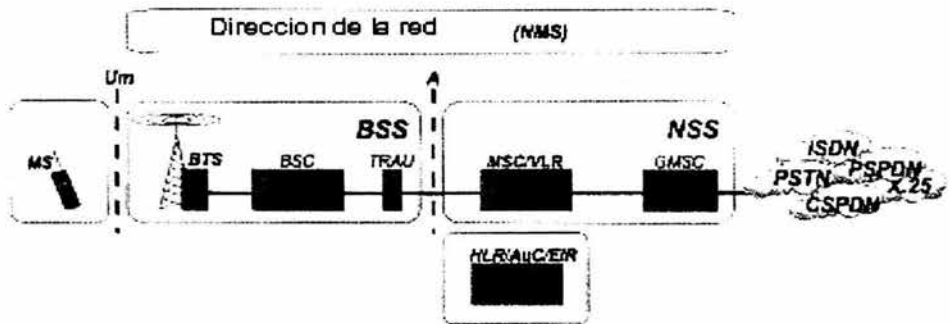


Fig.102

La red real necesitada por la llamada para establecer, está compuesta del NSS, el BSS y el MS. El BSS es una parte de la red responsable para el mando de camino de radio. Cada llamada se conecta a través del BSS. El NSS es una parte de la red que cuida de funciones de mando de llamada. Cada llamada siempre se conecta por y a través del NSS. El NMS es el funcionamiento y el mantenimiento relacionado, parte de la red. También se necesita para el mando de la red entero.

El operador de la red observa y mantiene la calidad y servicios de la misma a través del NMS. Se localizan las interfaces abiertas en este concepto entre el MS y BSS ( $U_m$  unen) y entre el BSS y NSS (UNA interfase). La interfase entre el NMS y esto es por qué cada fabricante lleva a cabo interfaces de NMS con los métodos del propietario. El MS es una combinación de equipo terminal y el módulo de identidad de servicio de un subcriptor. El equipo terminal como tal se llama Equipo Móvil (ME) y el datos del subcriptor se guarda en un módulo separado llamado el Módulo de Identidad de Servicio (SIM). De, ME

+ SIM =MS. La estación base controladora (BSC) es el elemento de la red central del BSS y controla la red de la radio.

Esto significa que las funciones siguientes son las áreas de responsabilidad principales de BSC: conexiones de la radio manteniendo hacia los MS y las conexiones terrestres hacia el NSS. La Estación base del Transreceptor (BTS) es un elemento de la red que mantiene la interfase en el aire (Um interfase). cuida de señalización de la interfase aérea y cifra y proceso del discurso. En este contexto, discurso que procesa medios todos los métodos BTS realiza para garantizar conexión libre a un error entre el MS y el BTS. El Transcodificador, codifica y la Tasa Unidad de Adaptación (TRAU) es un elemento de BSS que cuida de transcodificador del discurso, es decir es capaz de convertir discurso de un formato codificando digital a otro y viceversa.

Los Servicios Móviles que Cambian el Centro (MSC) es el elemento principal del NSS del punto de vista de mando de llamada. MSC es responsable para el mando de la llamada, BSS controlan funciones, de trabajo interno cobrando, estadísticas y interfase señalando hacia BSS y uniendo con la red externa (el datos de PSTN/ ISDN/ paquete conecta una red de computadoras).

Funcionalmente el MSC es hendido en dos partes, aunque estas partes pudieran estar en el mismo hardware. El MSC/ VLR sirviendo es el elemento que mantiene las conexiones de BSS, dirección de movilidad y trabajo interno. La entrada MSC (GMSC) es el elemento que participa en dirección de movilidad, dirección de comunicación y conexiones a las otras redes. El Registro de Situación de Casa (HLR) es el lugar donde toda la información del subscriber se guarda permanentemente.

El HLR también mantiene una situación conocida, fija el subscriber la información de la asignación de ruta específica. Las funciones principales del HLR son datos del subscriber y manejo de servicio, estadísticas y dirección de movilidad. El Registro de Situación de Visitante (VLR) mantiene una tienda local todas las variables y funciones necesita manejar llamadas a y de los subscribers móviles en el área relacionada al VLR. Subscriber los restos de información relacionados en el VLR con tal de que el subscriber móvil visite el área. Las funciones principales del VLR son los datos del subscriber y servicios que manejan y dirección de movilidad.



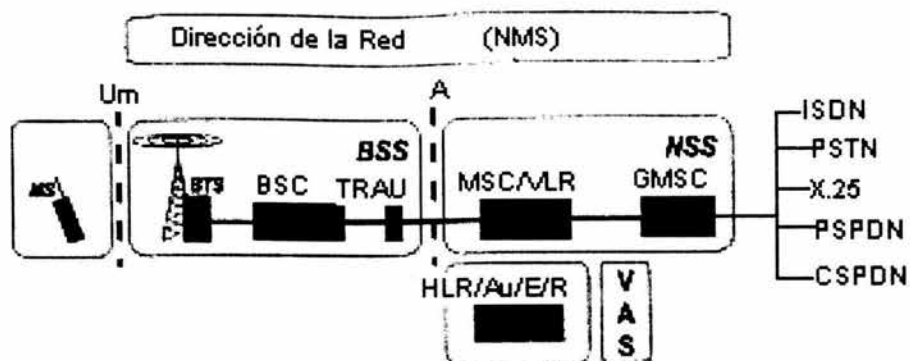


Fig.103

El Centro de la Autenticación (AuC) y Registro de Identidad de Equipo (EIR) es NSS conectan una red de computadoras elementos que cuidan la seguridad relacionada en problemas. El AuC mantiene identidad del subscriptor la información de seguridad relacionada junto con el VLR. El EIR mantiene identidad de equipo móvil (hardware) la información de seguridad relacionada junto con el VLR.

Al pensar que en los servicios, la diferencia más notable entre 1G y 2G es la presencia de la posibilidad de traslado de datos; GSM básico ofrece 9.6kb/s conexión de los datos simétricos entre la red y el término. La gama de servicio del GSM básico se adopta directamente de banda estrecha ISDN (N - ISDN) y entonces se modificó para ser conveniente para los propósitos de la red móviles. Esta idea es visible a lo largo de la aplicación de GSM; por ejemplo, se adaptan muchos flujos del mensaje y interfase manejando las copias de N correspondiente - los procedimientos de ISDN.

El paso muy natural para desarrollar el GSM básico era agregar nodos de servicio y centros de servicio encima de la infraestructura de la red existente. Las especificaciones de GSM definen algunas interfaces para este propósito, pero la aplicación interior del servicio central y los nodos son el Valor Agregado al Servicio (VAS). Las Plataformas y los términos describen bastante bien el punto principal de agregar estos equipo a la red.

La plataforma de VAS mínima contiene dos pedazo de equipo típicamente; Centro de Servicio de Mensaje corto (SMSC) y Sistema de Correo de Voz (VMS). hablando de la plataforma del equipo VAS, Técnicamente es relativamente simple y quiso proporcionar un cierto tipo de servicio. Ellos usan interfase normal hacia la red de GSM y pueden o no puede tener interfaces externas hacia otra red.

Del punto de vista de evolución de servicios, VAS es el primer paso en rédito generador con servicios y entallándolos parcialmente. El gran sucesor en este sentido ha

sido el SMS que fue planeado ser originalmente un pequeño agregado en el sistema de GSM. Hoy día se ha puesto sumamente popular entre los subscriptores de GSM. Se piensan básicamente que GSM básico y VAS produzcan "los servicios de masa para las personas de masa" pero deuda a requisitos levantados de los usuarios terminales, se requieren un tipos más individuales de servicios. Para hacer este posible, la Red Inteligente (IN) el concepto (figura 4) se integró junto con la red de GSM.

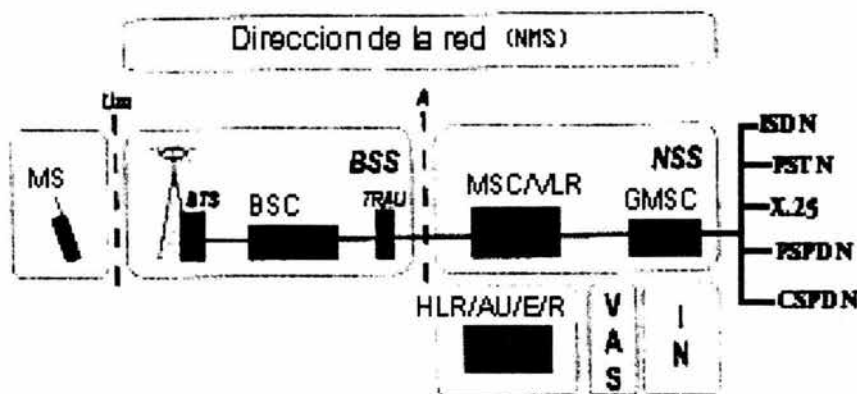


Fig.104

Técnicamente esto significa cambios mayores en los elementos de la red para agregar el IN funcional y, además, el IN plataforma él una entidad relativamente compleja está. IN permite a la evolución de servicio tomar pasos grandes hacia individualidad y también con IN el operador puede realizar negocio más seguro, por ejemplo, por las suscripciones pre - pagadas es principalmente llevado a cabo con IN tecnología.

Al principio, el subscriptor de GSM ha usado que el 9.6kb/s circuito de cambió "pipe" simétrica para el traslado de los datos.

Debido al Internet y el mensaje electrónico las presiones para los datos móviles de transferencia ha aumentado mucho y este desarrollo quizá se infravaloró en el momento cuando el sistema de GSM fue especificado. Para aliviar esta situación, se han introducido un par de perfeccionamientos. Primeramente, el cauce codificando se perfecciona. Haciendo este la proporción del pedazo eficaz ha aumentado de 9.6kb/s hasta = 14 kb/s.

Segundo, poner más datos a través de la interfase aérea, que algunos trafican que pueden usarse cauces en lugar de uno. Este arreglo se llama el Circuito de Velocidad Alto Cambió Datos (HSCSD) (figura5).

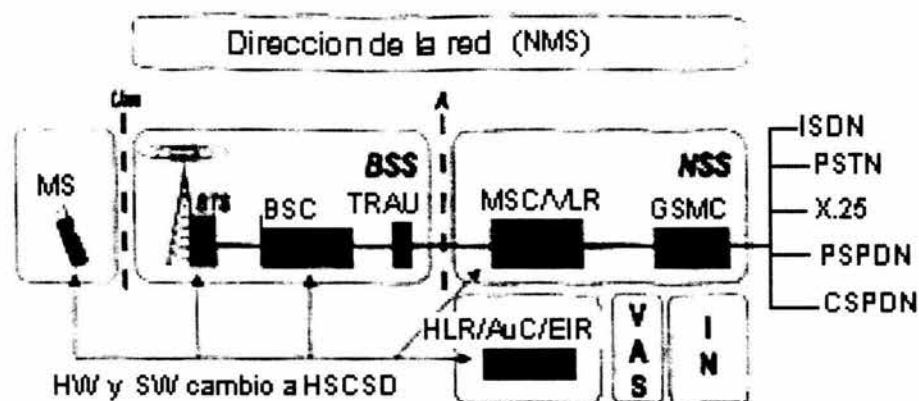


Fig.105

En un ambiente óptimo un usuario de HSCSD puede alcanzar los datos de transferencia con 40 - 50 proporciones de datos de kb/s. Técnicamente esto las soluciones son bastante sinceras pero desgraciadamente gasta los recursos y algún usuario terminal no pueden estar contentos con la política precizando de esta facilidad; los usaron de HSCSD dependen muchísimo del precio el juego de los operadores para su uso. Otro problema es el hecho que la mayoría del tráfico de los datos es asimétrico en naturaleza, es decir típicamente una proporción de los datos muy baja se usa del término para conectar una red de computadoras dirección (uplink) y se usan proporciones de los datos más altas en la dirección opuesta (downlink).

El circuito cambió que la interfase de Um simétrica no es posible tener los medios de comunicación de acceso más buenos para las conexiones de los datos. Al también tener en cuenta que la gran mayoría del tráfico de los datos es paquete de cambió en naturaleza, algo más tenido ser hecho en orden a "versión revisada" los GSM conectan una red de computadoras para hacerlo más conveniente para el traslado de los datos más eficaz.

La manera de hacer este **Paquete General de Radio Servicio (GPRS)** (figura 106). GPRS requiere nodos de servicio específicos a dos red móvil adicional: GPRS Apoyo Nodo sirviendo (SGSN) y Entrada el Apoyo de GPRS Nodo (GGSN). usando estos nodos el MS puede formar un paquete cambiado conexión a través de la red de GSM a un datos del paquete externos conecte una red de computadoras (el Internet). GPRS tiene la posibilidad de usar conexiones asimétricas cuando sea requerido y así los recursos de la red se utilizan mejor. GPRS es un paso que le trae movilidad de IP y el Internet más cerca al subscriber

celular pero no es una IP movilidad una solución completa. Del punto de vista de servicio, GPRS empieza un camino de desarrollo donde el circuito más tradicional de cambió se convierten en servicios para ser usado encima de GPRS porque reparar aquellos era originalmente más conveniente para el paquete de cambió y conexiones. Un ejemplo de esto es Protocolo de la Aplicación Inalámbrico (WAP), el potencial de que fue descubierto al usar GPRS. Cuando el paquete cambió se usan conexiones, la Calidad de Servicio (QoS) es un problema muy esencial. En principio el GPRS apoya el concepto de QoS pero en practica no hace. La razón aquí es que el tráfico de GPRS siempre es segundo tráfico de prioridad en la red de GSM: usa recursos sin usar por otra parte en la interfase de Um.

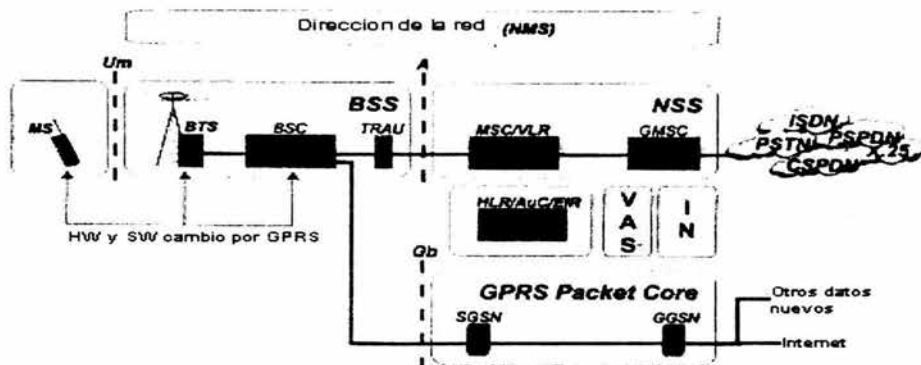


Fig.106

Porque la cantidad de recursos sin usar no se conoce exactamente de antemano, nadie puede garantizar un cierto ancho de banda continuamente y así para el GPRS que el QoS no puede garantizarse a cualquiera.

Aplicando una completamente nueva internase de aire y modulación técnica, la tecla mayúscula de la Fase Octagonal (8 - PSK), donde un símbolo de la internase aéreo lleva una combinación de tres pedazos de información, la proporción del pedazo en la interfase aérea puede ser notablemente aumento. Cuando esto se combina junto con cauce muy sofisticado que codifica técnicamente, uno puede lograr una proporción del datos de 48kb/s comparada a GSM convencional que puede llevar 9.6kb/s por el cauce y un pedazo de información es un símbolo en la internase aérea. Estos perfeccionamientos técnicos se llaman Proporciones de los Datos Reforzadas para la Evolución de /GSM Global (EDGE) (figura 107).

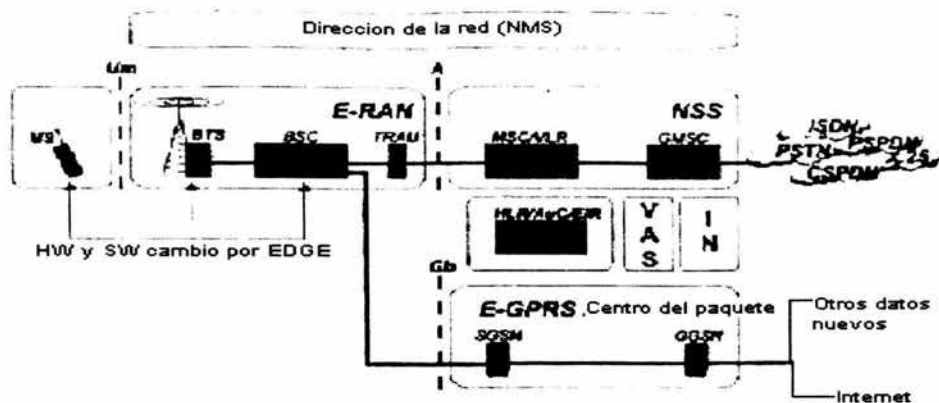


Fig.107

El desarrollo del concepto del EDGE es dividido en dos fase, EDGE fase 1 y EDGE fase 2. el EDGE fase 1 también es conocida como E - GPRS (Reforzado GPRS). También el BSS se renombra como E - RAN (EDGE Radio Acceso a la Red). el EDGE fase 1 define cauce que codifica y método de la modulación que habilita a 348 datos del kb/s de tasa para el paquete de cambió y tráfico bajo ciertas condiciones.

El asunto aquí es ese un término de GPRS consigue ocho interfases de aire tiempo hendaduras para una conexiones, así  $8 \times 48 \text{ kb/s} = 384 \text{ kb/s}$ . además, el término del EDGE debe estar cerca del BTS para usar un cauce más alto que codifica proporción. EDGE fase 2 contiene pautas adelante cómo esta misma velocidad se logra para el circuito de cambió y servicios. EDGE fase 2 también es comercialmente como E - HSCSD. De un punto de vista de evolución de la red, EDGE en general tiene sus profesionales y hace trampas. Un punto bueno es las proporciones de los datos logradadas; éstos son casi iguales a UMTS los requisitos del fondos urbanos. La desventaja con EDGE es que las proporciones de los datos que ofrecen no está necesariamente disponible a lo largo de la célula. Si el EDGE será ofrecido con fondos completo, la cantidad de células aumentará notablemente. En otras palabras, el EDGE puede ser soluciones caras en algunos casos. El futuro de EDGE todavía es ser desde que tiene que competir con la verdadera solución 3G. Figura 108 que representan un guión cómo una red 3G que se lleva a cabo según 3GPP R99 especificaciones. 3G introducen el nuevo método de acceso de radio, WCDMA. WCDMA y sus variantes son globales, de toda la red 3G debe poder aceptar acceso por cualquier 3G subscriber de la red. Además de la globalidad, WCDMA se ha estudiado completamente en premisas del laboratorio y se ha comprendido que tiene eficacia espectral mejor que TDMA (en ciertas condiciones) y es más conveniente para el traslado del paquete que TDMA el acceso de la radio base, WCDMA y materiales de acceso de radio como a tal no es compatible con equipo de GSM, y esto es por qué agregando el WCDMA a la red uno deben agregar nuevo elemento: Director de Red de radio (RNC) y la Estación Base (BS).



regularización (1996 - 1998) discutió mucho si para usar ATM en la red o no. La conclusión final era usar ATM debido a dos razones:

- El ATM célula tamaño y sus payload son relativamente pequeños. La ventaja aquí es que la necesidad de buffering de mucha infamación, los retrasos esperados aumentarán la carga estática fácilmente y también en el equipo del buffering aumentará. Uno debe tener presente que el buffering y así generó los retrasos tienen un impacto negativo en los requisitos de QoS de tráfico de tiempo real.
- La otra alternativa, IP y su versión IPv4 tiene algunos inconvenientes serios y está limitado en su espacio dirigiéndose y QoS perdido. Por otro lado, ATM y su bit rate de las clases con requisitos de QoS. Esto lleva a la conclusión que donde se combinan ATM y IP (para tráfico del paquete), IP se usa encima de ATM. Esta solución combina el punto bueno de ambos protocolos: IP califica las conexiones con las otras redes y ATM cuida de la calidad de conexión y también derrotando. Debido a IPv4 inconvenientes un compromiso se ha hecho. Ciertos elementos del uso de la red arreglados IPv4 tipos de direcciones pero el tráfico del usuario terminal real usan asignado IPv6 direcciones que son válido dentro de la red 3G dinámicamente. Para adaptar la red 3G a las otras redes en este caso, la 3G IP backbone de la red debe contener una IPv4↔IPv6 facilidad de conversión de dirección, porque la red externa necesariamente no puede apoyar IPv6.

Los nodos de red de centro se evolucionan técnicamente, también. Los CS dominio elementos pueden manejar a ambos 2G y 3G subscriptores. Esto requiere cambios en MSC / VLR y HLR / CA /EIR. por ejemplo, los mecanismos de seguridad durante el arreglo de conexión son diferentes en 2G y 3G y ahora estos CS dominio elementos deben poder manejar los dos de ellos. El dominio de PS realmente es un sistema de GPRS evolucionado. Aunque los nombres de los elementos aquí son igual que en 2G, su funcionalidad no está. Los cambios más notables involucran el SGSN cuya funcionalidad es muy diferente de eso en 2G. en 2G el SGSN es principalmente responsable para las actividades de Dirección de movilidad para una conexión del paquete. En 3G, la entidad de Dirección de Movilidad es dividido entre el RNC y SGSN. Esto significa que cada cambio de la célula que el subscriptor hace en UTRAN no es necesario visible al dominio de PS, excepto RNC maneja estas situaciones.

La 3G red llevó a cabo según 3GPP R99 ofertas los mismos servicios como eso de GSMPhase 2 + esto es, todos los mismos servicios suplementarios están disponibles, los teleservicios y servicios del portador tienen aplicación diferente pero esto no es visible al subscriptor; una llamada del discurso todavía es una llamada del discurso, no importa si se hace a través de un cauce de tráfico (GSM) o usando el ancho de banda de 3G. Además de GSM, la red 3G en esta fase no puede ofrecer algunos otros servicios disponible en GSM, por ejemplo, que la llamada de video podría ser uno de aquellos. en esta fase la mayoría de servicios se mueve / transfiere / convierte al dominio de PS siempre que razonable y aplicable. WAP es uno de esos candidatos, porque la naturaleza de la información se transfiere en WAP es paquete cambiante. El dominio de PS se toma en el uso eficaz y una rama de servicio que contienen una variedad de servicios diferentes será situación basada reparado utilizando los mecanismos de situación de subscriptor construidos en la red 3G.

El paso de desarrollo después de las 3GPP R99 es algunos de los inciertos en el nivel de detalle, pero algunas tendencias del comandante son visibles. Las tendencias principales en los pasos de desarrollo siguientes son separación de conexión, su mando y servicios y, al mismo tiempo, la conversión de la red para ser completamente IP.

Del punto de vista de evolución de servicios, éstos que los pasos de desarrollo también reconocen que ese servicios de la multimedia deben ser proporcionados por la propia red 3G. La multimedia significa un servicio donde por lo menos se combinan dos componentes de los medios de comunicación, por ejemplo, voz y video. Estas tendencias son problemas grandes como a tal y esto es por qué ellos se llevan a cabo en fases, la fase de los objetos que es 3GPP R4. La aplicación 3GPP R4 introduce separación de conexión, su mando y servicios para el CN el dominio de CS. En el CN el dominio de CS el flujo de datos de usuario real pasa por las Entradas de los Medios de comunicación (MGW), que son elementos manteniendo la conexión y realizando cambiando función cuando se requiere. El proceso entero es controlado por un elemento separado evolucionado de MSC / VLR llamado servidor de MSC.

Un servidor de MSC puede manejar numeroso MGW y así el CN el dominio de CS es libremente escalable; cuando uno desea agregar cambio en la capacidad, se agregan MGWs. Cuando este tipo de red ha sido fijo a, el paso de desarrollo de tecnología y especificaciones puso el próximo límite. El más la velocidad adquirida las IPv6 ganancias, el más de las 3G conexiones de la red que pueden convertirse a IPv6, también. Disminuye esto la necesidad de IPv4 ↔ IPv6 conversión. En esta fase la relación de tráfico entre el circuito y paquete cambiados cambiará notablemente. La mayoría del tráfico es paquete cambiado y también algunos tradicionalmente el circuito de cambió de los servicios, como por ejemplo discurso, se volverán por lo menos parcialmente paquete cambiado (VoIP, voz encima de IP). por ejemplo, una llamada de GSM convencional realmente se cambia a VoIP llama el MGW donde el BSS se conecta. Hay muchas maneras de llevar a cabo VoIP llaman pero el nuevo subsistema de CN llamado IMS (el IP Subsistema de Multimedia se agrega aquí desde que ofrece a los métodos uniformes realizar llamada de VoIP. Además, de este el IMS se usa para IP los servicios del multimedios basado. Naturalmente los BSS parten de la red podría llevarse a cabo usando IP pero las veces fijan de este cambio es incierto. El papel de CAMEL cambiará, también. Porque muchos de los servicios que usan CAMEL se convierten del circuito de cambiado al paquete de cambió de la red, el CAMEL tendrá ahora también conexiones a los PS dominio elementos. Además de este el CAMEL estará conectando elementos entre las plataformas de servicio y la red.



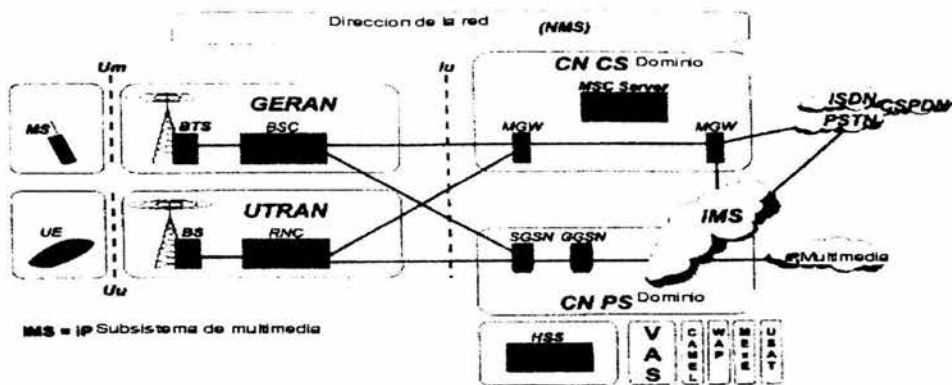


Fig.109

En 3GPP R5 la evolución continúa más allá y se supone tráfico que viene de UTRAN para ser IP. Si nosotros pensamos en una llamada de la voz de UE a PSTN como un ejemplo, es transponder a través de UTRAN como paquetes y del GGSN la llamada de VoIP se derrota al PSTN vía IMS que proporciona funciones de la conversión requeridas.

Del punto de vista de UE la red siempre "parece" el mismo en las fases de desarrollo ilustradas en figuras 108 - 110. Interiores la red que casi todo cambia. El cambio mayor pasará en tecnología de transporte que en 3GPP R99 aplicación es ATM. Los 3GPP R4 y R5 guiones de aplicación apuntan para cambalachear ATM para IP. Porque el sistema debe ser hacia atrás compatible, el operador siempre tiene una opción si para usar ATM o IP como la tecnología de transporte o si la solución contiene ambas tecnologías. La fuerza de ATM es por lo menos al principio su apoyo por QoS. Cuando tiempo pasa, el IP como una tecnología contendrá mecanismos de QoS llevados a cabo encima de los varios tipos de redes del subalterno, no sólo ATM.

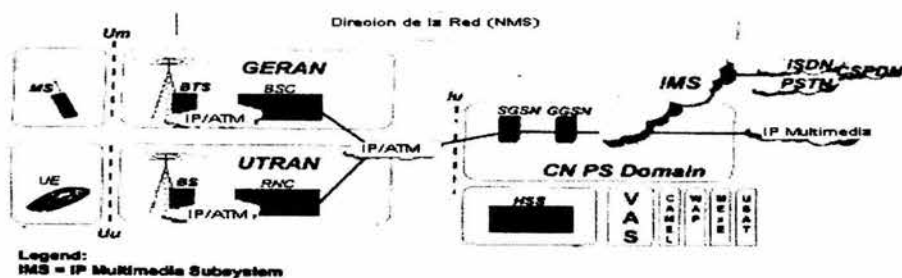


Fig.10

En esta fase los servicios y uso de la red son más importantes que la tecnología él y debido a este la tecnología de acceso de radio usada puede ponerse menos importante. El criterio de la selección principal para la tecnología de acceso de radio usada es ofrecer bastante ancho de banda para el servicio usó. La visión futura aquí es que la red 3G del centro tiene interfaces para varias tecnologías de acceso de radio, por ejemplo, GSM, EDGE, CDMA 2000, WCDMA y Red del Área Local Inalámbrica (WLAN). Naturalmente esto pone muchos requisitos para los fabricantes terminales y los términos capaz de manejo que el tipo diferente de combinaciones de tecnología de acceso se introducirá según las necesidades del mercado. 3G son ahora que una parte fija de vida y la red ofrece los servicios y conexiones que han usado otros medios de comunicación tradicionalmente. El término 3G se vuelve una combinación de pertenencias personales, como un teléfono, tarjeta de ID y pasaporte. En otras palabras, es muy difícil declarar donde la computadora acaba y las estrellas telefónicas.

### **3.1.5 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE UMTS**

Apropiado para una variedad de usuarios y tipos de servicios, y no solamente para usuarios muy avanzados en aglomeraciones urbanas, UMTS ofrece: Facilidad de uso y costos bajos . Los clientes quieren ante todo servicios útiles, terminales simples y una buena relación calidad-precio. UMTS proporcionará:

- Servicios de uso fácil y adaptables para abordar las necesidades y preferencias de los usuarios.
- Terminales y otros equipos de “interacción con el cliente” para un fácil acceso a los servicios.
- Bajos costos de los servicios para asegurar un mercado masivo.
- Tarifas competitivas.
- Una amplia gama de terminales con precios accesibles para el mercado masivo, soportando simultáneamente las avanzadas capacidades de UMTS.

#### **Nuevos y mejores servicios**

Los servicios vocales mantendrán una posición dominante durante varios años. Los usuarios exigirán a UMTS servicios de voz de alta calidad, junto con servicios de datos e información de avanzada. Las proyecciones muestran una base de abonados de servicios multimedia en fuerte crecimiento hacia el año 2010, lo que posibilita también servicios multimedia de alta calidad en áreas carentes de estas posibilidades en la red fija.

#### **Acceso rápido**

UMTS aventaja a los sistemas móviles de segunda generación (2G) por su potencial para soportar velocidades de transmisión de datos de hasta 2Mbit/s desde el principio. Esta capacidad sumada al soporte inherente del Protocolo de Internet (IP), se combinan poderosamente para prestar servicios multimedia interactivos y nuevas aplicaciones de banda ancha, tales como servicios de video telefonía y video conferencia.

## **Transmisión de paquetes de datos y velocidad de transferencia de datos a pedido**

La mayoría de los sistemas celulares utilizan tecnología de conmutación de circuitos para la transferencia de datos. GPRS (Servicios de Radio-transmisión de Paquetes de Datos Generales), una extensión de GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles), ofrece una capacidad de conmutación de paquetes de datos de velocidades bajas y medias.

UMTS integra la transmisión de datos en paquetes y por circuitos de conmutación de alta velocidad a los beneficios de:

- Conectividad virtual a la red en todo momento
- Formas de facturación alternativas (por ejemplo, pago por byte, por sesión, tarifa plana, ancho de banda asimétrico de enlace ascendente/ descendente) según lo requieran los variados servicios de transmisión de datos que están haciendo su aparición.

UMTS también ha sido diseñado para ofrecer velocidad de transmisión de datos a pedido, lo que combinado con la transmisión de paquetes de datos, hará que el funcionamiento del sistema resulte mucho más económico.

## **Entorno de servicios amigable y consistente**

Los servicios UMTS se basan en capacidades comunes en todos los entornos de usuarios y radioeléctricos de UMTS. Al hacer uso de la capacidad de roaming desde su red hacia la de otros operadores UMTS, un abonado particular experimentará así un conjunto consistente de “sensaciones” como si estuviera en su propia red local (“Entorno de Hogar Virtual” o VHE). VHE asegurará la entrega de todo el entorno del proveedor de servicios, incluyendo por ejemplo, el entorno de trabajo virtual de un usuario corporativo, independientemente de la ubicación o modo de acceso del usuario (por satélite o terrestre). Asimismo, VHE permitirá a las terminales gestionar funcionalidades con la red visitada, posiblemente mediante una bajada de software, y se proveerán servicios del tipo “como en casa” con absoluta seguridad y transparencia a través de una mezcla de accesos y redes principales.

## **3.2 RADIO COMUNICACIÓN DE UMTS.**

### ***INTRODUCCIÓN***

En sistema de la radio móvil, los signos del usuario se transmiten en un portador de la radio. Como el espectro electromagnético disponible a los varios operadores está limitado. Es importante asegurar que el recurso de la radio se utilice tan eficazmente como sea posible. Este tipo de dirección de recurso de radio es técnicas de acceso múltiples usando cumplidas. Con estas técnicas, el recurso compartido (el espectro) puede ser dividido, compartido entre varios usuarios y puede asegurarse la calidad del servicio.

Los procedimientos de transmitir y recibir el usuario señala (acceso de la radio) es una parte íntegra de técnicas de acceso. El OSI (Interconexión del Sistema Abierta) la pila protocolar la capa física establece los procedimientos que el medio de la radio con que se accede. La capa física protocolar más el OSI apile capa dos y tres protocolos constituyen la internas de la radio para el sistema de UMTS.

El proceso de especificación para el UMTS radio acceso llegó a ETSI en marcha en 1997, la pizca de la creación de varios grupo del funcionamiento que partió para desarrollar las soluciones de la radio presentada por varias compañías.

ETSI examinó cuatro alternativas básicas por llevar a cabo la UMTS radio interna: el W - CDMA (Banda Ancha - Acceso Múltiple por División de Código), técnica, el TD - CDMA (División de Tiempo - al Acceso Múltiple por División de Código) la técnica, el basado en el tiempo la transmisión de la división llamada W - TDMA (Banda Ancha - Acceso Múltiple por División de Tiempo) que es similar a eso usado por GSM pero proporciona una proporción de la transmisión mucho más alta, y una multitécnica del portador llamada OFDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal). Por el verano de 1997, sin embargo, estaba claro el único las primeras dos soluciones tenían propiedades que eran apropiado para el nuevo sistema a ser desarrollado.

### 3.2.1 RADIOCOMUNICACIÓN PARA UMTS

Cada sistema de comunicación consiste en por lo menos dos elementos que son el transmisor y el receptor. Cuando es el caso en sistema móvil, estos dos elementos pueden integrarse en un dispositivo (transreceptor) para que sea capaz de operar ambos como un transmisor y dispositivo del receptor. Un ejemplo de semejante dispositivo es la estación baja y el microteléfono móvil en cualquier sistema móvil público avanzado. Figura 111 que ilustra el sistema de comunicación de radio más simple y consiste en una estación baja y un microteléfono móvil. Suponga que los actos de la estación bajos como una fuente del transmisor durante un tiempo específico con ciertas circunstancias medioambientales. Entonces el signo de la radio propaga de la estación de la base a la estación móvil y con la velocidad de la luz. La fuerza señalada recibida al microteléfono depende de la distancia de la estación baja, la longitud de onda, y el ambiente de comunicación.



Fig.111

Un mecanismo de propagación de radio onda depende estrechamente de las longitudes de onda o frecuencias. Además de eso, cualquier obstáculo natural como los edificios altos, terreno, condición de tiempo, etc. afecta la manera y tiempo de propagación señalada entre el transmisor y receptor. Semejantemente, parámetros del sistema, por ejemplo la altura de la antena y dirección de la viga tienen su propio efecto naturalmente en la distancia de la propagación, modo y retraso. La naturaleza de comunicaciones de la radio provoca algún problema inherentemente. El problema principal como el que cada caras de comunicación de radio son como sigue:

- Multi fenómenos de propagación en el camino
- Fenómenos de Fading
- Escasez de recurso de radio

Multifenómeno de la propagación del camino también es considerada, por muchos medios, como una ventaja de la comunicación de la radio porque le permite al receptor de la radio que oiga la estación baja incluso sin Línea del signo De Vista (LOS). A pesar de eso, trae complejidad al sistema poniendo requisitos específicos y contratiempos para él. Para entender la naturaleza de un sistema de comunicación de radio esas características deben entenderse bien.

Los factores que efectúan propagación de la radio son sumamente dinámicos, sofisticados, y diversos. A pesar de eso y para modelar los fenómenos de la propagación, los mecanismos pueden ser clasificados en la reflexión, difracción, y esparciendo fenómenos figura 112. En el ambiente de red de radio éstos los mecanismos de la propagación llevan a multipropagación del camino que causa fluctuaciones en las características señaladas recibidas incluso la amplitud, fase, y ángulo de llegada y dan lugar a multicamino Fading. La reflexión es la consecuencia de colisión de la ola electromagnética con una obstrucción cuyas dimensiones son muy grandes comparado con la longitud de onda de la radio-onda.

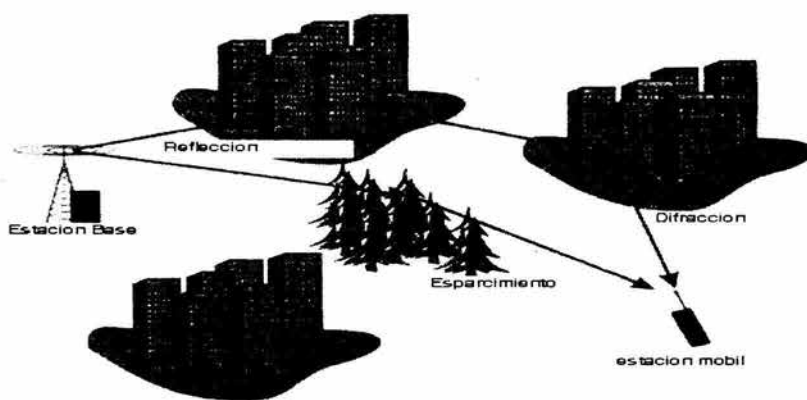


Fig.112

El resultado de este fenómeno se refleja radio ondas que pueden capturar constructivamente al receptor e.g la estación móvil o baja. Difracción, también llamado sombreando, a su vez, es la consecuencia de colisión de la radio onda con una obstrucción que es imposible penetrar. Esparcir por otro lado es la consecuencia de la colisión de la radio onda con obstrucción a cuyas dimensiones son casi iguales o menos de la longitud de onda de la radio onda. Estos fenómenos explican juntos cómo las radio ondas pueden viajar en un ambiente de red de radio sin un camino de LOS.

Hay dos maneras diferentes de describir el efecto del mecanismo de la propagación en la fuerza señalada del cauce de la radio, incluso el presupuesto del eslabón y dispersión de tiempo, principalmente. La idea básica detrás del presupuesto del eslabón es determinar el nivel señalado esperado a una distancia particular o situación de un transmisor como estación de la base o la estación móvil. Por modelado el presupuesto del eslabón que los parámetros esenciales de la radio conectan una red de computadoras como requisitos para poder transmitir, área del fondos, y vida de la batería puede ser definido.

Cálculo de presupuesto de eslabón, puede ser llevado a cabo la estimación de pérdida de camino señalada puede hacerse basado en el modelo espacial libre y puede definirse eso en un modelo del espacio libre idealizado la atenuación de fuerza señalada entre la estación baja y la estación móvil probablemente se comporta según una ley cuadrada inversa. Debido a ambiente de la radio diferencia en sistema móvil avanzado, es casi imposible de considerar todos los parámetros que afectan el modelado de radio y sistema diseñando. Por consiguiente, algunos modelos generales, para los casos más usuales se ha desarrollado. En el orden considerar el efecto entero de radio causa Fading, sin embargo, el presupuesto del eslabón no puede ser exclusivamente adecuado. Además de que el efecto de multi propagación del camino en términos de dispersión de tiempo también debe ser considerado. Esto puede ser hecho estimando los retrasos de la propagación diferentes relacionados a las réplicas del signo transmitido que localiza al receptor.

Un proceso de Fading típico se ilustra en figura 113. Como mostrado, cualquier proceso de Fading tiene las curvas de dos formas simples diferentes, es decir, el descendente profundo se marchita y se refiere al deterioración de la fuerza señalada encorva y causa la interferencia Por consiguiente, una combinación de estas curvas simples puede aproximar el sobre de cualquier proceso de deterioramiento y las acciones del mando para el proceso de deterioramiento se determina para compensar para la desviación redonda del nivel señalado alrededor del promedio deseable separadamente.

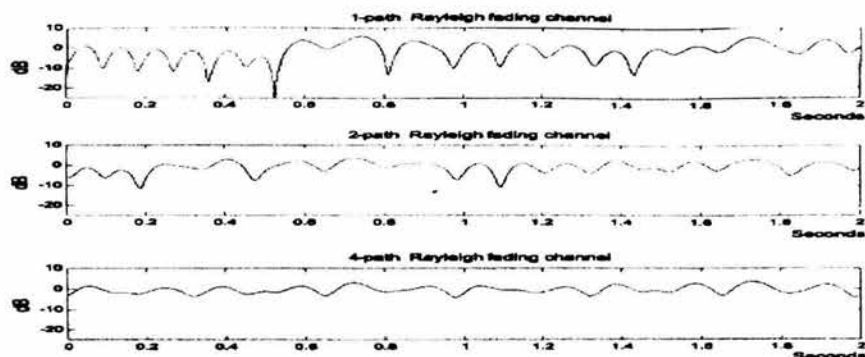


Fig.113

La experiencia de cauce de radio deterioramiento señalado que probablemente consiste en el Rayleigh se deterioro sus componente sin (LOS) y hace que la causa sea más severa de descubrir . Como resultado, una fase significativa diferencia en signos que viajan en ramas diferentes. Es más, la conducta del radio es estrictamente dependiente en la posición física y movimiento de la estación móvil. Un menudo en posición o movimiento de la estación móvil a través de la red de la radio puede producir un fenómeno de deterioramiento bastante rápido que puede ser sumamente disociador a los signos de la radio y puede pedir requisitos considerables de la radio que conecta a una red de computadoras optimizada.

Camino múltiple la propagación señalada causa deterioramiento rápido también. De hecho, este tipo de deterioramiento más difícil de compensar para porque el signo llega de estos caminos múltiples a fases del azar y amplitud y produce deterioramiento en el Rayleigh características.

Si se usan anchos de banda diferentes entonces en uplink y downlink en sistema celular el Rayleigh fading son típicamente independiente para el downlink y uplink y significan que cuando la causa del uplink está deteriorada, la causa del downlink necesariamente no está deteriorada al mismo tiempo y viceversa.

Para que el ajuste de su poder del transmisor para corresponder al camino la fuerza del eslabón señalada de su célula de la casa la estación baja él deben tomar el paso inverso como el signo la experiencia de la estación baja. Por consiguiente, el móvil tiene que impulsar a su signo en dos pasos del mando, es decir, primeramente debe compensar el largo rápidamente el fading normal y segundo el fading. El aumento súbito en poder del transmisor, sin embargo, puede tener inconvenientes para la actuación del sistema global en términos de capacidad y calidad de servicio. Cuando la movilidad es una parte inherente del sistema móvil, causa más complejidad al radio . La duración del fading del nivel señalado del medio es dependiente en la velocidad de la estación móvil y la frecuencia operando de semejante manera que cuando la estación móvil acelera que el fading se pone más severo. Para resolver los problemas previamente mencionados se han desarrollado muchas

soluciones sobre todo durante las décadas pasadas desde que la comunicación de la radio se ha usado para comunicaciones públicas.

Un aumento en el número de usuarios de comunicación de radio junto con la demanda simultánea para el fondos de red de área grande y los servicios diversos, sin embargo, el juego los requisitos sumamente firmes para el sistema de comunicación de radio. Como resultado, muchas soluciones avanzadas han sido utilizadas por sistema de comunicación de radio público, conceptos celulares, radio recurso, asignación técnicas avanzadas, técnicas de la modulación, técnicas de la antena de antemano, y así sucesivamente.

### 3.2.1.1 RADIO COMUNICACION

La comunicación de la radio pública debe ofrecer comunicación doble por proporcionar dos comunicación de manera simultánea. Por consiguiente, no es práctico ofrecer cosas así por reparar y transmitir la información por ejemplo.

Además de eso, la fuerza de la señal al receptor se deteriora como la distancia entre el transmisor y el receptor aumenta y es el resultado lejos en QoS inaceptable en el área del transmisor. Segundo, cada transmisor es capaz de ofrecer un número limitado de radio links / canales al usuario terminales que piensa tener una llamada simultáneamente y produce limitación de capacidad. Por consiguiente, el espectro debe usarse para reunir el acceso de la radio exigido más eficazmente.

El blanco de concepto celular es dirigirse a estos problemas. La idea principal es simple. Suponga que nosotros estamos planeando una red de la radio para una ciudad grande donde hay millones de usuarios móviles. Basado en el concepto celular, el área grande es dividida en varias áreas del subalterno llamado células. Cada célula tiene su propia estación baja que puede mantener un eslabón (link) de la radio los números usuarios específicos y simultáneos emitiendo un nivel bajo de señal transmitido figura 114.

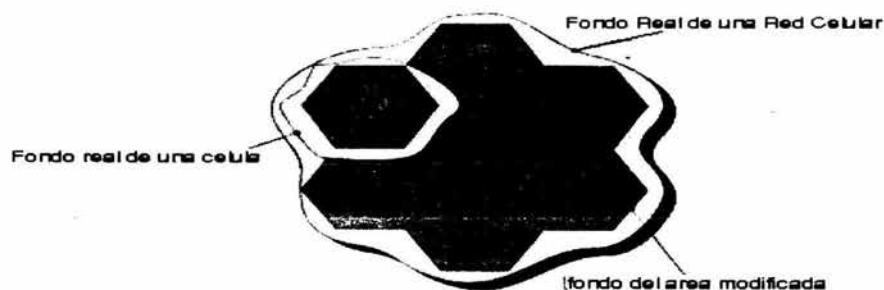


Fig.114



La naturaleza de comunicación de la radio y el concepto celular son las razones primarias por qué la arquitectura básica de sistemas móviles avanzados actualmente, ilustra la figura 115 lo que es la arquitectura básica, el concepto celular del sistema basado en la radio , la arquitectura básica de cualquier sistema celular avanzado consiste en estaciones bajas, una red cambiando, y la funcionalidad de la red fija para la transmisión del backbone.

La solución de concepto celular se resuelve los problemas básicos de sistema de la radio en términos de radio, sistema y capacidad , pero al mismo tiempo encuentra otros problemas, como:

- Interferencia debido a la estructura celular, incluyendo los internos y interferencia de la intra célula
- Problemas debido a movilidad
- Célula basada en la escasez de recursos

Asuma un sistema celular con usuario asíncrono compartiendo el mismo ancho de banda de radio y usando la misma radio la estación baja en cada fondo del área o célula, cada estaciones bajas localizaron en células vecinas. Por consiguiente, dependiendo en de la fuente de interferencia, ellos pueden ser clasificados como intra - célula / co - canal, intra - célula / la célula adyacente, y interferencia debido al ruido termal.

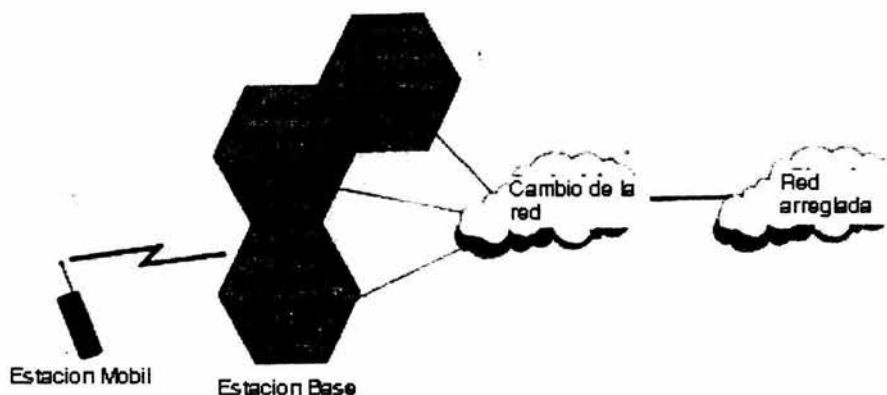


Fig.115

Por consiguiente, y como se ilustra en la figura 116 para cubrir con la interferencia total recibida de los términos, interferencia dentro de la célula local y las células vecinas de la célula local donde la estación móvil está acampando.

En un sistema celular, si la misma frecuencia se usa en muchas células entonces la estación móvil que se conecta a la red de la radio encuentra el problema de interferencia del canal y incluye interferencia del canal adyacente y interferencia del co - canal. Además de eso, el ambiente de la red puede incluir montañas, colinas, y otros obstáculos y puede causar problema del camino y pérdidas en el multi - camino.

Esto es resuelto principalmente utilizando la técnica de frecuencia rehusadas, i.e en cada célula del modelo del cluster son usados a diferentes frecuencias. Para que, la frecuencia rehusada sea un factor en un parámetro esencial para red de la radio que planea en cualquier sistema celular que opera basada en frecuencia que comparte principios. Perfeccionando la frecuencia rehusada, factor de los problemas de canal adyacente y co - canal pueden quitarse riesgos del canal considerablemente y pueden producirse capacidad aumentada que es crucial a los sistemas de la radio públicos.

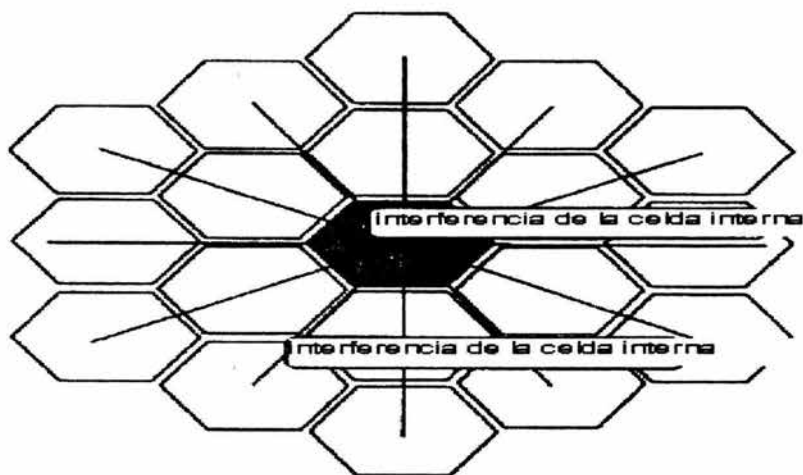


Fig.116

El concepto celular aumenta la capacidad de sistema de radio sobre todo cuando se utilizan con frecuencia rehusadas. La más pequeña de las células, el más eficazmente el espectro de la radio se usa pero el costo del sistema aumenta al mismo tiempo porque la estación más baja se necesita.

Multi - capa de la red diseñada, incluso el macro, el micro y la pico - célula es un paso extenso proporcionando sistema avanzado la solución artera junto con la frecuencia rehusada, concepto para mejorar la capacidad del sistema. Es asunto de la red que planea perfeccionar la combinación de estructura de la red y frecuencia rehusada para aumentar la capacidad del sistema costosa - eficiente y evita aumento indeseable en el número de estaciones bajas necesitadas. Ésta es la solución, sin embargo, los nuevos requisitos para el sistema para poder manejar la movilidad y la actuación del sistema deseable en términos de calidad de servicios y carga de la señalización.

Aunque, la movilidad permite la posibilidad de ser alcanzable en cualquier parte y cualquier tiempo para el usuario final, no obstante, pone requisitos muy estrictos para el sistema celular apoyar semejante rasgo. Manejando la movilidad del término móvil es uno de las partes más esenciales de cualquier funcionalidad del sistema celular. Generalmente, en un sistema de comunicación de radio, compaginando, situación poniendo al día, y los funcionamientos del handover proporcionan la movilidad del usuario.

El mecanismo Handover da garantías que siempre que el móvil es movido de una estación área / célula baja a otro, el signo de la radio se entrega a la estación baja designado. Además, la actualización de la situación y garantía del mecanismo compaginando que la estación móvil puede alcanzarse aunque no hay ningún eslabón (link) de la radio activo continuo entre la estación baja móvil y correspondiente. La red siempre comienza el mecanismo de la paginación; la estación móvil inicializa el procedimiento de actualización de situación.

### 3.2.1.2 BANDA DE FRECUENCIAS

La regulación del espectro 3G ha sido un asunto caliente de discusión durante el último año en todo el mundo. Incluye muchos problemas sofisticados que varían grandemente entre los países y operadores. Primeramente, el cuarto del espectro necesitado para 3G no es semejantemente en países diferentes que esta disponible. Eso está básicamente debido a la porción del espectro ya ocupada por otro sistema en uso o las Bandas de guardia necesitadas para el sistema que opera en bandas de frecuencia adyacentes.

Segundo, los acercamientos políticos para espectro que también autoriza varían del país en país. Naturalmente, operadores involucrados en el sistema 2G están deseosos de tener la tecnología del borde participando en el trabajo 3G de desarrollo. Además, muchos operadores de Greenfield (esos recién venidos al negocio de comunicación móvil) piensa reforzar su regla en el mercado lanzando el 3G sistema. Por consiguiente, el ambiente 3G de regulación de espectro exige cierre co - internacional y nacional , el funcionamiento para armonizar mundo de asignación del ancho del espectro y se maneje eficazmente dentro de los países.

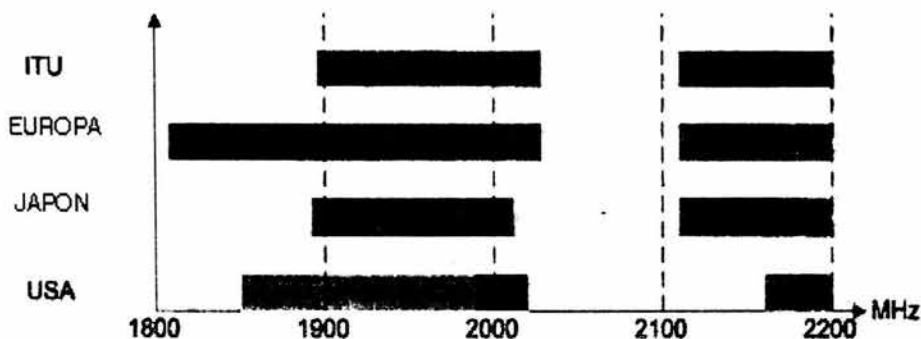


Fig.117

De un 3G punto de vista, se ha decidido (mediados de 1999 por OHG) que habrá tres variantes de CDMA en uso. Éstos son:

- DS - WCDMA - FDD: Secuencia directa - de la Banda ancha Acceso Múltiple por División de Código - la División de Frecuencia Doble
- DS - WCDMA - TDD: secuencia directa - Banda ancha Acceso Múltiple por División de Código - División de Tiempo Doble MC - CDMA: Multi Portador - Acceso Múltiple por División de Código.

En estos términos, la primera parte describe la información que extiende el método encima del espectro de frecuencia, la segunda parte indica esquema de acceso múltiple y la última parte expresa cómo las direcciones de la transmisión diferentes (uplink y downlink) está separado. Antes de procederlo debe notarse que el mundo "Wideband" aquí no tiene ningún significado específico.

Originalmente se insertó a los nombres porque la versión Euro - japonesa de CDMA usó ancho de la banda más ancha que la americana. La banda más ancha lo hace posible insertar algunos rasgos atractivos al sistema como, por ejemplo, el servicio de multimedia con ancho de banda adecuada y diversidad del macro. Debido a la decisión de OHG, sin embargo, todas las tres variantes de CDMA usan ancho de banda similar.

El W - CDMA - FDD usa frecuencias de 2110 - 2170 MHz downlink (del BS al UE) y 1920 - 1980 MHz uplink (del UE al BS). la dirección de transmisión de la interfase aérea está separada a través de frecuencias diferentes y la distancia doble es 190 MHz. La variante de TDD del WCDMA usa una banda de frecuencia localizada en ambos lados del WCDMA - FDD uplink. La banda de frecuencia más baja ofrecida para la variante de TDD es 20 MHz y el más alto es 15MHz. Con el propósito de la comparación debe mencionarse que el sistema GSM1800 usa frecuencias de 1805 - 1880 MHz downlink (del BTS al MS) y 1710 - 1785 MHz uplink (del MS al BTS). las direcciones de transmisión de la interfase aéreas están separadas de nosotros a través de frecuencias diferentes y la distancia doble es 95 MHz.

#### *CONCEPTOS BÁSICOS*

Los principios de la técnica de WCDMA son basado en la extensión del espectro. Por consiguiente, en orden a fuera de la línea del esquema WCDMA, es esencial entender los principios generales de la extensión del espectro.

La extensión del espectro, es un esquema de la modulación bien demostrado que crea una ancho de banda para la señal transmitida, mucho más ancho que el ancho de banda de la información real que se piensa para la transmisión. La historia de la técnica de la extensión del espectro casi se remonta a los años cincuenta desde el uso del esquema para comunicación militar se ve hecha una realidad. Gracias al uso eficaz del espectro de la radio permitiéndoles a los usuarios adicionales compartir la misma frecuencia y el mecanismo eficaz utilizando como el mando de poder, diversidad y handover la variante de CDMA del esquema de la cobertura del espectro, una alternativa de acceso de radio muy prometedora se ha vuelto para las aplicaciones públicas de sistemas de comunicación móviles. Las ventajas principales del esquema de la extensión del espectro pueden resumirse como sigue:

- Su resistencia a la interferencia de la radio y bloqueando
- baja la probabilidad de interceptación por un adversario
- es resistente señal interferencia de la transmisión múltiple las ramas señaladas
- proporciona facilidad de acceso múltiple con un factor de rehusó igual a uno
- apoya los medios por medir rango, o la distancia entre dos puntos
- rinde la posibilidad de utilizar técnicas de diversidad y incluye diversidad del multi camino, así como la frecuencia y diversidad de tiempo
- proporciona acceso del usuario en cualquier momento sin esperar por un canal libre hasta donde el nivel de reuniones de la interferencia es tolerable al del sistema.

Teniendo fuera las características principales del esquema del espectro extendido, se muestra la técnica de la modulación básica del esquema que ilustra la figura 118 los principios importantes de la modulación procesan del DS el esquema de la extensión del espectro. Se asume que la señal de la radio se transmite de la estación baja a la estación móvil. En la estación baja, la señal transmitida con proporción  $R$  es extendido enroscando con un ancho de banda que extiende la señal y crea una señal de la extensión con ancho de banda  $W$ . a móvil, la señal recibida es multiplicado por exactamente la misma señal extendida. Ahora si la señal extendida, localmente generó al móvil, se sincroniza con el código extendido / señal, el resultado posiblemente es la ventaja señalada original que algunos fallaron a componentes de frecuencia más altos que no son parte de la señal original, y puede filtrarse fácilmente. Si hay que cualquier undesired señala al móvil, por otro lado, la señal extendida lo afectará así como hizo la señal original en la estación baja y lo extiende al ancho de banda de la señal extendida.

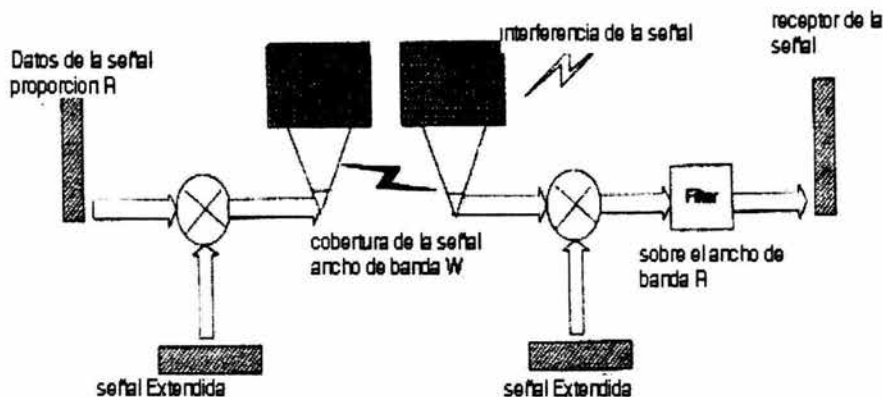


Fig.118

En WCDMA, los datos provenientes del transmisor de la estación baja maneja los datos de la dirección del downlink que representa el tráfico de la red al terminal. Este tráfico usa algunos canales en la interfase de Uu. En la interfase de Uu el ancho de banda eficaz para WCDMA es 3.48MHz y con bandas de guarda, el ancho de banda requerida es 5MHz

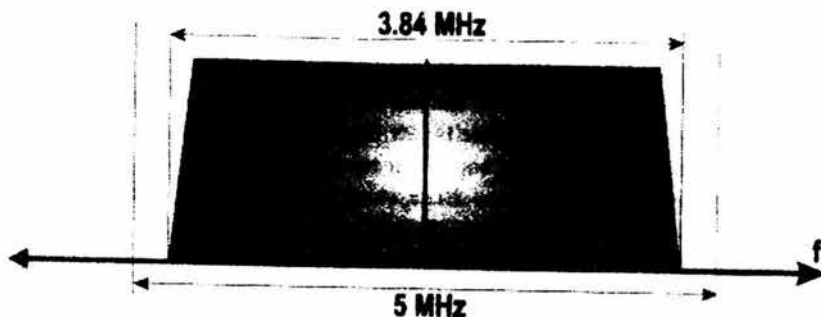


Fig.119

Como mencionó antes, en un DS - CDMA forman planes, la señal de los datos es corrido utilizando al usuario específico PN codifica al transmisor para lograr la señal extendida y al receptor la señal del receptor es extraída usando la misma sucesión del código. Para poder entender mejor el problema, nosotros discutimos la teoría de información brevemente.

La teoría de información es un modelo matemático que explica los principios de traslado de la señal. Esta teoría no hace cualquier tecnología diferente involucrada porque la matemática básica siempre es la misma.

- ▶ La información al ser transferida presenta cierto poder, supóngase,  $P_{inf}$
- ▶ Lo más ancho de la banda para el traslado de información, el más pequeño es poder que presenta información transferida en un especializado (pequeño) punto dentro de la banda de traslado de información. En otras palabras, el poder total  $P_{inf}$  un integral encima de la información trasferida en la banda en este caso.
- ▶ La demás información tiene que ser transferida, con más poder si se requiere. Así, cuando el poder aumenta momentáneamente,  $P_{inf}$  aumenta, también. En este contexto, el más alto bit original es una proporción transferida, con más poder requerido.

Si nosotros tenemos en cuenta esto y combinamos la información presentada en figura 120, nosotros somos capaces de ilustrar cómo WCDMA la interfase aérea, cada momento de información originando está como una "caja" cambio que depende del caso. Refiriéndose para figurar 10, la profundidad de la "caja" (banda de Frecuencia) es constante en el WCDMA. Las otras dos dimensiones, poder y factor de extensión son sujetos al cambio. Basado adelante este las conclusiones siguientes pueden hacerse:

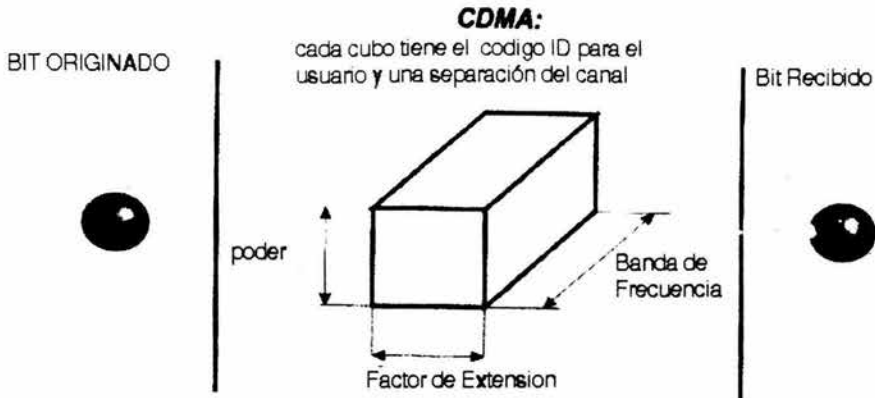


Fig.120

⊕ La mejor señal puede extenderse, el más pequeño es la energía requerida por bit (poder). Esto puede aplicarse si la proporción del bit originando es baja. En otras palabras, factor extendido aumenta y disminuye su poder.

⊕ El más pequeño el factor extendiendo, el mayor requiere energía por bit (poder). Esto se aplica cuando la proporción del bit originando es alta. En otras palabras, factor extendido aumenta y disminuye su poder.

Un problema confuso con WCDMA es que un "bit" no es un "bit" en todos los casos. El término bit se refiere al bit de información que es un bit que ocurre en el flujo de datos de usuario original. El bit que ocurre en el código usado por extender se llama chip. Basado en esta definición, nosotros podemos presentar algunos artículos básicos necesitados en WCDMA.

La proporción del bit del código usado por la señal original extendida es, como definición, 3.84 Mb/s. Este valor es constante para todas las variantes de WCDMA usadas en redes 3G. Esto llamado Proporción de Chip del Sistema y se expresa como 3.84 Mcps (Mega Chip por segundo). Con esta proporción de chip del sistema el tamaño de un corto tiempo es  $1/3\ 840\ 000 = 0.00000026041s$ . Como mencionó previamente, la idea básica en WCDMA es que la señal al ser transferida encima del camino de la radio es formado, el original multirecorrido, la banda base de la señal digital con otra señal que tiene una proporción del bit mucho mayor. Porque los dos de la señal consisten en bit, uno debe hacer una separación clara parecido del bit en cuestión (figura 121).

● En la interfase aérea la información se transmite como símbolos. El flujo de los símbolos es un resultado de modulación. Antes de la modulación los datos del usuario fluyen y consisten en bits ha pasado por el canal codificado, circunvolución que codifica y empareja la porción, el cubo en el medio del cuadro representa 1 símbolo realmente. Dependiendo del método de la modulación usado 1 símbolo representan una

cantidad diferente de bit. En el caso de DS - WCDMA - FDD, 1 símbolo transmitido en una dirección del uplink representa 1 bit y 1 símbolo transmitido en dirección del downlink representa 2 bits. Esta diferencia es debida al método de la modulación diferente usado en uplink y dirección del downlink .

SÍMBOLO (en este dibujo 1 símbolo = 4chip)

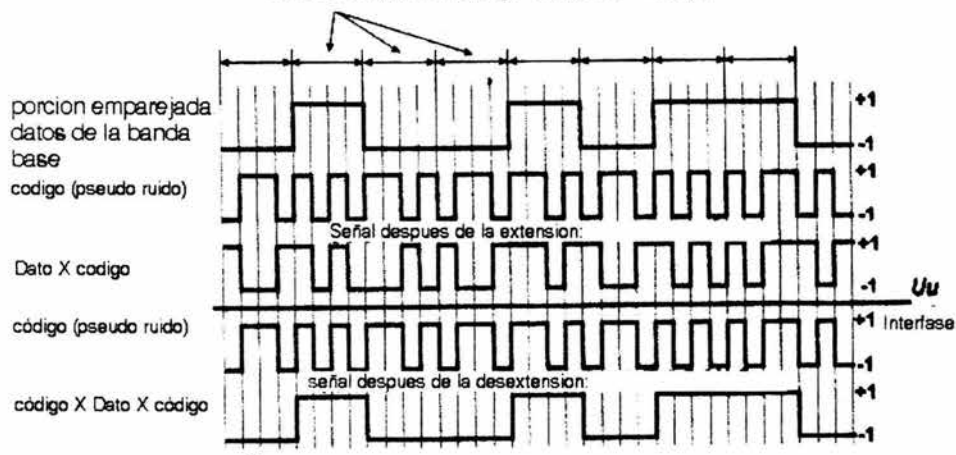


Fig.121

- Un bit de la señal del código usado para la señal multirrecorrido se llama chip .

¿Pero cómo puede capturarse la señal deseada del lado del receptor? En principio, el proceso es bastante directo; cada receptor usa su único código al recoger la señal deseada. La señal recibida es multiplicada por un receptor - código específico y produce los datos de la multiplicación. Si se multiplican el código correcto y la señal del receptor deseado, el resultado será la post - integración datos por otra parte con las crestas claras en la señal, la post - integración de datos no incluye crestas señaladas claras que pueden ser procesadas más allá.

El factor extendido es una multiplicación que describe el número de varios chips se usa en el WCDMA radio camino por 1 símbolo. El factor extendido como el que K puede expresarse matemáticamente como sigue:

$$K = 2^k$$

Cuando:  $K = 0,1,2,\dots,8$ .

Por ejemplo, si  $K = 6$  el factor extendido K hace al valor de 64 que indica que 1 símbolo usa 64 chips en el WCDMA radio camino en la dirección del uplink.

Otro nombre por factor extendido está procesando ganancia ( $G_p$ ), y puede expresarse como una función de ancho de banda usada:



valor del factor extendido	porcion del simbolo (ks/s)	canal del Bit (kb/s)
256	15	15
128	30	30
64	60	60
32	120	120
16	240	240
8	480	480
4	960	960

tabla 1

$G_p = B_{uu} / B_{portador} = \text{Porción del chip en el sistema} / \text{Porción del bit en la portadora} = \text{Factor Extendido}$ . En la fórmula,  $B_{uu}$  simboliza la anchura de la banda de la interfase de  $U_u$  y  $B_{portador}$  es el ancho de banda de la proporción de la banda base de datos. En otras palabras,  $B_{portador}$  contienen ya información excesiva como el canal codificado y la información de protección del error. Basado en la ecuación sobre y teniendo en cuenta el bit diferente suma 1 símbolo lleva en uplink y dirección del downlink nosotros podemos calcular al portador bit rates disponible en WCDMA.

valor del factor extendido	porcion del simbolo (ks/s)	canal del bit (kb/s)
512	7.5	15
256	15	30
128	30	60
64	60	120
32	120	240
16	240	480
8	480	960
4	960	1920

Estas figuras son indicativas desde la porción de datos del usuario (payload) los cambios según la configuración del canal de radio usada. El sistema de WCDMA usa varios códigos. En teoría, un tipo de código debe ser suficiente en la práctica, el camino de la radio características físicas, requieren que el sistema de WCDMA debe usar códigos diferentes para los propósitos diferentes, y esos códigos deben tener rasgos que los hacen

conveniente para su uso. Hay tres tipo de códigos básicamente disponible, el canalización, codifica, corre códigos y extiende códigos.

	Dirección Uplink	Dirección Downlink
Código de corrimiento	Separación del usuario	Separación de la celda
Códigos de canalización	datos y control de canales de la misma terminal	usuario dentro de una celda
Código de expansión	código de canalización X Código de corrimiento	Código de canalización X Código de corrimiento

Tablas

Del punto de vista del código extendido, la capacidad de una celda depende del downlink la cantidad del código de corrimiento asignado para la celda (mínimo 1). Cada downlink del código de corrimiento, entonces tiene un juego de códigos del canalización bajo él y cada llamada / transacción requiere una canalización codificada que la opere. En práctica, realmente un código de corrimiento X código de canalización. Si no se usan códigos de canalización no será usados el código extendiendo es el mismo que el código de corrimiento. También, el código extendiendo depende del tipo de información a ser entregado. La información que es común en naturaleza no usa la canalización codificada por ejemplo, la información de la transmisión que la celda entrega el downlinks es uno de aquellos.

### 3.2.1.3 W-CDMA.

WCDMA. Esta es la tecnología de acceso de radio que soportara todos los servicios multimedia que estarán disponibles a través de los terminales de 3era Generación. WCDMA soporta eficientemente tasa de datos entre 144 a 512 Kbps para coberturas de áreas amplias y pueden llegar hasta 2Mbps para mayor cobertura local. Esto adicionalmente complementara la amplia cobertura y el roaming internacional de GSM para proveer la capacidad requerida para servicios personales multimedia. Entre los aspectos técnicos están: soporta protocolo IP, los terminales son menos difícil de fabricar, hace uso de la técnica de duplexación FDD. Utiliza muy eficientemente el espectro de radio disponible, mediante la reutilización de cada celda.

Los enlaces desde la red de acceso WCDMA y en el núcleo de red GSM utilizan el más reciente protocolo de transmisión ATM de mini-celdas, conocido como Capa de Adaptación ATM 2 (AAL2). El rango de frecuencia para servicios de área amplia: WCDMA, haciendo uso del acceso FMA2 está entre 1920 a 1980 y de 2110 a 2170 MHz. WCDMA usa una tasa de chip de 4.096 Mcps. Entre los últimos estudios sobre WCDMA

están: Cancelación de Interferencia, Cancelación de Interferencia Gradual, Gerencia de Recurso Dinámico en Sistemas Multimedia Inalámbricos, Técnicas de Codificación, entre otros.

Este enfoque CDMA funciona como un canal CDMA cuatro veces más ancho que los canales que se están utilizando actualmente en estados Unidos en 2G. El japonés NTT DoCoMo es uno de los impulsores de W-CDMA: está previsto que desarrolle un sistema W-CDMA que enlace Tokio, Osaka y Nagoya, al mismo tiempo que ha formado recientemente una alianza con la empresa de software alemana SAP. Por otra parte, la inglesa Vodafone también está involucrada en W-CDMA a través de UMTS. Se han realizado diferentes versiones de W-CDMA: la más reciente viene dada por las actuaciones en torno a los resultados de un proyecto piloto realizado en Japón y en los resultados del sistema europeo UMTS todo ello gestionado y supervisado por 3GPP (Third Generation Partnership Project); de ahí ha surgido el enfoque/norma 3GPP W-CDMA. Este enfoque emplea W-CDMA en ambos modos FDD (Frequency División Duplex) y TDD (Time División Duplex).

Las especificaciones W-CDMA utilizan el término UE (User Equipment) para referirse a los teléfonos móviles, ordenadores portátiles y cualquier otro equipo para acceder a un sistema W-CDMA. A diferencia de lo que ocurre en las estaciones móviles CDMA de segunda generación, en W-CDMA el user equipment (UE) puede transmitir más de un código de canal para que las altas velocidades involucradas puedan ser una realidad; en base a esto, el UE se puede contemplar como una especie de estación transceiver base.

El 3GPP ha finalizado revisión de la primera versión de W-CDMA; de esta manera se pretende que los fabricantes puedan desarrollar equipos que cumplan las especificaciones 3GPP en base a que la norma es completa y estable. Todos los protocolos 3GPP incluyen requisitos de compatibilidad para desarrollos futuros en W-CDMA para que pueda inter-operar con las redes GSM y para coexistir con los terminales GSM/W-CDMA en los países donde está implantado GSM.

WCDMA ofrece flexibilidad en los servicios, combinando conmutación de paquetes y conmutación de circuitos en el mismo canal con un promedio de velocidad entre 8 Kbps hasta 2 Mbps. Utiliza muy eficientemente el espectro de radio disponible, mediante la reutilización de cada celda, la cual requiere de 2 a 5 MHz por cada capa, lo que quiere decir que una red necesitará de 2 a 15 MHz, en un espectro común de banda de 2GHz. Los terminales WCDMA son menos difíciles de fabricar, debido a que requieren muy poca señal de procesamiento, ayudando a mantener bajo costos en los terminales.

WCDMA soporta conectividad IP (Internet Protocol), permitiendo accesos más rápidos en Internet. La natural sinergia entre las comunicaciones móviles y el acceso a Internet, ha estimulado que estas sean integradas. La tecnología fundamental sobre la cual trabaja IP es Conmutación de Paquetes. El camino para la evolución de GSM hacia WCDMA, incluye un estado denominado GPRS (General Packet Radio Service) que provee conmutación de paquetes hasta 115 Kbps. Los enlaces desde la red de acceso WCDMA y en el núcleo de red GSM utilizan el más reciente protocolo de transmisión ATM de mini-celdas, conocido como Capa de Adaptación ATM 2 (AAL2).

Esta es la forma más eficiente de manejar paquetes de datos incrementando la capacidad de un estándar. Las líneas E1/T1 pueden manejar aproximadamente 300 conexiones de voz, comparado con 30 de las redes de hoy. Los ahorros por costos de transmisión, están en el orden del 50 %.

El nuevo estándar W-CDMA utiliza canales de radio con un ancho de banda de 5 MHz y hace una utilización muy eficiente del espectro radioeléctrico consiguiendo alcanzar un flujo de datos de hasta 2 Mbit/s en áreas locales, que queda reducido a 384 kbit/s en áreas de gran extensión, un valor aún muy superior a los 9,6 Kbps actuales que se alcanzan en GSM o los 115 Kbps. El concepto de WCDMA está basado en una nueva estructura de canales en todas las capas (L1 – L3) construido sobre tecnología como canales de paquete de datos y servicio de multiplexación.

Esta tecnología incluye símbolos pilotos y estructura de ranuras de tiempo. La tecnología de Tercera Generación establece para sus sistemas, el uso de los denominados FRAMES (Future Radio Wideband Multiple Access Systems), estos son Sistemas de Acceso Múltiple para Futuro Radio de Banda Ancha, los cuales trabajan con dos tipos de acceso:

- ⊕ TDMA Banda Ancha con o sin esparcimiento, con un espaciado de la portadora de 1.6 MHz
- ⊕ WCDMA, con espaciado de la portadora de 4.4. a 5.0 MHz.

El objetivo general de los FRAMES es definir una especificación de una interfaz de aire de acceso múltiple UMTS (WCDMA), la cual servirá como un inicio para el proceso de estandarización del UMTS y tomar toda la compatibilidad de aspectos anteriores para su consideración dentro de GMS/DCS.

Los FRAMES están estructurados en dos núcleos de tareas principales.

- El núcleo de sistemas de tareas (CTSYS), el cual dirige las especificaciones del sistema, las cuales incluyen los requerimientos y la síntesis en el orden de enlace con operadoras UMTS potenciales. Adicionalmente este núcleo define la interfaz de aire, funciones de la red de aire e implicaciones en las redes de acceso.
- El núcleo demostrador de tareas (CTDEMO) se encarga del diseño e implementación de los demostradores basados en especificaciones de trabajo hechos por el núcleo CTSYS. Un enlace externo y la estandarización de páginas de trabajo forman la interfaz hacia los demás proyectos ACTS, de manera de definir interfaces comunes para pruebas de sistemas.

Para la interfaz de aire WCDMA, el ETSI (European Telecommunications Standards Institute), establece el uso de la técnica de duplexación, distribuidas según las bandas de frecuencia de la siguiente manera:

- WCDMA: FDD (Frequency Division Duplexing), para operación en bandas de frecuencia pares. El FDD, provee dos bandas distintas de frecuencias por cada usuario. La banda delantera provee el tráfico desde la estación de base hacia el móvil y la banda reversa provee el tráfico desde el móvil hacia la base.
- TD/CDMA: TDD (Time División Duplexing), para operación en bandas de frecuencia impares. El TDD utiliza tiempo en vez de frecuencia para proveer tanto los

enlaces delantero como hacia atrás, provee dos ranuras de tiempo simplex en la misma frecuencia.

Se ha considerado los distintos acercamientos a los sistemas de banda ancha de Tercera Generación, especialmente los propuestos TD/CDMA y WCDMA. en virtud del espectro y la frecuencia las consideraciones compartidas son más críticas a mayor densidad de usuarios. Para los ambientes urbanos TD/CDMA, podría ser la opción preferida en ambientes de microceldas, mientras que WCDMA, podría proveer cobertura de macroceldas. TD/CDMA, podría ser usado para servicios asimétricos, tales como acceso a internet debido a un buen aspecto de la duplexación por división de tiempo (TDD) el cual permite que se pueda ajustar el radio de cuanto espectro será usado para uplink y downlink.

El rango de frecuencia para servicios de área amplia: WCDMA, haciendo uso del acceso FMA2 es:

1920 a 1980 MHz (uplink).

2110 a 2170 MHz (downlink).

El rango de frecuencia para internos o privados: TD/CDMA, haciendo uso del acceso FMA1 es:

1900 a 1920 MHz.

2100 a 2025 MHz .

Objetivos del acceso FMA2 de WCDMA:

Soporta alta velocidad de datos (mayor a 384 kbps en cobertura de arrea amplia y hasta 2mbps para cobertura local o interna. Alta flexibilidad con soporte de servicios múltiples paralelos de tasa variable en cada conexión.

Acceso eficiente de paquetes

- ✔ Alta capacidad inicial y cobertura con soporte interno instalado para futura capacidad, albergando tecnologías mejoradas, tales como las antenas inteligentes y las estructuras de receptores avanzados.
- ✔ Soporte para entrega interfrecuencia por operaciones con estructuras de celdas jerárquicas
- ✔ Fácil implementación de terminales de modo dual UMTS/GSM, así como entrega entre UMTS y GSM.

Características técnicas de la interfaz de radio WCDMA:

- Tasa básica de chip de 4.096 Mcps con espaciado de portadora desde 4.4 a 5 MHz dependiendo del escenario o situación
- Espaciado múltiple de la portadora de 200 KHz para la capacidad de la Segunda Generación (2G)
- Más altas tasa de chip con 8.192 y 16.384 Mcps
- Tasa variable de esparcimiento para ambas direcciones
- Bajas y medias tasas de bit con un código simple
- Altas tasas de bit con soluciones multicódigo

- Detección coherente en ambos enlaces: hacia arriba y hacia abajo
- Longitud de la trama de 10 milisegundos (ms)
- Operación asincrónica
- Códigos cortos de esparcimiento y dispensación con códigos opcionales largos en el uplink
- Esparcimiento híbrido (factor variable de esparcimiento más multicódigo) para soportar transmisión a tasa variable
- Soporte flexible para servicios de tasa variable
- Separación de datos en la capa 1 y control en diferentes canales físicos
- Tasa de información explícita
- Rápido control de energía para ambos enlaces: hacia arriba y hacia abajo

Características resaltantes de WCDMA con la tecnología CDMA2000:

El debate acerca de la convergencia de CDMA2000 y WCDMA se ha basado en el hecho de que estas propuestas de CDMA poseen cierta definición de parámetros que representan una oportunidad de compromiso. El parámetro más discutido y debatido es la tasa de sistema de chip. WCDMA emplea un valor de tasa de chip de 4.096 Mbps. CDMA2000 utiliza 3.6864 Mbps. Los propositores de WCDMA prefieren la tasa más alta para los llamados “caballos de fuerza” y se quejan de que las tasas más bajas de CDMA2000 degradan el desempeño. Los primeros propositores de WCDMA indican, que ésta provee una tasa de chip tanto de un 10% de capacidad de desempeño por encima de CDMA2000. Mientras algunas operadoras desplegaran 3G en tan poco como un espectro de 5MHz, muchos utilizarán ubicaciones de 10,15, ó 20 MHz. Esto es importante, ya que esta es el espectro utilizable, en conjunción con las tasas de chip, lo cual afecta la capacidad. Con esta configuración puede ser demostrado que hasta un 13% las mejoras de capacidad son logradas con un despliegue de 20MHz.

Entre los últimos proyectos realizados sobre WCDMA están los siguientes:

**Cancelación de Interferencia para WCDMA:**

Aumentar grandemente el funcionamiento de los métodos actuales de la cancelación de interferencia con mucho menos complejidad que los métodos de detección multiusuario basados en transformación lineal.

**Cancelación de Interferencia Gradual para WCDMA:**

Este tipo de interferencia se ha estudiado para mejorar el funcionamiento del sistema y aumenta su capacidad.

**Gerencia de Recurso Dinámica en Sistemas multimedia inalámbricos en WCDMA:**

Desarrollo de esquemas dinámicos de asignación de recurso, tomando en cuenta los diversos requisitos de QoS en servicios multimedia inalámbricos. Los servicios de 3G, incluirían: Salida interactiva de noticias (voz, vídeo, e-mail, gráficos), descargar ficheros

grandes de intranets, comunicación vídeo, web, transferencia dinámica de ficheros, capacidad más alta de la red, mejor uso del espectro de frecuencia, etc.

El control de potencia del bucle cerrado se utiliza en las tramas de enlace: uplink y downlink., esta potencia de bucle, ajusta la estación móvil y transmite la potencia para guardar al SIR recibido en un nivel dado, para esto hay que limitar el número excesivo de handoff causado. Se hace uso de las estructuras jerárquicas de las celdas para una mejor movilidad de los equipos usados.

### **Técnicas de codificación en WCDMA**

Esa nueva tecnología tiene la ventaja de separar la señal, lo cual permite usar una codificación muy baja del control de error de la tarifa. Se están haciendo estudio de códigos circunvolucionales que tiene un funcionamiento cerca del límite de Shanon.

El próximo paso en la evolución del sistema celular GSM/EDGE, incluye una definición de mejoras que llevarán a una mayor alineación con UMTS/UTRAN (Red terrestre de acceso radioeléctrico UMTS), favoreciendo la evolución de GSM hacia los sistemas inalámbricos de tercera generación. Actualmente, esas mejoras están siendo especificadas para GERAN, en las próximas versiones de la norma 3GPP. GERAN está basada en las técnicas de transmisión de alta velocidad EDGE, combinada con mejoras sobre la interface del enlace de radio GPRS. GERAN proveerá soporte para las clases de servicio conversacionales y de flujo continuo (streaming), tal como han sido definidas para WCDMA. De esta manera, se podrá dar soporte adecuado a todo un nuevo rango de aplicaciones, incluyendo las aplicaciones de IP multimedia.

El próximo paso en la evolución de GSM/EDGE se concentra sobre el soporte de las clases de servicio conversacionales y de flujo continuo, los así llamados servicios en tiempo real. Un impulsor para esta evolución es el cambio de paradigma dentro del mundo de las telecomunicaciones, desde las comunicaciones de conmutación de circuitos hacia la conmutación de paquetes. Esta tendencia no sólo es válida para los servicios de datos tradicionales, tal como e-mail y navegación web, sino también para los servicios en tiempo real, tales como videoconferencia y voz sobre IP.

Tanto la red central de segunda generación de conmutación de paquetes, definida para GPRS, como la actual red de acceso radioeléctrico de GSM/EDGE, requieren modificaciones para soportar los servicios en tiempo real. Una parte de la solución es adoptar la misma interface Iu para la red central WCDMA/GPRS de tercera generación, tal como UTRAN. Esto simplifica la alineación de los servicios que serán prestados en WCDMA y también permite la conexión a la misma red central de tercera generación.

En la normalización 3GPP, la evolución actual de GSM/EDGE que cubre todos los aspectos mencionados más arriba, se llama GERAN.

En resumen, los dos objetivos principales para GERAN son:

Alineación con los servicios WCDMA primariamente relacionados con la provisión de clases de servicio conversacional y de flujo continuo.

Posibilidad de interconectar la red central WCDMA sobre la misma interface Iu, tal como WCDMA/UTRAN.

Además, GERAN incluirá mejoras de rendimiento para los servicios existentes.

### Arquitectura del sistema GERAN

El soporte para los servicios de paquetes en tiempo real y la adopción de la arquitectura de Calidad de Servicio (QoS) de WCDMA, requieren cambios en la red central GPRS de segunda generación. En lugar de introducir estos cambios, otra solución atractiva es conectar GERAN a la red central WCDMA/GPRS de tercera generación, la cual soporta los servicios en tiempo real y la arquitectura de QoS de WCDMA. Esto permite una red central común para UTRAN y GERAN, conectados sobre una interfase común (ver 3GPP TS 43.051).

Para conectarse a la red central WCDMA/GPRS de tercera generación, GERAN utilizará la interface Iu (Versión 5 de la especificación 3GPP), como se muestra en la Figura 122.

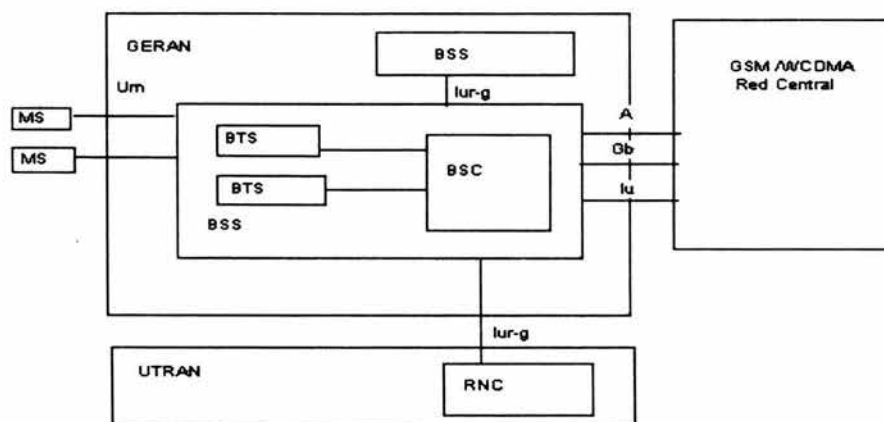


Fig.122

La interface Iu está compuesta de dos partes: la Iu-ps, que se conecta con el dominio de conmutación de paquetes de la red central y la Iu-cs, que se conecta con el dominio de conmutación de circuitos de la red central.

La figura 12 muestra que GERAN también se conecta con los nodos de la red central de la segunda generación.



Las interfaces A y Gb permanecen intactas, para soportar las terminales de la Versión 99, haciendo que GERAN sea totalmente compatible para soportar terminales de las versiones anteriores de GSM, GPRS, ECSD y EGPRS. La razón principal para soportar las interfaces A y Gb con las versiones anteriores y no utilizar la interface Iu-ps para las terminales de la Versión 99 es que la separación funcional entre la red de acceso radioeléctrico y la red central difiere substancialmente entre Iu y A/Gb.

La interface de radio entre la estación móvil y GERAN, llamada la interface Um, está basada en la interface del enlace de radio de la Versión 99. Sin embargo, se están especificando varias mejoras sobre diferentes capas de protocolos de enlace de radio, para proveer portadores de radio adecuados para los servicios en tiempo real.

Ejemplos de las mejoras son el soporte para la reelección de la celda para el dominio de conmutación de paquetes, la separación de los planos de usuario y de control, y los modos transparentes en las capas de protocolo del enlace de radio. También será posible multiplexar tráfico de paquetes de datos hacia y desde las terminales operando ya sea en los modos Iu o Gb, sobre el mismo intervalo de tiempo.

La Versión 99 de la norma ETSI ha mostrado un soporte eficiente para los servicios sin requerimientos estrictos de retardo, tales como acceso a Internet, e-mail, e-commerce y descarga de archivos. Con las normas de la Versión 5 de 3GPP, GERAN proveerá un rango completo de servicios inalámbricos de tercera generación. También está incluido el soporte para todas las clases de servicio especificadas para WCDMA, con los requerimientos de tiempo real de la clase de servicio conversacional. Además, se consigue un alto nivel de alineación con WCDMA, por la interconexión hacia la red central WCDMA, sobre la interface Iu, que es común con UTRAN.

### **Beneficios a corto plazo: Capacidad y rendimiento.**

EGPRS introduce una nueva técnica de modulación, junto con mejoras en el protocolo de radio, lo que permite a los operadores usar los espectros de frecuencia existentes (800, 900, 1800 y 1900 MHz) en forma más efectiva.

La simple mejora de los protocolos GSM/GPRS existentes, hace que EDGE sea una ampliación económica y fácil de implementar. Las actualizaciones de software en el sistema de la estación base permiten el uso del nuevo protocolo; las nuevas unidades transceptoras en la estación base permiten el uso de la nueva técnica de modulación.

EDGE triplica la capacidad de GPRS. Este impulso en la capacidad mejora el rendimiento de las aplicaciones existentes y permite nuevos servicios, tales como los servicios multimedia. También permite que cada transceptor transporte mayor tráfico de voz y/o de datos.

EDGE permite nuevas aplicaciones a velocidades de datos más altas. Esto atraerá nuevos abonados y aumentará la base de clientes del operador. El proveer los mejores y más atractivos servicios también aumentará la fidelidad del cliente. Beneficios a mediano plazo: Tecnología complementaria EDGE y WCDMA son tecnologías complementarias que juntas pueden dar apoyo a las necesidades de los operadores para lograr la cobertura y capacidad global de la red de tercera generación.

La mejora de una red GPRS se logra a través de la evolución hacia EDGE dentro del espectro existente y con el despliegue de WCDMA en las nuevas bandas de frecuencia. La implementación de las dos tecnologías en paralelo permite menores tiempos para acceder al mercado con los nuevos servicios de datos de alta velocidad, así como menores gastos de capital.

EDGE está diseñado para integrarse con la red existente. EDGE hace que la base instalada evolucione y no es necesario reemplazarla ni construir algo completamente nuevo. Esto define una implementación sin fronteras. La implementación rápida y fácil significa un menor tiempo para llegar al mercado, lo que a su vez puede llevar a un aumento de la participación de mercado.

Con EDGE, los operadores pueden ofrecer más aplicaciones de datos, incluyendo multimedia inalámbrica, e-mail, información y entretenimiento en la web y servicios de posicionamiento, todo esto para consumidores y usuarios de negocios.

Los abonados podrán navegar en Internet sobre sus teléfonos móviles, asistentes personales digitales o laptops a la misma velocidad que en su computadora personal estacionaria.

### **Beneficios a largo plazo: Armonización con WCDMA**

EDGE puede ser visto como el cimiento para una red sin fronteras GSM y WCDMA, con una red central combinada y diferentes métodos de acceso, que serán transparentes para el usuario final.

### **WCDMA RADIO CANALES.**

El WCDMA radio acceso asigna ancho de banda para el usuario y la ancho de banda asignada y su función controlando se maneja con el término "canal." la funcionalidad llevada a cabo a través del WCDMA se requieren varios tipos de canales y cómo son organizados. La organización del canal los usos de WCDMA son tres capas ; allí los canales lógicos serán transferidos y los canales físicos.

De esos canales, el canal lógico describe los tipos de información que será transmitida, el canal de transporte describe como el canal lógico esta transfiriendo y el canal físico esta la media transmisión proporcionando a través de la plataforma de la radio, que la información es transferida realmente.

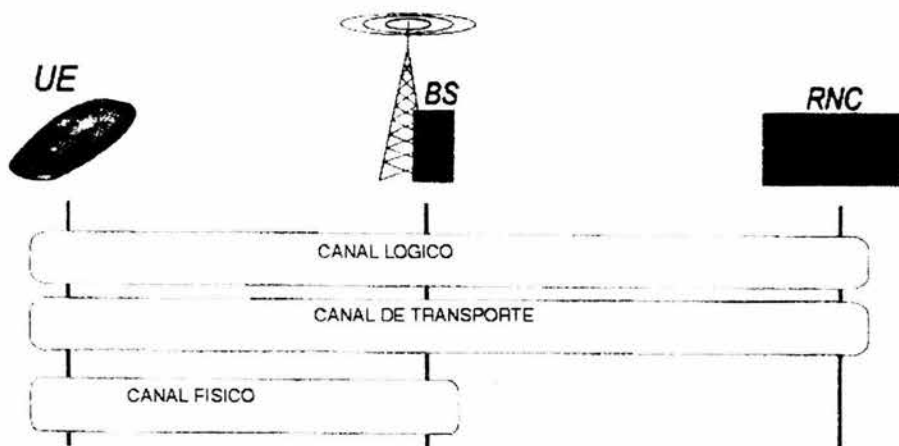


Fig.123

El termino canal físico es erróneo por el diferente tipo de ancho de banda asignado por diferentes propósitos a través de la interface Uu. En otras palabras, el canal físico actual forma la existencia física de la interface Uu entre el UE dominio y acceso al dominio en GSM los canales físicos realmente existen en la internase Uu y el RNC no necesariamente consiente de toda su estructura.

### 3.2.2 RED DE ACCESO RADIAL TERRESTRE UMTS (UTRAN )

Como otro sistema de radio celular mobil, UMTS es a menudo identificado con sus rasgos de radio, olvidándose de eso hay un gran y compleja red de transporte el volumen de la información, sea voz o datos, viniendo de las terminales móviles.

El corazón de la red es la componente de esa red eso estabiliza la comunicación entre varias secciones de la red de acceso que frunce trafico directo de varias radio estaciones base. La UTRAN es descrita en la figura 124, como ilustra la UMTS alto nivel de arquitectura como una función de la siguiente entidades lógicas : EU (Equipo del usuario en otras palabras terminal mobil), UTRAN y CN (Red del Centro). En UMTS es más, se ha hecho un esfuerzo al introducir un cierto grado de independecia entre la radio interface y otra parte del sistema.

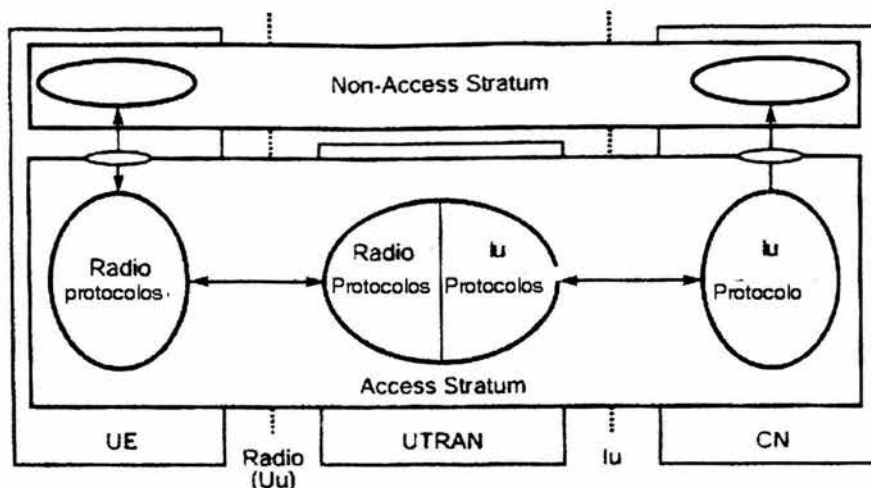


Fig.124

Esta independencia investigada en la framework de programas de la investigación específicos ha sido prácticamente implementado por medios de lógica separación entre la UMTS (Access Stratum Non Acces Stratum). El Access Stratum es la colocación de protocolos y compatibles que es estrechamente unido a lo considerado radio técnico, mientras el termino Non Access Stratum es usado para denotar aquellos que son independientes de la red de radio acceso.

Teóricamente, esto permite a un sistema de la radio móvil a usar la red de acceso diferente, librando la red del cetro de la particular tecnología escogida para el acceso, como resultado varios tipos de acceso a la red pueden conectar a algún sistema radio mobil.

El Non Access Stratum compatible incluye llamada y sesión de control (i.e. Los procedimientos preparan, modifican la transmisión lógica, los recursos pertinentes para el servicio requerido) y el control de la movilidad (o en otras palabras, todos lo procedimientos que habilitan al usuario para comunicarse sin tener en cuenta su situación y si o no él está en movimiento). Esto ultima capacidad se aplica a la movilidad entre varias áreas de el acceso a la red, y como tal es manejado por el CN.

### ARQUITECTURA UTRAN.

En la figura 16 se muestra la arquitectura de UTRAN, en la que pueden observarse los elementos que la componen y las interfaces definidos entre ellos.

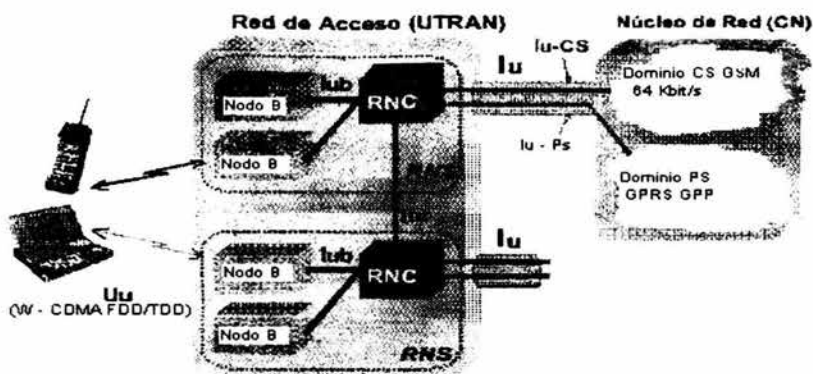


Fig.125

La red de acceso UMTS consta de uno o más subsistemas RNS (Radio Network Subsystem). Cada RNS cubre un conjunto de células UMTS, siendo responsable de la gestión de los recursos asociados a ellas. Un RNS está formado por un controlador RNC (Radio Network Controller) y un conjunto de estaciones base (nodos B).

Dentro de la red radio se definen dos tipos de interfaces: interfaz Iub entre cada Nodo - B y el RNC que lo controla y el interfaz Iur entre RNCs. Este ultimo interfaz, sin equivalente en las redes 2G, permite la comunicación directa entre RNCs para el soporte de trasposos suaves (soft - Handover) entre estaciones base pertenecientes a distintos RNCs.

La red radio también posee dos interfaces externas: el interfaz radio Uu, basado como ya se ha dicho en WCDMA, y el interfaz Iu con el núcleo de red. Este ultimo se subdivide lógicamente en dos interfaces: Iu - CS hacia el dominio de conmutación de circuitos e Iu - PS hacia el dominio de conmutación de paquetes.

### **ESTACION BASE.**

La estación base (BS) esta localizada entre el Uu y la interface UMTS entre RNC y BS (Iub) internase. sus tareas principales son establecer la aplicación física de la interface de Uu, hacia la red, la aplicación de la interface de Iub por la utilización la pila protocolar especificada para estas interfaces. Realización de la internase Uu medios que la BS lleva a cabo WCDMA canales físicos de la radio acceso y transfiere información de canales de transporte a canales físicos de la base en arreglo determinado por la RNC.

## ESTRUCTURA DE LA ESTACIÓN BASE .

La estructura interna del la BS es un vendedor del problema dependiente, pero la estructura lógica, i.e. como un BS es tratada dentro de UTRAN, del punto de vista de la red la BS puede dividirse en varias entidades lógicas como se muestra en la figura 126. En el lado de Iub, una BS es colección de dos entidades, transporte común y un numero de Punto de Terminación del Trafico (TTP). El transporte común representa aquellos canales que son comunes para todo el UE en la célula y aquellos se usan para acceso inicial.

La entidad de transporte común también contiene un Nodo B el puerto del mando se usa para el funcionamiento y mantenimiento (O & M). Un TTP consiste de un numero de Nodos B contexto de comunicación. Nodo B contexto de comunicación a su vez consiste de todos los recursos especializados requeridos cuando el UE esta en modo dedicado.

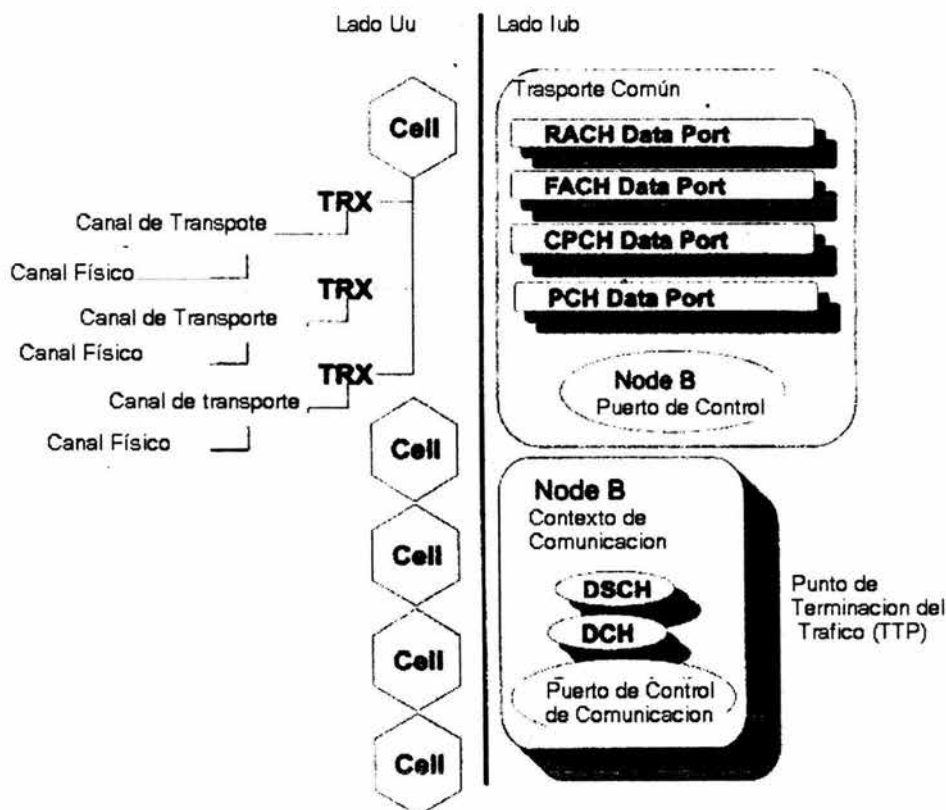


Fig.126

Un nodo B de contexto de comunicación tal vez contenga por lo menos un Canal Dedicado (DCH). Del punto de vista de la red de la radio y su control BS consiste en varias o otras entidades lógicas llamadas célula.

Una célula es lo más pequeño de la red de la radio la entidad tiene su propio numero de identificación (cell ID), que es publicidad visible para el UE, cuando la red de la radio es configurada, es la célula actual de datos que es cargada. El termino posición del sector por la física ocurrencia de la célula, i.e . radio convergencia.

Cada célula tiene un código de corrimiento, UE reconoce a una célula por dos valores, el código de corrimiento ( cuando entra a una célula) y cell ID (por tipología de la red de la radio). Una célula tiene varios Transmisores – Receptores (TRXs, también llamados carriers). El TRX de la célula entrega la transmisión de la información hacia la UE, esto es , el primer control físico del canal (P – CCPCH) conteniendo el canal de transmisión (BCH) la información es transmitida aquí. Un TRX mantiene los canales físicos a través de la interface Uu y ese lleva el canal de transporte que contiene la información, qué puede ser común o especializado en naturaleza.

Una célula puede consistir un mínimo de un TRX. El TRX es físicamente una parte del BS realizando varias funciones, se convierten en flujos de los datos de Iub terrestre la conexión al camino de la radio y viceversa.

#### ENTORNOS DE OPERACIÓN DE OPERACIÓN FDD Y TDD

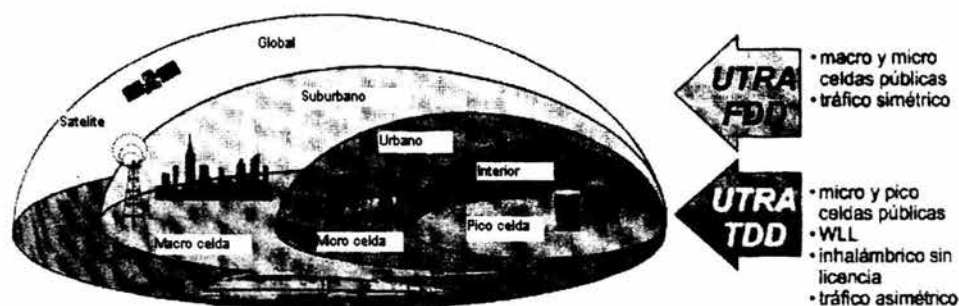


Fig.127

FDD: Servicio público con movilidad total a 144 – 384 Kbps.

TDD: Servicio público con movilidad local hasta 2Mbps.

Parámetros UTRAN

- Chip rate: 3.84 Mchip/s (antes 4.096Mchip/s)
- Espaciado entre portadoras nominal: 5 MHz (200KHz raster)
- Longitud de trama: 10ms
- Slots por trama: 15
- Detección coherente tanto en UL como DL
- Características de diversidad:
  - ✓ Temporal: codificación y entrelazado tanto UL como DL
  - ✓ Multicamino: Rake de máxima ganancia u otras estructuras
  - ✓ Antena: Máxima ganancia UL y móvil
- UTRAN FDD:
  - Esquema de acceso múltiple W – CDMA
  - Modulación BPSK en UL y QPSK en DL
- UTRAN TDD:
  - Esquema de acceso múltiple Híbrido W – CDMA + TDMA
  - Modulación QPSK.

## **TÉCNICA DE RECEPCIÓN.**

El WCDMA utiliza propagación de multicamino, esto es, la señal de propagación transmitida en diferentes maneras del transmisor al receptor, para tener mejor capacidad en la red de la radio, el poder de transmisión de el UE (y BS) debe ser relativamente pequeño. Esto disminuye la interferencia en la interface de la radio y tiene más espacio para otra transmisión. Es primicia a una situación donde es muy útil que ambos UE y la BS sean capaces para coleccionar muchas señales de nivel débil indicando la misma transmisión y para combinarlos juntos. Esto requiere un especial tipo de receptor. Un ejemplo de este tipo de arreglos es llamado RAKE. Debe decirse que RAKE no es una sigla, es un nombre real para este tipo de receptor.

Por consiguiente, el propósito del receptor del RAKE es para mejorar la señal de nivel de recibida aprovechando la propagación del multicamino característico de la radio onda, como la señal de propagación tiene diferentes caminos puede tener varias atenuaciones. Un básico receptor RAKE consiste en un numero de fingers (dedos), un filtro emparejado, y un retraso del ecualizador. Prácticamente todos los fingers pueden recibir partes de la señal transmitida, que puede ser cualquiera de el servicio BS. Diferentes ramas de la señal recibida es combinada de tal manera que la fase y desviaciones de la amplitud de la compensación de las ramas por nosotros, resultando una señal con una señal más alta de cada rama de la señal individual. Para que el multicamino de las ramas de la señal puedan ser distinguidos por nosotros, debe haber un rango de retraso específico entre las ramas consecutivas.

Además, utilizando diversas técnicas es requisito previo para proporcionar un handover en el sistema celular. Pueden usarse técnicas de diversidad en el sistema móvil, esto es, diversidad de tiempo, diversidad de espacio, diversidad de frecuencia.



En la tecnología WCDMA la típica diversidad de polarización es utilizada por ambos la transmisión uplink y el downlink. El propósito de la diversidad del multicamino es la resolución individual de los componentes del multicamino y la combinación para obtener una suma de componentes de la señal con mejor calidad. Habiendo usado receptor RAKE en ambos UE y la BS haciendo posible la captura y combinación de ramas diferentes señales deseadas y mejorar la calidad de la última señal o los datos se vierten para ser procesados en un futuro. Máxima Porción de Combinación (MRC) es la diversidad algorítmica usada en la señal procesada. La responsabilidad para diversidad es distribuir en radio acceso entre UE, BS, y RNC dependiendo del link de dirección ( uplink, Downlink) y la posición de los elementos de la red en la jerarquía arquitectónica de la red.

## **PROTOCOLOS UTRAN.**

Los protocolos de UTRAN se estructuran en dos capas: la capa de red radio (RNL, Radio Network Layer) y la capa de red de transporte (TNL, Transport Network Layer). Esta descomposición tiene como objeto aislar las funciones que son específicas del sistema UMTS (encuadra dentro de RNL), de aquellas otras que dependen de la tecnología de transporte utilizada (ubicadas dentro de TNL).

La capa TNL se articula en torno al uso de ATM. La información que se transporta sobre ATM es básicamente de dos tipos:

- ▶ Información móvil – red: se trata de la información, señalización o tráfico de usuario, que intercambian entre sí los móviles y el nodo de entrada al núcleo de red. Este nodo será un MSC (Mobile Switching Center) en caso de una comunicación con el dominio CS, o un SGSN (Serving GPRS Support Node) en caso del dominio PS.
- ▶ Señalización UTRAN: se trata de información intercambiada entre nodos – Bs y RNCs (protocolo NBAP, nodo B Application Part), entre RNCs y Núcleo de red (protocolo RANAP, Radio Access Network Protocol) y entre RNCs (RNSAP, Radio Network Subsystem Application Part).

En la figura 128 se muestra con detalle los protocolos involucrados en el plano de usuario de las interfaces Iub, Iu – CS e Iu – PS. Los protocolos de adaptación ATM utilizados en cada caso son AAL2 para Iub e Iu – CS y AAL5 para Iu – PS.

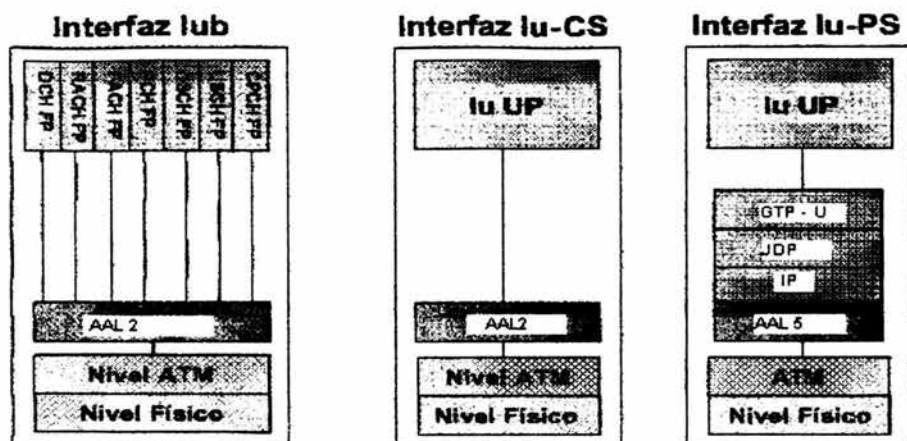


Fig.128

Desde la perspectiva del plano de usuario, el interfaz Iub puede considerarse como una prolongación del interfaz radio. De hecho, si se observa con detenimiento la figura 127 se puede observar que los protocolos radio ( RRC/RLC/MAC) terminan en el RNC. El transporte de las tramas radio (MAC) entre un nodo - B y su correspondiente RNC se basa en la utilización del protocolo AAL2, de modo que cada canal radio emplea una miniconexión AAL2.

El protocolo AAL2, permite la multiplexión eficiente de varios flujos de datos (hasta 248 miniconexiones) sobre un mismo circuito virtual ATM. El funcionamiento del protocolo AAL2 se ilustra en la figura 129. en un primer paso, cada flujo de datos se convierte en un flujo de paquetes CPS (Common Part Sublayer), genéricamente denominados minicelulas AAL2, con una cabecera de tres octetos y una carga útil de 1 a 45 (ó 64) octetos (el tamaño que más convenga en cada caso). Los flujos de minicelulas resultantes son multiplexados (entrelazados) a continuación formando bloques de 47 octetos.

Añadiendo a cada bloque un octeto adicional (un puntero que facilita la recuperación ante pérdidas en recepción), se forman los segmentos de 48 octetos (CPS PDUs) con los que se rellena la carga útil de las células ATM de la conexión.

Sobre el interfaz Iu, el protocolo AAL2 utilizado depende de si se trata de una comunicación modo circuito (Iu - CS), en cuyo caso se usa AAL2, o una comunicación modo paquete (Iu - PS ), en cuyo caso se usa AAL5. en el caso del interfaz Iu - CS , el empleo de AAL2 constituye la mejor opción para el transporte eficiente de flujos de datos modo circuito (paquetes de voz, datos modo circuito, fax,).

En el caso de un túnel IP (protocolo GTP, GPRS Tunneling Protocol) por sesión de datos recurriéndose al protocolo AAL habitual para el transporte de IP, esto es, el protocolo AAL5.

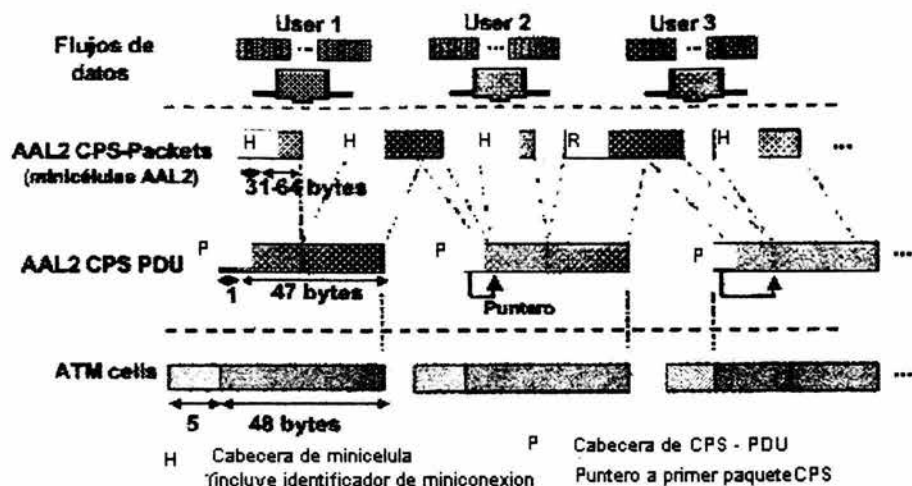


Fig.129

## DIMENSIONADO DE UTRAN.

El empleo de una tecnología de conmutación de paquetes, como lo es ATM, en UTRAN supone un cambio trascendental en relación con los actuales sistemas 2G, basados en el paradigma de conmutación de circuitos. Este cambio afecta a la metodología de dimensionado, puesto que los clásicos modelos de Erlang utilizados en las redes 2G no son de aplicación directa en el nuevo escenario.

El dimensionado de UTRAN debe, más bien, inspirarse en los modelos desarrollados dentro del ámbito de las redes multiservicio con garantías de QoS. Desafortunadamente, y a pesar de los logros alcanzados durante las últimas décadas, no existe aún una experiencia suficientemente consolidada en este terreno. Un tratamiento riguroso del problema requiere la consideración de múltiples factores, entre los que cabe considerar los siguientes:

- ✘ La carga de tráfico a soportar en cada interfaz , teniendo en cuenta las distintas contribuciones (tráfico de usuario, señalización, gestión, sobrecarga de cabeceras etc.)
- ✘ Los parámetros de tráfico de fuentes (tasa de pico, tasa media, factor de actividad, etc.)
- ✘ los requisitos de QoS (tolerancia a pérdidas y retardos ) asociados a cada tipo de tráfico.
- ✘ las diferentes estrategias de multiplexión de tráfico sobre ATM y el ahorro de ancho de banda que éstas pueden proporcionar (ganancia por multiplexión estadística).
- ✘ las políticas de gestión de tráfico (control de admisión, polarización de tráfico, control de congestión)

La consideración detallada de todos estos factores puede conducir a modelos analíticos muy complejos. Es por ello que en la práctica suele recurrirse a modelos simplificados (modelos con varios estados de actividad, modelos de fluidos) o al empleo de técnicas de simulación.

### *CARGA DE TRAFICO*

Uno de los puntos de partida esenciales en el dimensionado de cualquier red de comunicaciones es el conocimiento acerca de la demanda de tráfico a cursar. En el caso de UMTS, su naturaleza multiservicio requiere el desglose de las previsiones de tráfico por servicio o al menos, por clases de tráfico.

Las consideraciones de tráfico a aplicar en UTRAN deben estar en consonancia con las utilizadas en el proceso de planificación de la radio. El resultado principal de este proceso es la determinación del número de nodos – B necesarios para cubrir una determinada zona geográfica según criterios de cobertura, previsiones de tráfico y grado de servicio. Puesto que, por otro lado, el cuello de botella en las redes celulares normalmente está en la interfaz radio, cabe plantearse como criterio inicial para el dimensionado de UTRAN su capacidad para cursar todo (o casi todo) el tráfico que el interfaz aire pueda admitir.

Además el tráfico debido a las aplicaciones utilizadas por los usuarios, es necesario tener en cuenta otros: señalización móvil – red, señalización UTRAN (NBAP, RNSAP, RANAP), y tráfico de gestión (OAM, Operation and Maintenance). En el caso de las interfaces Iub e Iur también debe considerarse la contribución adicional debida a trasposos suaves. Habitualmente estas contribuciones suelen considerarse mediante la aplicación de un porcentaje sobre el tráfico de usuario o una aportación fija por elemento (Nodo – B o RNC, según el caso). A la hora de efectuar los cálculos es necesario tener en cuenta también las sobre cargas debidas a las cabeceras de los distintos protocolos UTRAN.

### *MODELOS DE TRAFICO*

Se trata de un modelo aplicable a las cuatro clases de tráfico (aunque los parámetros concretos varían de una a otra), y capaz de representar la tasa variable que muchas fuentes de tráfico exhiben en la realidad, posibilitando la consideración y evaluación del efecto de la multiplexión estadística en la fase de dimensionado.

Puesto que nuestro caso estamos interesados en el estudio de la red de transporte ATM de UTRAN, los modelos de tráfico a considerar no sólo el comportamiento de la aplicación en sí, sino las características relevantes de los protocolos de la capa de red radio. En el caso de aplicaciones asimétricas, se supondrá implícitamente que se modela el sentido descendente de la comunicación, por ser éste el que presentará en un caso típico más cantidad de tráfico. Tal como se indica en la figura 130 los tres niveles considerados son los siguientes:

- ◆ Nivel de sesión.- Mediante este nivel se modela el inicio y final de una sesión de usuario (por ejemplo, una llamada de voz, o una sesión de navegación Web). A este nivel los parámetros relevantes son los patrones de llegada y de duración de las sesiones. En este caso de que, como resultado de la fase de planificación radio, se disponga de información acerca del número de usuarios activos simultáneamente por cada Nodo - B , este nivel podría abstraerse y suponer, a la hora de dimensionar UTRAN, que todos los usuarios se encuentran dentro de una sesión activa.
- ◆ Nivel de ráfaga.- Cuando un usuario se encuentra activo, dentro de una sesión, su patrón de generación de tráfico se modela mediante dos estados (alto y bajo) con características diferenciadas de generación de paquetes. Los datos necesarios para la completa caracterización de este nivel son las distribuciones estadísticas de la duración de cada uno de los dos estados.
- ◆ Nivel de paquete.- A este nivel se especifica, dentro de cada uno de los dos estados del nivel anterior, el proceso estadístico de generación de paquetes. Las distribuciones del tiempo entre llegadas de paquetes y del tamaño de los paquetes son los dos aspectos significativos.

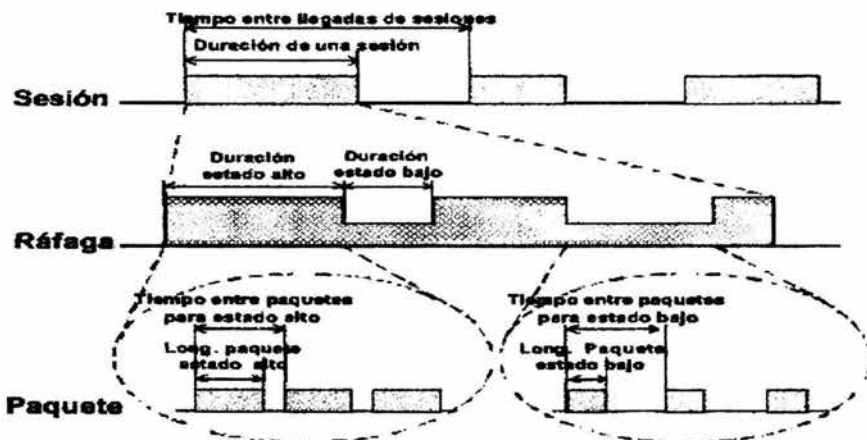


Fig.130

Para concentración de parámetros relevantes de cada clase de tráfico, se propone la elección de una aplicación lo suficientemente significativa de cada tipo. En la tabla 4 se muestran los posibles valores para los parámetros de tráfico de voz y navegación Web, aplicables a las interfaces Iub e Iur (incluyendo la sobre carga de todos los protocolos por encima de AAL2).

	Voz	Web
<b>Nivel de ráfaga</b>		
Duración estado ALTO	exponencial media: 3 s.	geométrica media: 0,19 s.
Duración estado BAJO	exponencial media: 3 s.	geométrica media: 412 s.
<b>Nivel de paquete</b>		
Tiempo entre paquetes (estados ALTO y BAJO)	constante valor: 20 ms.	constante valor: 40 ms.
Tamaño de paquete en estado ALTO	constante valor: 40 octetos.	constante valor: 325 octetos.
Tamaño de paquete en estado BAJO	constante valor: 13 octetos.	constante valor: 0 octetos.

Tabla

### PARÁMETROS DE QoS

Cada clase de tráfico impone un conjunto de requisitos de QoS para cuya satisfacción la red de transporte debe ser cuidadosamente dimensionada en cada uno de sus tramos. De todos los parámetros de QoS que las especificaciones de UMTS definen, dos de los que más claramente influyen en el dimensionado de UTRAN son el ratio de errores y el retardo máximo de transferencia (este último para las dos clases de tiempo real: convencional y afluente).

Los valores de partida para los dos parámetros de QoS seleccionados pueden derivarse a partir de las indicaciones para el servicio portador RAB. Estos parámetros deben ser traducidos o adaptados a requisitos parciales en cada una de las interfaces de la red de acceso, a fin de obtener valores que puedan ser directamente utilizados para el dimensionado de los mismos.

Así, para el retardo de transferencia, proporciona una buena base sobre la que establecer la metodología de adaptación. A la hora de adaptar el retardo admisible se debe tener en cuenta la posible utilización de mecanismos de recuperación de errores (mediante retransmisiones) por parte del protocolo RLC (Radio Link Control), entre la terminación móvil y el RNC que el caso de la clase convencional, donde los límites de retardo son muy estrictos.

Sin embargo los retardos permisibles para las portadoras de tipo afluente, en determinados márgenes, podrían permitir la presencia de retransmisiones en RLC.

En cuanto a los parámetros de QoS considerados, el ratio de errores, el objetivo es encontrar el valor de CLR (Cell Loss Ratio) a respetar en cada interfaz, puesto que se trata de una red ATM. Partiendo de la tasa máxima de errores de errores permisible en el servicio RAB (TS 23.107) se deben ir realizando las adaptaciones oportunas teniendo en cuenta los múltiples factores que entran en juego, entre los que cabe destacar los siguientes:

- ◆ En ocasiones se debe desglosar una determinada tasa de errores en dos tramos físicos adyacentes. En este caso, si se supone que las probabilidades de error son mucho menores que uno (único caso en que el funcionamiento del sistema será aproximadamente la suma de las de cada tramo).

- ◆ En caso de que un protocolo realice segmentación de SDUs (Service Data Units) de nivel superior, un error o una pérdida de una PDU(Protocol Data Unit) del protocolo provoca en general la pérdida de un número mayor de SDUs de la capa usuaria. En la figura 131 se puede ver mediante un ejemplo este efecto, típico por ejemplo del procesado llevado a cabo por la capa AAL2 para la transmisión de SDUs sobre células ATM.

- ◆ Evidentemente, los mecanismos de detección o corrección de errores utilizados permiten relajar los requisitos de pérdidas a imponer capas inferiores, en el caso del servicio RAB, la posible utilización de retransmisiones en RLC debe ser tenida en cuenta a este respecto.

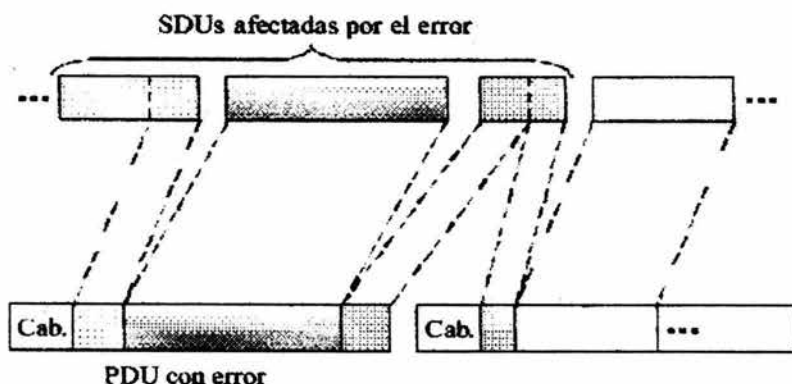


Fig.131

## ESTRATEGIAS DE MULTIPLEXIÓN Y TIPOS DE CONEXIONES.

Puede decirse que la QoS en UTRAN viene determinada por la capacidad para diferenciar tipos de tráfico en los niveles ATM y AAL2. hay dos métodos básicos para proporcionar diferenciación de tráfico en la red de transporte AAL2 / ATM, que son: diferenciación de tráfico a nivel AAL2 y a nivel ATM. En el caso de UTRAN, cabe considerar la aplicación de dichos métodos en las interfaces Iub, Iur e Iu - CS. La figura 132 ilustra los dos métodos suponiendo sólo dos tipos de servicios.

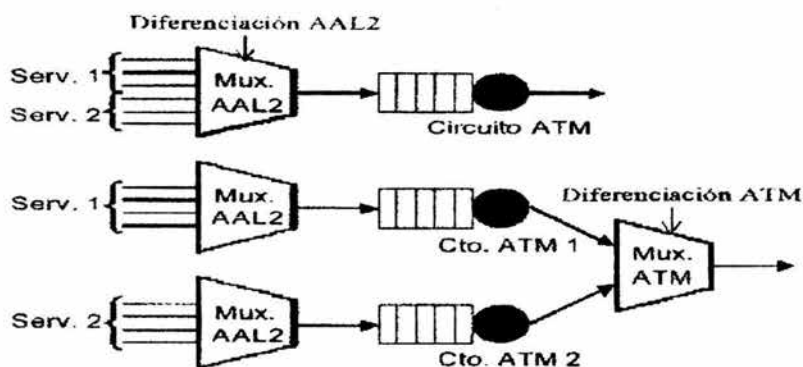


Fig.132

Resumiendo, el funcionamiento de cada uno de los métodos es :

► Sólo a nivel AAL2. el multiplexor AAL2 incluye algún método de diferenciación del tráfico, como un planificador capaz de dar distinto tratamiento a los paquetes de distintos servicios. Posteriormente todo el tráfico se envía por el mismo circuito ATM (por lo tanto en este caso a nivel ATM no se utiliza gestión de tráfico). No hay actualmente una manera estandarizada de proporcionar QoS a nivel AAL2 en la recomendación del ITU - T . Sin embargo pueden utilizarse mecanismos no estandarizados o propietarios, y de hecho hay artículos en que se proponen y analizan técnicas concretas.

► Sólo a nivel ATM. En caso conceptualmente se tiene un multiplexor AAL2 dedicado a cada tipo de servicio, con lo que el tráfico de entrada de cada uno es homogéneo, y no es necesario realizar diferenciación a este nivel. Sin embargo, la salida de cada multiplexor será transportada por un circuito ATM distinto, cada uno del tipo y parámetros adecuados al tratamiento que requiera al servicio, es decir, se utilizan los mecanismos de gestión de tráfico que proporciona ATM.

Como primera aproximación a la provisión de QoS en UTRAN se propone utilizar la diferenciación a nivel ATM, por tratarse de la única solución normalizada a fecha de hoy. La figura 133 muestra de manera esquemática la aplicación de ese enfoque en el contexto del interfaz Iub.



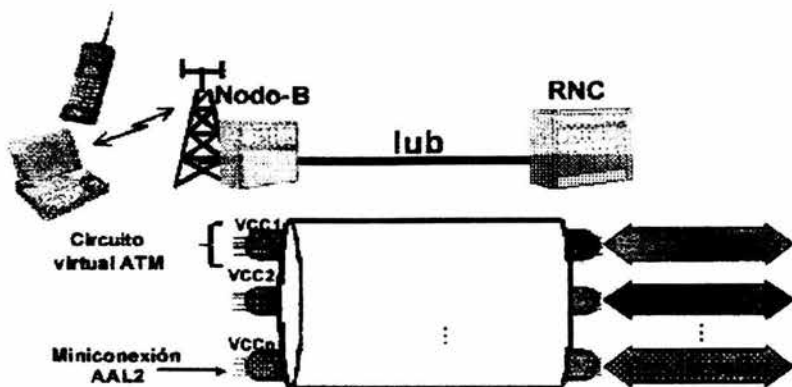


Fig.133

Puesto que los diversos tipos de circuitos proporcionan garantías de QoS distintas, una posible decisión es dedicar un circuito ATM adecuadamente dimensionado para cada clase de tráfico de usuario.

### TOPOLOGÍA DE LA RED DE TRANSMISIÓN

En cuanto a la topología de la red de acceso, a la hora de interconectar los Nodos - B con los RNCs, así como éstos al núcleo de red (MSC / GSN), es posible considerar varias alternativas. En la figura 134 se representa algunas de las configuraciones más habituales utilizadas en redes celulares.

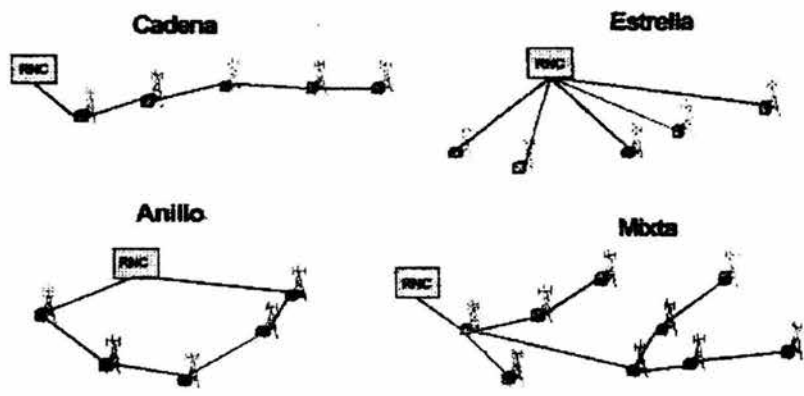


Fig.134

Desde una óptica económica resultan especialmente atractivas las topologías de interconexión que favorecen la concentración de tráfico. Así, por ejemplo, la elección de una configuración en cadena para interconectar varios Nodos - B a un RNC puede conducir a un ahorro considerable de recursos de transmisión, especialmente en aquellos casos en los que la capacidad de los Nodos - B sea relativamente pequeña. Esto podría ser el caso de células UMTS en entornos rurales, e incluso de una gran mayoría de las células durante la fase inicial de despliegue de red.

La concentración de tráfico en UTRAN puede efectuarse mediante equipos auxiliares independientes o integrados dentro de los Nodos - B. Una primera posibilidad es efectuar la concentración a nivel PDH, mediante D.Xs (Digital Crossconnects). Esta solución, sin embargo, no permite aprovechar las ventajas que ofrece ATM. Para sacar partido de estas, resulta más conveniente recurrir a dispositivos capaces de multiplexar el tráfico a nivel de circuitos virtuales ATM, como multiplexores ATM o conmutadores ATM. En este sentido, puede ser interesante que los nodos - B incluyan este tipo de funcionalidades a fin de evitar el empleo de equipos auxiliares.

En la figura 135 se muestra una posible topología de red de transmisión para el despliegue inicial de la UTRAN. Suponiendo que las necesidades iniciales de tráfico no son muy elevadas, los Nodos -B utilizan interfaces E1. En ocasiones, un Nodo - B puede actuar de concentrador de tráfico de otros Nodos - B, poniendo el número necesario de E1 para llevar el tráfico agregado hacia el RNC menor que el haría falta si se usara una topología en estrella.

Como se indica en la figura, cabe también la posibilidad de utilizar conmutadores ATM intermedios para efectuar concentración de tráfico a mayor escala. El uso de estos conmutadores permite concentrar el tráfico de varios árboles de Nodos - B que pueden estar lejos del RNC que les controla. En la figura se muestra cómo el uso de conmutadores ATM permite concentrar el tráfico de varios RNCs hacia el núcleo de la red.

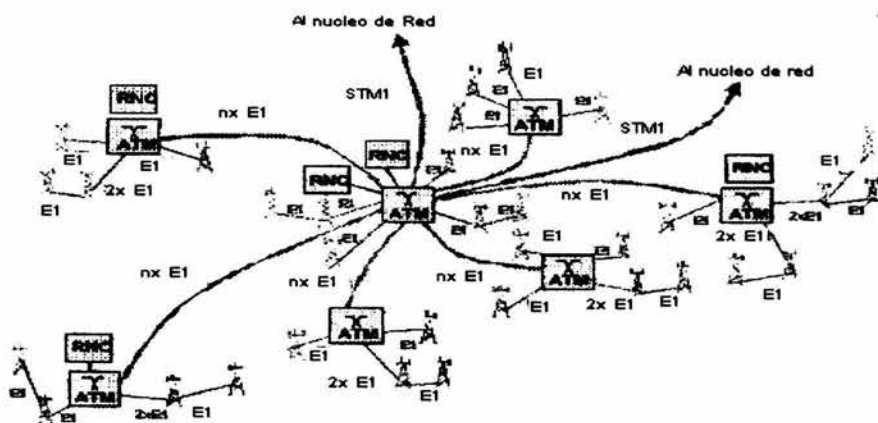


Fig.135

## CONTROL DE HANDOVER.

El Handover es de los medios esenciales para garantizar la movilidad del usuario de la red de comunicación, donde el subscriber puede mover alrededor. Mantenerla conexión de tráfico con un subscriber móvil se hace posible con la ayuda de la función del Handover. El concepto básico es simple, cuando el subscriber se mueve de un área a otra, una nueva conexión con la célula designada que debe ser preparada y la conexión con la célula vieja puede dejarse, Controlando el mecanismo del handover es sin embargo, es un problema bastante complicado en sistemas celulares y sobre todo el Acceso Múltiple por División de Código (CDMA).

Hay muchas razones porque los procedimientos del handover pueden ser activados. La razón básica detrás del handover es que la conexión de la interface aérea no hace fulfil el juego del criterio deseado para él y así el UE o el UTRAN comienza acciones para mejorar la conexión. In WCDMA, el handover on – the – fly se usa en contexto del circuito del cambio para las llamadas, para este caso el handover esta principalmente logrado cuando y el UE no tiene alguna actividad de traslado de paquetes .

En la figura 136 se muestra un proceso básico del handover que consiste de tres principales fases, incluye la fase de medida, la fase de decisión, la fase de ejecución. no obstante y hasta donde los principios básicos están interesados, están a favor de cualquier tipo valido de sistema celular.

Figura 136

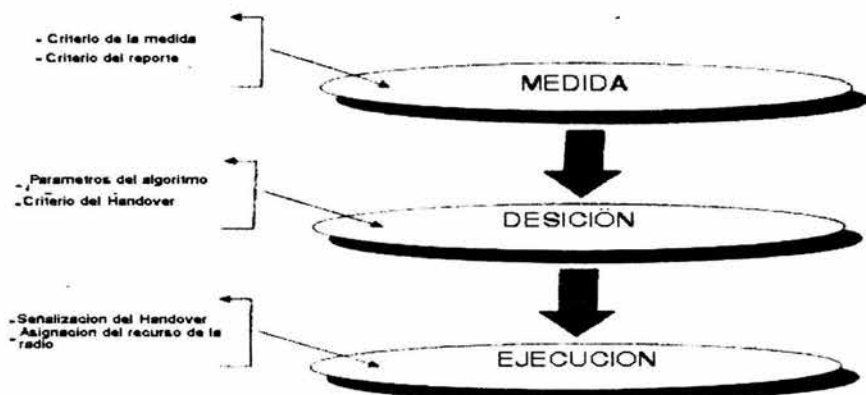
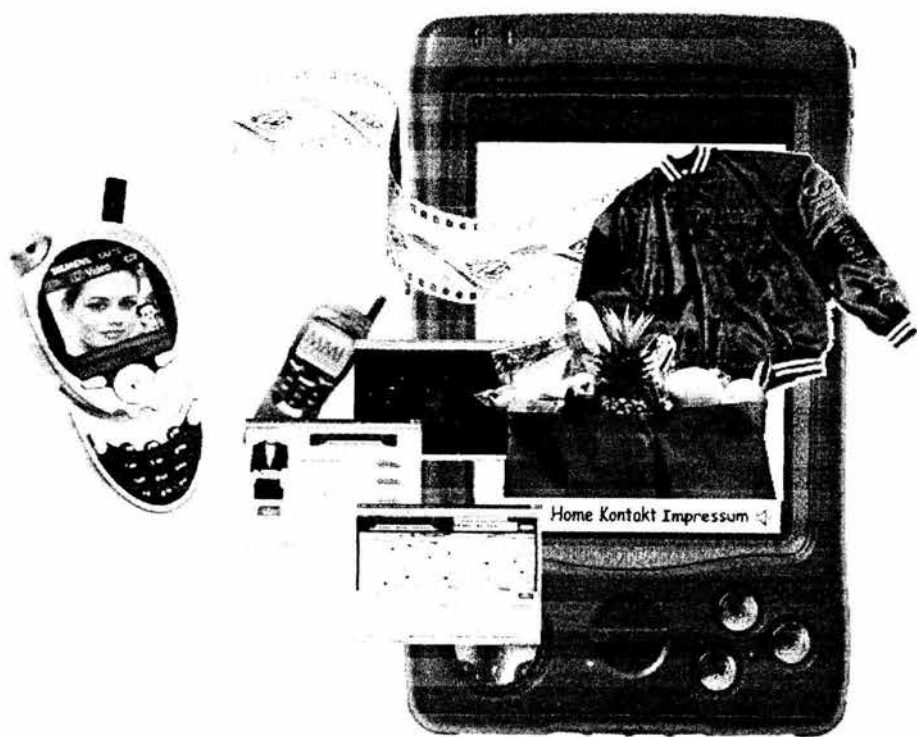


Fig.136

# CAPITULO 4

## TENDENCIAS TECNOLÓGICAS Y APLICACIONES DE UMTS



## CAPITULO 4.

### 4.1 INNOVACIONES DE UMTS.

#### 4.1.1 ARQUITECTURA.

A continuación se muestra a arquitectura de la red UMTS, pero cabe mencionar que en el diagrama que a continuación se presentara no se han incluido todas las interfaces ya que únicamente se especifican las mas importantes dado que las restantes se mostrara en puntos posteriores. La red de UMTS se compone de la siguiente manera:

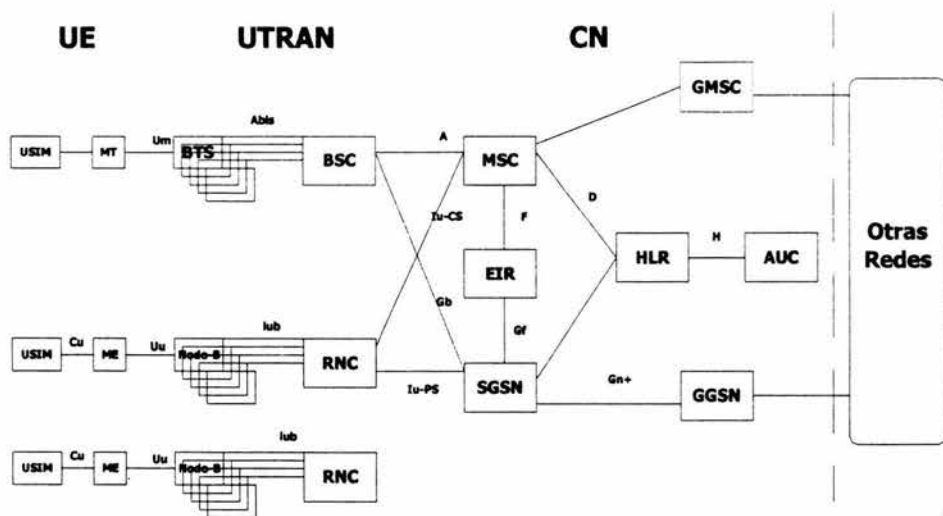


Fig.137 Red UMTS.

Donde: Cabe aclarar que las otras redes mencionadas en el esquema pueden ser; la red PSTN / ISDN y la red de Paquetes de datos.

Elementos rediseñados con respecto a GSM.

**UE.** (User Equipment) Equipos de uso.

**ME.** (Mobile Equipment) Equipos Móviles: Es equiparable al Equipo terminal de GSM.

**USIM.** (UMTS Subscriber Identity Module) Modulo de identificación para la suscripción a UMTS: Funcionalidades extendidas sobre el SIM de GSM.

**SGSN.** (Serving GPRS Support Node) Nodo de soporte para el servicio de GPRS.

GGSN. (Gateway GPRS Support Node) Nodo para el soporte para la puerta de enlace de GPRS.

GMSC. (Gateway MSC) Puerta de enlace para el MSC.

Cu. Nueva interfaz entre el ME y USIM.

**RNS.**(Radio Network Subsystem) Subsistema de redes de radio.

RNC. (Radio Network Controller) Controlador de redes de radio: Controla y conecta una o varias estaciones bases.

Nodo-B. Es una parte similar lo que era la BTS en GSM.

Elementos específicos de UMTS.

UTRAN. Radio acceso a redes terrestres universal.

TC. Transcoder utilizado para la compresión de datos.

IWF. Algunas Inter.-Working Functions para adaptar UTRAN al (Core Network "CN" – Corazón de la red) de GSM.

Después del RNC dentro de la estructura presentada los elementos presentados son los similares a los establecidos en la red de GSM, pero en las interconexiones de los elementos se encuentran las siguientes interfaces principales.

Uu. Interfaz entre UE y Nodo-B (W-CDMA), radio internase para UTRA.

Iu. Interfaz entre RNC y GSM fase 2+ CN.

- Iu-CS en conmutación de circuitos.
- Iu-PS en conmutación de paquetes.

Iub. Interfaz entre RNC y Nodo-B.

Iur. Interfaz entre dos RNC's, la cual no existen en el sistema GSM.

Cu. Interfaz entre ME(Equipo terminal TE) y USIM.

Gf. Interfase entre SGSN y EIR.

Las primeras interfaces están basadas bajo el principio de transmisiones de ATM, las cuales están contenidas en el 3GPP R99. Mientras que en el R5 se prevé su implementación sobre IP.

El sistema de UMTS esta dividido en dos principales segmentos; El primer es el acceso a las redes, denominado UTRAN (radio acceso a redes terrestres UMTS), y el switcheo y ruteo o mejor conocido como esencia de red CN.

La arquitectura de UMTS esta constituida por dos dominios de red los cuales son los siguientes El dominio de switcheo de circuitos, el cual esta centrado sobre el MSCs (centro de switcheo móvil), y el domino de switcheo e paquete de datos, el cual esta centrado sobre GSNs (Soporte de nodos para GPRS). Por lo cual estos dos dominios se encuentran separados por dos soporte paralelos.

El primero esta basado y derivado de la tecnología de ISDN para el transporte de trafico de voz así como también se basa en la tecnología derivada del protocolo IP para el transporte de trafico de datos. Mientras que el segundo dominio esta conectado al acceso a las redes, el cual forma parte de la unión entre ambos tipos de tráfico, lo cual se realiza por medio de la interfase Iu. Pero como se puede apreciar en la primera figura esta interfaz esta segmentada en dos tipos, la primera Iu-CS la cual conecta el acceso a la red por medio del soporte de switcheo de circuitos y la Iu-PS la cual conecta el acceso a la red por medio del soporte de switcheo de paquetes.

Para comprender mejor la arquitectura de la red UMTS se ha dividido en dos partes su estudio en primer lugar encontramos el switcheo de circuitos y posteriormente el switcheo de paquetes, como lo veremos a continuación.

#### *Switcheo de circuitos.*

El switcheo de circuitos es una parte heredada del sistema GSM para la nueva tecnología UMTS. Cabe aclarar que la tendencia tecnológica tiende a ser el switcheo de paquetes debido a que se pretende realizar por medio del protocolo IP, pero no debemos olvidar que el switcheo de circuitos juega un papel muy importante ya que tiene la responsabilidad de proveer servicios de voz en la actualidad (dentro del sistema GSM), y aunque en la nueva tecnología presentada se tengan nuevos avances en este aspecto no debemos olvidar que aparte de brindar este servicio también proporciona servicios de soporte para multimedia, así como integración de voz con datos en la nueva tecnología.

Como vimos al inicio del capítulo la arquitectura de UMTS es casi similar a la de GSM, por lo cual para su mayor entendimiento es indispensable marcar las grandes diferencias entre ambas y que esto nos dará un panorama mas claro sobre el real funcionamiento de la red. En primer lugar y sin duda una diferencia importante encontramos la adaptación de una nueva interfase la cual es W-CDMA, con la cual se pueden alcanzar grandes velocidades en los bits de transferencia la cual llega a los 2 Mbits/s, además de que se tiene gran flexibilidad en el sistema, así como el alcance de diferentes velocidades, por lo cual UMTS con la estructura de el switcheo de circuitos puede liberar diferentes velocidades en los circuitos. En UMTS, se incorporo dentro de la telefonía la red de GPRS en una parte superficial, es decir no esta completamente dentro de la arquitectura de la red pero si forma parte de ella.

Como podemos ver en la siguiente figura confirmamos que la arquitectura de red UMTS es similar a la de GSM, pero con la nueva interfase de radio, la BSS fue remplazada por UTRAN como se menciono anteriormente. LA USMC (UMTS MSC) es ahora suministrada con los dos circuitos, tanto el de switcheo de paquetes como el switcheo de circuitos, aunque la principal interfase y arquitectura continúan igual.

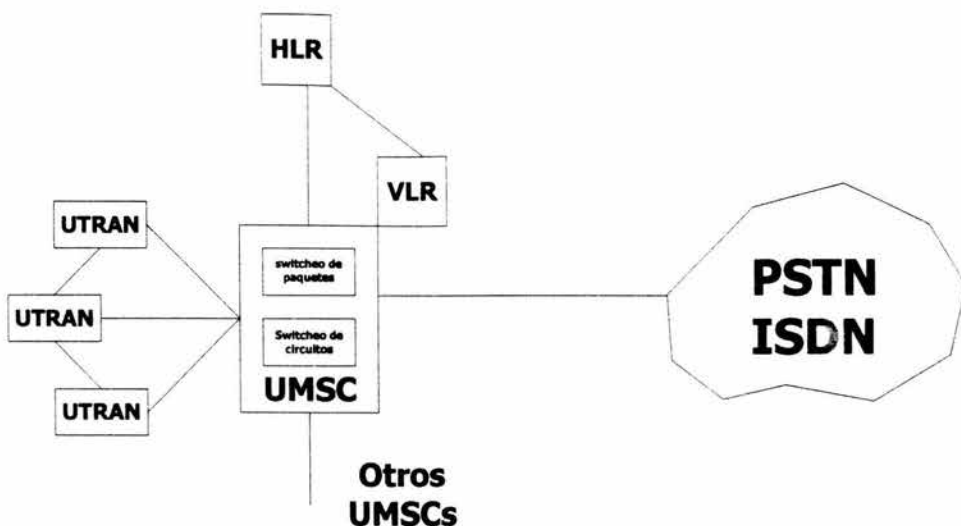


Fig.138 *Switchero de circuitos de la red UMTS.*

Dentro de las grandes ventajas que presento la nueva tecnología fue la implementación de la emulación de la red ATM, ya que tal emulación fue para la transmisión de datos. Gracias a un enorme rango de estándares y protocolos para el ruteo de llamadas y direcciones así como la capacidad de incorporar la señalización, compatibilidad de redes típicas de telefonía, esta red ayuda al transporte por medio del protocolo IP así como sucedió en las redes locales y ahora en FDDI.

Para la transportación en el sistema UMTS de servicios por medio de ATM encontramos la ayuda de dos capas de este modelo las cuales son AAL5 y AAL.

AAL5. Esta capa es adaptada para hacer posible la transportación de paquetes sobre IP (donde la longitud se encuentra en un máximo de 65536 byte), las longitudes de las células son estables en ATM (53 bits, con 5 de encabezado y 48 de contenido).

AAL2. Es fundamental dentro de la red de UMTS, además de que proporciona el acceso a redes particulares.

Hand-over, como sabemos este mecanismo es indispensable para que se pueda establecer adecuadamente la comunicación durante una llamada, puesto que un usuario tiende a moverse y se debe tener un control sobre el movimiento así como de el cambio que hace el usuario de una estación base, todo este se presenta en una comunicación dentro del sistema GSM, pero para la evolución UMTS este mecanismo es similar pero con ciertas consideraciones a tomar en cuenta, debido que ahora se implemente la nueva interfase  $I_{ur}$ , dentro del nuevo sistema.



En UMTS gracias al uso de la interfase  $I_{ur}$  el acceso a la red (UTRAN) puede controlar la movilidad del usuario independientemente de la MSC. El efecto del hand-over en UMTS es extendido tanto a USMC como a RNC gracias a  $I_{ur}$ , lo que hace posible llegar a una nueva RNC.

La interfase  $I_{ur}$  redirección el procedimiento además de que conoce la forma de poder optimizar los recursos. La modernización del proceso coincide con el SRNS (Sistema de redes de radio servicios), reubicación del procedimiento, con lo cual se tiene el control de la unidad móvil desde el RNC.

### *Suitcheo de paquetes.*

Este mecanismo es desarrollado por ETSI, los servicios de GPRS son el estándar que permiten la transmisión de paquetes de datos para poder ser introducidos en el sistema GSM el cual está basado en el protocolo IP para redes semejantes a la de Internet entre otras.

Dentro de la estructura de switcheo de paquetes para UMTS se encuentra que es similar a la de GPRS, donde la BSS es remplazada por la UTRAN basándose en W-CDMA, la cual conecta a la CN con UTRAN, las cuales son conectadas por medio de la interfaz  $I_{ur}$ , con la cual especifican y mantienen el switcheo de paquetes así como el switcheo de circuitos.

Como hemos podido apreciar el desarrollo de las comunicaciones inalámbricas se comienza a basar en el aprovechamiento de la transmisión de datos y voz sobre el protocolo IP, este punto se comenzó a implementar a partir de la liberación de las especificaciones a partir del año 2000 (R2000) dando un paso importante sobre la liberación hecha en el año de 1999 con el 3GPP (R99). Con el R2000 se logra una nueva estructura en cuanto a la red ya que el tráfico de voz también será controlado a través del switcheo de paquetes. El trabajo sobre las especificaciones de UMTS R2000 se basará sobre los siguientes puntos:

- La arquitectura de la red está basada sobre los paquetes en IP, lo cual se presentará tanto en servicios en tiempo real como en tiempo no real o servicios simultáneos.
- La estructura de la red se basará en la tendencia heredada por GPRS (Servicio General de Radio Paquetes).
- La transmisión en equipos móviles se basará en el protocolo de IP, además de que los servicios integrados que presente también se llevarán a cabo a través del protocolo IP.
- La estructura de la red garantizará ampliamente la comunicación de los móviles, así como la comunicación entre red móvil y redes fijas.
- Presentará una calidad en el servicio de voz más apropiado a la que establecen las especificaciones de las redes de telecomunicaciones.

- El sistema garantizara un nivel de rentabilidad de la red comparable con los mas apropiados en la actualidad.
- La red basada en IP lograra mejores servicios que los establecidos en los sistemas de segunda generaci3n.
- Todas las interfaces basadas en IP y las interfaces asociadas con la red garantizaran el soporte para tiempos real, servicios multimedia y los que ellos se respecta.
- El sistema separara los servicios de control de los de las llamadas, as3 como de los procesos de control de conexi3n.
- En cuanto a la se3alizacion que se presentar en la red se presenta un cambio del canal com3n para la transportaci3n basado en SS7 por uno basado en IP.
- La arquitectura de la red es independiente de dos niveles del modelo OSI, tanto del nivel 1(f3sico) como del nivel 2(enlace).

A continuaci3n se muestra la arquitectura basada en la liberaci3n del a3o 2000 (R2000) en donde los servicios son provistos por IP, adem3s de que se muestra como se encuentra basada en GPRS para el switcheo de paquetes.

Se tienen dos tipos de accesos a la red los cuales son ; red UTRAN definida por 3GPP y la segunda es ERAN ( EDGE red de radio acceso) la cual introduce una nueva modulaci3n para incrementar la velocidad de los bits.

Dentro de la arquitectura de UMTS R2000 fue necesaria que tuviera compatibilidad con la re UMTS R99 por lo cual se introdujeron elementos como el GSN y el HLR, de tal modo que as3 existir3 compatibilidad aunque se manejen servicios v3a IP.

Por lo cual es indispensable que la red UMTS R2000 guarde compatibilidad con la red UMTS R99 debido a incursiones de nuevas tecnolog3as en un futuro. A continuaci3n se muestra el diagrama en el cual ya base la arquitectura sobre IP:



- SGW. (Signalling Gateway Function – Funciones de puerta de enlace para la señalización) Ejecuta conversaciones entre el canal común de SS7 y la señalización basada en IP.

#### 4.1.2 SERVICIOS.

Debido a las demandas que presenta el mercado actualmente tanto en productos como en servicios dentro de los mismos, los servicios en la telefonía móvil se ha incrementado, ya que en la actualidad los principales servicios demandados son la transmisión de datos en los móviles. El mercado dentro de las principales demandas que presenta para la telefonía móvil se encuentran las siguientes:

- El tamaño y extensión de los servicios móviles.
- El desarrollo de servicios en información tecnología paralelamente con las aplicaciones.

Una de las principales metas de UMTS es que en el mercado que es sumamente competitivo sea posible proveer de un alto rango de calidad en voz, datos y servicios multimedia, lo que hace que sean seleccionadas algunas compañías de servicios móviles puesto que no todas pueden cubrir las necesidades básicas para poder soportar un sistema como este, por lo cual serán excluidas.

Para cubrir lo antes mencionada UMTS usara una tarjeta inteligente, tecnología la cual fue desarrollada por GSM, además de que ofrecerá lo referente a VHE (Virtual Home Environment – Ambiente virtual local), en otras palabras el VHE usara sus beneficios para algunos servicios junto con algunas interfaces que el seleccionara automáticamente, resguardara la localización específica para los servicios requeridos.

A continuación mostramos los servicios que UMTS presenta en sus nuevas innovaciones tecnológicas.

##### *Virtual Home Environment – Ambiente virtual local.*

UMTS lo establece para garantizar que el usuario pueda acceder a los servicios que se suscribió usando una selección de usuario. El uso de este servicio hará que el usuario al momento de hacer una llamada parezca que la realiza desde su red local cuando este se encuentre en algún otro país y se vea en a necesidad de comunicarse vía larga distancia (roaming).

VHE debe capacitar las terminales para negociar las funciones con las redes de accesos, también debe de hacer que exista la posibilidad de descargar los software con las funciones provistas y los servicios desde la red local, todo esto debe hacerse brindándole al usuario una amplia seguridad. VHE no se limita a si mismo para establecer los métodos y restricciones para usar el servicio. Además de que es flexible a otro tipo de accesos.

La flexibilidad que introduce VHE no solo incrementa el número de servicios que puede ofrecer, sino que también hace posible optimizar las características, las tarjetas y la visualización en el mercado con respecto a lo que el consumidor necesita.

### *Servicios Multimedia.*

Este es uno de los servicios más atractivos y fascinantes que presenta UMTS para el usuario. Con un amplio ancho de banda hace posible este servicio y otros servicios más los cuales pueden ser usados directamente desde la terminal móvil. Este servicio contiene aplicaciones, las cuales son soportadas por terminales con características variadas. Se adicionan servicios como video-comunicación a los ya existentes en la actualidad como los de mensajes y navegación. Las principales aplicaciones que se presentan dentro de este servicio son las siguientes:

- Aplicaciones a video conferencias, este servicio se proporciona gracias a los equipos nombrados video teléfonos los cuales contienen cámaras de video miniaturas. Adicionado a que se pueden lograr llamadas de audio y video.
- Aplicación de cualquier video, donde los filmes pueden ser recibidos por cualquier teléfono celular. Este servicio puede proveer de cualquier video como un musical, video-clips, deportivos, películas, etc.
- Venta de Videos en línea por catálogo. Por ejemplo, cualquier video que sea grabado ya sea casero o reportajes, tales videos se pueden vender por algún otro servicio proporcionado por el sistema.
- Aplicaciones de telemedicina. Este lo proporcionarán tomando en cuenta que se registrarán en el momento de que llegase a ocurrir un accidente, o quizás identificar el lugar del mismo por medio de fotografías.

### *Acceso a servicios de Internet o intranet.*

La telefonía móvil y el acceso a Internet, son las dos grandes tecnologías que tiene mayor impacto en el mercado de las telecomunicaciones. Se inició la interrelación entre estas dos grandes tecnologías a partir de la implementación del sistema GSM, ya que introdujo la tecnología WAP (Wireless Application Protocol –Protocolo de Adaptación Inalámbrica) el cual es un protocolo que sirve para adaptar el acceso a Internet a la red GSM limitando el ancho de banda, también esta tecnología el servicio de intercambio de mensajes.

En la actualidad el acceso a Internet solo se puede disfrutar en e-mail, accesos a información como; deporte, finanzas, noticias del tiempo y adelantos. Tales logros serán de suma importancia para poder especificar más adelante nuevos protocolos de acceso. Tales accesos lograran que el usuario tengan mejores servicios con las siguientes características; muestra mejores dimensiones, capacidad de computación, gran capacidad de procesamiento gráfico entre otros, además de que los lenguajes de especificación de información así como mejores graficas, lográndose con la ayuda de los software indicados y apropiados que serán integrados a los servicios, software que serán producidos (IBM, Microsoft y Oracle) basándose en los ya existentes dentro del sistema GSM.

Finalmente mencionaremos que la tendencia se enfoca a lograr la asociación del servicio multimedia con el de mensajes cortos, esto para lograr una mejor calidad de servido dentro de Internet, para que los mensajes se transmitan junto a los filmes.

#### *Servicios de voz.*

Los servicios basados en el reconocimiento y activación de voz también tendrán un importante cambio dentro del sistema UMTS, ya que el sistema actual (GSM) brinda el servido de telefonía móvil limitado por la complejión de la interfase Man-Machine (MMI), claro que no es malo el servicio, es mas, es de alta claridad.

En el nuevo sistema la propuesta es desarrollar el nivel del mercado de la voz el cual se llamara VoXML, el cual será a través de diferentes mecanismos de estándares con lo cual se lograra el control de las aplicaciones a través de los comandos de voz.

Por lo cual podemos darnos cuenta que se lograra acceder al teléfono celular por medio de la voz, así como el lograr hacer llamadas por medio de las instrucciones que se podrán accesar por la voz, también podrán acceder a su e-mail, entre otras muchas aplicaciones que brindara este servicio.

#### *Seguridad e identificación del usuario.*

A través de la tecnología presentada por la tarjeta Smart será posible la identificación del usuario, cabe mencionar que este servicio ya es aplicado por la red GSM con ayuda de la tarjeta SIM, la cual es insertada en el móvil y así le permite al sistema identificar al usuario además de que le permite acceder a los servicios. UMTS propone hacer uso de un modulo idéntico llamado USIM, en el cual se pretende certificar, firma digital, codificación de algoritmos, así como lograr la privacidad de los datos del usuario. Se pretende que se brinde este servicio en la terminal móvil sin la necesidad de insertar una tarjeta posterior es decir que la lleve incluida desde su elaboración.

## *Servicio de Localización.*

Servicio basado esencialmente en la posición, ya que se lograra encontrar el sector, así como obtener las principales características del sistema móvil y sus principales adiciones. Este servicio es presentado actualmente por la red GSM basándose en la especificación GPS (Global Positioning System) lo cual se obtiene basándose en los diferentes niveles de potencia recibidos, aunque desafortunadamente este sistema no es de gran precisión dentro de la red GSM, por lo cual la nueva red UMTS debe cambiar la visualización del servicio e identificar completamente el problema que presenta tal limitación. Algunas de las aplicaciones que incluirá la nueva red para mejorar este servicio son las siguientes:

- **Work Force Management – Manejo de la Fuerza de trabajo.** Es un sistema centralizado por coordenadas y un grupo de monitoreo geografito para la dispersión del usuario. En la actualidad la red GSM esta limitada por las coordenadas del equipo móvil. Con UMTS el usuario será capaz de utilizar directamente la terminal sin tener agregado otro elemento.
- **Navegación, control de trafico y robo.** Se pretende monitorear al móvil , tanto en su posición como en la instalación, lo cual se lograra con la identificación de la transmisión del móvil, la localización para los servicios así como haciendo el reporte de ayuda etc.
- **Servicio de pagina amarilla.** Se brindara un amplio de servicios públicos para cada usuario, como por ejemplo, el usuario tendrá una lista de farmacias, restaurantes, cines, teatros, etc. Ubicados en el área en donde se localiza el móvil a al hora de hacer la consulta si es que así lo deseara, además de que obtendrá información adicional como horarios de servicio, precios, películas iniciadas o carteleras etc.

### **4.1.3 MEJORAS EN LA CAPACIDAD DE VOZ.**

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) dio su aprobación a <sup>29</sup>EDGE, UMTS/WCDMA , DECT, TD/SCDMA y CDMA2000 como estándares de tercera generación, pero su antecesor GSM esta ubicado como un estándar casi comparable con los ya mencionados anteriormente, por lo cual estos nuevos estándares deben presentar una lucha por mejorar lo ya establecido por GSM.

---

<sup>29</sup> EDGE. Fue aprobada por la UIT por medio de UWC-136.

Para poder hacer definiciones sobre la capacidad de voz es importante que conozcamos las dos formas comunes de medir la capacidad de voz, las cuales son las siguientes: el primero es el *Erlangs* , este indica el trafico existente durante un rango de tiempo establecido, mientras que el segundo es el *Camino de voz activo* el cual indica los diferentes caminos desocupados para la transmisión en cualquier instante deseado.

Debemos mencionar que UMTS para su mejor funcionamiento en la transmisión ocupa una interfase de radio denominada CDMA de banda ancha, lo cual nos entrega un sistema de radio de secuencia directa y una buena distribución de el espectro. Tales mejoras en los canales proporcionan mayores ventajas como; mayor diversidad de frecuencias y una administración mucho mas flexible que la presentado por los sistemas anteriores lo que nos lleva a las mejoras en los servicios de voz y datos.

UMTS es considerado como un sistema de acceso por código, pero la realidad es que trabaja con una combinación tanto de división de códigos como de división de tiempos, lo que hace que este sistema presenta las ventajas ya mencionadas anteriormente. Técnicamente UMTS asigna diferentes códigos para distintos canales (Para voz o datos), pero a su vez ajusta la capacidad o espacio de los códigos de cada canal cada 10mseg como podemos ver en la figura siguiente:

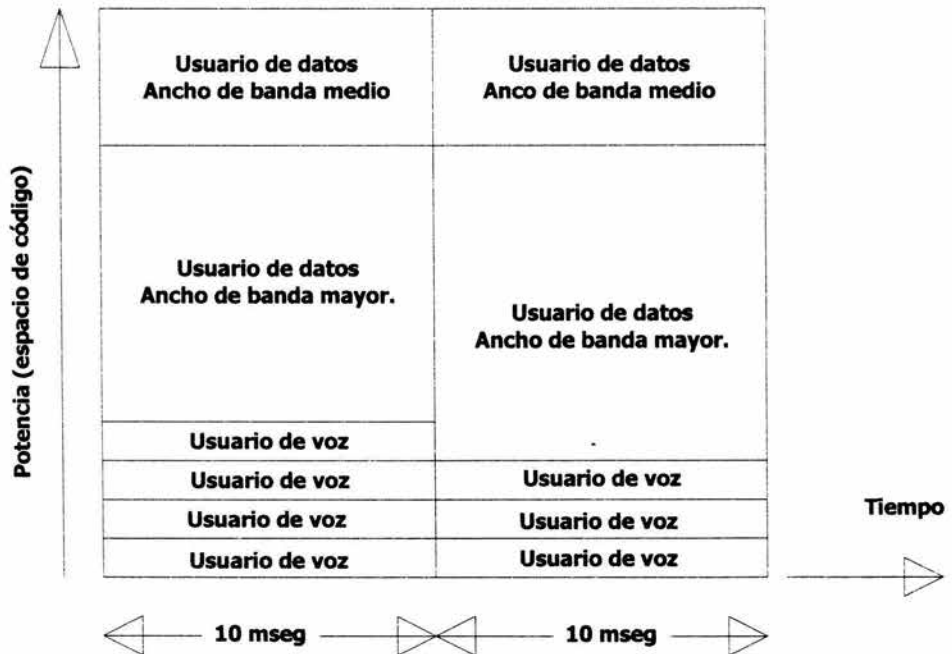


Fig.140 Administración del ancho de banda UMTS (W-CDMA).



Cabe mencionar que los usuarios que constantemente requieren del servicio de voz demandan un ancho de banda relativamente constante, mientras que los usuarios que más utilizan la transmisión de datos varía constantemente, lo cual debe de ser administrarlo adecuadamente, logrando esto gracias a la variación de la cantidad de distribución dependiendo de cuando y donde sea necesario el utilizar este método. LO que nos lleva a obtener altas velocidades de producción pico, también obteniendo un distribución más adecuada y equitativa entre los usuarios.

Para lograr los objetivos planteados en función de mejorar la calidad de voz UMTS presenta varias ventajas técnicas frente a su competencia, tales ventajas son las siguientes:

- Su velocidad en el chips es mayor; 3.84 Mchips/s los cuales hacen mejorar la distribución, lo cual nos brinda mejor capacidad de redireccionar la transmisión y por lo tanto se obtiene mejor cobertura.
- UMTS logra compartir los servicios de voz con los de datos dentro del mismo radio-canal, lo cual nos lleva a re-utilización de la capacidad, puesto que una portadora de datos con carga ligera no puede utilizarse para la transmisión de voz y a su vez una carga ligera en la portadora de voz no puede utilizarse para datos de alta velocidad. Y sobre todo UMTS permite aplicaciones multimedia y tráfico de voz sobre IP.
- Finalmente es importante señalar que UMTS es todavía un estándar en evolución, por lo que gran parte de los intentos de mejora para GSM también se aplican para la mejora de UMTS, por lo que se espera que para la capacidad de voz se tengan innovaciones de alta velocidad aun mayores como las ya presentadas en este punto.

#### **4.1.4 SEGURIDAD.**

Siempre la seguridad se muestra como un punto importante dentro de las redes de telefonía móvil inalámbrica, ya que como es de fácil acceso para el usuario, no se debe permitir que otras personas puedan acceder a las conversaciones entre dos usuarios y puedan escuchar la conversación, por lo cual se debe de tener especial cuidado en las emisiones, de tal modo que el usuario se sienta confiado al momento de utilizar el servicio adquirido.

En el sistema GSM la seguridad está concentrada en la trayectoria de la radio, mientras que en UMTS existen diferentes alternativas para cumplir con la seguridad. UMTS continúa integrado junto a el mundo de las telecomunicaciones y datos tanto local como internacionalmente, entre los cuales crearon agentes de seguridad para la red. En el mundo de IP las emisiones deben tener gran seguridad, pero este mundo sigue intentando tener mejores identificaciones en la red así como desarrollar mejores mecanismos que permitan tener una mayor seguridad.

### ***UMTS en la seguridad de acceso.***

Dentro del mundo de tercera generación se presenta el cambio en el acceso vía radio, dando el paso de TDMA a WCDMA, pero no se presentan cambios para los requerimientos en el acceso de seguridad. En UMTS se piden los requerimientos de el usuario final para la autenticación del sistema con lo cual cada usuario será identificado y verificado, teniendo de este modo el control de poder permitir la llamada o no en caso de existir algún impostor.

En este sistema la confidencialidad de la llamada de voz será totalmente protegida así como la comunicación de datos, también el usuario tendrá el control sobre que personas son quienes el desea establecer una comunicación. Con lo cual el usuario demanda privacidad ya que el usuario no permitirá que algún ciudadano interfiera o escuche su comunicación y en caso de que esto ocurriera tanto en transmisión de voz como de datos el usuario podrá reportar el hecho, así que el infractor será identificado vía radio para ser castigado.

Estos beneficios los presentara la red siempre y cuando la red opera funcionalmente y rentablemente, lo cual le garantizara al usuario no solo seguridad e su privacidad sino que también presentara un buen funcionamiento y un buen servicio como el usuario lo demanda. Pero sin duda uno de los ingredientes mas importantes para brindar seguridad es la criptografía, la cual consiste de varias técnicas las cuales tiene sus raíces en la ciencia y en los artículos secretos de escritura.

La mayor seguridad en el futuro dentro del acceso de seguridad que presenta UMTS se muestran en los siguientes puntos:

- Autenticación manual del usuario y de la red.
- Uso de identificaciones temporales.
- Encriptación de la red en el radio-acceso.
- Protección de señalización integrada dentro de UTRAN.

#### **Autenticación mutua**

Para este punto se presentan tres entidades envueltas en la autenticación mecánica de UMTS, las cuales son las siguientes:

- Red local.
- Porción de red (serving network – SN)
- Terminal, más específicamente USIM (típicamente en una Sim card)

La idea básica es que la SN cheque la suscripción y a su vez la SN debe de ser autorizada por la red local, lo cual hará que la terminal móvil pueda ser conectada a la red legítimamente o no sea conectada, esto dependiendo de los datos arrojados por el sistema de seguridad.

El mecanismo de autenticación entre un usuario USIM y otro de alguna otra red local es una llave maestra  $k$  la cual muestra una longitud de 128 bits, esta llave  $k$  no podrá ser transferida para otro usuario así es que solo se le asigna una a cada usuario, la cual lo identificara y conocerá el mismo. Una vez que la llave sea introducida la VLR o SGSN podrán agregar al usuario a la red.

El servicio de la red (VLR o SGSN) envía una *autenticación del usuario* requerida por la terminal, este mensaje contiene dos parámetros para la autenticación de vector, llamadas RAND (Numero al azar –utilizado para la autenticación-) y AUTN (señal de autenticación). Las llaves de radio-acceso a la red codifican e integran la protección, es decir CK (cifra de la llave) e IK (integración de la llave), las cuales fueron creadas como una parte del producto en la autenticación del proceso. Las llaves serán posteriormente transferidas al interior del RNC en el radio-acceso a las redes, donde la encriptación e integración protegerán las funciones. Temporalmente la llave es transferida desde el USIM al equipo móvil donde los algoritmos son implementados.

### *Criptografía para la autenticación.*

El concepto de llave en la autenticación de los vectores es “Función de camino único”. Esta es una función matemática que es relativamente fácil en términos de computación pero en la práctica es sumamente difícil. En total cinco funciones de caminos únicos son usados para autenticar el vector en términos de computación, funciones las cuales son denotadas  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ ,  $f_4$  y  $f_5$ . donde; la función  $f_1$  tiene cuatro diferentes entradas. Las cuatro entradas que toma el bloque son, la llave maestra  $K$ , el numero al azar RAND, la sucesión numérica SQN y finalmente una administrativa autenticación controlador del campo AMF.

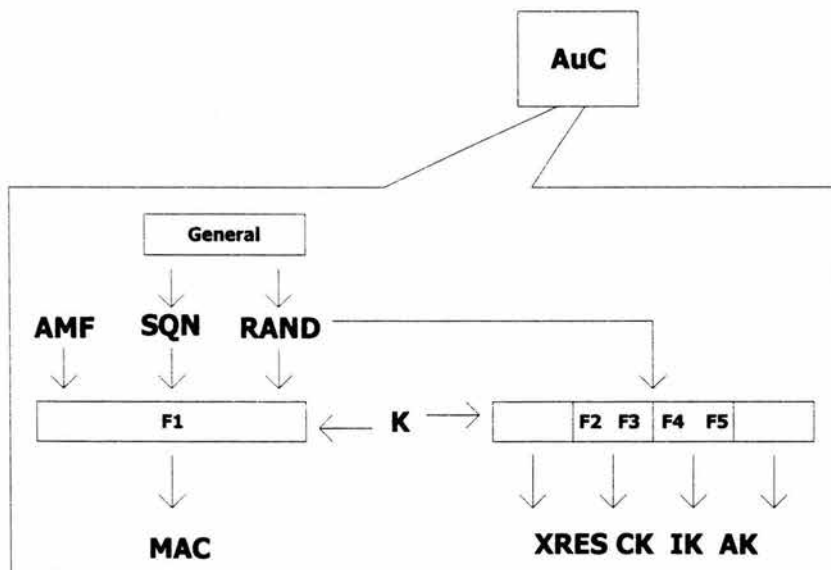


Fig.141 *Generación de la autenticación del vector.*

Las demás funciones de f2 a f5 solo tiene dos entradas, la de RAND y la de la llave  $k$ . El requerimiento del camino único es igual para todas las funciones. Pero cada bloque tiene diferentes salidas, mientras que la salida de la función f1 es un código de mensaje de autenticación (MAC 64 bits), las salidas de f2 a f5 son respectivamente XRES (uso de respuesta en espera- de 32 a 128 bits-), CK (128 bits) y AK (llave anónima 64 bits). La autenticación de el vector consiste de los parámetros RND, XRES, CK, IC y AUNT.

Autenticación en el USIM, en esta parte las funciones f1-f5 son introducidas pero en un orden deferente. La f5 debe de ser calculada con anterioridad, la f1 desde f5 son utilizadas para ocultar el SQN. Este acto de ocultar a la SQN es necesario para evitar que alguien pueda acceder o escuchar la información y así obtener los datos acerca del usuario y su identificación. La salida de la función 1 es marcada por la XMAC (Código de Autenticación del Mensaje en Espera) de el lado del usuario. Esto es comparado por el MAC lo cual es recibido desde la red como parte de el parámetro AUTN.

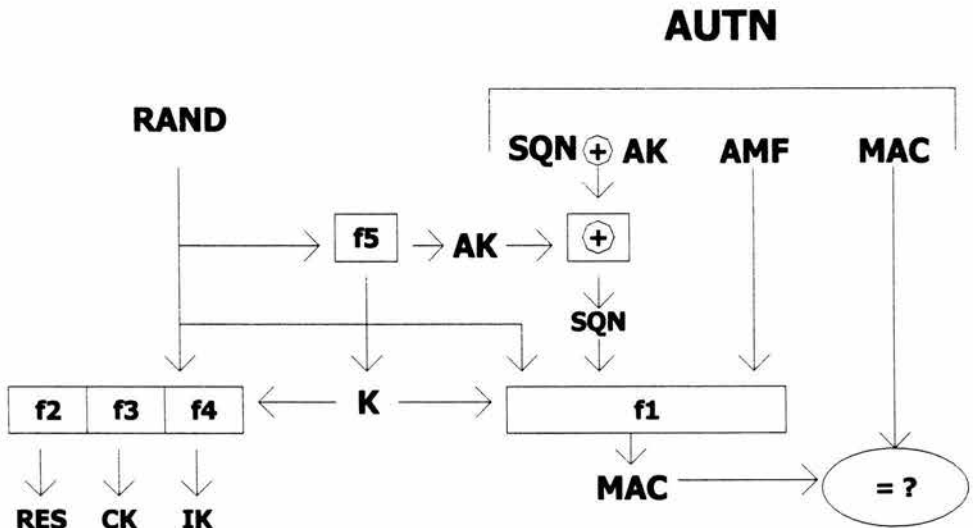


Fig.142 Autenticación maneja en USIM.

El USIM simplemente debería de checar que no puedan ser vistos los SQN para incrementar el orden. Por lo cual podemos mencionar que la mutua autenticación del mecanismo esta basado en dos parámetros, ambos dentro de AuC (Centro de Autenticación) y USIM, los cuales son; la llave maestra  $K$  y un dinámico esquema nombrado SQN.

### *Identificación temporal.*

El parámetro para la autenticación del usuario en UMTS es IMSI, como lo es también en el caso de GSM. Mientras que la identificación del usuario en UTRAN casi es inexistente en la mayoría de los casos, TMSI ( Identificación de Suscripción del Móvil Temporalmente) en el dominio CS o P-TMSI (Paquete TMSI) en el dominio PS. LO cual implica que la confidencialidad del usuario es protegida contra las posibles intersecciones de las llamadas.

LA forma en que trabaja la identificación es la siguiente: El usuario debe da asumir que debe de ser identificado dentro del servicio de la red por el IMSI. En consecuencia el servidor de la red (VLR o SGSN) alojara la identificación temporalmente (TMSU o P-TMSI) para el usuario, así también mantiene la asociación entre la identificación permanente y la identificación temporal. Después solo se identifica la localización y cada VLR o SGSN simplemente tienen cuidado de que no se alojen en alguna TMSI / P- TMSI dos diferentes usuarios al mismo tiempo. EL alojamiento de identificación temporal es transferida a el usuario unas que se haya codificado. La identificación es usado tanto en la subida como la bajada de la señal sobre un nuevo TMSI o P- TMSI alojado por la red.

El alojamiento de la nueva identificación temporal es admitido por la terminal y posteriormente la vieja identificación temporal es removida desde el VLR o SGSN. Si el alojamiento no es recibido por el VLR / SGSN deberá de guardar tanto la identificación vieja como la nueva y aceptar la entrada de la subida de la señal. En la bajada de la señal el IMSI es usado ya que la red no conoce cual es la identificación temporal actual almacenada en la terminal.

### *Codificación UTRAN.*

En UMTS de acuerdo a la implementación de 3GPP R99 solo se define un algoritmo. La codificación / decodificación toma un lugar en la terminal y en la RNC (Controlador de Radio en la Red) sobre la red. Por lo cual la CK tiene que ser transferida desde la CN a la red de radio-acceso, esto es terminado en un mensaje de especificación RANAP (Parte de aplicación de la red de radio-acceso) llamado "*Comando de modo de seguridad*". Después la RNC (Controlador de la red de radio) obtiene una CK la cual switchea sobre la codificación por el envío a la RRC (Control de recursos de radio) de el "*Comando de modo de seguridad*" a la terminal.

El mecanismo de la codificación en UMTS esta basado en una construcción de cifras, tal concepto se describe en la siguiente figura, donde el planteamiento de texto de datos es adicionado bite a bite al azar, mostrando la marcación del dato, el cual es generado basándose en el CK y un poco de otros parámetros. Este tipo de codificación tiene la ventaja de que marca los datos pudiendo ser generado con anterioridad al actual el planteamiento del texto conocido. En la codificación final es demasiado rápida la operación de los bits, en el lado de la decodificación lados terminados exactamente en algunos caminos desde la adición de los bits enmascarados doble ves resultando adiciones nulas.

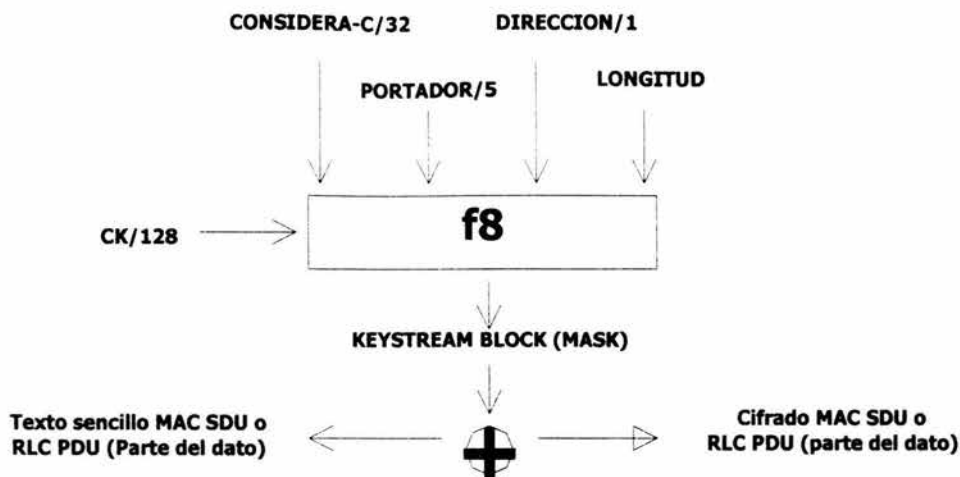


Fig.143 Cifrados en UMTS.

La codificación ocurre en la capa de control al acceso al medio (MAC) o en la capa de control de radio enlace (RLC), en cualquier caso ambos contienen los cambios para la PDU (Unidad de paquetes de datos).

La portadora de radio identifica la PORTADORA/5 y también la necesita como una entrada para la codificación, contrariamente para diferentes portadoras de radio son mantenidos independientes una de otra.

El núcleo del mecanismo de la codificación es al generación de mascarar algorítmicas, las cuales son denominadas como **f8**, la publicación esta disponible como 3GPP TS 35.201 y esta basada en el cifrado de bloques llamado KASUMI. El cifrado de bloque transforma 64 bits de entrada por 64 bits de salida, la transformación es controlada por los 128 bits de **CK**.

#### *Protección de la integridad de la señalización del RRC.*

La integridad de la protección debe ser implementada como en la capa RRC. Esta es usada entre la terminal y la RNC (Control de Radio de la Red) solo deseando la codificación. La integral llave **IK** es generada durante la autenticación y la llave acuerdo al procedimiento es de nuevo similar a la cifra de la llave. También la **IK** es transferida a la RNC junto con la **CK** en el modo de comando de seguridad.

El mecanismo de la protección de la integridad esta basado sobre el concepto de un "código de autenticación de mensajes". Esta es una función que sigue solo un camino, el cual es controlado por la llave IK secreta. La función es denotada por  $f_9$  y su salida es MAC-I (Control de Acceso al Medio I): unos 32 bits mostrados al azar de una hilera de bits. El MAC-I es anexado a cada mensaje RRC (Control de recursos de radio), así también este hará un chequeo sobre lo recibido. Ningún cambio en los parámetros de entrada influyen en el MAC-I en un camino impredecible. Las entradas para  $f_9$  tiene las siguientes entradas; mensajes RRC, una oposición COUNT-I, dirección de bits (de enlaces de subida y bajada) y un numero nuevo al azar. El parámetro COUNT-I es parecido opuesto correspondiente para la codificación. La parte mas significativa es la HFN (Numero súper marcado) y al cuarta mas significativa es la secuencia de números RRC. El COUNT-I protege en contra de las repeticiones de el control de mensajes. Esto garantiza que para los parámetros de las entradas sean diferentes para cada corrida de la integridad de la protección con la función  $f_9$ .

El parámetro FRESH es elegido por la RNC y transmitido por el UE. Esto es necesario para la protección de la red en contra de malas elecciones por el COUNT-I. La parte significativa es el HFN el cual esta almacenado en el USIM, entre conexiones.



Fig.144 Código de Autenticación del mensaje.

El algoritmo para la protección de integración esta basado sobre algunas funciones básicas como la codificación. En UTRAN el mecanismo de protección de identidad no es aplicado.

*Aspectos de seguridad en el sistema y nivel de red.*

Muchas amenazas hacia las comunicaciones dentro de la red UMTS. La siguiente lista presenta algunos ejemplos en los cual se pretende ejecutar la seguridad contra los ataque:

- Ingeniería social. En la cual se esta basado la suscripción del usuario para poder identificarlo en todos momentos.
- Identificar los sistema electrónico para evitar ser escuchados. En el cual se rastrean tanto la identificación como el elemento físicamente.
- Identificar los engaños. Se monitorea la red para evitar que los hackers puedan introducirse en la red.
- Ejecutar una sesión para detectar la piratería aérea. En caso de que alguien sea introducido a la red sin permisos, se abre una sesión para monitorear las direcciones que estén trabajando por medio de una dirección IP.
- Negativa de servicios en caso de infraccionar en la red. Si se ha detectado un hacker se le suspende el servicio de la red además de que se le identifica físicamente para poder castigarlo.

La seguridad también se presenta por medio de direcciones IP, la cual es estandarizada por IETF (Fuerza de tareas en la ingeniería de Internet, para brindad por medio de IP tal seguridad , este protocolo se basa en los siguientes componentes;

- Autenticación principal.
- Se encapsula la carga útil para su seguridad.
- Intercambio de llaves en Internet.

Por otro lado también existe la seguridad por medio de el MAP (Parte de la aplicación móvil), en la cual se pretende proteger la confidencia de la MAC, lográndolo por medio de la codificación de la carga útil que se presenta en la MAP. También se pretende lograr una seguridad en la aplicación de servicios, lográndolo en base a la capa mas alta del nivel OSI en la cual se presentan la mayoría de los problemas en cuanto a la seguridad de los servicios ofrecidos, también por medio de los enlaces se pretende controlar la seguridad, identificando los puntos que se comunican y lograr tal efecto, de lo cual podemos mencionar que por medio de la capa de aplicación se pretenda también lograr los resultados ceceados en cuanto a la seguridad. Por lo cual podemos mencionar que por medio de la introducción del protocolo IP la tecnología UMTS ha logrado grandes ventajas en cuestión de seguridad en comparación con su antecesor GSM.



#### 4.1.5 PROTOCOLOS PARA UMTS.

Como hemos mencionado anteriormente UTRAN es un elemento importante para poder estructurar adecuadamente a la red UMTS, por lo cual es importante conocer los protocolos que a UTRAN corresponden.

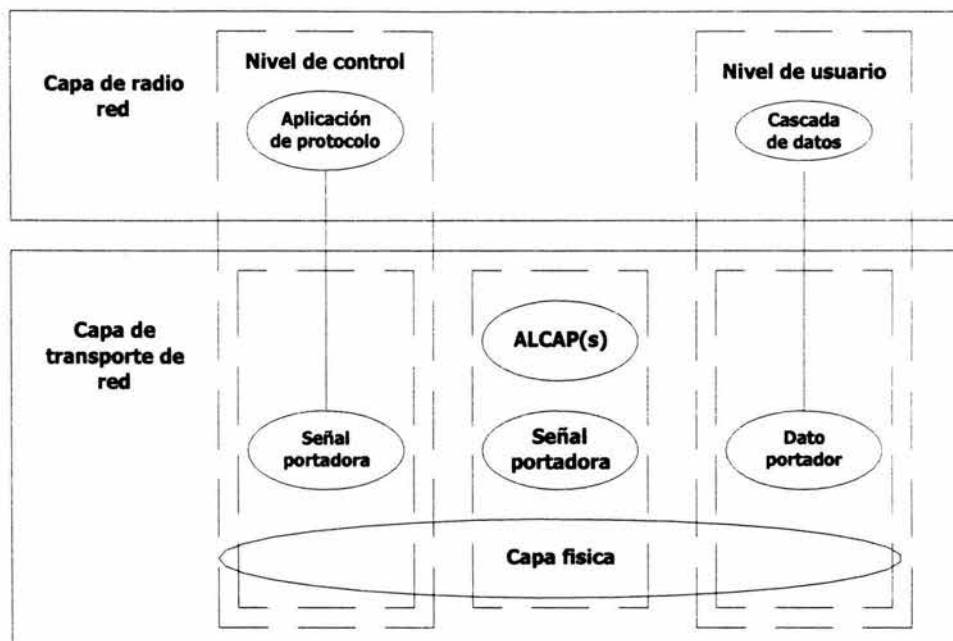


Fig.145 *Arquitectura de los protocolos de internase de UTRAN.*

Figura en la cual observamos que existe una marcada división entre el nivel de control y el nivel de usuario, la portadora de señal de información anterior contiene información del usuario, también podemos apreciar una marcada división entre la capa de red de radio y la de transporte. La esencia de UTRAN proviene de dos tipos de canales de transporte o portadoras. En el protocolo de transporte de radio se presentan las interfaces  $I_{ur}$  e  $I_{ub}$  (AAL2/ATM), así como la fuente de circuitos de switcheo (AAL2/ATM), también el switcheo de paquetes (IP/AAL5/ATM) usando datos sobre la interfase  $I_{ub}$ . El segundo tipo esta basado en SS7/ AAL2/ATM (o sobre IP/AAL5/ATM) la señal trata los protocolos de la aplicación de red el cual es estabiliza y re-estabiliza (Durante el hand-over) y libera las portadoras requeridas, además controla los procesos del móvil.

Un protocolo de señalización se define generalmente como ALCAP (Protocolo de Aplicación de Control en el Acceso al Enlace), el cual se identifica con el protocolo de señalización AAL2. Como UTRAN es parte de la red de UMTS solo mencionaremos los protocolos aplicados a cada internase como lo veremos a continuación:

- RANAP (Parte de la aplicación del acceso a la red de radio) sobre la interfase  $I_u$ .
- RNSAP (Parte de la aplicación al sistema de la red de radio) sobre la interfase  $I_{ur}$ .
- NBAP (Protocolo de aplicación para el Nodo B) sobre la interfase  $I_{ub}$ .

*Protocolos de radio.*

Los protocolos de radio se estructuran en la siguiente figura, mostrando las diferentes capas (la capa física o capa 1, la capa de enlace o capa 2 y la capa de red o capa 3) para su mejor entendimiento.

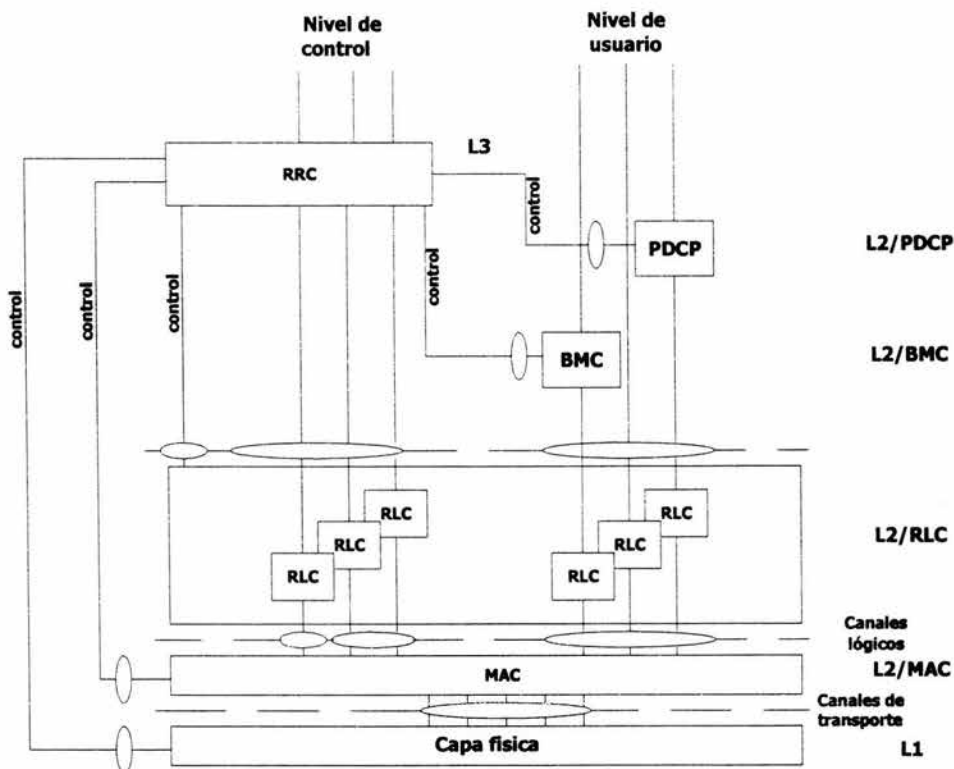


Fig.146 *Arquitectura del protocolo de radio UTRAN.*

La capa tres es responsable de controlar la señal en UTRAN, esta capa esta localizada en el nivel de control. En contraste, la capa 1 y 2 ejecutan las funciones de transmisión y así provee una base de transporte para ambas señales y la información de los usuarios. Por lo cual la capa 1 y 2 dividen el nivel de control y de usuario.

La capa 2 (Capa de enlace) esta dividida en dos pequeñas sub-capas: La capa MAC (Control de acceso al medio) y la capa RLC (Capa de radio enlace). También dividida en PDCP (Protocolo de convergencia de los paquetes de datos) y BMC (Control de amplio-desahogo y multi-desahogo ). La capa 2 hace una retransmisión del servicio de paquetes ya que la capa 1 es incapaz de dar una correcta dirección a estos paquetes, lo cual se convierte en una protección para los paquetes.

PDCP-Protocolo de convergencia de los paquetes de datos. Provee de transmisión y recepción a la red PDU (Protocolo de datos unitario), además de que realiza la compresión y descompresión de la información.

BMC- Control de amplio- desahogo y multi-desahogo. Provee de un servicio de transmisión para un usuario común de datos.

Los datos y los servicios multimedia son dos grandes avances de la tercera generación mostrada por UMTS, además como lo mencionamos anteriormente UTRAN es un punto importante para la estructura de el sistema de tercera generación, ya que proporciona varios servicios simultáneos. Técnicamente esta capacidad es soportada gracias a una serie de características como lo es el protocolo de nivel de radio.

- *Velocidad de bite variable*, sobre el cual se dedican canales de transporte. Esta característica es usada cuando la terminal es proveedora de mayores servicios. La potencia para proveer una velocidad de bits variable sobre un canal fisico asignado hace posible la optimización de recursos usados también en este caso.
- *Multiplexión* en diferentes canales lógicos sobre canales de transporte dedicados.
- *Multiplexión* en diferentes canales de transporte dedicados sobra algunos canales físicos.
- Canal común de enlaces de subida, el cual puede ser usado particularmente como un eficiente soporte para proveer servicios de datos.
- Parte de los canales de enlace de bajada para varios usuarios, el cual es particularmente conveniente en las aplicaciones de Internet.

## **4.2 UMTS EL CORAZÓN DE LAS REDES.**

### **4.2.1 LAS TERMINALES UMTS.**

La terminal UMTS es el elemento de la red más visible dentro de el sistema ya que este elemento terminal es el utilizado por el usuario es decir el elemento móvil que adquiere una persona para poder conectarse a la red. Por lo tanto este elemento debe de ser considerado como un elemento en cual provee la aplicación de la interfase y servicios para el usuario final. Prácticamente se pretende que la función de este elemento sea completamente amplia, por lo cual en este tema se conocerá la arquitectura de la terminal y las interfaces usadas, así como los elementos que con ellos interactúan.

#### **4.2.1.1 ARQUITECTURA DE LAS TERMINALES.**

El móvil y el lado de la terminal que conlleva la usuario con el equipo de las interfaces de radio son oficialmente llamados como equipo del usuario en UMTS (UE). El UE es conocido de acuerdo a GSM como la estación móvil (MS). Desde el punto de vista de la red, la UE es responsable para poder establecer un función de comunicación , la cual es necesaria en el otro lado de la interfase de radio, excepto alguna aplicación de el usuario final. La función obligatoria de una terminal UMTS es relacionar principalmente la interacción entre la terminal y la red. La siguientes funciones son consideradas obligatorias para todas las terminales UMTS.

- Integración de tarjetas de circuitos con interfaces para insertar el Modulo de Identificación para la Suscripción Universal (USIM).
- Proveer de servicios, registro en la red y la posibilidad de eliminar el registro.
- Proporcionar de la información actualizada de la localización.
- Proporcionar y recibir conexiones orientadas así como conectar los diferentes servicios que se proporcionan.
- Identificación de un equipo no alterado (IMEI).
- Identificación básica de las capacidades de la terminal.
- La terminal debe de ser capaz de soportar llamadas de emergencia sin un USIM.
- Soportar la ejecución de algoritmos requeridos para la autenticación y codificación.

Estas funciones básicas están diseñadas esencialmente para la operación en la red, la terminal UMTS debe también soportar las siguientes funciones para facilitar la evolución en un futuro:

- Capacidad para la aplicación de programación de interfaces (API).

- Un mecanismo para descargar servicios relacionados con la información (parámetros y software), nuevos protocolos, así como otras funciones y nuevos APIs dentro de la terminal.
- Mantenimiento de la VHE (Ambiente de la casa virtual) usando la internase de algunos usuarios y / o anotando interfaces de roaming.
- Opción para introducir varias tarjetas IC.

El UE es frecuentemente presentada como un dispositivo para un único usuario principalmente porque algunos vendedores tienen deliberado físicamente el equipo para un solo usuario. Pero en un sistema móvil sofisticado el usuario del equipo es frecuentemente visto más pequeño en la estandarización, como una puesta de módulos en interconexión, el cual es independiente de un grupo de funciones. Estos módulos también alguna vez pueden ser implementados físicamente por partes separadas, en cualquier caso, este grupo de funciones tienen sus propias funciones dentro de la red..

Por ejemplo una de las principales novedades del sistema GSM es la separación física de el uso dependiente del Modulo de identificación de suscripción (SIM) y el sistema de telecomunicación general, lo cual proporciona partes dependientes para cada uno u otro por definir una interfase estandarizada. Esta buena idea es también adherida al sistema UMTS, ya que habilita la suscripción y operación como la fuente de la terminal física para ser independiente uno de otro.

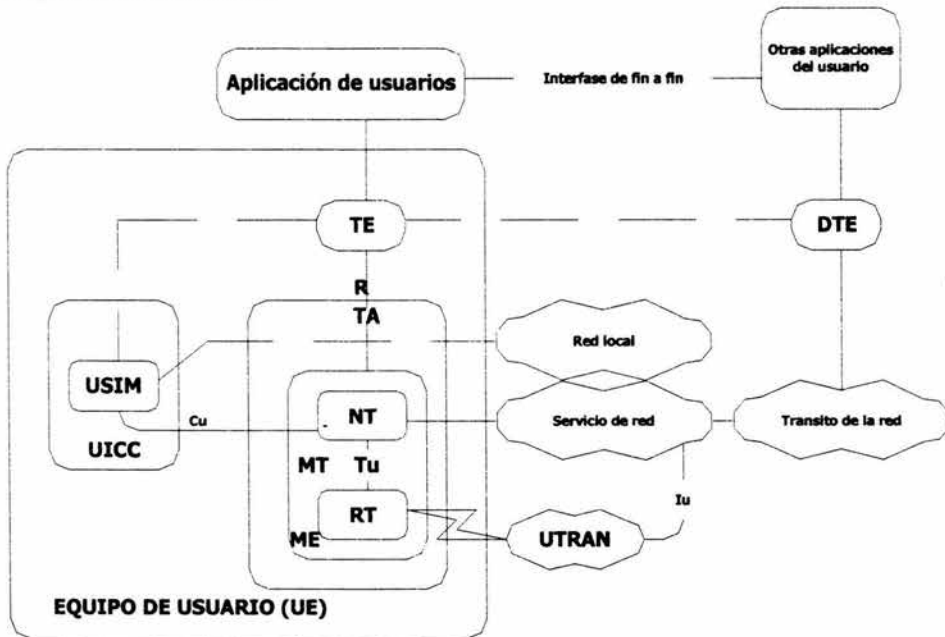


Fig.147 *Arquitectura referente al equipo del usuario.*

En la figura anterior se observa el perfil del UE con referencia a su arquitectura junto con las partes del lado de la red. Otra importante separación es la que existe entre la red de radio acceso y las partes dependientes del corazón de la red, de cualquier modo esto no es materia de estandarización.

La UE (Equipo del usuario) esta constituido de la ME (Equipo móvil), el TE (Equipo terminal) y el USIM (Modulo de identificación para la suscripción universal). El USIM tiene un uso dependiente de el UE, el cual es básicamente un concepto lógico y es a su vez implementado dentro de una tarjeta de un circuito integrado, la tarjeta de circuito integrado puede contener también aplicaciones de software o niveles múltiples de USIM, a lo cual es frecuente denominar como Tarjetas de Circuitos Integrados Universales (UICC). El operador con quien el usuario hace la suscripción debe proporcionar la información contenida en el USIM. El ME es la parte independiente del usuario que forma parte del UE, el cual esta constituido de dos diferentes módulos.

La parte de la TE es un equipo dentro de la UE que provee al usuario final de las funciones de aplicación, esta tiende a interactuar con la terminal móvil por medio de la terminal de adaptación (TA) función que se aplica sobre el punto R de referencia. El TE debe conocer los posibles estándares de los servicios de telecomunicaciones en favor de las aplicaciones para el usuario. El equipo terminal dentro de algunas cualidades puede controlar la terminación móvil para obtener el control del uso del módem así como de los comandos (comandos AT-Comandos de Atención) que pudieran ser definidos por la UIT-T.

La terminal móvil (MT) es al otra parte de la UE, junto con las terminales de transmisión de radio de la red así como adapta las características del equipo terminal a las transmisiones de radio. Pero visto desde el punto de vista del sistema móvil, la MT es básicamente un dispositivo terminal. La terminal móvil tiene la capacidad de cambiar su localización con respecto al acceso a la red, así como de introducirse en las redes del mismo sistema en cualquier área en donde este sea cubierto gracias a algunas tecnologías de acceso implementadas. Finalmente podemos mencionar que la terminal móvil es el elemento final de la red del sistema UMTS. Las terminales de la red (NT) es u grupo de MTs por lo cual el corazón de la red depende de ellas, y por lo cual la NT es conocida como el corazón de la red.

La terminal de radio (RT) funciona por medio de un grupo de MTs las cuales se relacionan la red de radio acceso, la RT contiene las funciones comunes para todos los servicios utilizando algunas tecnologías adecuadas para el mejor funcionamiento, la RT usa el control de acceso al medio (MAC), el control de enlace de radio (RLC) y el control de recursos de radio (RRC) o partes de conexiones físicas de radio. Por lo tanto la RT es vista como la terminal desde el punto de vista de UTRAN.

Pero en la siguiente tabla podemos apreciar mejor los puntos resumidos que se contemplan dentro de la arquitectura de las terminales UMTS:

	Dependencias	Terminación en el lado de la terminal	Complemento de el lado de la red
UE	Usa aplicaciones o interfases independientes de la parte del usuario	Aplicaciones independientes del sistema de telecomunicaciones entre usuarios.	Corresponde a un equipo fijo o móvil que realiza una transición en la red
USIM	Usuario suscrito que depende de la parte del UE.	Usuario terminal que depende del control de las funciones principales dentro de la red local.	El usuario registrado en una red local manejada por un operador.
ME	Usuario suscrito independiente, sistema móvil dependiente y parte de la UE.	Todas las funciones de las terminales a nivel de control y portadoras UMTS para el uso del nivel.	Red UMTS completa.
TE	Plataforma de los servicios de telecomunicaciones dependiente, básicamente el sistema móvil.	Servicios de telecomunicaciones de transporte por las portadoras UMTS.	Equipos terminales semejantes de la red externa.
MT	Sistema UMTS dependiente , básicamente servicios de telecomunicaciones independientes, parte del ME.	Servicios terminales del sistema de red UMTS.	Sistema UYMTS manejado por el acceso de un operador activo.
NT	Corazón de la red dependiente, red de radio acceso independiente, parte del MT.	Servicios del corazón de la red UMTS.	UMTS CN.
RT	Tecnología de radio acceso dependiente , corazón de la red independiente, parte del MT.	Terminales del servicio UTRAN.	UTRAN.

### *Capacidades de las terminales.*

Algunas de las características que presentan las terminales móviles son las siguientes:

- Disponibilidad en WCDMA los modos de FDD o TDD.
- Doble capacidad para soportar diferentes variaciones del sistema GSM con soporte de bandas de frecuencia y otras aplicaciones a futuro.
- Disponibilidad de codificaciones algorítmicas.
- Apropriadas funciones de medida en la UE, tales como extensas medidas y tiempos necesarios para el switcheo de la MT desde el canal de radio hacia otra para poder ejecutar la medición de células.
- Habilidad para utilizar los metodos de posicionamiento así como buenos métodos para el soporte de la posición.

- Habilidad para el uso universal de caracteres . Conocimiento de ISO / IEC 10646 o código único.

Por otro lado mientras que en el sistema GSM la suscripción del usuario es por medio de la tarjeta de circuito integrado (ICC) conocida como SIM, en UMTS se realiza por medio la tarjeta de circuito integrado universal (UICC) conocida como USIM, esta tarjeta contiene cinco tipos de datos:

- *Administrativo.* Este es un tipo de datos fijos asignado por la manufactura de la USIM y los servicios del proveedor, tal llave es importante para la seguridad algorítmica.
- *Datos temporales de red.* Estos son móviles que manejan información como la localización del área ID, TMSI (Identificación del suscriptor móvil temporal) y calcula cifras de llaves importantes.
- *Datos relacionados con servicios.* Estos datos contienen información acerca de la obtención de los diferentes servicios y sus datos internos. Los servicios se obtienen cuando el usuario tiene los permisos y las características requeridas para que la red se los brinde.
- *Aplicación.* USIM puede almacenar pequeñas aplicaciones necesarias para especificar servicios.
- *Datos personales.* Contiene datos del usuario almacenados en la SIM para el servicio de mensajes cortos.

#### 4.2.1.2 INTERFACES USADAS.

La 3GPP (Proyecto de Tercera Generación en la Sociedad) permite libertad de manejo para el implemento de las interfaces de usuario de la terminal UMTS. Este convenio aspira a proveer costos efectivos y crear soluciones para las interfaces usadas en las terminales.

Las interfaces usadas en las terminales UMTS pueden o no seguir la tradición de la utilización de las disposiciones como en la terminal GSM. La implementación del uso de interfases depende completamente de la estructura de la terminal. Es muy probable que exista alguna otra llave numérica similar en alguna otra red.

Los requerimientos sobre las disposiciones físicas de las entradas y salidas futuras son quedarse con un mínimo orden para poder permitir diferentes tipos de UE y para obtener gran comodidad para la introducción de futuros desarrollos. De cualquier modo los requerimientos de las entradas físicas futuras son mínimos, el control precedente puede diferenciar entre una UE dependiente de las soluciones y la manufactura. El común denominador entre estos requerimientos es que las acciones lógicas tengan que ser tomadas por el usuario. El usuario debe de proveer de cierta información para el control de llamadas y la señalización no debe ser materia como lo es el método de control.



Estas son algunas aplicaciones y funciones obligatorias de las terminales, las cuales son “aceptar”, “seleccionar”, “enviar”, “identificar”, y “finalizar”. Estas funciones son esencialmente ordenadas para manejar adecuadamente el móvil, terminar adecuadamente las llamadas y suplementar los servicios. Las funciones pueden ser suplidas en algún camino como la voz, el control, etc. Las principales emisiones aquí, son que el usuario puede tener acceso a todas estas funciones.

La función de aceptación es utilizada para poder aceptar llamadas al móvil, la función de selección es utilizada para cuando entra información, o cuando se requiere introducir información, la función de “enviar” es utilizada para poder realizar una llamada o enviar información hacia algún otro usuario suscrito en la red, la función de “indicar” es utilizada para poder recibir llamadas y a su vez indicar el progreso de esta la función “finalizar” es utilizada para terminar o desconectar una llamada, así como también terminar algunas aplicaciones que contenga el equipo y que estén activas pero que a su vez puedan ser controladas por el usuario.

De acuerdo las figuras mostradas anteriormente en el inicio del capítulo podemos mencionar las siguientes interfases que componen la arquitectura de la red UMTS así como de interfaces que funcionan como complementos para el mejor desempeño de la red:

<b><u>Interfases.</u></b>	
Cu	Interfase entre el TE y USIM.
Gb	GPRS Interfase entre SGSN y GSM BSS.
Gc	Interfase entre GGSN y HLR / AuC.
Gf	Interfase entre SGSN y EIR.
Gi	Interfase entre GGSN y la red externa.
Gn	Interfase entre dos GSNs.
Gp	Interfase entre dos GGSNs.
Gr	Interfase entre SGSN y HLR / AuC.
Gs	Interfase entre SGSN y servicios de MSC / VLR.
Iu	UMTS Interfase entre 3G-MSC / SGSN y RNC.
Iub	UMTS Interfase entre RNC y BS.
Iur	UMTS Interfase entre RNCs.
Lc	Interfase entre GMLC y GSMSCF.
Lg	Interfase entre GMLC y MSC / SGSNs.
Lh	Interfase entre GMLC y HSS.
R	Interfase entre TE y MT.
Tu	Interfase entre NT y RT.
Um	Interfase de radio para GSM BSS.
Uu	Interfase de radio para UTRA.

## 4.2.2 CN ARQUITECTURA EN 3GPP R99.

El corazón de la red UMTS (CN) puede ser visto como la plataforma básica para todos los servicios de comunicaciones dentro de la suscripción UMTS, dentro de los servicios básicos de comunicación se encuentran incluidos las llamadas por switcheo de circuitos y ruteo de paquetes de datos. Pero para poder lograr estos servicios se tubo que pasar por especificaciones como lo veremos a continuación.

La primera versión de la especificación UMTS, logra introducir un sistema que tiene un ancho de banda AB especial para el radio acceso y un desarrollo de el CN de los orígenes de GSM, por lo cual tanto la plataforma de GSM como de GPRS son usados para los servicios de paquetes de datos como una posibilidad para el adecuado desarrollo, por lo cual es un gran aprovechamiento para solucionar los problemas de costo dentro de los servicios de UMTS. Desde los subsistemas de las redes de GSM y GPRS se podrá proveer de los servicios básicos de comunicaciones, tanto del trafico de switcheo de paquetes-circuitos, junto con servicios suplementarios, con lo cual se lograra poder tener elecciones sobre la base en la cual se establezca el CN de UMTS.

También en el 3GPP R99 el trafico se presentara solo se presentara en el switcheo de circuitos o en el switcheo de paquetes pero no en ambos al mismo tiempo. Ambos tipos de tráfico requieren algún arreglo en su especificación, debido a que la funcionalidad de la CN en el futuro será dividida en dos tipos de dominios, el primero que será el dominio de switcheo de circuitos (dominio CS) y el segundo que será el dominio de switcheo de paquetes (dominio PS), a continuación se muestra la arquitectura de la CN.

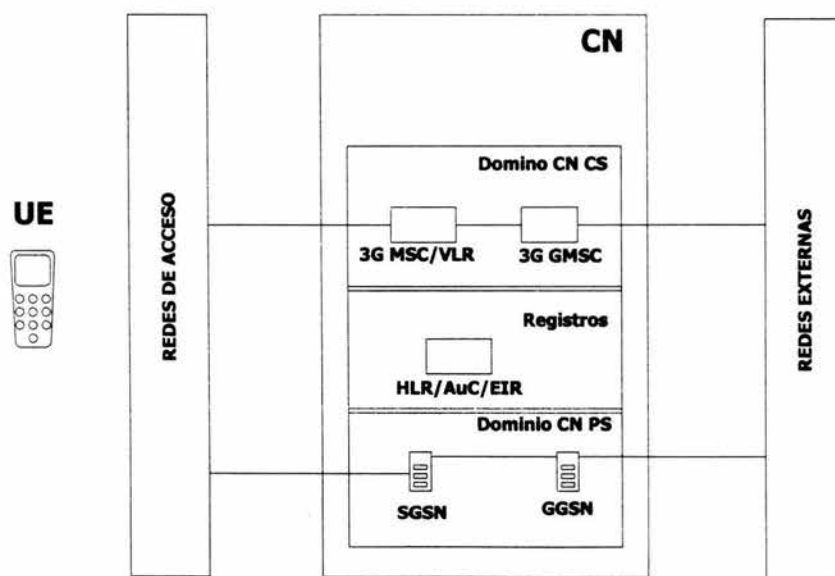


Fig.148 Arquitectura CN.

El dominio CN CS tiene dos redes elementales, las cuales pueden ser combinadas físicamente, tales elementos son los servicios Centro de Switcheo Móvil / Registro de Localización del Visitante (MSC/VLR) y el Centro de Switcheo de la Gateway Móvil (GMSC). Los elementos del servicio MSC/VLR son los responsables para establecer la conexión de las actividades switcheo de circuitos, la movilidad especial (MM) relacionados con las emisiones de la localización de la actualización, el registro de actualización y seguridad de las actividades. El elemento GMSC tiene a su cargo la entrada y salida así como el lugar de origen de las redes, es decir la GMSC establece una llamada hacia el servicio del MSC/VLR, sobre el cual las direcciones son suscritas, también desde el punto de vista de el MM, la GMSC inicia una localización de información la cual es para obtener un correcto servicio del MSC/VLR.

El dominio CN PS tiene también dos elementos de red móvil básicos, los cuales son el Nodo de Soporte para el Servicio GPRS (SGSN) y el Nodo de soporte para la Gateway de GPRS (GGSN). El SGSN es un nodo de soporte para la comunicación de paquetes hacia las redes de acceso, el SGSN es principalmente el responsable la relación de las emisiones de MM con, el registro de localización, la paginación de paquetes y el control de seguridad del mecanismo relacionado con la comunicación de paquetes. El nodo GGSN mantiene la conexión hacia las redes de switcheo de paquetes tal como el Internet. Desde el punto de vista de CN este nodo es el responsable para relacionar las emisiones MM con el dominio CN CS.

Debemos mencionar que un CM (Control de comunicación) tienen como principal tarea controlar las conexiones así como controlar las sesiones, tal tarea la cual esta relacionada con el switcheo de circuitos al igual que con las emisiones, estas acciones se encuentran relacionadas de un UE a la CN por medio del protocolo COMC (protocolo de control de comunicación).

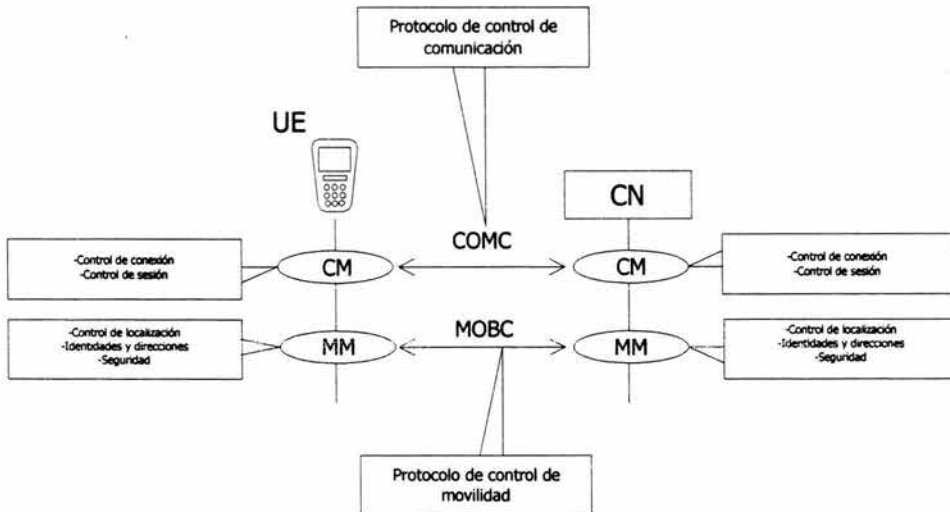


Fig.149 Tareas y control en la CN.

Por otro lado la MM controla las conversaciones de una UE junto con sus identidades y las direcciones de las emisiones relacionadas así como la seguridad que se debe considerar en la parte de la MM, todo este se debe gracias a la colaboración del MOBC (protocolo de control de movilidad).

UMTS define en 3GPP R99 el uso de las siguientes clases QoS.

- Clase conversacional.
- Torrentes de clases.
- Clases interactivas.
- Clases a fondo.

#### **4.2.3 CONTROL DE MOVILIDAD (MM).**

Con el amplio mundo de 2G dentro de las redes móviles celulares se ha estancado es por ello que han surgido nuevos sistemas, que ahora los conocemos como 3G (Tercera generación), los cuales se han desarrollado hasta lograr unas principales diferencias entre 2G y 3G en cuanto a la de movilidad, las cuales son las siguientes:

- Localización.
- Posición.

Donde el termino de “localización” es utilizado para hacer referencia a la localización de el usuario final dentro de una estructura lógica de la red. Los elementos identificables dentro de esta estructura lógica son las conocidas células y grupos compuestos de células.

El termino de “posición” es completamente referente a la posición geográfica de el usuario final dentro del área cubierta por la red, la posición puede ser identificada dentro de una célula. Aunque anteriormente la incógnita era saber si algún día se podría tener información sobre la posición y la localización del usuario final, ahora en la actualidad esa pregunta es solucionada con los sistemas de 3G lo cual es usado por el sistema UMTS. La información de la localización es proporcionada por la misma red en la que se encuentra el usuario final, mientras que la información de posición será proporcionada por la red UMTS, lo cual se lograra gracias a un servicio externo especial e.g.

Un servicio por ejemplo que es proporcionad por la MM es el de el *Roaming*. La MM también dentro del sistema UMTS permitirá establecer una conversación libremente siempre y cuando se encuentre e un PLMN (Red Móvil Publica Local), mientras que para establecer una comunicación en roaming se requiere de un operador de una compañía diferente ya que pudiese estar posicionado el usuario final en otro país o simplemente lejos del PLMN.

El estado de MM requiere de una buena lógica en su desempeño así como de una jerarquía funcional que sea adicionada a la estructura, ya que esta función es dependiente de todos los elementos de la red de la que se habla. En estas especificaciones los aspectos de seguridad son también contenidos dentro del control de movilidad.

#### *Identidades y direcciones del usuario y sus terminales.*

A diferencia de las redes fijas, la red UMTS requiere principalmente de un genero de números e identidades para poder ser usados en diferentes objetivos. Dentro de una red fija la localización del suscriptor esta basada en los nombres de mismo, y tomando las emisiones más constantes es decir que se basan en su identificación por medio de un monitoreo de red tomando en cuenta las llamadas que realiza el usuario mas constantemente, pero cuando se trata de la localización del usuario suscrito e una red que no es fija estos métodos no son validos, por lo que la red UMTS establece unas propuestas diferentes para la identificación como lo veremos a continuación:

- **Identificación única:** Esta es usada para proveer una identificación única que sea global para el suscriptor. Lo cual da mayor importancia a los ataques de la investigación de violaciones de llaves de seguridad para el usuario, manteniendo a este en constante vigilancia con respecto a su información, también es utilizado para la encomienda de mantener las bases para nuevas propuestas.
- **Separación de servicios:** Se presenta principalmente en el caso de la transacción de las terminales móviles, este servicio deberá pasar al reconocimiento dentro de la red. Esto terminara con el usuario ya que por medio del ship tendrá la identificación única como suscripto a la red.
- **Propósitos de ruteo:** Algunos arreglos especiales son requeridos en el orden de la ejecución del ruteo de la transacción el cual no estará fijo en alguna red ni país.
- **Seguridad:** La seguridad como ya hemos mencionado anteriormente es muy importante dentro del desarrollo celular y esto debido a que dentro de las redes celulares se pretende cada ves más en proporcionar la privacidad al usuario con mayor eficiencia. Básicamente la seguridad esta relacionada con la identificación del suscriptor.

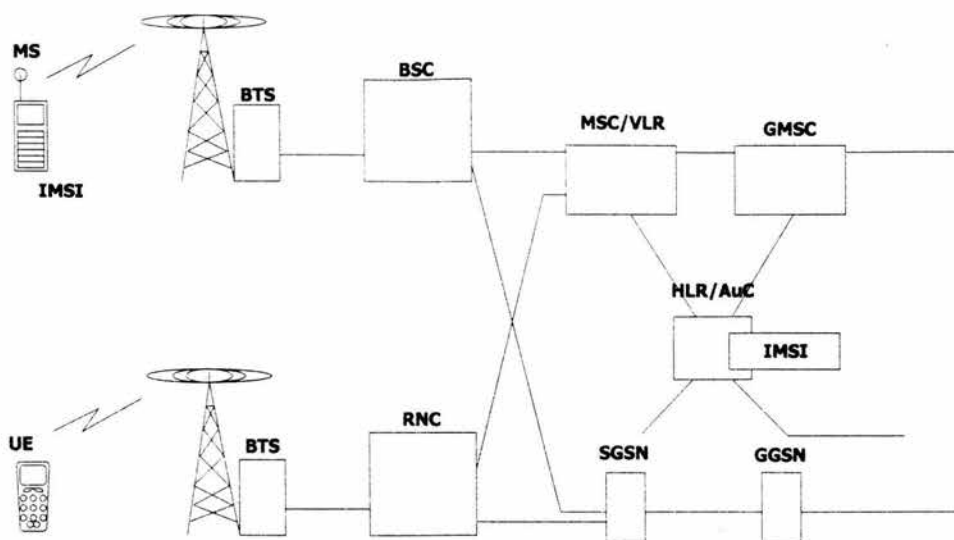


Fig.150 *Identidad De Suscripción Móvil Internacional (IMSI).*

La identidad única para el usuario móvil suscrito es denominada *Identidad de Suscripción Móvil Internacional (IMSI)*. La IMSI esta constituida de tres partes:

$$\text{IMSI} = \text{MCC} + \text{MNC} + \text{MSN}$$

Donde el MCC presenta el código del país en el que se encuentra el móvil compuesto de tres dígitos, el MNC presenta el código de la red para el móvil el cual esta constituido de 2 a 3 dígitos y finalmente el MSN presenta el numero de suscripción móvil que se encuentra constituido de 9 a 10 dígitos. Estos números son especificados por la ITU-T. El numero IMSI es utilizado para la identificación exacta del suscriptor, mientras que el *Numero ISDN de Suscripción Móvil (MSISDN)* es el utilizado para el servicio de separación. El MSISDN esta constituido de tres partes como se muestra a continuación:

$$\text{MSISDN} = \text{CC} + \text{NDC} + \text{SN}$$

Donde el CC es el código del país el cual consta de 1 a 3 dígitos, el NDC es el código de destinación nacional el cual esta constituido de 1 a 3 dígitos y finalmente encontramos al SN que es el numero asignado al suscribirse. Estos números son también especificaciones de la ITU-T.

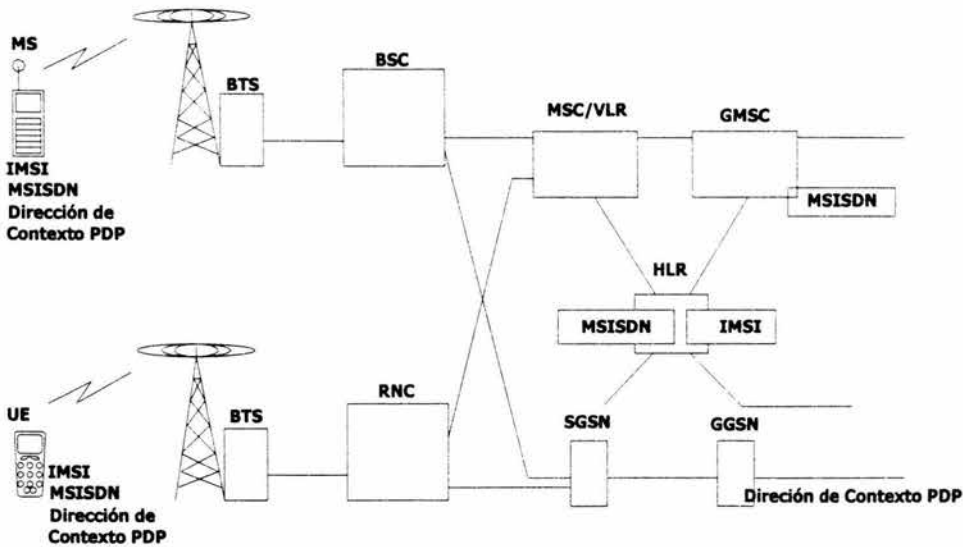


Fig.151 *Numero ISDN del Suscriptor Móvil (MSISDN).*

El complemento funcional del switcheo de paquetes para MSISDN es el Protocolo de paquetes de datos (PDP) en la dirección e contexto, el cual es una dirección IP del usuario móvil.

La dirección de contexto PDP puede ser tanto dinámico como estático; Si es dinámico, este es creado cuando se crea una sesión de paquetes y cuando es estático, este será definido dentro del HLR, al igual que tendrá el MSISDN en el lado de switcheo de circuitos.

El Numero de Roaming del suscriptor Móvil (MSRN) es utilizado para el ruteo de llamadas, el formato del MSRN es igual al del MSISDN, i.e. el cual esta constituido de tres parte, el CC, el NDC, y el SN, y se encuentra el numero de especificación en E.164.

#### *Estructura de localización y sus identidades.*

Sumado a las direcciones e identidades del suscriptor y de sus terminales, el MM requiere de una estructura lógica de la red para poder ser definida. Esta estructura lógica será representada como una parte lógica de la red de acceso. Esta identidad lógica representada en UMTS se encuentra estructurada de la siguiente manera:

- Área de Localización (LA).
- Área de Ruteo (RA).
- Área de registro en UTRAN (URA).
- Celda.

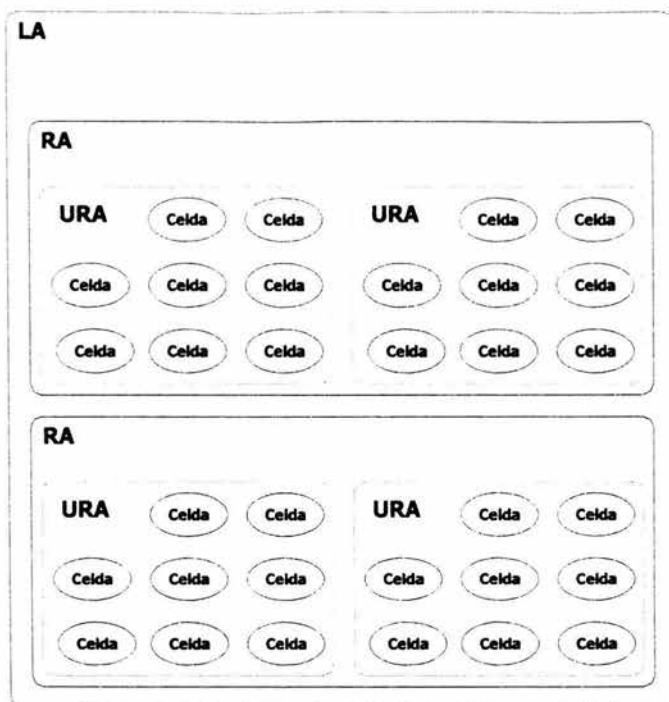


Fig.152 Entidad lógica del MM y sus relación.

### *Modelo del estado de MM.*

La presencia de la conexión de paquetes y del control trae consigo una nueva dimensión de interés hacia la MM.; para conexiones de paquetes la MM tiene un modelo de estado. Un circuito de switcheo conecta básicamente algunos géneros de modelos existentes, pero es raramente usado esto ya que los circuitos de switcheo conectan ambos comportamientos que no son requeridos para los géneros de los modelos.

### *El estado MM en el modelo de Switcheo de circuitos.*

Desde el punto de vista de una terminal MM, respecto a la conexión de red se menciona que tiene tres estados principalmente los cuales son; MM-separado, MM-detenido y finalmente MM-conectado. Estos estados de MM indican precisamente como la terminal de localización es reconocida cuando se le compara con la estructura lógica. En el estado MM-separado la red no se percata de todas las terminal suscritas, este es el estado para cuando se encuentra apagada la terminal de switcheo, mientras que en el estado de MM-detenido la red si conoce la localización de las terminales suscritas con gran exactitud gracias al LA, finalmente en el estado MM-conectado la red también conoce la localización de la terminal suscrita gracias a la ayuda de la celda.



De acuerdo con la terminal suscrita al switcheo la MM cambia de MM-detenido a la MM-separado. Cuando un suscriptor activa el estado MM (MM-detenido en las terminales de switcheo) este se encuentra entre MM-parado y MM-conectado de acuerdo al uso de la terminal. Para entender un poco mejor esto veamos lo siguiente; Cuando realizamos una llamada el estado del MM va hacia el MM-detenido, esta a su vez pasa al estado de el MM-conectado, pero si terminamos la llamada, el MM pasa de un MM-conectado a un MM-detenido.

*Estado MM en el modo de switcheo de paquetes.*

Para la conexión del switcheo de paquetes la situación es diferente en los términos del proceso del PMM (Control de la movilidad de paquetes). Cuando el suscriptor accesa al switcheo de paquetes y se encuentra este unto apagado, el MM regresa al estado PMM-separado y el ruteo de la información posiblemente se presente en los nodos de red lo cual no será valido a para ningún otro nodo. Si por alguna razón se presenta algún error en el contexto de paquetes, el estado MM regresa al estado de PMM-separado, ya que un PMM-conectado lo que hace es transferir los datos entre la terminal y la señal, mientras que el estado PMM-detenido se logra conocer la localización de la terminal por medio del ruteo de direcciones del servicio que se presente en el momento, así como también realiza la función de ordenar la búsqueda.

#### **4.2.4 CONTROL DE COMUNICACIÓN (CM).**

*Control de conexión para el switcheo de circuitos.*

*El control de conexión es nombrado como de alto nivele, ya que describe las funciones requeridas para las entradas y salidas de transacciones manejadas dentro de un switch. Generalmente en las conversaciones, el switch debe de ejecutar tres actividades antes de que la transacción de un switcheo de circuito pueda ser conectada, estas tres actividades son; el análisis del numero, el ruteo y el instruir. El control de conexión puede funcionalmente ser dividido en tres fases, las cuales orientan ha tener una conexión completa.*

En la fase I el switch checa que el numero de llamada sea el correcto y sea razonable con todo lo requerido, pero si existe alguna restricción esta se deberá aplicar junto con el numero de llamada. En la fase II el sistema se concentra en el numero de la llamada, donde la transacción es investigada, la llamada puede ser nacional o internacional, el sistema checa si la transacción requiere de algún equipo especial para realizar su labor (módem) de conexión. También las estadísticas de la transacción son iniciadas en esta fase.

Cuando la transacción es finalizada, el control de conexión en la fase III toma con mucho cuidado todos los recursos relacionados con la transacción. En una red fija cada llamada es tomada como una entidad de principio a fin, mientras que en una red celular el termino llamada puede ser interpretado como un gran numero de caminos.

Desde el punto de vista de el control de conexión, de dos pequeñas etapas, la de el Dominio de Acceso y en la que se encuentran otros elementos, dentro de las cuales se encuentran cuatro etapas disponibles que son; MOC (Llamada Originada del Móvil), MTC (Llamada Terminada en el Móvil), POC (Llamada Originada del PSTN) y PTC (Llamada terminada en el PSTN), Como se muestra en la siguiente figura:

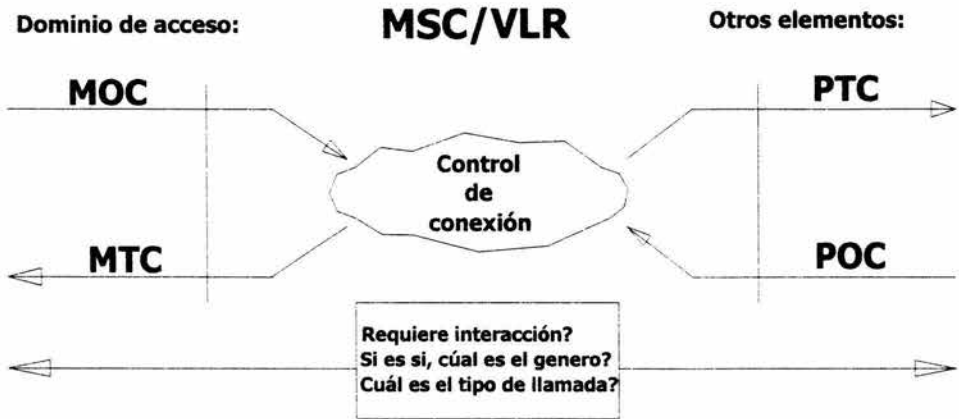


Fig.153 Etapas de las llamadas.

Como se aprecia en la figura, el control de conexión es actualmente una distribución funcional, también dependiendo del elemento en cuestión, son las diferentes partes de el control de llamada que serán usadas. Para un servicio presentado por el MSC / VLR el manejo de las etapas de llamada serán por medio de el MOC y el MTC, pero si el GMSC es quien realiza el servicio, las etapas del manejo serán por medio del POC y el PTC.

El control de llamada será capaz de recibir y crear las etapas de llamadas mencionadas anteriormente, también determina si se puede adicionar una funcionalidad mas o si es requerido el origen de la etapa y tipo de llamada, pero la funcionalidad mas importantes es la capacidad de esta de poder interactuar con la red.

El control de llamada reconoce la base y el tipo de llamada, en la cual serán decididas las acciones futuras, los circuitos de switcheo básicos para los tipos de llamada son:

- Llamada normal (Voz).
- Llamada de emergencia.
- Llamadas de datos.

En la etapa del MOC, el tipo de llamada es incluida en “CM Servicio de mensaje solicitado” (GSM) y “UE mensaje inicial” (UMTS con UTRAN). En la etapa del POC el tipo de llamada es “Oculta” dentro las partes de las direcciones de llamadas (numero B), en tanto que en las etapas del MTC y PTC el control de conexión determina si pudiera existir interacción con otro elemento o entre las etapas de llamadas.

#### 4.2.5 ASPECTOS DE LA ARQUITECTURA EN 3 GPP R4.

En 3GPP R99 los mejores cambios fue la parte al acceso a la red, la principal nueva emisión presentada fue el nuevo ancho de banda para el acceso a radio UTRAN. De el lado del corazón de la red la tendencia se presenta a realizar los menores cambios y utilizar los elementos de las redes existentes como GSM / GPRS. En 3GPP R4 la estrategia se presento al contrario de lo establecido en 3GPP R99, ya que el acceso a radio no tubo muchos cambios, pero en CN los cambios son remarcados.El principalmente se presenta la separación de CM al igual que el switcheo actual, también algunas separaciones físicas de las funciones dentro de las entidades..

El MSC / VLR evoluciona dentro del servicio del MSC y la Gateway media (MGW) como lo veremos en la siguiente figura:

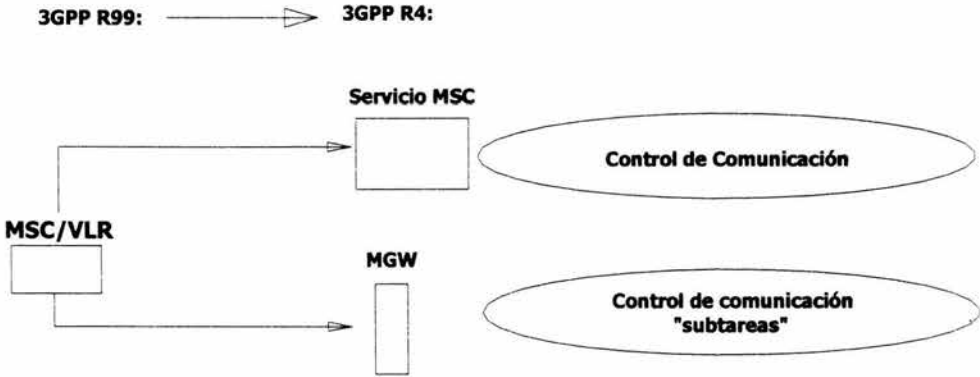


Fig.154 Servicio MSC y Gateway media.

El servicio MSC es el elemento de la red que contiene que contiene principalmente la función del CM, i.e. , el servicio MSC también es responsable para el MM, al igual que también contiene al VLR. El MGW tienen las facilidades de ejecutar el switcheo actual y la interacción entre la red y las funciones de esta, por ejemplo cada cancelación de equipo y módem son localizados en la MGW. Dependiendo de la configuración de la red, el MGW puede contener diferentes tipos de funciones, tales como ejecución de circuitos paquetes para las conversaciones en el caso de las llamadas de voz sobre IP (VoIP).

El servicio MSC puede controlar varios MGW, de el lado de la seguridad esta se encuentra dentro de los planes de los dominios CN y CS.

Desde el punto de vista del CM, las principales emisiones son como la implementación de conexiones entre las UE y el servicio MSC así como también entre el servicio MSC y la MGW y también con el con el control de protocolos. Existen diferentes alternativas, pero una de las más atractivas es la relacionada con la IP, la cual se encuentra basada en el protocolo de iniciación de sesión (SIP). SIP es también utilizado dentro de otras conexiones con 3GPP R4/5.

Nos podemos dar cuenta que IP comienza a conquistar los transportes dentro de SS.7, ya que mientras en 3GPP R99 solo se mostraba e una parte de los servicios , el uso de trafico y transporte de trafico, en 3GPP R4 se presenta en una parte de el uso de trafico y servicios, pero en tanto al control de trafico y transporte de trafico ya se encuentra completamente usado. Cuando el transporte de trafico se basa en IP, es natural que el control de trafico también se base en IP, esto es porque SIP es visto como una interesante alternativa para implementar el protocolo de control de llamada entre el servicio MSC y MGW.

La cantidad de trafico por switcheo de circuito se espera que disminuya en 3GPP R4 , pero el paso de este desarrollo es muy sólido y predecible. La operación muestra la existencia de investigaciones hechas para las primeras tecnologías de switcheos de circuitos y cuando la economía es responsable de esta, la tecnología es cambiada.

El VoIP también puede ser implementado en muchos caminos, por lo que para la red UMTS apunta a ser una solución global considerándosele como un desafío para ello. La 3GPP R4 contiene elementos adicionales denominados Subsistemas Multimedia IP (IMS), el IMS cuando se encuentre totalmente especificado , contendrá caminos uniformes que mantendrá las llamadas VoIP así que ofrecerá a los operadores para liberar las llamadas VoIP entre las redes UMTS, también el IMS adicionado al “VoIP universal” ofrecerá una plataforma para tiempos reales y tiempos no reales dentro de los servicios de IP, y multimedia.

El IMS esta contenido de; Función de Control del Gateway Media (MGCF), Funciones de control del estado de llamadas (CSCF) y Función de Recursos Media (MRF), las cuales son funcionalidades de la red y no elementos de la misma. A diferencia de R99 estas tres funcionalidades podrían presentarse como una analogía con respecto a R4 de la siguiente manera; El MGCF controla el MGW utilizado en la conexión; conversaciones y cada cancelación, etc. El CSCF y MRF juntos desde la lógica para la transacción con ayuda de la IMS .

#### 4.2.6 ASPECTOS DE LA ARQUITECTURA EN 3 GPP R5.A.

En 3GPP R5 la red de accesos experimentara mas cambios, con la diferencia de que los cambios en CN serán menores. Las principales emisiones en 3GPP R5 son GSM / EDGE RAN (GERAN) y el transporte en IP dentro de la red de acceso., además el trafico se presenta siempre en el switcheo de paquetes; aquí la incógnita se presenta si se presentara en tiempo real o no real

En el desarrollo de R5 se enfocan en el dominio PS, el cual tiene que ser extendido con la funcionalidad del IMS, una estructura mayor vista en la parte del sistema R5 es al separación de las capas para usar el transporte de datos, los aspectos de control de la red y la compatibilidad de servicios se muestra en la siguiente figura:

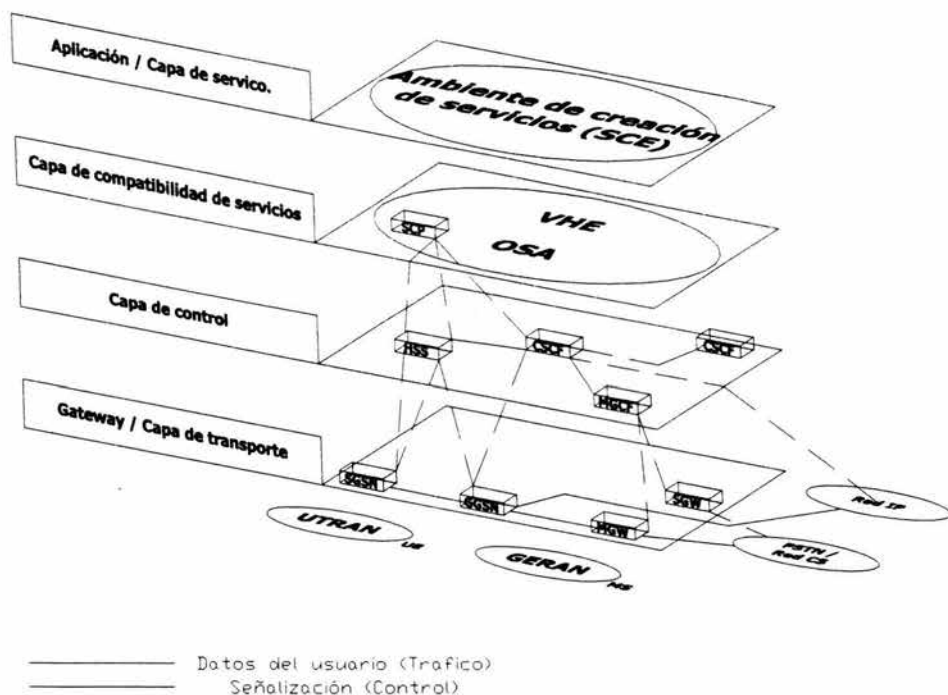


Fig.155 Capas de la 3GPP R5 CN (Solo dominio PS)

La compatibilidad de servicios y capas debes ser ya introducido en 3GPP R99 pero, en el futuro esta implementación deberá ser implementada por la Arquitectura de Servicios Abiertos (OSA) en la cual estarán basadas las soluciones. Para OSA se presentan también las cuatro capas presentadas en la figura anterior , que son mecanismos provenientes de servicios universales de creación y control.

Los cambios presentados entre R4 y R5 no deberán ser visibles para el usuario, por lo que la parte de radio UTRAN deberá trabajar como hasta ahora, al igual que las terminales conocidas por el usuario. Dentro de la red de acceso, la tecnología de transporte será IP en lugar de ATN, pero esta será una elección del operador.

Además UTRAN evolucionará a GSM BSS que será nombrado GERAN, el cual podrá ser conectado a la CN por medio de la interfase Iu. De este modo el tráfico llegará desde GERAN con lo cual se conseguirá un tratamiento del tráfico que podrá llegar también desde UTRAN con las interfaces correspondientes. Si el operador tiene el IMS en uso, los dominios CN CS no serán necesarios; el principal paso (basado en las alternativas de la nueva red de acceso) entre 3GPP R4 y R5 será decidir si se quitan o no los dominios CN CS.

#### **4.2.7 POSIBILIDADES DE LA COMUNICACIÓN MÓVIL VÍA SATÉLITE.**

Para el caso de UMTS con respecto a los satélites es importante saber que en el sector terrestre se le denomina como S-UMTS o Satélite UMTS, la comunicación por satélite tendrá que ser usado para diferentes tiempos y en diferentes formas:

1. El componente satelital será utilizado para el acceso a la red de tercera generación de sistemas terrestres.
2. Un sistema de base-satelital será independiente de la red móvil terrestre, podrá proveer algunas o todas las capacidades concebidas para UMTS en términos de servicios.
3. Una siguiente generación de sistemas satelitales podrá innovar mejores técnicas para el futuro.

Los términos Sistema satelital Móvil (MSS), Comunicación Personal Móvil Global vía Satélite (GMPCS), Red de Comunicación Personal Satelital (S-PCN) son utilizados para denotar a los sistemas, la arquitectura y las funciones las cuales son similares una con otra, pero son más frecuentemente confundidas con S-UMTS.

El comité SES (Sistemas y Estaciones terrestres Satelitales) de la técnica ETSI recientemente puso en la mesa de discusiones el tema de el S-UMTS, el cual tiene tendencias de participación a partir de la industria manufacturera que tiende tradicionalmente a rechazar lo relacionado con las iniciativas que respecten a estos temas, prefiriendo imponer otro tipo de soluciones.

La ETSI TC SES es responsable de la parte que concierne a la comunicación satelital (incluyendo comunicación móvil y radiodifusión), estaciones terrestres así como los protocolos utilizados en las comunicaciones móviles.

El grupo de trabajo de los Satélites UMTS fue ayudado en cinco reuniones realizadas en el periodo de 1998-1999 las cuales fueron atendidos principalmente por lo mejor en satélites y operaciones celulares terrestres incluyendo a Inmarsat, ICO, Nera, Nokia, Siemens, Hughes, ESA, Telespazio, Ericsson y otros.

Los principales temas que formaran parte del mayor interés por los grupos de trabajo son los siguientes:

- Requerimientos de especificaciones para los componentes satelitales UMTS dentro de las siguientes áreas; servicios que puedan ser brindados, SIMs, terminales acorde, interfaces de red.
- El nivel de la arquitectura, identificación de las principales diferencias entre la arquitectura típica terrestre y la satelital, también el nivel particular de las interfaces, examinación de las interfaces terrestres que podrían ser situadas para el uso con los satélites.
- Estabilidad de los enlaces con la organización de los estándares de escritura y los grupos de interés quienes estarán activos en el sector, comenzando desde SMG 12 (Adquisición de multiplexión satelital 12), donde también se incluyen SMG2, T1P1, Foro UMTS, GSM MoU, ACTS (Servicios y Tecnologías de Comunicación Avanzada) y la ITU.
- Determinación de los requerimientos tipo-aprobación para las terminales satelitales simples, dobles y multimodo.

Futuras reuniones de S-UMTS serán propuestas para realizarse en tiempos próximos, de tal manera que en las próximas reuniones se trataran los términos relacionados con UMTS en el área terrestre logrando incrementarse con decisiones colectivas tomadas con plantación y tomando en cuenta la estandarización, por lo cual se podrán tomar decisiones importantes para poder poner en operación los satélites relacionados con UMTS.

En recientes meses, la TC SES tendrá que poner importantes grupos de trabajo para las redes satelitales, dentro de estos grupos encontramos los siguientes más importantes:

ETSI WG actualmente activos

<i>Tema.</i>	<i>WG datos de inicio.</i>
<i>Satélite UMTS.</i>	<i>Abril 1998</i>
<i>Ancho de Banda para Satélites-Multimedia.</i>	<i>Abril 1998</i>
<i>Estandarización del espacio.</i>	<i>Febrero 1998</i>
<i>S-PCN (Red de Comunicación Satelite-Personal) GEO.</i>	<i>Noviembre 1997</i>
<i>Cortos LEOs a 1 GHz.</i>	<i>Noviembre 1997</i>

## Conclusiones.

Hemos podido apreciar que nos enfrentamos a un nuevo mundo lleno de tecnologías, dentro de las cuales no queda exento el gran avance que ha tenido la rama de la telefonía celular, como hemos podido apreciar en este trabajo la telefonía celular ha crecido a pasos agigantados pues mientras comenzábamos a disfrutar el cambio de la tecnología analógica por la digital dentro de nuestros teléfonos, inmediatamente (en comparación con el crecimiento de otras tecnologías) se presenta otro cambio tecnológico pasando al aprovechamiento de las nuevas señales digitales, llegando así el sistema GSM, el cual presenta un gran avance dentro de la segunda generación, conocida mejor como la generación 2.5, tal avance comienza un amplio desarrollo dentro de todo el mundo, pero como el proceso de avances tecnológicos aun no se detiene se ha dado paso a una nueva tecnología a la cual se le conoce como UMTS, la cual dio el punto de partida para estudiar a fondo en este trabajo las circunstancias que se han venido presentando dentro del avance tecnológico celular.

También pudimos apreciar que la telefonía celular no se ha limitado a prestar solo un servicio de comunicación en voz, si no que ha traspasado las barreras hasta poder obtener la transmisión de datos y video de buena calidad. Pero no podemos perder de vista que las nuevas implementaciones de los sistemas actualizados siguen en vías de desarrollo, ya que tal vez los equipos celulares estén completamente aptos para transferir voz, datos y video pero no así las redes celulares existentes en la actualidad, por lo que las nuevas tecnologías como GSM siguen trabajando para obtener una red capaz de realizar estas funciones y por lo cual también se dio origen a una nueva red capaz de mantener eficazmente estos servicios y unificarlos para todos los sistemas de red existente (UMTS) dando paso la nueva generación (3G).

Este trabajo nos ha llevado al análisis profundo de el punto en el cual nos encontramos situados dentro del desarrollo de la tecnología celular, permitiéndonos darnos cuenta de que las mejoras celulares vienen en camino y las cuales nos permitirán obtener la mejor tecnología inalámbrica dentro de las telecomunicaciones en tan solo un aparato celular, lo cual nos conducirá a la cuarta generación (4G) en un futuro.

UMTS proporcionará a los usuarios terminales multimodo y multibanda, con cámara incorporada, pantalla en color y gran memoria. Y, gracias a una interfaz de aire flexible, aportará roaming mundial entre diferentes países y también con sistemas de segunda generación.

UMTS evoluciona para integrar todos los servicios ofrecidos por las distintas tecnologías y redes actuales (GSM, DECT, RDSI, Internet...) y se podrá utilizar con casi cualquier tipo de terminal (teléfono fijo, inalámbrico, celular, terminal multimedia...), tanto en ambientes profesionales como domésticos, ofreciendo una mayor calidad de los servicios y soportando la personalización por parte del usuario y los servicios multimedia móviles en tiempo real. Todas estas posibilidades brindarán excelentes oportunidades de negocio, creando un nuevo modelo comercial, a la industria de tecnologías de la información y las comunicaciones.



El área de las comunicaciones móviles, junto con Internet, es la de crecimiento más rápido dentro del sector de las telecomunicaciones. En todo el mundo, a finales de 1999, había 450 millones de usuarios de telefonía móvil celular y la previsión es alcanzar los mil millones en el año 2004, una cifra similar a la de usuarios de Internet, de los cuales se espera que, al menos, unos 400 millones compartirán el uso de ambas redes, utilizando el teléfono móvil como el medio preferido de acceso a la Red. Esta tendencia es lógica si se tiene en cuenta que el número de móviles con capacidad multimedia y de navegación será muy superior al de ordenadores personales, superando incluso a las líneas de telefonía fija que existen en la actualidad. La explicación a este crecimiento del mercado se encuentra en el rápido avance de la tecnología, a las oportunidades comerciales que se asocian con la movilidad personal, y a la bajada del precio de los terminales y de las tarifas de conexión y por tráfico.

De forma paralela, la especificación de un nuevo sistema, el UMTS, toma de forma progresiva el control de la situación. Éste es compatible, desde el punto de vista de red, con las redes anteriores. De esta forma, la introducción del UMTS es un cambio revolucionario en la parte de radio (pero coexistiendo con el GSM) y un cambio gradual en la señalización. A corto plazo, sin embargo, el UMTS es el sistema que se encargará de proporcionar los nuevos servicios multimedia, con una extensión limitada y utilizando el GSM como elemento unificador.

De hecho en el nuevo universo multimedia los usuarios utilizarán una gran variedad de redes de acceso: públicas, privadas, fijas y móviles; que podrán conectarse a diferentes redes de transporte. La posibilidad de utilizar en paralelo diferentes redes de acceso origina que los servicios con alta velocidad de transmisión puedan ser introducidos de forma gradual y de acuerdo con las necesidades del mercado.

Aunque la situación no está por el momento totalmente clara y es posible que no lo esté a corto plazo, parece que las nuevas técnicas de acceso vía radio estarán basadas en técnicas de acceso híbridas CDMA/TDMA e incorporarán receptores avanzados (utilizando detección conjunta y cancelación de interferencias).

La integración con las redes ATM, que serán el núcleo del transporte de las redes futuras, va a ser un elemento muy importante en el desarrollo de los nuevos sistemas.

Se han identificado las causas que han permitido el rápido desarrollo del GSM. Estas causas son, tanto económicas: una mayor competencia, como técnicas: un estándar mucho más avanzado y modular.

Sin embargo, hay un constante flujo en el desarrollo de nuevos estándares que ponen de manifiesto la existencia de una serie de servicios, para los que existe demanda potencial y que no se cubren fácilmente con GSM. La evolución de la RDSI de banda ancha, el de la Universal Personal Telecommunications (UPT) y, sobre todo, el desarrollo de los servicios multimedia, va a hacer necesario contar con sistemas radioeléctricos integrados capaces de soportar todo ello.

En EE.UU. el desarrollo de los PCS, con un conjunto muy variado de estándares, va a ser, además, un factor que dinamizará la aparición de soluciones muy innovadoras.

En definitiva, está claro que va a existir una evolución hacia un sistema que:

Tenga más eficiencia espectral.

Esté mejor integrado con la red fija.

Integre los sistemas terrenales con los sistemas basados en satélites.

Pueda prestar servicios multimedia.

El terminal y la suscripción deben ser económicos y fáciles de utilizar, de forma que el sistema sea un objeto cotidiano.

Por otra parte, el desarrollo de este nuevo sistema va a ser evolutivo. Los cambios más importantes se producirán mediante el desarrollo de una interfaz radioeléctrica más flexible que la actual del GSM. Por contra, la estructura de señalización seguirá un camino más lento, con la incorporación paulatina de las soluciones de red inteligente.

A medio y largo plazo, el UMTS substituirá progresivamente a las soluciones actuales. La substitución se realizará de acuerdo con las necesidades de los mercados y la presencia de nuevas aplicaciones que lo justifiquen.

## Apéndice.

3G	Tercera generación.
3GPP	Proyecto de colaboración en Tercera Generación.
4G	Cuarta generación.
AAL	Capa de Adaptación ATM.
AMPS	Sistema de Telefonía Móvil Americana.
ATM	Modo de Transferencia Asíncrono.
AuC	Centro de Autenticación.
BCCH	Canal de Control de Transmisión.
BER	Velocidad de error de bit.
BRAN	Red de Acceso de Radio-Transmisión.
BS	Estación Base.
BSS	Sistema de Estación Base.
BTS	Estación Base Transceptora (GSM).
CA	Certificado de Autorización.
CC	Control de Llamada.
CC	Código de país.
CCCH	Canal de Control Común.
CCPH	Canal Físico de Control Común.
CDMA	Acceso Múltiple por División de Códigos.
CDMA 2000	Un sistema CDMA en Norte América.
CI	Identificador de la Célula.
CK	Llave de cifrado.
CM	Direccionamiento de Comunicación.
CN	Corazón de la Red
CS	Switcheo de Circuitos.
CS	Sub-capa de Convergencia (ATM).
CSCF	Función de Control de Servicio de Llamada.
CTCH	Canal de Trafico Común.
DCCH	Canal de Control Dedicado.
DCH	Canal Dedicado.
DPCCCH	Canal de Control Físico Dedicado.
DPDCH	Canal de Datos Físico Dedicado.
DTCH	Canal de Trafico Dedicado.
DTE	Equipo Terminal de Datos.
EDGE	Aumento de la Velocidad de Datos para la evolución de GSM.
ETSI	Instituto para la Estandarización de las Telecomunicaciones Europeas.
FCCH	Canal de Corrección de Frecuencias.
FDD	División de Frecuencias Duplex.
FDMA	Acceso Múltiple por División de Frecuencias.
GERAN	Red de Radio Acceso GSM / EDGE.
GMSC	Entrada del MSC.
GPRS	Servicio General de Radio Paquetes.
GSM	Sistema Global para las Comunicaciones Móviles.
IMEI	Identificador del Equipo Móvil Internacional.

IMSI	Identificador de la Suscripción Móvil Internacional.
IMT- 2000	Telecomunicaciones Internacionales Móviles 2000.
IP	Protocolo de Internet.
ISO	Organización Internacional para la Estandarización.
ITU	Unión Internacional para las Telecomunicaciones.
ITU-T	Sector de Estandarización para las Telecomunicaciones por la ITU.
LA	Área de Localización.
LAC	Código de Área de localización.
LAI	Identificador del Área de Localización.
LCS	Servicios de Localización.
LCS	Sistema de Comunicación para la Localización.
MAC	Control de Acceso al Medio.
MAC	Código de Autenticación de Mensajes.
MAP	Parte de Aplicación del Móvil.
MC-CDMA	Multi-portador CDMA.
ME	Equipo Móvil.
MM	Direccionamiento de Movilidad.
MNC	Código de Red del Móvil.
MS	Estación Móvil.
MSISDN	Suscripción del Móvil para el Numero ISDN.
MSN	Numero de Suscripción del Móvil.
MSRN	Numero de Roaming para la estación Móvil.
NMT	Telefonía Móvil Nórdica.
NRT	Tiempo No-Real.
OSA	Arquitectura del Servicio Abierto.
OSI	Sistema de Interconexión Abierto.
PCCH	Canal de Control de Pagina.
P-CCPCH	Canal Físico de Control Común Primario.
PCH	Canal de Pagina.
PCM	Modulación del Código de Pulsos.
PCPCH	Canal de Paquetes Común Físico.
PCS	Sistema de Comunicación Personal.
PDH	Jerarquía Digital Plesincrona.
PDP	Protocolo e Paquetes de Datos (e.g. PPP, IP, X.25).
PDSCH	Canal Físico de la Parte del Enlace de bajada.
PIN	Numero de Identificación Personal.
PPP	Protocolo de Punto a Punto.
PS	Switcheto de Paquetes.
QoS	Características del Servicio.
R4	Liberación 4 del Estándar 3GPP UMTS.
R5	Liberación 4 del Estándar 3GPP UMTS.
R99	Liberación 1999 del Estándar 3GPP UMTS.
RAN	Red de Radio-Acceso.
RNC	Control de Red de Radio.
RT	Terminación de Radio.
RT	Tiempo Real.
RTP	Protocolo de Transporte en Tiempo-Real.

SCCH	Canal de Control de la Sincronización.
SCCP	Parte del Control de la Conexión de la Señal.
S-CCPCH	Canal Físico de Control Común Secundario.
SCH	Canal de Sincronización.
SDH	Jerarquía Digital Sincronía.
SGSN	Nodo de Soporte para el servicio de GPRS.
SIM	Modulo de Identificación para la Suscripción GSM.
SMS	Servicio de Mensajes Cortos.
SS7	Sistema de Señalización No.7
S-SCH	Canal de Sincronización Secundaria.
SSCOP	Protocolo de Orientación para la Conexión Especifica del Servicio.
STP	Punto de Transferencia de la Señal.
TCP	Protocolo de Control de Transmisión.
TDD	División de Tiempo Duplex.
TE	Equipo Terminal.
TPC	Control de Poder de Transmisión.
TTA	Asociación de Tecnologías en las Telecomunicaciones.
TTP	Punto de terminación de Trafico.
UICC	Tarjeta de Circuito Integrada Universal.
USIM	Modulo de Identificación para Suscripción Universal.
UTRAN	Red de Radio Acceso Universal Terrestre.
VBR	Servicio de Velocidad de Bits Variable.
WAP	Protocolo de Aplicación Inalámbrica.
WCDMA	Acceso Múltiple por División de Código con mayor Ancha de Banda.
WLAN	Red de Área Local Inalámbrica.
X.25	En ITU-T es un Protocolo para las Redes de Switcheo de Paquetes.

## BIBLIOGRAFIA.

**UMTS Networks. Architecture, Mobility and Services.** Heikki Kaaranen, Ari Ahtiainen, Lauri Laitinen, Siamak Naghian, Valtteri Niemi, Wiley & SONS, LTD 2001.

**UMTS. Mobile Communications for the Future.** Flavio Muratore Wiley & SONS, LTD 2001.

**Electronic Wave Propagation Through Rain.** Robert K. Crane, Quantum Publishing.

**Radio System Desing for Telecommunication.** Roger L. Freeman, Wiley Interscience, 1987.

**Satélites de Comunicación.** Neri Vela Rodolfo, Mc Graw Hill. Inc.

**Telecommunication Transmisión Handbook.** Roger L. Freeman Wiley interscience, 1987

**Terrestrial Digital Microwave Communications.** Ferdo Ivanek, Artech House, 1995.

**Telecomunicaciones Móviles.** Eugenio Rey, Mundo Eléctrico.

**Radio Relay System.** Antón A. Hurdeman, Artech House 1995.

**Mobile Satellite Communication.** Cochetti, Roger, Quantum Publishing,

**Comunicaciones 1 Señales, Modulación y Transmisión.** Enrique Herrera, Pérez, Limusa.

**Sistemas de comunicación Móvil.** Domingo Lara Rodríguez, David Muños Rodríguez, Salvador Rosas García, Alfaomega