

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

A.-FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

Dentro del presente trabajo de grado, se presentan y se analizaran postulados según autores e investigadores hacen referencia a las variables objeto de estudio (Sistema Celular Analógico y Tecnología AMPS/NAMPS) y que sustentará el Diseño del Sistema Celular Analógico que será propuesto por el investigadores.

1.- GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS CELULARES ANALÓGICOS.

1.1 Celulares y PCS.

Los sistemas radiotelefónicos celulares analógicos son sistemas totalmente automáticos, es decir, no requieren operadores. Por su parte PCS, según la FCC (Federal Communications Commission) es un sistema por el cual cada usuario puede intercambiar informaciones con alguien a cualquier hora, en cualquier lugar, a través de algún tipo de dispositivo y usando un único número. Por otro lado de acuerdo de acuerdo con la TIA (Telecommunications Industry Association) PCS, está definido como un

conjunto de capacidades que permiten algunas combinaciones de servicios de movilidad de terminal y movilidad personal.

1.2 TIPOS DE TRANSMISIÓN DE LOS SISTEMAS CELULARES.

1.2.1 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDMA).

Es un esquema de multiplexión que se utiliza en sistemas analógicos en los que a cada usuario se le asigna un canal para transmisión. Para sistemas tipo AMPS 30 KHz, NAMPS (Banda estrecha) 10 KHz, TACS (Sistema de Comunicaciones de Acceso Total) 25 KHz, NTACS 12,5 KHz; todo esto sin interferencia debido a que cada usuario se encuentra en una parte diferente del espectro de frecuencias, por lo cual el número de usuarios posibles está limitado por el espectro total disponible. Es por ello que se debe realizar una extensa planificación de frecuencias para permitir el máximo número posible de canales en cualquier localidad de celda.

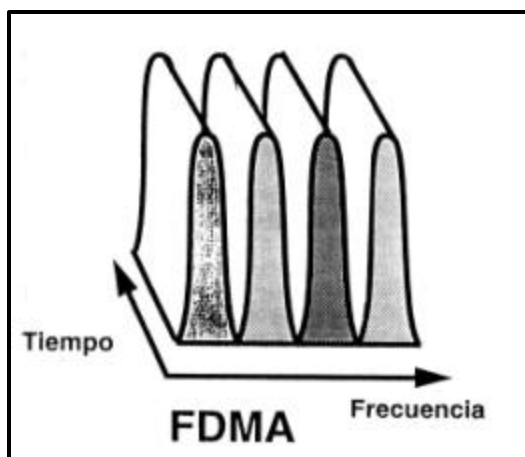


Figura 1. Acceso Múltiple por División de Frecuencia (Motorola, 1997).

1.2.2 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO (TDMA).

Es un esquema de multiplexión digital en el que la información de varios usuarios se trasmite por un canal común en un punto o intervalo de tiempo particular TDMA se utiliza en sistemas celulares GSM. Cada canal FDMA de 200 KHz se divide en 8 intervalos de tiempo y a cada usuario se le asigna un par de intervalos de tiempos en un canal. Además este esquema no presenta interferencias ya que cada uno posee su propio intervalo de tiempo en la misma frecuencia. Al igual que FDMA el número posible de usuarios está limitado por el espectro total disponible. Y debe hacerse una planificación extensa de frecuencias para permitir el máximo número de canales posible en cualquier localidad.

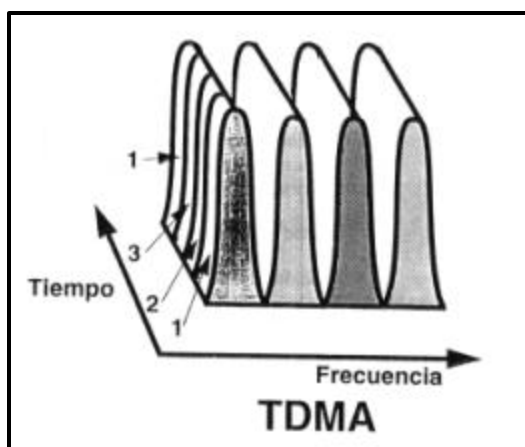


Figura 2. Acceso Múltiple por División de Tiempo (Motorola, 1997).

1.2.3 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO (CDMA).

Es un esquema de multiplexión digital en el que cada uno utiliza una sola portadora mediante la cual trasmite y recibe, además utiliza un código único por móvil. Todos los usuarios se encuentran en el mismo espectro de

frecuencia (Spread Spectrum) con 1,23 MHz de ancho de banda. Además no existe interferencia debido a que cada usuario posee un identificador de código particular. Así mismo el número de usuarios posibles está limitado por el número de códigos que pueden asignarse dentro del espectro y por los circuitos de cada celda. A diferencia de los esquemas FDMA y TDMA, CDMA no necesita un plan de frecuencias tan elaborado.

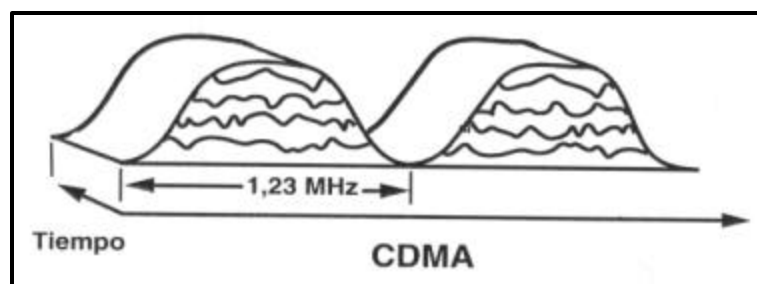


Figura 3. Acceso Múltiple por División de Código (Motorola, 1997).

1.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA CELULAR.

Un sistema celular se compone de varios elementos cuyo funcionamiento en conjunto los conlleva a un mismo objetivo que es proporcionar el servicio de telefonía con una serie de características que lo distinguen de otros.

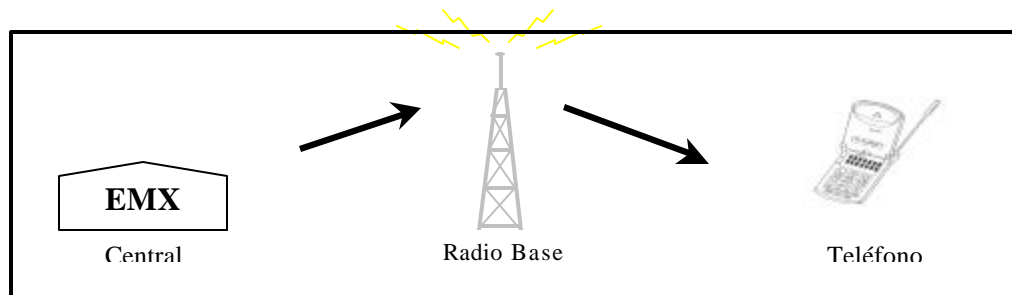


Figura 4. Componentes de un Sistema Celular (Ochoa,2000).

Sus componentes más importantes son:

1.3.1 CENTRAL TELEFÓNICA CELULAR.

También conocida como EMX (Electronic Mobile Exchange), MTX (Mobile Telephone Exchange) MSC (Mobile Service Center) ó MTSO (Mobile Telephone Switching Office) o simplemente Switch.

Es la parte más importante del sistema celular en cuanto a que es quien controla todo su funcionamiento. La central celular es básicamente una central pública (PTSN) pero con funciones especiales y dedicadas para el servicio de telefonía celular.

Esta se compone de dos grandes sistemas: APT ó sistema de computación y el APZ ó sistema de procesamiento de datos.

Actualmente existen dos versiones de central celular: EMX o central celular convencional y MS EMX de baja capacidad, comúnmente denominada miniswitch. Las grandes tareas o funciones que realizan las centrales son:

- Manejo y control de cada uno de los otros elementos del sistema es decir, radiobases, unidades móviles, enlaces.
- Establecimiento y supervisión de llamadas en las intervienen suscriptores celulares.
- Elaboración, procesamiento y almacenaje de la información relativa a su propio funcionamiento así como lo referente a la actividad del resto de los elementos, teniéndose una mayor cantidad en la parte correspondiente a las llamadas (Números suscriptores, duración origen y destino, etc.). Con el fin de utilizarla en tiempo real ó a través de un postproceso. Existe un área determinada o de cobertura (presencia de señal), que la radio base proporciona permanentemente a través del canal de control.

El canal de control es utilizado por la EMX a través de la celda para intercambiar información con los teléfonos celulares, la radiobase actúa únicamente como medio de enlace entre ambos. La EMX posee además de un programa almacenado que controla y define su operación una gran cantidad de información y datos para, entre otras cosas poder establecer las llamadas.

1.3.2 RADIO(S), ESTACIONES BASE O CELDAS.

Tienen como función básica comunicar a la central celular con todas y cada una de las unidades móviles y que se encuentren dentro de la cobertura del sistema. Una radiobase realiza en esencia las siguientes funciones:

- Mantener cobertura permanente de señal celular en un área determina por medio de la presencia del canal de control a fin de permitir la comunicación MTX-Móviles.

- Proporcionar canales de voz a los móviles cuando se establecen comunicaciones entre estos ó hacia/desde la PTSN.

Los componentes básicos de una radiobase son los siguientes:

- Canales, transceptores o unidades de radio.
- Interfaz para interconexión con el MTX.
- Equipo asociado a la transmisión/recepción (antenas, combinadores acopladores, guía de onda).

Las celdas pueden ser clasificadas de varias formas en función de sus características:

- a. Por su tipo de cobertura: Omnidireccional, Sectorial, Omni/Sectorial.
- b. Por su tecnología: Analógicos (hardware compacto/ no compacto), Digitales.

Cada radiobase de acuerdo al tipo de cobertura da servicio a una ó más áreas denominadas células, las cuales en función de su tamaño se clasifican en Macrocélulas, Microcélulas y Picocelulas.

Las radiobases se dimensionan básicamente de acuerdo a dos parámetros: cobertura y capacidad de usuarios. Cabe mencionar que existen otros equipos complementarios a las radiobases y cuya función es modificar y/ó ampliar su cobertura por lo que se denominan repetidores celulares.

1.3.3 TELÉFONO CELULAR.

Para los usuarios es la parte más importante y conocida de nuestros sistemas celulares ya que a través del teléfono obtienen el servicio esto es hacer y recibir llamadas. La unidad del abonado es un radio teléfono, funciona como un teléfono, pero realmente es un radio con toda las limitaciones de la RF. Un teléfono celular se encuentra integrado por los siguientes elementos:

- a. Unidad de radio frecuencia: Transreceptor y equipo asociado a la transmisión (antena, acopladores).
- b. Unidad de control:. Procesamiento electrónico, teclado y display.
- c. Unidad de voz/audio:. Interfaz con el usuario (monitoreo altavoz).
- d. Unidad de alimentación: Batería adaptador.

Respecto a las diferentes clasificaciones que de los teléfonos celulares existen, se puede mencionar que de acuerdo a la tecnología se tienen:

a. Portátiles: Son los que se conocen como teléfonos celulares. Son terminales de menor tamaño (0,6) que permiten que el usuario lo lleve consigo permanentemente. Equipo ideal para las ciudades.

b. Móviles: Son equipos con mayor potencia (30 vatios) y comúnmente se instalan en los automóviles. Aunque no puedan ser removidos de su lugar, estos equipos son capaces de captar una señal más débil y por consiguiente opera con cobertura más amplia. Son ideales para viajes en carreteras.

c. Fijos: Son equipos con mayor potencia (30 vatios) y comúnmente se instalan en los edificios, oficinas o apartamentos. Son ideales como línea telefónica inmediata, con posibilidad de extensiones.

d. Transportables: Son de mayor tamaño y peso que un modelo portátil, pero con la potencia de un móvil. Ideales para personas que necesiten potencia de señal en zonas rurales.

1.4 SISTEMAS CELULARES ANALÓGICOS UTILIZADOS.

1.4.1 SISTEMA TELEFÓNICO MÓVIL AVANZADO (AMPS).

El sistema telefónico móvil avanzado (AMPS) comenzó a utilizarse en 1982. El sistema telefónico móvil avanzado extendido (EAMPS) fue lanzado en 1987. Las asignaciones de frecuencias AMPS incluyen las asignaciones originales de AMPS y EAMPS. Los equipos DYNA TAC (cobertura de área total dinámica) se utilizan para respaldar las frecuencias AMPS y EAMPS a continuación se muestra una progresión de los equipos más antiguos a los equipos más recientes:

a. Alta densidad (HD): Equipos de la primera generación de gran tamaño y pocos canales solo tecnología AMPS y actualmente no se producen.

b. Baja densidad (LD): Equipos de la segunda generación, utilizaban transceptores diferentes de los utilizados por HD, solo con tecnología AMPS y al igual que los HD ya no se producen (tamaño pequeño con muchos canales).

c. HD II: Son equipos de la tercera generación, basados en las tecnologías AMPS y EAMPS, similares a los LD en apariencia y funcionalidad, pequeños y con muchos canales.

d. AMPS de banda estrecha (NAMPS): Equipos de la tercera generación con capacidad para operar en dos o tres modos basados en los estándares AMPS, CAMA ó GSM.

e. Sistemas analógicos autónomos (SAS): Equipos de la cuarta generación y poseen una arquitectura de hardware totalmente diferentes en comparación con las generaciones previas.

1.4.2 SISTEMAS DE COMUNICACIONES DE ACCESO TOTAL (TACS).

Este es un sistema similar al AMPS y es usado ampliamente en Inglaterra. Las asignaciones de frecuencias TACS incluyen las siguientes: TACS original, TACS extendida (ETACS), TACS universal (UTACS), TACS de Japón (JTACS), TACS de banda estrecha (NTACS).

2 Generalidades de los Sistemas AMPS/NAMPS.

2.1 CONFIGURACIÓN GENERAL.

El sistema telefónico móvil avanzado (AMPS) ofrece un total de 666 canales divididos en 624 canales de voz y 42 canales de señalización.

Banda A-333 canales que incluyen 312 de voz y 21 de señalización.

Banda B-333 canales que incluyen 312 de voz y 21 de señalización

Sistema de Prueba: AT&T-Chicago, Motorola-Washington/Baltimore, el sistema telefónico móvil avanzado extendido (EAMPS), agrega 166 canales de voz al espectro:

83 para sistemas de Banda A (un total de 395 canales de voz y 21 de señalización).

83 para sistemas de Banda B (un total de 395 canales de voz y 21 de señalización).

2.1.1 FRECUENCIAS DE Tx Y Rx.

Los canales pueden clasificarse de dos formas:

a. Según la dirección:

- Directa: es la transmisión desde la estación celular hacia el móvil.
- Inversa: es la transmisión desde el móvil hacia la estación celular.

b. Según el propósito:

- Canal de voz: se utiliza una vez que la llamada ha sido establecida para mantener la llamada en el aire con la mayor calidad posible. Además cada célula puede tener muchos canales.

- Canal de señalización: proporciona la señalización requerida para establecer una llamada telefónica. El canal de control se encarga de enviar y recibir solo datos digitales. El canal de control directo informa a todos los móviles específicos las ordenes de control. El canal inverso permite a un móvil tener acceso a un sistema. Por lo general cada celda solo tiene un canal de control, el sistema celular es full duplex y cada canal se refiere a dos frecuencias. En todos los espectros, excepto el utilizado en Japón, estas dos

frecuencias tienen una separación de 45MHz, lo cual se conoce como separación dúplex. En Japón dicha separación es de 55 MHz.

2.1.2 DESVIACIÓN DE FRECUENCIA.

Cada canal dentro de un sistema celular tiene un ancho de banda por el cual pasa toda la información necesaria para establecer y mantener una llamada.

AMPS/EAMPS con 30 KHz de ancho de banda por canal.

NAMPS con 10 KHz de ancho de banda por canal.

El sistema celular analógico utiliza una modulación en frecuencia (FM) estándar. El ancho de banda de cada canal requiere los siguientes límites de desviación:

SEÑAL	AMPS	NAMPS
Sólo (D)SAT	$\pm 2,0$ KHz	$\pm 0,7$ KHz
Datos	$\pm 8,0$ KHz	$\pm 0,7$ KHz
ST más SAT	± 10 KHz	N/A
Audio más (D)SAT	± 14 KHz	$\pm 5,7$ KHz
Sólo (D)ST	$\pm 8,0$ KHz	$\pm 0,7$ KHz
Audio pico	± 12 KHz	$\pm 5,0$ KHz
Audio Promedio	$\pm 2,9$ KHz	$\pm 1,5$ KHz

Tabla 1. Desviación de Frecuencia (Motorola, 1997).

2.1.3 DESVIACIÓN EN FUNCIÓN DE LOS NIVELES DE SEÑALIZACIÓN PARA TPL y AVL.

Cuando se hace referencia a la desviación y/o niveles de señales en un sistema celular, se debe mencionar dos valores muy importantes. Cada uno se utiliza durante la optimización o el mantenimiento de un canal en una estación celular.

a. TPL (Punto del nivel de la prueba): Es el nivel de audio máximo esperado en un sistema. La desviación del audio pico se establece en este nivel. En la mayoría de los sistemas de los EE.UU. el TPL es de + 7 dbm.

b. AVL (Nivel promedio de la voz): Es la desviación promedio de la voz, se establece en este nivel. En la mayoría de los sistemas el AVL equivale al TPL-25 db en la mayoría de los sistemas de los EE.UU. el AVL es de -18 dbm.

2.2 ESPECTRO DE FRECUENCIA AMPS/EAMPS.

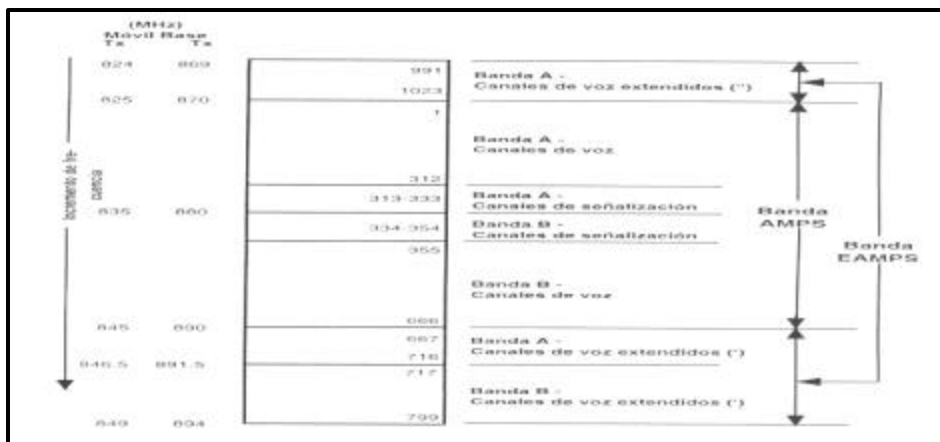


Figura 5. Espectro de Frecuencia (Motorola ,1997).

El diagrama muestra las frecuencias de transmisión, las frecuencias de recepción y los números de canales para la asignación completa del espectro de AMPS/EAMPS, según lo estipulado por el FCC. Los canales de NAMPS también forman parte de este rango. Por lo general, los NAMPS se agregaran al sistema con cierto tiempo en operación o alto grado de ocupación, utilizando pocos canales a la vez. Generalmente estos canales son retirados de la porción EAMPS del espectro. Las asignaciones de canales dependen del tipo de canales disponibles en la estación celular y de un mensaje de la unidad de abonado. Una unidad de abonado con capacidad para NAMPS. Una unidad de abonado sólo AMPS (poco común) utiliza canales AMPS.

2.2.1 AMPS ESTRECHO (NAMPS).

La especificación NAMPS fue diseñada y desarrollada por Motorola y adoptada por la EIA para promover la compatibilidad entre fabricantes. La conversión de un canal EAMPS a canal NAMPS proporciona una división tres por uno, obteniéndose un canal superior, uno intermedio y uno inferior con el mismo número.

El canal NAMPS inferior está 10 KHz por debajo de la frecuencia EAMPS.

El canal NAMPS intermedio se centra a la frecuencia EAMPS

El canal NAMPS superior está 10 KHz por encima de la frecuencia EAMPS.

Canal EAMPS

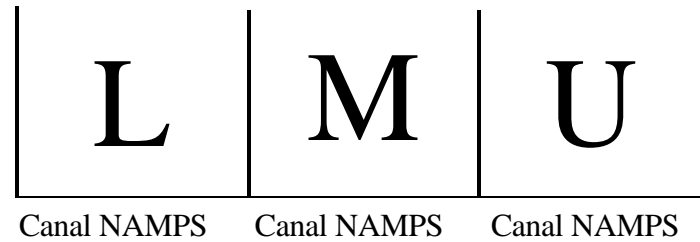


Figura 6. Canal EAMPS (Ochoa, 1999)

2.2.1.1 FUNCIONAMIENTO GENERAL.

AMPS fue estandarizado por la TIA (Telecommunications Industry Association) como la TIA-533. Este sistema usa una modulación en FM (Frequency Modulation) para la transmisión de voz y la modulación FSK (Frequency Shift Key) para señalización. La tecnología utilizada para compartir un mismo espectro es llamada FDMA (Frequency Division Multiple Access). Este estándar análogo consiste en la sectorización de una zona en varias celdas o células, en cada una de ellas se coloca una estación base, que consta de una antena junto con sus equipos de recepción y transmisión, también en la división de celdas para reutilizar los canales.

Estas antenas poseen un corto alcance (o baja potencia) lo que permite la utilización de un mismo número de canales en varias torres, no adyacentes todo esto para lograr que más de una persona, dentro de la zona, pueda utilizar la misma frecuencia sin que haya interferencia. Por su parte estos sistemas de ancho de banda FM analógico no tienen la capacidad de acomodar a los nuevos usuarios, en consecuencia los sistemas de banda angosta de FM analógicos con mayor capacidad, están remplazando a los

sistemas de banda amplia sobre una base de canal por canal mientras se necesite; por ejemplo, un canal de ancha banda de 30 KHz de canal AMPS que ocupa cada usuario en el ancho de banda disponible en la célula (25 KHz) determinando un máximo de 174 canales por célula, pueden reemplazarse con canales de tres bandas estrechas de 10 KHz NAMPS para triplicar la capacidad. Este tipo de estándares proporcionan un servicio Full-Duplex.

Esto es una frecuencia portadora que se utiliza para transmisión del móvil a la estación base y otra frecuencia portadora se utiliza para la transmisión de la estación base al móvil.

2.2.3 TRANSFERENCIAS TOTALES Y PARCIALES (HANDOFF Y PORTCHANGE).

Una transferencia total es el proceso mediante el cual los abonados que viajan en un área de cobertura se cambian de célula a célula cuando se detecta una capacidad de conversación baja en una célula determinada. Las transferencias totales ocurren solamente en canales de voz (durante la conversación), las transferencias totales pueden ocurrir entre células cercanas, conocido como *transferencia total entre células*. Para comprender mejor las transferencias totales, se requieren algunas definiciones:

- a. Célula Origen: Célula en la que el abonado mantiene actualmente su conversación.
- b. Célula Destino: Célula cercana en la cual el abonado puede recibir una señal de mayor calidad.

c. Candidato a Transferencia Total: Unidad del abonado en cuestión. Durante una transferencia total la interacción ocurre en la EMX, la unidad de abonado y la estación celular. La EMX coordina el proceso de transferencia total que realiza por estaciones celulares. Existen varios tipos de transferencias totales las cuales son:

c.1 Dependiendo participación del EMX:

- Transferencia Total Suave (Handoff-Soft): la EMX utiliza la tarjeta de circuitos de tres abonados.
- Transferencia Total Dura (Handoff-Hard): no se utiliza la tarjeta de circuitos de tres abonados.

Las transferencias totales suaves se requieren en ambientes DMX y son mucho más comunes que las transferencias totales duras.

c.2 Dependiendo del procedimiento que se utilizó para establecer el valor umbral:

- Potencia Baja ($PSH > MINSS$): solicite primero la transferencia total y luego active.
- Potencia Alta ($PSH = MINSS$): solicite activación más frecuente.

La transferencia total se ejecuta sólo cuando el RSSI de la unidad de abonado se encuentra por debajo de PSH por cierto número de barrido, generalmente para cuatro.

Existe otro tipo especial de transmisión total que puede ocurrir, pero sólo en estaciones celulares O/S. Se denominan transferencia total dentro de la célula mejor conocida como *Portchange*. Ocurre una antena de recepción de

un sector adyacente en la misma célula notifica un RSSI más fuerte que la del sector actual. El BSC cambia de conversación a un transceptor de voz dedicado al sector más fuerte. La EMX registra el cambio.



Figura 7. Transferencia Total dentro de la Célula (Motorola, 1997)

3 ESTACIONES CELULARES (RADIO BASES).

3.1 COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA RADIO BASE.

Todas las estaciones celulares funcionan por medio de tres componentes principales. Estos tres interactúan o se conectan en interfaz para permitir que los equipos funcionen en un sistema celular analógico.

a. Antena: Es el dispositivo utilizado para emitir y recibir energía de RF en la atmósfera. El tamaño de la antena depende directamente de la frecuencia o frecuencias que la antena puede transmitir o recibir.

b. Equipos de RF: Son los equipos que se utilizan para amplificar y transmitir la señal.

c. Controlador de la estación Radio Base: Es el que controla el sistema en la celda. Se encarga de realizar todos los mandatos de la central, la celda

no emite ordenes, los controladores de celdas son el intermedio entre el switch y la celda, dichos controladores están relacionados con: señalización, voz y scan.

3.2 CONFIGURACIÓN DE LAS ESTACIONES DE RADIO BASE.

Las configuraciones de antenas afectan la forma en que se planifican las frecuencias de un sistema celular analógico. Existen tres tipos básicos:

Omnidireccional/Omnidireccional u O/O.

Omnidireccional/Sectorial u O/S.

Sectorial/Sectorial u S/S.

El primer término se refiere al tipo de equipos de transmisión utilizando en la estación celular, mientras que el segundo se refiere a los tipos de recepción.

Dentro de las configuraciones O/S y S/S existen dos modalidades:

Sectores de 60°.

Sectores de 120°.



Figura 8. Configuraciones O/S y S/S (Motorola, 1997)

3.2.1 CONFIGURACIÓN OMNIDIRECCIONAL/OMNIDIRECCIONAL

(O/O).

Es la configuración básica que se utiliza principalmente en células que no requieren transportar grandes cantidades de tráfico, tales como células rurales, células que circulan en un sistema de núcleo o células en mercados de tamaño reducido. Por lo general, esta configuración tiene dos antenas de recepción, para proporcionar diversidad. Cada unidad de abonado se supervisa con dos antenas en la estación celular. Esto es lo que se denomina diversidad espacial. Esta configuración requiere una antena de transmisión para un número específico de canales. El número exacto de canales en cada antena de transmisión depende de las frecuencias que se utilizan, pero un número común es quince. Este límite no está determinado por las antenas, sino por el hardware de la estación celular.

Generalmente, los sistemas no utilizan antenas de transmisión redundantes, sino un duplexor. Un duplexor es un dispositivo pasivo que habilita la transmisión y la recepción en la misma antena.

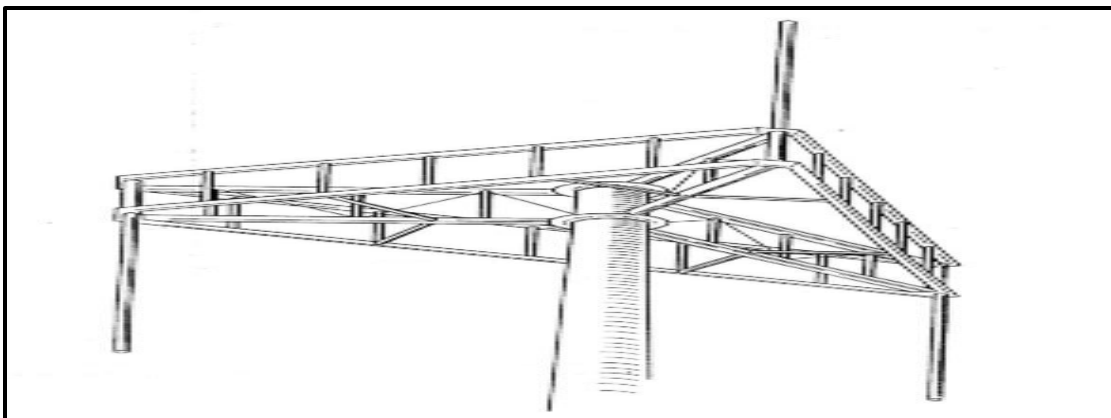


Figura 9. Configuración Omnidireccional/Omnidireccional (Motorola, 1997)

3.2.2 CONFIGURACIÓN OMNIDIRECCIONAL/SECTORIAL (O/S).

Esta configuración no establece diferencias en el patrón de transmisión de la estación celular, pero el patrón de recepción si cambia considerablemente. Esto proporciona una mayor sensibilidad a la estación celular, de forma tal que las unidades de abonado puedan transmitir valores de potencias más bajos. Las células O/S se encuentran en áreas con amplia base de clientes con teléfonos portátiles, pero no son necesarias cuando existe un gran número de canales en un área.

En la estación celular O/S de 60°, existe una antena de recepción por sector, la diversidad proviene de la superposición de los sectores y la transmisión se realiza con antena omnidireccional de voz y señalización.

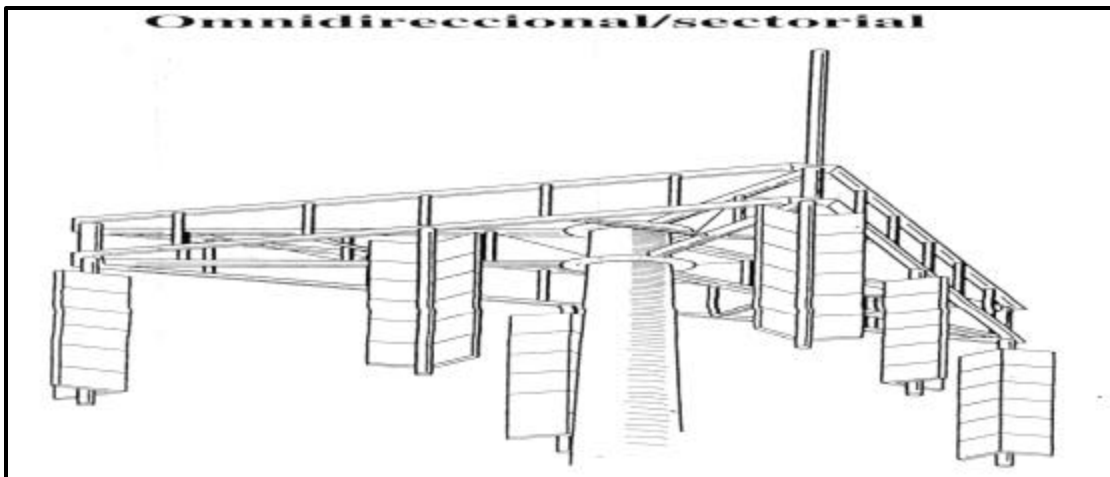


Figura 10. Configuración Omnidireccional/Sectorial (Motorola, 1997)

En la estación O/S de 120°, se requieren dos antenas de recepción en cada sector para diversidad, la transmisión se realiza de la misma forma que en la estación de 60°, en esta configuración también se puede utilizar

duplexores. Esta configuración (O/S 120°) no se utiliza en los sistemas de Motorola y no tienen respaldo del software.

3.2.3 CONFIGURACIÓN SECTORIAL/SECTORIAL (S/S).

Permite la utilización de más canales de un área determinada. La configuración por sectores es una forma de economizar inversiones de capital mientras se aumentan los canales de voz disponibles. Generalmente se recomienda dividir en sectores una estación celular si se transmitirá un número de canales (45 o más) en esta estación.

En estaciones celulares S/S de 60°, se utiliza seis células dentro de una ubicación con un canal de señalización común, cada sector tiene canales de voz dedicados, transmitidos a través de una antena de transmisión de voz dedicada, cada sector requiere de una antena de recepción dedicada (la diversidad se obtiene de un sector super puesto). El número total de antena que se requiere por sector es dos o si se utiliza un duplexor, solo se requiere de una. Los sectores compartidos constituyen una opción seleccionable,

Los sectores son compartidos cuando todos los canales de voz en un sector determinado están ocupados y el abonado está asignado a un canal de voz desde un sector de superposición adyacente.

En estaciones celulares de 120°, se utilizan tres células dentro de una ubicación con un canal de señalización común, cada sector tiene canales de voz dedicados, transmitidos a través de una antena de transmisión de voz dedicada. Cada sector requiere de dos antenas de recepción dedicadas para diversidad y el número de antenas requeridas por sector es tres; si se utiliza

un duplexor, el número es dos. Los sectores compartidos no están disponibles.

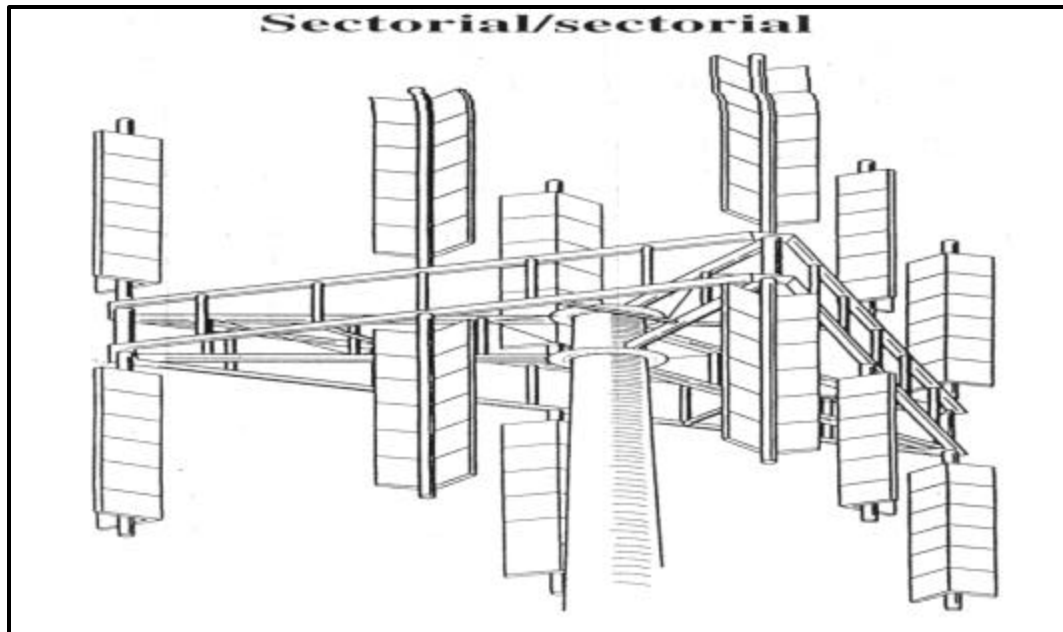


Figura 11. Configuración Sectorial/Sectorial (S/S) (Motorola, 1997)

4 INTERFAZ ENTRE LAS ESTACIONES DE RADIO BASE Y LA CENTRAL.

4.1 MODULACIÓN POR IMPULSOS CODIFICADOS (PCM).

Existen tres pasos para derivar la PCM. Los tres pasos son:

a. Muestreo Analógico a Digital: Se realiza una muestra de cada señal analógica o forma de onda de manera continua en el tiempo, 8000 veces por segundo. Entre las muestras, N y $N+1$. Para un canal determinado, se encuentra una muestra para los otros 23/31 canales.

El muestreo equivale al valor de una característica particular de una señal en un instante determinado.



Figura 12. Muestreo (Motorola, 1997)

b. Cuantificación: La cuantificación es un proceso mediante el cual se divide el rango de valores continuo de una señal de entrada en rangos secundarios no superpuestos. Un valor discreto de la salida se asigna de manera única a cada rango secundario. Cada vez que el valor de la señal se encuentre dentro de un rango secundario determinado, la salida tiene un valor discreto correspondiente.



Figura 13. Cuantificación (Motorola, 1997)

c. Codificación: La codificación es el proceso en el cual se toman los valores discretos de la cuantificación y se asigna una palabra binaria que representa el valor. La palabra binaria tiene tres campos. Estos son:

- Señal, más significativa. Determina la polaridad del voltaje. Uno (1) equivale a positivo y cero (0) equivale a negativo.
- Cuerda, define el aumento de la separación.

- Paso, define cada paso.

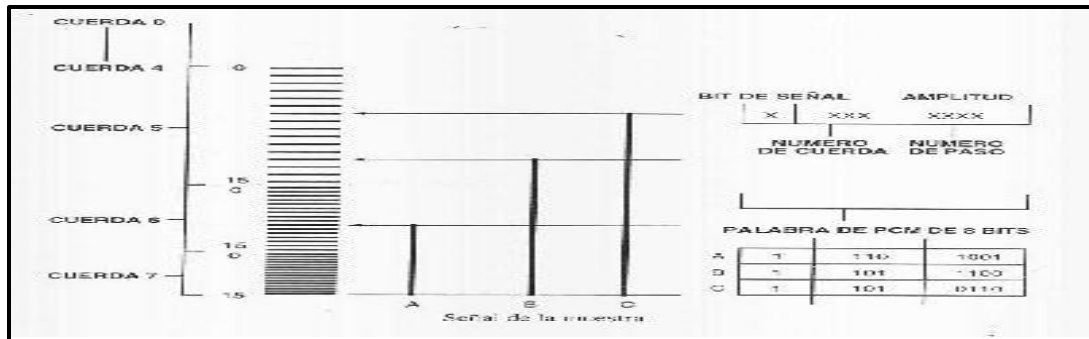


Figura 14. Codificación (Motorola, 1997)

En general existen una infinidad de códigos. Los códigos utilizados para la transmisión de datos se pueden separar en dos tipos: Códigos de Línea o de transmisión, utilizados para definir la forma como se transmite los dígitos binarios (bits) en una línea de transmisión digital, en la Figura 15 se muestran algunos ejemplos de este tipo de códigos y el otro tipo es el que se utiliza para convertir la información que han de manejar las computadoras a "Unos y Ceros".

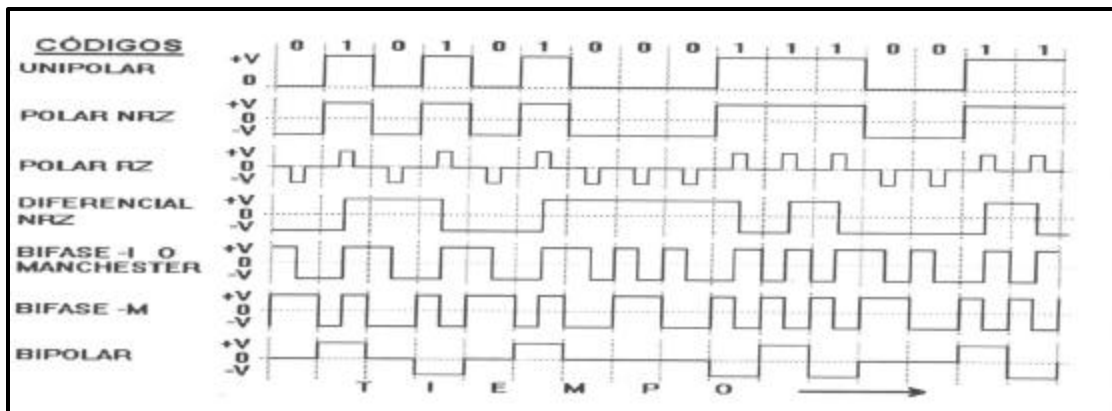


Figura 15. Códigos (GS Comunicaciones, 1993)

4.2 PORTADORAS E1 y T1.

Es la forma de comunicación que se utiliza para comunicar la celda con la central.

4.2.1 PORTADORA E1. (Ley A).

Norma Europea que por lo general puede manejar 30 canales de voz más dos canales de señalización. Formato de codificación utilizado en la cuantificación y digitalización de las señales analógicas para convertirlas en señales de Modulación por impulsos codificados (PCM). Este formato también se utiliza para recuperar las señales analógicas a partir de señales PCM. Especifica los parámetros para la compresión y reexpansión de la señal durante su transmisión y procesamiento. Esta posee las siguientes características:

- Palabra de 8 bits.
- 30 canales Full-Duplex (datos/voz).
- 1 Cuadro de datos de 256 bits.
- Velocidad de transmisión de 2.048 Mbps.
- Cuadro de datos múltiples de 16 cuadros

4.2.2 PORTADORA T1. (Ley m).

Norma Norte Americana que transporta la información para un grupo de canales PCM, transporta 24 conversaciones y/o enlaces de datos. Formato de codificación para la cuantificación y digitalización de señales analógicas a señales PCM, y recuperación de las señales analógicas a partir de señales PCM. El formato de codificación de la Ley μ especifica los parámetros necesarios para compresión y reexpansión de la señal durante la transmisión y el procesamiento de la misma, y posee las características siguientes:

- Palabra de 8 bits.

- 24 canales Full-Duplex (datos/voz).
- 24 time slots + 1 bit.
- Velocidad de transmisión de 1.544 Mbps.
- 1 Cuadro de datos de 192 bits.
- Super cuadro de 12 cuadros.

5 INTERCAMBIO MÓVIL - ESTACIÓN RADIO BASE.

5.1 MENSAJES DE LOS CANALES DE CONTROL DE CONTROL DIRECTO (FOCC).

Son los mensajes que van de la Radio Base al Móvil. Los canales de control directo están activados continuamente, transmitiendo una corriente de datos. Se transmiten tres tipos de mensajes:

a. Mensajes del Tren de Mensajes con Datos Adicionales de Control

(OMT):

Se repiten cada 0,8 segundos aproximadamente y contienen información que será recibida por todos los móviles activos en el sistema. La información incluye:

- Mensaje con datos adicionales de control sobre parámetros del sistema.
- Mensaje con datos adicionales de control de acción global.
- Mensaje de identificación de registros.

b. Mensajes de Relleno de Control: Son parte del tren de mensajes con datos adicionales de control y se envían cuando no hay pendientes para ser enviados en el FOCC.

c. Mensajes de Control de la Estación Móvil: Contienen información dirigida a un móvil específico.

5.2 CORRIENTE DE DATOS FOCC.

Esta es una corriente de datos continua enviada desde la estación celular a la unidad de abonado. Se envía a una tasa de 10 Kbits/segundo \pm 0,1 segundo en un sistema AMP. En sistemas TAC, se transmite a una tasa de 8 Kbits/segundo \pm 0,1 bit/segundo.

La corriente de datos FOCC consta de tres partes:

- Corriente A: Es recibida por la unidad de abonado con MIN par
- Corriente B: Es recibida por la unidad de abonado con MIN impar.
- Bits de ocupado/desocupado: Son los utilizados por una unidad de abonado para determinar si tiene acceso al RECC.
 - Si el bit que indica "desocupado - ocupado" es "0", el RECC está ocupado.
 - Si el bit que indica "desocupado - ocupado" es "1", el RECC está desocupado.
 - Si se insertan en la corriente de datos cada 10 bits.

El bit de ocupado/desocupado es necesario para procesar eficientemente las llamadas en una estación celular. Varias unidades de abonado pueden recibir el mismo FOCC (todas las unidades de abonado en esa célula), pero

sólo una unidad de abonado puede ser recibida en el RECC por la estación celular. El bit de ocupado/desocupado refleja el estado del RECC de manera tal que las unidades de abonado sólo transmitan uno a la vez.

Las tres corrientes se envían juntas y se inician con un patrón de sincronización. Este patrón de sincronización se compone de dos partes:

- 10 bits de puntos. Secuencia de mensajes I y O.
- Código Barker de 11 bits. Secuencia específica de mensajes I y O

Después del patrón de sincronización, cada palabra o mensaje se envía cinco veces. Cada palabra se envía en la corriente A y, a continuación, en la corriente B, y pasa nuevamente a la corriente A, y así sucesivamente, hasta que haya sido enviada cinco veces en cada corriente. Al mismo tiempo el bit de ocupado/desocupado es insertado cada 10 bits. La única excepción ocurre durante el patrón de sincronización de 21 bits, donde el bit de ocupado/desocupado se envía después de 10 bits y, a continuación, después de 11 bits.

En banda ancha, o en cualquier operación AMPS/EAMPS tradicional, la unidad de abonado debe recibir el mensaje tres de esas cinco veces para que la reconozca como una instrucción válida. Esto se conoce como selección por mayoría y se encuentra en todos los mensajes de datos (FOCC, RECC, FOVC, REVC).

La corriente de datos FOCC tiene codificación Manchester uno, lo que significa que el bit es determinado por la transición de bits, no por el valor del impulso.

5.3 MENSAJE EN DATOS ADICIONALES DE CONTROL DE LOS PARÁMETROS DEL SISTEMA. (2 PALABRAS).

5.3.1 PALABRA 1.

Palabra de 40 bits que es recibida por todas las unidades de abonado sincronizadas con el canal de señalización. Esta contiene:

a. Código digital de colores (DCC): Permite la reutilización de los canales de señalización.

b. Identificación del sistema (SID):. La unidad del abonado comparará este valor con el ID del sistema que está programado en la unidad de abonado. La unidad de abonado puede determinar si este se encuentra en el sistema local o fuera de él.

5.3.2 PALABRA 2.

Palabra de 40 bits que es recibida por todas las unidades de abonado sincronizadas en el canal de señalización. Esta contiene:

a. Código digital de colores (DCC): Permite la reutilización de los canales de señalización.

b. Campo S. Número de serie (ESN): Campo que indica a la unidad de abonado si debe o no enviar su número de serie electrónico cada vez que obtenga acceso al sistema.

c. Campo E. Campo de dirección extendida (MIN2): En sistemas estadounidenses, éste indica a la unidad de abonado si debe o no enviar el código de área cada vez que obtenga acceso al sistema.

d. Campo de registro: Indica a la unidad de abonado si está activó el registro en el sistema.

- REGH: Campo de registro para los abonados locales.
- REGR: Campo de registro para los abonados errantes.

e. DTX. Campo de transmisión no continua: Indica a los portátiles si la operación VOX está activada en el sistema.

5.4 MENSAJES DE ACCIÓN GLOBAL.

Cada mensaje con datos adicionales de control de acción global consta de una palabra de 40 bits, cualquier número de mensajes con datos adicionales de control pueden agregarse a los datos adicionales de control de los parámetros de un sistema.

Existen 8 mensajes de acción global definidos

a. Mensaje de Acción Global de Repetición de Barrido: Indica canales de búsqueda para la repetición de barrido.

b. Mensaje de Acción Global de un Nuevo Conjunto de Canales de Acceso: Indica el punto de inicio de un nuevo conjunto de canales de acceso.

c. Mensaje de Acción Global de Control de Sobrecarga: Indica los niveles de control de sobrecarga que están activados.

d. Mensaje de Acción Global de los Parámetros de Tipo de Acceso: Indica que los parámetros de tipo de acceso están activados.

e. Mensaje de Acción Global de los Parámetros de Intento de Acceso: Indica el número de intentos de acceso permitido.

f. Mensaje de Acción Global Control Local 1: Reservado para que los sistemas individuales produzcan un mensaje personalizado.

g. Mensaje de Acción Global Control Local 2: Reservado para que los sistemas individuales produzcan un mensaje personalizado.

h. Mensaje de Acción Global de Incremento de Registros: Indica con qué frecuencia debe registrarse una unidad de abonado si el campo REGH o REGR está establecido en la palabra 2 del mensaje de datos adicionales de control.

5.4.1 MENSAJE DE IDENTIFICACIÓN DE REGISTRO (REGID).

El REGID pertenece al campo de ID de registro, es un contador de incrementos (cuenta de 0 a 22 o desde 0 a 1.048.575 y vuelve a cero cada 97 días), incrementado por la estación celular, el mensaje REGID consta de una palabra. Cuando se envía, el mensaje debe agregarse al OMT, además de cualquier mensaje de acción global. Por lo general se envía cada diez OMT cuando se utiliza.

5.5 MENSAJE DE RELLENO DE CONTROL.

Consta de una palabra, que se envía cada vez que no hay otro mensaje para enviar por el canal de control directo. Puede insertarse entre mensajes así como entre bloques de palabras de un mensaje de múltiples palabras. Este mensaje se utiliza para especificar un Código de atenuación del canal de control de móvil (CMAC) para las estaciones móviles que obtienen acceso al sistema por el canal de control inverso, así como un bit Esperar Mensajes

con datos adicionales de control (WFOM) que indica si las estaciones móviles deben o no leer un tren de mensajes con datos adicionales de control antes de obtener acceso al sistema.

5.5.1 CMAC.

Código de atenuación del canal de control de móvil. Indica el nivel de potencia de la estación móvil asociado con el canal de control inverso. Este es el nivel de potencia al que una unidad de abonado debe obtener acceso al RECC.

5.5.2 WFOM.

Mensajes con datos adicionales de control. Indica a la unidad de abonado que lea todo el mensaje con datos adicionales de control antes de obtener acceso al sistema.

5.6 MENSAJE DE CONTROL DE LA ESTACIÓN MÓVIL.

Mensaje que se envía a través del FOCC y del FOVC que ordena a la unidad del abonado cambio de canales, transferencia total, alerta, etc. El mensaje de control de la estación móvil puede constar de 1 o tres palabras de 40 bits cada una.

a. Palabra 1: Palabra de dirección abreviada, contiene MIN1.

b. Palabra 2: Palabra de dirección extendido. Contiene: SCC. Código de colores SAT, refleja el SAT del canal de voz, MIN2. Segunda parte del número de identificación del móvil, EP. Indicador de canal directo de protocolo expandido, LOCAL. Campo Control local, ORDQ. Campo Clasificador de órdenes.

c. Palabra 2': Palabra del protocolo extendido (se utiliza solamente en sistemas NAMPS). Contiene: MSL (5bits). Longitud del mensaje para protocolo expandido, MST. Tipo de mensaje para protocolo expandido, VMAC. Código de atenuación de voz del móvil, CHAN. Número del canal.

5.7 PROTOCOLO EXTENDIDO.

El protocolo extendido posee mensajes únicos, definidos por los campos MSL y MST de la palabra 2, estos se utilizan en los canales de control y en los canales de voz. Estas características son opcionales y no son respaldadas por todos los sistemas. Actualmente, sólo las unidades de abonado NAMPS respaldan estas características.

Entre las características opcionales del protocolo extendido, se encuentran:

- La característica de correo de voz que indica al abonado el número de mensajes de correo de voz sin respuesta y un breve mensaje subsiguiente. El máximo número de mensajes de voz que se pueden enviar es catorce.
- La identificación del abonado que origina la llamada (CLI) indicará el número telefónico del abonado que llama. Se puede mostrar un máximo de 32 dígitos si el fabricante de la unidad de abonado así lo desea.
- La característica de mensaje corto permite la transmisión de un mensaje de caracteres a la unidad de abonado. Es posible enviar quince caracteres, pero los mensajes se pueden enlazar si así lo desea el fabricante.

RAND significa número aleatorio, este valor es utilizado por la unidad del abonado como parte de un algoritmo para autenticación. Este algoritmo se utiliza para cifrar números de canales durante transferencias totales, aumentando la seguridad del sistema.

La solicitud de autenticación ordena a la unidad de abonado que ejecute el algoritmo y responda con un valor apropiado. Las entradas para el algoritmo son RAND, MIN, ESN y una contraseña asignada por el abonado, las salidas del algoritmo incluyen un código de cifrado de canales y varios valores enviados a la estación celular.

MST	MENSAJE
10000000	Asignación de Canales NAMPS
10000010	Correo de voz
10000100	Ordeb CLI
10000101	Mensaje Corto
10000011	Mensaje Corto Completo
10000110	Valor del RAND
10000111	Solicitud de autenticación
00000000	Respuesta de búsqueda u originación NAMPS
00000111	Sin capacidad para el último mensaje de protocolo extendido

Tablas 2. Mensajes de Protocolo Extendido (Motorola, 1997)

5.7.1 PALABRAS DE MENSAJES DE PROTOCOLO EXTENDIDO.

5.7.1.1 PALABRA 3 A PALABRA 6.

Palabra de mensaje de correo de voz de protocolo extendido, donde solo un limitado grupo de caracteres ASCII está disponible para indicar el número de mensajes de correo de voz sin respuesta y un breve mensaje subsiguiente, que incluye todos los dígitos pero sólo letras mayúsculas, además solo se puede enviar un máximo de 14 caracteres.

5.7.1.2 PALABRA 3 A PALABRA 6.

Palabra de mensaje corto de protocolo extendido. Sólo está disponible un grupo limitado de caracteres ASCII, que incluye todos los dígitos pero sólo letras mayúsculas y puede utilizarse para enviar un mensaje corto a la unidad de abonado con un máximo de 15 caracteres.

5.7.1.3 PALABRA 3 A PALABRA 8.

Palabra de CLI de protocolo extendido que muestra los dígitos de la dirección del abonado que origina la llamada (ID del abonado que origina la llamada), se puede enviar un máximo de 32 dígitos.

5.8 CORRIENTE DE DATOS DEL CANAL DE VOZ DIRECTO (FOVC).

El FOVC se utiliza para transmitir datos cuando la estación celular necesita un mensaje a la unidad de abonado después que la conversación se ha iniciado.

5.8.1 PARA AMPS (CANALES ANCHOS).

La corriente de datos se transmite a la misma tasa que los datos del FOCC, sin embargo, no es una corriente de datos continua. Esto se conoce

como *Espacio y Ráfaga*, porque el audio se interrumpe, o silencio, y el mensaje se envía en una ráfaga de datos.

El FOVC siempre es un mensaje de una palabra, la conversación del abonado se interrumpe y, por esta razón, se realiza muy rápidamente. La palabra se envía 11 veces para selección por mayoría; la unidad de abonado debe recibirla correctamente 6 veces.

Una secuencia de puntos de 37 bits y una secuencia de sincronismo de palabra. de 11 bits se envían antes de cada repetición de la palabra, excepto en la primera repetición de la palabra, cuando se utiliza la secuencia de puntos de 101 bits, lo que permite a la unidad de abonado lograr la sincronización con los datos entrantes.

La palabra de 40 bits, el sincronismo de palabra de 11 bits y los 37 bits de puntos se conocen como un bloque de palabras.

5.8.2 PARA NAMPS (CANALES ESTRECHOS).

Los datos se envían por los canales estrechos sólo cuando se requiere, pero no necesitan *Espacio y Ráfaga*. El mensaje de datos se envía en una forma subaudible, a 100 bps. La palabra de sincronización difiere de la que se utiliza en un canal ancho; en este caso, es un patrón de 30 bits, representado por el código hexadecimal 195A99A6. La palabra de sincronismo se envía a la misma tasa que el DSAT continuo a 200 bps.

Si se utiliza alguna de las características del protocolo extendido, el mensaje puede tener una longitud mayor de una palabra. Para un mensaje de múltiples palabras, cada palabra se envía en forma individual y se debe

recibir un reconocimiento por parte de la unidad de abonado antes de enviar la próxima palabra. Un reconocimiento consta de una palabra de sincronismo y de una confirmación de orden.

Al recibir la orden desde la unidad del abonado, la estación celular debe responder con una confirmación a la orden o reconocimiento.

5.9 MENSAJES DEL FOVC ANCHO.

El mensaje de control de la estación móvil es el único mensaje que se transmite a través del FOVC. Este consta de una palabra de 40 bits con los siguientes mensajes:

a. Asignación de Canales o Transferencia Total: Dirige la unidad de abonado hasta una nueva frecuencia de radio.

b. Mensajes de Protocolo Extendido (NAMPS): Estos mensajes tienen el mismo formato que en el FOCC excepto por que el SCC reemplaza al campo DCC.

5.10 MENSAJES FOVC ESTRECHOS DE PROTOCOLO EXTENDIDO.

Existen dos tipos básicos de mensajes de Control de estaciones móviles de canal estrecho:

a. Mensajes de Orden:

- Mensaje de parámetros de la característica de MRI, que indica al abonado los parámetros de la característica de MRI

- Palabra 1 de protocolo extendido.

b. Mensajes de Confirmación de Orden:

- Palabra 2 y palabra 3, palabra del RAND de protocolo extendido que forma parte de la seguridad del canal.
- Palabra 2 a Palabra 6 de mensaje corto del protocolo extendido con un máximo de 5 palabras o 15 caracteres.
- Palabra 2 a Palabra 6 de correo de voz de protocolo extendido con un máximo de 5 palabras o 14 caracteres.
- Palabra 2 a Palabra 8 de CLI de protocolo extendido con un máximo de 7 palabras.

5.11 MENSAJES DE LOS CANALES DE CONTROL INVERSO (RECC).

Son los mensajes que van del Móvil a la Estación Base. Cada mensaje RECC puede mantener entre una y siete palabras. Los tipos de mensajes incluyen:

- Mensaje de originación de móvil, se envía cuando el abonado desea iniciar una llamada.
- Mensaje de respuesta a búsqueda, mensaje automático que se genera como respuesta a una búsqueda.
- Mensaje de confirmación de orden, mensaje que se envía para confirmar la recepción de una orden.
- Mensaje de orden, mensaje que envía el abonado para dirigir operaciones de la estación celular.

Las palabras específicas reciben las siguientes denominaciones:

- Palabra de dirección abreviada, identificación del móvil n° 1 (min1)
- Palabra de dirección extendida, identificación del móvil n° 2 (min2)

- Palabra del número de serie, número de serie electrónico
- Primera palabra de la dirección llamada, dígitos marcados (máximo 32 dígitos)
 - Segunda palabra de la dirección llamada.
 - Tercera palabra de la dirección llamada.
 - Cuarta palabra de la dirección llamada.

5.12 CORRIENTE DE DATOS DEL CANAL INVERSO (RECC).

El RECC es una corriente de datos enviada desde la unidad de abonado a la estación celular, esta corriente de datos se transmite a la misma tasa que se transmiten los datos del FOCC.

Cada palabra del RECC contiene 48 bits, incluyendo paridad, y se repite cinco veces, formando así un bloque de palabras. La palabra se envía múltiples veces, al igual que con el FOCC, para compensar la interferencia o el ruido que pueden contaminar los datos. En este caso, la estación celular debe escuchar el mismo patrón de 48 bits proveniente de la unidad del abonado cinco veces.

Antes de que la unidad de abonado pueda empezar en el RECC, debe verificar el bit de ocupado/desocupado en el FOCC.

Si el bit de ocupado/desocupado está establecido en el nivel bajo (0 significa ocupado), la unidad de abonado no transmitirá, pero activará un temporizador de retardo aleatorio y, a continuación, verificará el bit de ocupado/desocupado.

Si el bit de ocupado/desocupado es alto (1 significa desocupado), la unidad de abonado comenzará a transmitir en el RFCC. Cuando comience a transmitir, empezará a contar los bits entrantes del FOCC. El bit de ocupado/desocupado debe cambiar al nivel bajo, es decir cambiar a ocupado, entre los bits 56 y 104. Esto indica que la estación celular está recibiendo el mensaje, pero si el bit de ocupado/desocupado cambia muy rápido o muy lento, la estación celular está recibiendo el mensaje de algún otro abonado.

Todos los mensajes del RECC con el precursor de captura, este incluye lo siguiente:

- Puntos.
- Sincronismo de palabra.
- DCC.
- Respuesta al DCC que se envía a través del RECC como respuesta al DCC enviado a través del FOCC. A continuación se muestran el DCC y las respuestas al DCC:

DCC del FOCC	Respuesta al DCC
00	000010000
01	010011111
10	101100011
11	111111100

Tabla 3: Código Digital de Colores (Motorola, 1997)

5.13 MENSAJES RECC DE PROTOCOLO EXTENDIDO.

Los mensajes RECC de protocolo extendido son casi idénticos a los mensajes RECC básicos en la descripción.

La mayor diferencia está en la palabra de dirección extendida, que ha sido modificada para incluir los campos MSL y MST. Se envían los mismos tipos de mensajes y tienen los mismos títulos, pero éstos incluyen "de protocolo extendido al final".

Tipo de mensajes:

- Mensaje de originación de móvil.
- Mensaje de respuesta a búsqueda.
- Mensaje de confirmación de orden.
- Mensaje de orden.

Las palabras específicas reciben la siguiente denominación:

- Palabra de dirección abreviada de protocolo extendido
- Palabra de dirección extendida de protocolo extendido
- Palabra del número de serie de protocolo extendido
- Primera palabra de la dirección llamada de protocolo extendido
- Segunda palabra de la dirección llamada de protocolo extendido
- Tercera palabra de la dirección llamada de protocolo extendido.
- Cuarta palabra de la dirección llamada de protocolo extendido.

5.14 CORRIENTE DE DATOS DEL CANAL DE VOZ INVERSO (REVC).

El REVC se utiliza para datos cuando la unidad de abonado necesita responder a una orden proveniente de la estación celular o posiblemente enviar una orden o solicitud a la estación celular.

5.14.1 PARA AMPS (CANALES ANCHOS).

La corriente de datos se transmite a la misma tasa que se transmiten los datos de FOCC, sin embargo no es una corriente continua y el mensaje se envía en una ráfaga de datos.

Los mensajes REVC pueden tener entre una y cinco palabras de longitud. Con una secuencia de 37 bits y una secuencia de sincronismo de palabra de 11 bits se envían antes de cada repetición de palabra, excepto en la primera repetición de la palabra, cuando se utiliza la secuencia de puntos de 101 bits. Esto permite a la unidad de abonado lograr la sincronización con los datos entrantes.

Cada palabra contiene 48 bits, incluyendo paridad, y se repite cinco veces junto con las secuencias de puntos de 37 bits y de sincronismo de palabra de 11 bits, formando así lo que se denomina un bloque de palabras. La estación celular debe recibir la misma palabra tres veces para la selección por mayoría.

5.14.2 PARA NAMPS (CANALES ESTRECHOS).

Los datos se envían por los canales estrechos sólo cuando se requiere, pero no necesitan *Espacio y Ráfaga*. El mensaje de datos se envía en una forma subaudible, a 100 bits por segundo.

La palabra de sincronización, es un patrón de 30 bits, representado por el código hexadecimal 195A99A6. La palabra de sincronismo se envía a la misma tasa que el DSAT continuo, 200 bits por segundo.

La unidad de abonado debe enviar un reconocimiento después de recibir cada palabra del FOVC. Un reconocimiento consta de una palabra, de sincronismo y una confirmación de Orden.

Al enviar una orden a través del REVC, la unidad también debe recibir un reconocimiento como confirmación de parte de la estación celular. Si no recibe una palabra de sincronismo después de 900 mseg, la unidad de abonado ejecuta una Solicitud de repetición automática (ARQ) y envía la orden nuevamente con un máximo de tres veces.

5.15 MENSAJES DEL REVC ANCHO.

Cada mensaje REVC puede tener una o dos palabras, los tipos de mensajes son:

- Mensaje de confirmación de orden.
- Mensaje de la dirección llamada (dígitos marcados).

El mensaje de confirmación de orden sólo consta de una palabra, mientras que el mensaje de la dirección llamada puede tener una o dos palabras, dependiendo del número de dígitos que el abonado ha marcado.

5.16 MENSAJES REVC ESTRECHOS.

Cada mensaje REVC puede tener entre una y cinco palabras. Los tipos de mensajes son:

- Mensaje de confirmación de orden.
- Mensaje flash/dirección llamada (dígitos marcados)
- Mensaje de orden

Las palabras específicas pueden enviarse de la siguiente manera:

- Mensaje de orden (una palabra). Orden de MRI, tipo específico de mensaje de orden.
- Confirmación de orden. Respuesta de autenticación. Mensaje de confirmación de orden específico con dos mensajes de una palabra.
- Mensaje flash/dirección llamada, entre una y cinco palabras, dependiendo del número de dígitos marcados.

5.17 TONO DE SEÑALIZACIÓN (ST). CANALES ANCHOS.

El ST es transmitido por una unidad de abonado a través de un canal de voz (REVC) como reconocimiento a una instrucción específica o como una solicitud de algún servicio. Se envía con cualquiera de las cuatro duraciones siguientes:

- a. Continua: Para confirmar la recepción de una orden de alerta y se detiene cuando el abonado responde la llamada.
- b. Durante 1,8 seg: Cuando es colgada la recepción de una orden de transferencia total.

c. Durante 50 mseg: Para confirmar la recepción de una orden de transferencia total.

d. Durante 400 mseg: Para indicar intermitencia de colgado.

El ST sólo se genera en el equipo del abonado y es detectado por el transceptor de voz de la estación celular. El ST es un tono de 10 KHz en sistemas AMPS y de ~ KHz en sistemas TACS.

5.18 TONO DE SEÑALIZACIÓN DIGITAL (DST). CANALES ESTRECHOS.

El DST se envía por las siguientes razones:

a. Continuamente: Para confirmar la recepción de una orden de alerta que se detiene cuando el abonado responde la llamada.

b. Después del Cambio a un Nuevo Canal Durante una Transferencia

Total:

Hasta que se reciba un reconocimiento apropiado desde la nueva estación celular.

La liberación o el colgado y la intermitencia de colgado se obtienen con mensajes de orden a través de canales estrechos. Están disponibles siete DST, cada uno el inverso de un DSAT:

DST	Patrón de Bits
0	DAA934
1	DAA4D4
2	DA9564
3	DA52B2
4	D94D2
5	D94D52
6	D69654

Tabla 4. Tono de Señalización Digital (Motorola, 1997)

6 CENTRAL ELECTRÓNICA PARA MÓVILES.

El componente más importante del sistema telefónico celular analógico basado en Motorola que reside en la MTSO es la Central electrónica para móviles (EMX). La EMX es la interfaz entre los componentes de RF del sistema telefónico celular analógico, la PSTN y otros sistemas celulares (redes).

La EMX es una central de audio distribuida que es controlada por un procesador. Básicamente, es un sistema de conmutación electrónico (ESS). La EMX posee puertos dedicados para las estaciones base (estaciones celulares) que se utilizan para establecer la interfaz con la red telefónica móvil. También posee puertos dedicados hacia la PSTN.

Existen dos tipos de generales de centrales de conmutación, las cuales pueden contener 24 canales ó 30 canales.

El tamaño de la EMX es determinado por el número de conexiones de puertos. 16 líneas de trama agrupadas forman un Supergrupo (SG).

Es decir que para 24 canales se tendrán 16 tramas/SG x 24 puertos/tramas = 384 puertos/SG y para 30 canales se tendrán 16 tramas/SG x 30 puertos/tramas = 480 puertos/SG.

6.1 OPERACIÓN BÁSICA SIMPLIFICADA DE UNA CENTRAL.

La figura siguiente muestra una ilustración simplificada del proceso de conmutación que ocurre en el Subsistema de la matriz de conmutación. Esta ilustración muestra sólo una conversación y sólo cinco puertos, pero describe exactamente el proceso de conmutación.

Existen sólo dos pasos en cada lado de la conmutación real: A/D y MUX o DE-MUX y D/A. Este diagrama muestra una trayectoria de "entrada" y una trayectoria de "salida", pero éstas realmente fluyen a través de las mismas tarjetas.

En el lado de lectura, el conmutador de selección de lectura se establece en una posición de memoria opuesta a la del conmutador de escritura. Cuando se escriben posiciones de memoria de PCM impares, la central lee las posiciones de memoria de PCM pares.

Durante el cuadro de datos dos, por ejemplo, el conmutador de selección de lectura se establece en la memoria de PCM impar. Sin embargo, la lectura de muestras no se realiza por orden. Esta es ordenada por el control de la

RAM (CRAM). En este ejemplo, durante el intervalo de tiempo uno, en la posición tres, el paquete C se lee en el intervalo de tiempo uno en la trayectoria saliente. Durante el intervalo de tiempo dos, se lee la posición de la memoria cuatro, paquete D. Esta continúa a través de los cinco intervalos de tiempo en el cuadro de datos.

Durante el cuadro de datos tres, el conmutador de selección de lectura regresa a los registradores de la memoria de PCM impar, leyendo las muestras colocadas en ese lugar en el cuadro de datos previo desde el lado de lectura. De esta forma el conmutador hace puerto hacia las conexiones de puerto, permitiendo sólo el retardo de un cuadro de datos entre las trayectorias de “entrada” y “salida”.

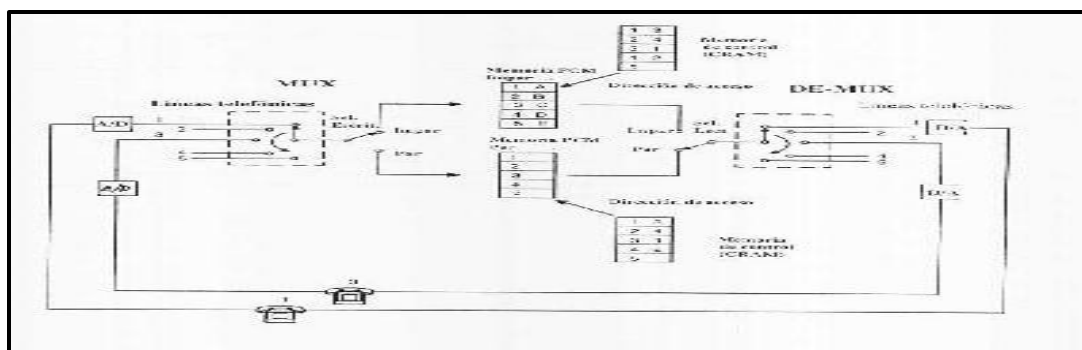


Figura 16. Operación Básica Simplificada de una Central (Motorola, 1997)

6.2 BASE DE DATOS DE LA EMX.

La base de datos de la EMX contiene los archivos y las tablas a partir de los cuales los programas de la EMX obtienen información para realizar funciones específicas. El software que opera el sistema se mantiene en la base de datos de la EMX.

La base de datos de la EMX, dividida funcionalmente en archivos de abonado y archivos del sistema, proporciona todos los datos requeridos para el procesamiento de llamadas, la administración del sistema y el software de control común.

La base de datos para cada estación celular es transferida desde la EMX, esta transferencia de datos varía según la configuración de la estación celular. La base de datos preserva las características estándares y opcionales disponibles para el operador del sistema, así como para todos los abonados. La configuración del sistema y los archivos de abonados forman parte de la base de datos.

Las diferentes centrales EMX mantienen todos los registros por cada central EMX, estos registros son informes estadísticos completos de todas las actividades controladas por la central en cuestión. Las centrales mantienen un total de seis tipos de registros, estos se denotan por dos caracteres hexadecimales, estos son:

a. Registros CA: Se denominan registros estadísticos del sistema. Estos se mantienen en todas las centrales y proporcionan información acerca de diversos enlaces troncales, canales de radio y la EMX en conjunto

b. Registros CO: Los registros CO están disponibles sólo en centrales EMX 2500, estos registros están diseñados para mostrar estadísticas nuevas que no coincidan con los registros CA existentes.

c. Registros CB: Los registros CB se denominan registros de tasación de abonados. Estos se mantienen en todas las centrales y

proporcionan toda la información detallada requerida para registros de facturación y reconstrucción de llamadas con respecto a cada llamada que controla el sistema.

d. Registro CC: Los registros CC son registros de administración de grabación de llamadas. Estos se generan sólo en la EMX 100-PLUS/250/500 y proporcionan información acerca del proceso de grabación de datos. Estos registros indican la unidad de cinta, el contador de registro, el contador de bloqueo y la versión de software.

e. Registros CD: Los registros CU se denominan registros de comunicación. Estos se generan sólo en la EMX 100-PLUS/250/500 y contienen los mensajes entre el sistema y el operador. Se graban dos mensajes: teleimpresora y falla del sistema.

f. Registros CE: Los registros CE se denominan registros de cambio de hora. Estos se mantienen en todas las centrales y se generan como resultado de una modificación del reloj de tiempo real en la central (fecha u hora).

6.3 CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE.

Las características de software de la EMX varían dependiendo del tipo de central y de la versión del software. Esencialmente, existen dos tipos de características: las estándares con el sistema y las que requieren un orden especial.

a. Características Estándares: Muchas características están disponibles en todas (o en la mayoría) las versiones de software y tipos de centrales. Estas características estándares incluyen las siguientes:

- *Respaldo O/S o S/S de 60° y respaldo S/S de 120°:* Para respaldar configuraciones de sector de recepción y sector de transmisión, dependiendo de los equipos de la estación célula.
 - *Respaldo en cinta DAS:* Separa la información de facturación en unidades de cinta separadas.
 - *Alarmas BSC:* Alarmas de fusibles y alarmas remotas de relés.
 - *Estaciones celulares a las cuales se les puede transferir código.*
 - *Respaldo de servicio para abonados errantes:* Permite a los abonados errantes originar llamadas, además de recibirlas a través de un número de acceso.

Las características relacionadas con el procesamiento de llamadas, mientras están respaldadas en todas las versiones de software, son estándares en una EMX 2500. Esto incluye la transferencia en horas pico, el reenvío de llamadas, llamadas en espera, transferencias sin respuesta y llamadas en conferencia de tres partes. Otras características del procesamiento de llamadas estándares, las cuales pueden estar o no activadas, incluyen el rechazo a llamadas con salida internacional, la originación de llamadas o sólo la terminación y el rastreo de llamadas. Esta lista no está completa, pero se utiliza para ilustrar que muchas de las características más utilizadas se consideran como estándares.

b. Características Opcionales: Muchas características adicionales, tales como llamada de prueba y operación de móvil de prueba se pueden adquirir también junto con el sistema. Algunas de las más comunes son las siguientes:

- *Móvil de tarjeta de crédito:* Unidades de abonado con lectores de tarjetas de crédito reenvían el número de la tarjeta de crédito y los dígitos marcados.
- *Móvil de línea caliente:* Reenvía cualquier número marcado por un abonado específico hacia un sólo número, excepto la marcación de emergencia.
- *Lista de transferencias totales de 6 células contiguas para estaciones sectoriales de 60°:* Permite hasta seis (en vez de tres) células candidatas para cada par de antenas.
- *Células superpuestas/de sustentación:* Aumenta la capacidad del canal en un sistema superponiendo una célula más pequeña (potencia más baja) sobre una célula más grande existente.
- *Control de acceso de sobrecarga:* El operador del sistema puede bloquear originaciones, terminaciones y/o transferencias totales de llamadas basándose en un valor de bits desde el NAM de la unidad de abonado.
- *DMX e IS-41:* Conecta múltiples EMX o MTSO en una red.
- *Señalización de canal común CCITT#7:* Respaldo para sistema de señalización internacional.

- *Operación de llamada de prueba y de móvil de prueba:* Prueba cada canal de radio en el sistema, notificando los niveles de tono y ruido.
- *Control de repetición de búsqueda:* Ajusta el sistema de intervalos y, a continuación, espera la respuesta a búsqueda antes de enviar la repetición de búsqueda.

Esta no es una lista completa, pero ilustra las características habilitadas y controladas por el software de la EMX. La EMX 2500 ofrece algunas características adicionales la EMX 2500 respaldo para NAMPS, que se pueden adquirir como características de software.

7 PLANIFICACIÓN BÁSICA DE FRECUENCIAS ANALÓGICAS.

El espectro de frecuencias utilizado por cada país afecta la manera en que se realiza el plan de la frecuencia de los sistemas celulares analógicos.

7.1 PARÁMETROS DE RF CELULARES.

Los parámetros de RF reales de una célula no están definidos como hexágonos. Su estructura corresponde más bien a un patrón de superposición.

Es importante recordar que el hexágono representa una figura imaginaria que sólo se encuentra en papel. El modelo perfecto sería un círculo, pero tampoco es real. Las estaciones celulares individuales tendrán diferentes patrones de cobertura que dependen, en parte, de los siguientes aspectos:

- Salida de potencia
- Terreno circundante

- Atmósfera
- Epoca del año

7.2 DIVISIÓN DE LAS FRECUENCIAS CELULARES.

Como se explicó anteriormente, la banda celular analógica se ha dividido en dos segmentos para permitir que dos sistemas celulares puedan coexistir en la misma área de cobertura geográfica.

Cada segmento ocupa la mitad de los canales disponibles en el espectro. Para garantizar la compatibilidad, las frecuencias de los canales de señalización han sido asignadas previamente en cada segmento (banda).

- Las dos bandas se denominan banda A y banda B.
- Cada banda ocupa la mitad de los canales en el espectro

7.2.1 ESPECIFICACIONES DE AMPS.

Originalmente 666 canales.

Expandido 832 (EAMPS).

7.2.2 ESPECIFICACIONES DE TACS.

Originalmente se asignaron 666 canales.

ETACS - Se agregaron 1320 canales.

UTACS – Combinación para 1000 canales.

7.3 RECOMENDACIONES PARA LA PLANIFICACIÓN DE FRECUENCIAS.

La planificación de frecuencias requiere una combinación de planificación exhaustiva, pruebas cautelosas y experiencia. Se han desarrollado algunas

recomendaciones generales, así como algunos principios y herramientas de planificación, los cuales se detallan a continuación.

Al explicar la planificación de la frecuencia se utilizan los siguientes términos:

- Canal Adyacente: Adyacente en número. Un canal menos es un canal más que el canal en cuestión.
- Canal Compartido ó Co-Canal: Mismo número de canal. Significa que la misma frecuencia se reutiliza en el mismo sistema celular.

7.4 RECOMENDACIONES GENERALES PARA CANALES DE VOZ.

La planificación de las frecuencias de los canales de voz es el factor más exigente y, a la vez, el más importante al diseñar un sistema. Son estas frecuencias las que permiten que los abonados puedan mantener conversaciones claras.

- Cada estación celular tendrá muchos canales de voz.
- Evite canales adyacentes en la misma estación o en estaciones adyacentes.
- Evite canales compartidos, excepto lo prescrito por un patrón de reutilización.
- Mantenga una separación apropiada entre los canales en las antenas de transmisión.

Como se mencionó anteriormente, la separación entre los canales en las antenas de transmisión es determinado por el hardware de la estación celular, específicamente el combinador. Si en la misma antena de

transmisión se colocan frecuencias con una separación inferior a la separación mínima sin modificaciones especiales, probablemente la energía de RF no salga de la antena, y regrese a los equipos de la estación celular.

- AMPS tiene una separación mínima de 630 KHz (separación de 21 canales)
- TACS tiene una separación mínima de 600 KHz. (separación de 24 canales)

7.5 REUTILIZACIÓN DE CANALES.

7.5.1 PATRÓN DE REUTILIZACIÓN DE 12 CÉLULAS.

El patrón de 12 células se denomina también patrón de reutilización omnidireccional debido a que se utiliza en estaciones celulares de transmisión omnidireccional cuya configuración es O/O u O/S.

Desde una perspectiva de reutilización de frecuencias, una célula O/S no tiene ventaja sobre una célula O/O. La regla para la reutilización es: dos células en dirección vertical dos células en dirección horizontal.

La mejor relación de distancia con respecto al radio, para fines reducción de interferencia, es de seis células para el patrón de reutilización de 12 células u omnidireccional.

Las combinaciones letra/número que se muestran en cada célula de la figura representan grupos de canales específicos. Estos grupos de canales (15 canales para AMPS o TACS básicos) han sido desarrollados por ingenieros y se recomiendan para una planificación satisfactoria de la frecuencia.

Las letras mayúsculas representan grupos de canales omnidireccionales y las letras minúsculas representan grupos de canales sectoriales.

Los planes de frecuencia que se muestran en las páginas siguientes son sólo ejemplos y su funcionamiento en un sistema real no está garantizado.

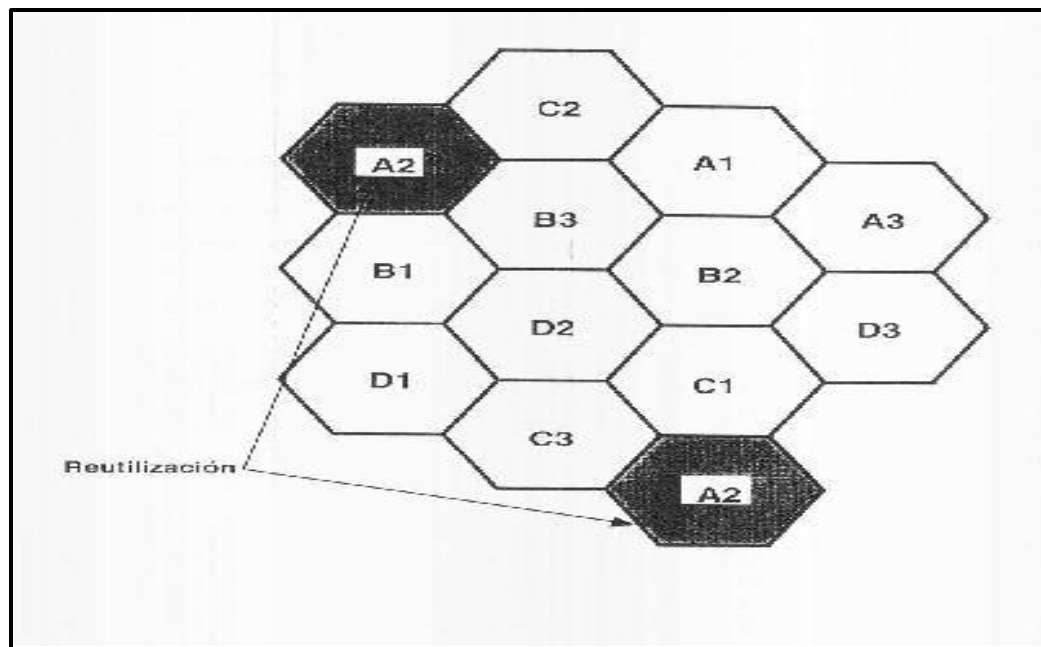


Figura 17. Patrón de Reutilización de 12 Células (Motorola, 1997)

7.5.2 PATRÓN DE REUTILIZACIÓN DE 4 CÉLULAS.

Este patrón se conoce también como el patrón de reutilización de 60° , debido a que se utiliza con estaciones celulares S/S de 60° .

La regla de reutilización una célula entre células reutilizadas. Este patrón proporciona el mayor número de canales en un área geográfica determinada y es ampliamente utilizado en sistemas densos u ocupados.

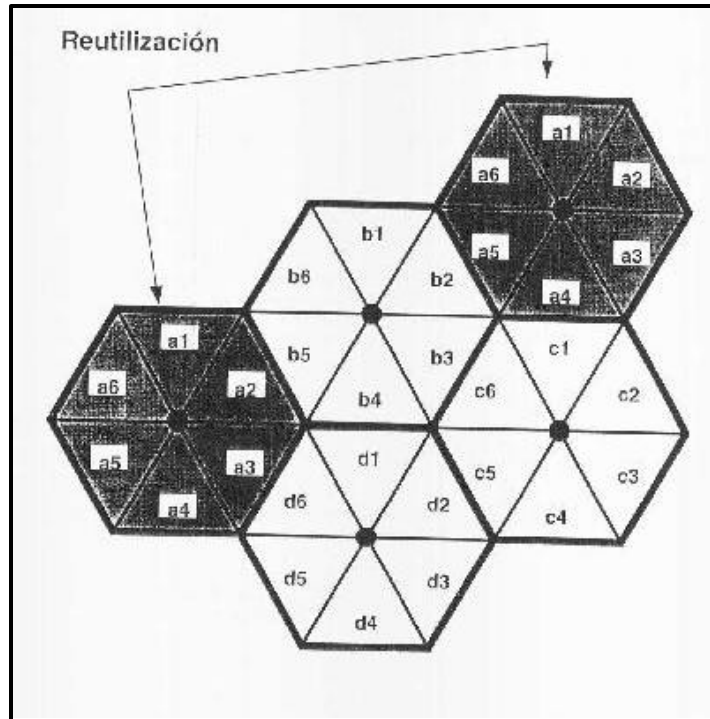


Figura 18. Patrón de Reutilización de 4 Células (Motorola, 1997)

Su desventaja es que constituye un potencial para mayores interferencias, debido a que hay un número mayor de canales transmitiendo en un rango determinado. Es muy importante que todas las estaciones celulares sectoriales en un sistema estén alineadas en la misma dirección. Motorola recomienda que todos los sectores con número uno apunten hacia el norte verdadero. La numeración de los sectores se realiza en sentido horario.

7.5.3 PATRÓN DE REUTILIZACIÓN DE 7 CÉLULAS.

Este patrón se conoce también como el patrón de reutilización de 120°, debido a que se utiliza con estaciones celulares S/S de 120°.

La regla de reutilización es dos células entre células reutilizadas. Proporciona más canales en un área geográfica determinada que el patrón de reutilización de 12 células, pero obviamente no proporciona tantas como el patrón de reutilización de 4 células.

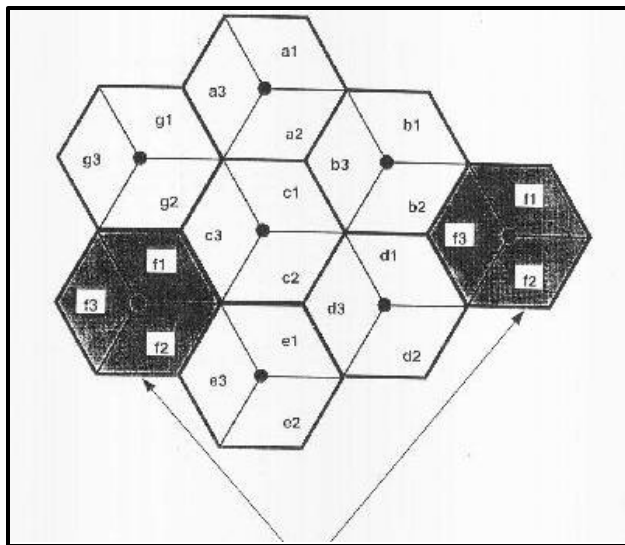


Figura 19. Patrón de Reutilización de 7 Células (Motorola, 1997)

Un patrón de reutilización de 7 células, con tres sectores por célula, proporciona cerca de 45 canales de voz por célula. Esto es aproximadamente la mitad del número de canales que proporciona el patrón de 4 células, con seis sectores por célula.

7.6 RECOMENDACIONES GENERALES PARA LOS CANALES DE SEÑALIZACIÓN.

La planificación de frecuencias para canales de señalización es menos complicada debido a que sólo se requiere un canal en cada célula. De hecho, los sistemas actuales tienen un límite de sólo un canal de señalización por célula.

La interferencia de canales de señalización puede causar más problemas para una estación celular que una interferencia de canales de voz. Si se registra ruido en un canal de voz, el sistema puede realizar una transferencia total. Si se registra ruido en un canal de señalización, la célula posiblemente no podrá establecer llamadas.

Estas sencillas recomendaciones generales ayudarán a mantener los canales de señalización libres de ruido:

- Evite canales adyacentes en células adyacentes.
- Utilice patrones de reutilización omnidireccionales o de 12 células, como mínimo.
- Cree una tabla para asegurar la separación adecuada de canales compartidos o adyacentes.

Señalización de Canales	Sitio	Sitio	Señalización de Canales
313	1,5	1	313
314	2,11,22	2	314
315	4,61	3	317
316	13,41	4	315

Tabla 5. Guía de Señalización de Canales (Motorola, 1997)

7.7 TONO DE AUDIO SUPERVISORIO (SAT).

El SAT es uno de los tres tonos en la región de 6 KHz que transmite una estación celular y es transmitido y recibido por una unidad de abonado. La

unidad de abonado escuchará un SAT definido por los canales de señalización. Este se define con el Código de Colores SAT (SCC).

SCC	SAT (HZ)
00	5970
01	6000
10	6030
11	Sin SAT

Tabla 6. Tono de Audio Supervisorio (Motorola, 1997)

El SAT es un tono de audio y, como tal, aparece sólo en un canal de voz o durante la conversación. Este tono es apropiado para dos propósitos:

- En primer lugar, permite saber a la estación celular si la unidad de abonado aún está en el canal. Si la estación celular no recibe un SAT durante cinco segundos desde una unidad asignada a un canal de voz, la estación celular terminará la llamada como "pérdida de RF".
- En segundo lugar, notifica a la unidad de abonado si ha sintonizado el canal de voz apropiado y no un canal compartido. La estación celular notifica a la unidad de abonado el SAT que debe obtener cuando se sintoniza a un canal de voz. De modo que si la unidad de abonado recibe cualquier otro SAT, sabe que se encuentra en el canal de voz incorrecto y desconectará la llamada.

7.8 SAT DIGITAL (DSAT).

El DSAT es el SA'I' equivalente utilizado en los canales NAMPS. Este tono tiene las dos mismas funciones, pero no es un tono de audio. Por el

contrario, éste constituye un patrón de bits digital, enviado a un nivel subaudible, 200 bits/segundo. También tiene un DSCC correspondiente:

DSCC	DSAT (hex.)
000	2556CB
001	255B2B
010	256A9B
011	25AD4D
100	26AB2B
101	26B2AD
110	2969AB
111	Sin DSAT

Tabla 7. SAT Digital (DSAT) (Motorola, 1995)

7.9 RECOMENDACIONES PARA LA PLANIFICACIÓN DEL DSAT.

Cuando se utiliza el (D)SAT para este segundo propósito, como una ayuda en la identificación de canales, o como una herramienta de la planificación de frecuencias, es necesario seguir algunas recomendaciones sencillas:

- Evite los grupos de canales adyacentes con el mismo (D)SAT.
- Reutilice el (D)SAT lo más lejos posible.
- Utilice un mapa de colores para ver el plan.
- Cuando se utilicen canales NAMPS, la planificación del (D)SAT se realiza mucho más fácilmente, ya que existen siete opciones y no tres.

Los equipos de las estaciones celulares originales, HD, tenían un módulo específico generador de SAT; con el cual podían transmitir un valor SAT para los canales de voz en una estación. Los equipos de las estaciones celulares actuales generan el (D)SAT en los transceptores de voz, de modo que a cada canal de voz se le puede asignar un (D)SAT específico.

7.10 CÓDIGO DE COLORES.

El DCC se utiliza en los canales de control. Es un código enviado por la estación celular y respondido por la unidad de abonado. La estación celular envía un código de dos dígitos, la unidad de abonado responde con un código de siete dígitos.

El DCC constituye una ayuda para la reutilización de los canales de control. Al igual que el SAT, éste notifica a la unidad de abonado si se ha sintonizado al canal de voz apropiado. El DCC notifica a la unidad de abonado si recibe el mismo canal de señalización. Una estación celular utiliza la respuesta de la unidad de abonado de siete dígitos principalmente para determinar si ese mensaje de la unidad de abonado se procesará.

Célula	Abonado
00	0000000
01	0011111
10	1100011
11	1111100

Tabla 8. Código de Colores (Motorola, 1997)

7.11 PLANIFICACIÓN DE SISTEMAS DENSOS.

Si los sistemas celulares estuvieran compuestos por pocas estaciones celulares a la vez, la planificación de frecuencias sería menos complicada. Existiría menos tráfico y, en consecuencia, menos interferencia. Sin embargo, a medida que crecen los sistemas, la planificación de frecuencia se convierte en una herramienta esencial para el control de interferencias.

A medida que crecen los sistemas y las estaciones celulares aumentan individualmente su capacidad de canales de voz, un mayor número de canales estará en el aire en un momento determinado. Esto aumenta la probabilidad de interferencias. No obstante, el elemento clave de los sistemas celulares es proporcionar canales de calidad al mayor número de abonados posible. Para lograrlo, se han propuesto algunas recomendaciones generales.

- Mantenga al abonado en la célula y el sector más fuerte.
- Mantenga al abonado a la potencia más baja posible.
- Permita suficientes canales en todas las células y sectores para manejar las cargas de tráfico durante horas picos.

Estas recomendaciones generales requieren que el proveedor del servicio establezca un equilibrio. De existir demasiados canales, estos permanecerían desocupados y serían una inversión innecesaria, mientras que muy pocos canales bloquearían los intentos de llamadas y causarían insatisfacción en los clientes.

Asegúrese de que los canales "libres de interferencias" estén disponibles durante períodos de mucho tráfico en todas las áreas de cobertura deseadas.

7.12 PLANIFICACIÓN DE CANDIDATOS A TRANSFERENCIA TOTAL.

Además de la planificación de asignaciones para canales de voz y señalización, las posibilidades de transferencias totales también se deben considerar en la planificación. Las transferencias totales ocurren sólo en canales de voz (durante la conversación), de modo que la planificación satisfactoria de frecuencias de canales de voz facilita la planificación de candidatos a transferencia total.

El Indicador de intensidad de la señal de recepción (RSSI) es una indicación de potencia. En la estación celular, ésta corresponde a un número hexadecimal que equivale a un nivel de potencia. Las transferencias totales son generadas por el RSSI de una unidad de abonado en la estación celular. Cuando el RSSI de una unidad de abonado cae por debajo del valor umbral ajustable, la estación celular iniciará una transferencia total con la EMX.

El RSSI es medido por una parte del hardware de la estación celular denominada receptor de barrido. Es muy importante que todas las estaciones celulares en un sistema tengan su receptor de barrido calibrado exactamente igual. Los receptores de barrido que varían de una célula a otra pueden ocasionar transferencias totales de finalización de llamada innecesarias y posibles.

Junto con la calibración de los receptores de barrido, las transferencias totales apropiadas pueden asegurarse mediante siguientes reglas:

- No deben existir transferencias totales en las células que utilizan los mismos canales de voz.
- Las transferencias totales deben ser de dos vías; lo que significa que una transferencia total de una célula a otra poderse transferir de regreso.
- Evite "falsas transferencias totales". Las falsas transferencias totales ocurren cuando una estación celular puede barrer dos estaciones, teniendo el mismo canal de voz y (D)SAT.

Adicionalmente, estas recomendaciones generales pueden favorecer también transferencias totales eficientes. Para el caso de células sectoriales, asigne transferencias totales más allá de los alrededores de la célula de lo que pueda parecer obvio. No agregue posibilidades extras de transferencias totales a sistemas densos, ya que éstas pueden resultar más dañinas que favorables.

8 MÉTODO DE PROPAGACIÓN DE OKUMURA.

Este método se extrae a partir de los resultados experimentales obtenidos en base a pruebas detalladas de propagación realizadas por Yoshihisa Okumura, en el distrito de Kanto en Japón, para sistemas radio móviles en las bandas VHF (200 Mhz) y UHF (453,922, 1310, 1430, 1920 Mhz) sobre varias situaciones de terreno irregular.

Los resultados muestran análisis estadísticos de las variaciones en la ubicación del receptor, altura y factor de ganancia de las antenas. Todo esto para áreas urbanas, sub-urbanas y abiertos sobre terreno casi-suave.

El método Okumura consiste básicamente en determinar la intensidad de campo media básica, para luego corregirla basándose en los diferentes parámetros para terreno irregular que la señal encuentra a medida que se va desplazando a lo largo de un radial.

Los parámetros contemplados son: Terreno ondulado, elevación aislada, terreno inclinado, trayectoria mixta (tierra-mar) y ubicación de las calles en relación con la trayectoria de propagación.

El método es presentado para hacer predicciones de intensidad de campo en sistemas radio móviles que operan en rangos de frecuencias entre 150 y 2000 Mhz para distancias entre antenas de 1 a 100 kilómetros, altura efectiva de antena en la estación base desde 30 hasta 1000 metros y 1.5 a 3 metros en portátiles y móviles en áreas principalmente urbanas con escasa vegetación.

8.1 CLASIFICACIÓN DEL TERRENO DE ACUERDO A SUS CARACTERÍSTICAS.

Al momento de diseñar un sistema celular es importante considerar la topografía del terreno. Por lo tanto, a pesar de existir una gran variedad de tipos de terreno, la idea básica para normalizar el análisis y expresión de las características de propagación, es definir un terreno cuasi-suave. Se entiende por terreno cuasi-suave a aquel terreno plano, donde de acuerdo a

su perfil (tomado de un mapa en escala 1:50000) se presentan ondulaciones de 20 metros o menos, y el terreno promedio no presente en muchas variaciones. Los tipos de terreno que no encajen en esta definición, serán considerados como irregulares y se dividen en: Terreno con colinas, montaña aislada, terreno ligeramente inclinado y trayectoria mixta tierra-mar. Parámetros del Terreno y de la Trayectoria de Propagación.

8.1.1 ALTURA EFECTIVA DE LA ESTACIÓN REPETIDORA.

Para obtener la intensidad de campo apropiada para cualquier tipo de terreno es necesario definir la altura de la antena de la estación repetidora.

En la figura 20 puede observarse que la altura del terreno promedio (h_{ga}) esta definida en una distancia de 3 a 15Km de la estación repetidora cuya altura de la antena sobre nivel del mar h_{ts} . La altura efectiva de la estación repetidora (h_{te}), esta definida como:

$$h_{te} = h_{ts} - h_{ga}$$

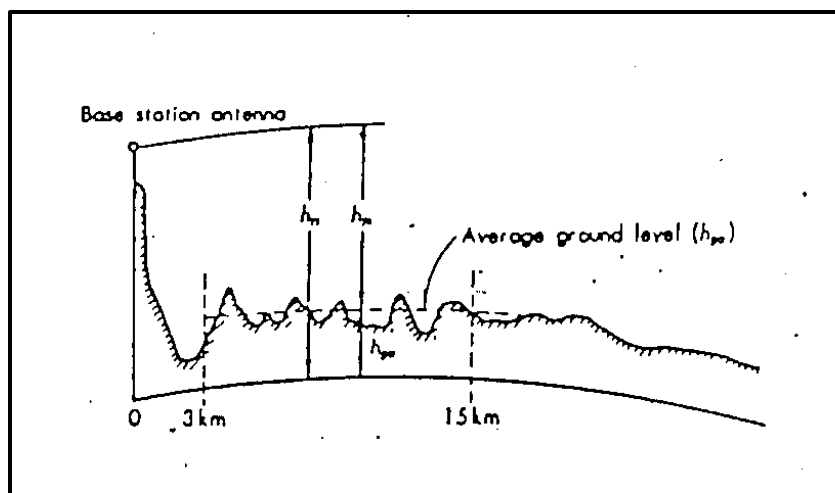


Figura 20. Altura Efectiva de la Estación Repetidora (Okumura y Otros, 1968)

8.1.2 ALTURA DE LA ONDULACIÓN DEL TERRENO.

En un terreno con colinas el parámetro δh expresa el grado de irregularidades. Este valor es igual a la diferencia entre el 10% y el 90% de la altura de la ondulación del terreno dentro de una distancia de 10 km. desde el punto de recepción hacia el punto de transmisión. Este método para determinar el parámetro del terreno puede ser aplicado en áreas montañosas donde existan algunas elevaciones que afecten la recepción por difracción múltiple, pero no en terreno simplemente inclinado o donde solo existe una ondulación.

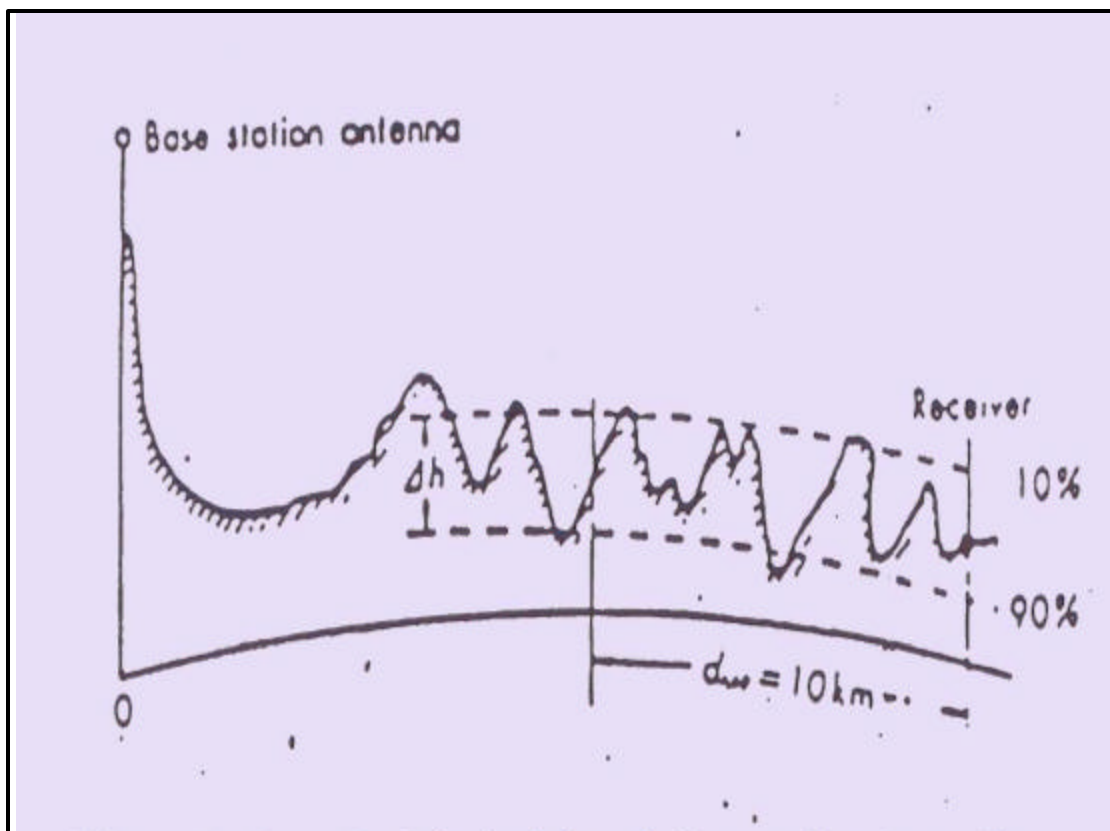


figura 21. Definición del Parámetro δh para Terreno

Ondulado (Okumura y Otros, 1968)

a. Montaña aislada: Cuando en la trayectoria de propagación se encuentra una montaña, con una altura tal, que obstruye la línea de vista, y no existe otro obstáculo que interfiera, la montaña se define como montaña aislada.

El parámetro de trayectoria de una elevación aislada cuya altura h se mide desde el nivel promedio del terreno.

En la Figura 22 se muestra el modelo de una elevación aislada donde la atenuación es calculada de una altura normalizada de 200mts. En el caso de que la altura de la montaña sea diferente a 200mts la atenuación puede ser obtenida por una conversión proporcional.

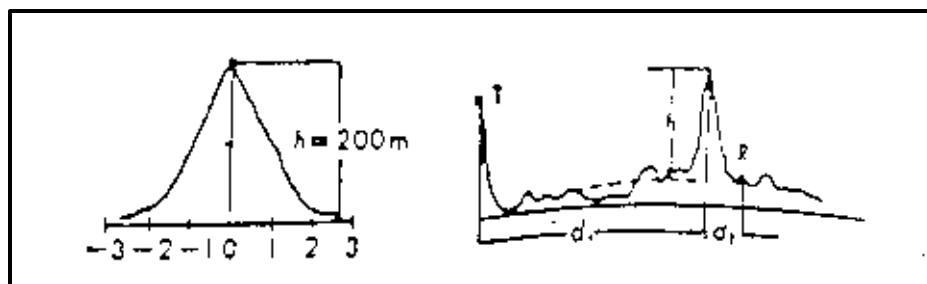


Figura 22. Definición del Parámetro para Montaña Aislada (Okumura y Otros, 1968)

b. Ángulo medio del Terreno: Cuando el terreno, sea plano o inclinado se eleva o declina en una distancia de 5 a 10 km., el parámetro de terreno en términos del ángulo general promedio " θ_m " puede ser expresado por:

Si $h_n > h_m$ (cuesta arriba) el ángulo de inclinación es positivo (+ θ_m) y si $h_n < h_m$ (cuesta abajo) el ángulo de inclinación es negativo (- θ_m).

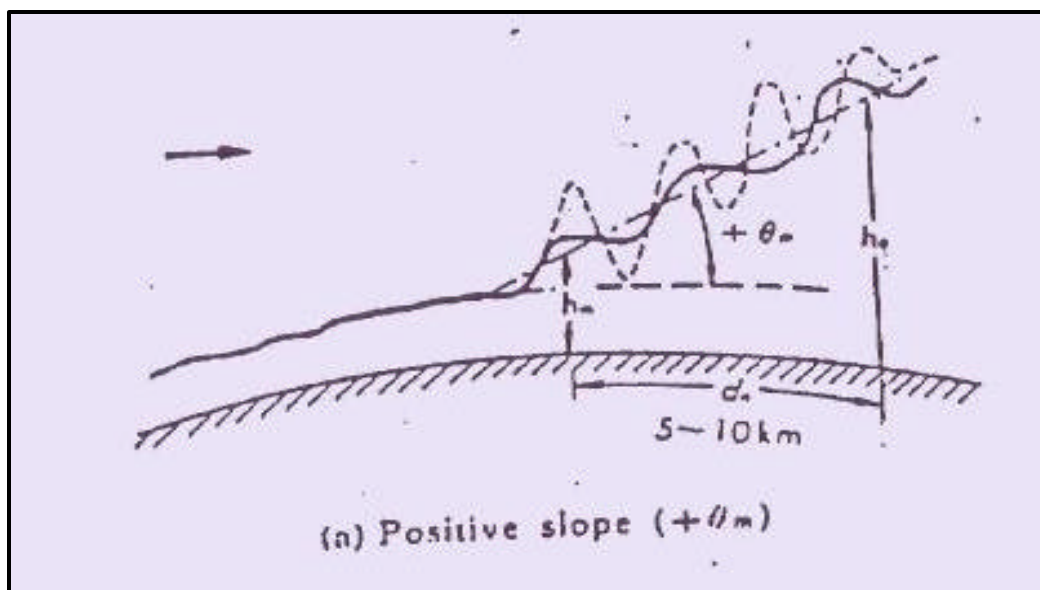
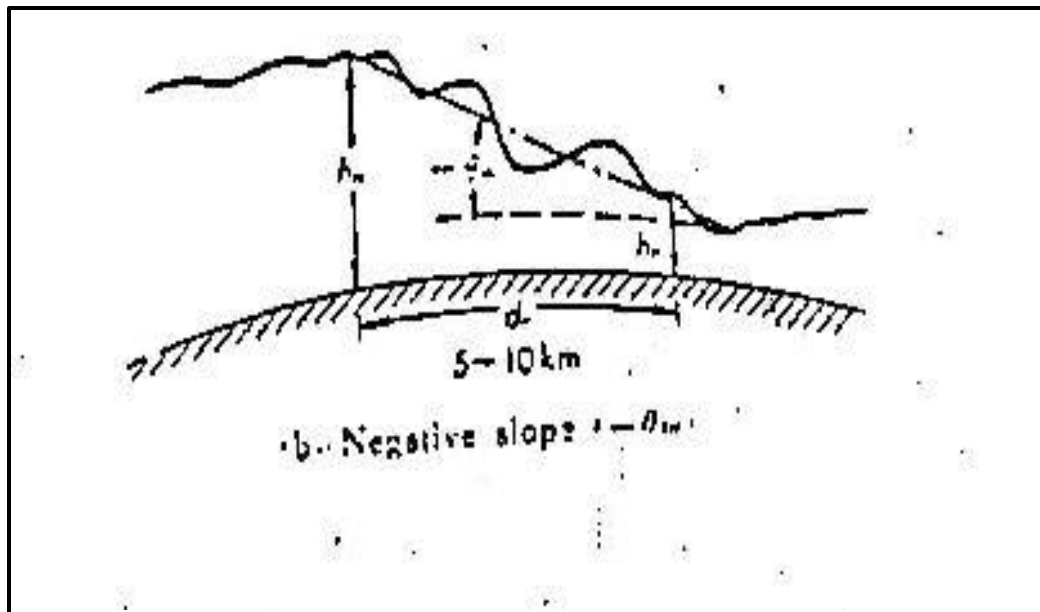


Figura 23. Angulo medio en terreno inclinado

(Okumura y Otros, 1968)

c. Parámetros de distancia para trayectoria mixta tierra-mar: Cuando en la trayectoria de propagación hay extensiones de mar o lago, se consideran tres casos, cuando la extensión de mar esta: cerca de la unidad móvil, cerca de la estación repetidora y entre ambas.

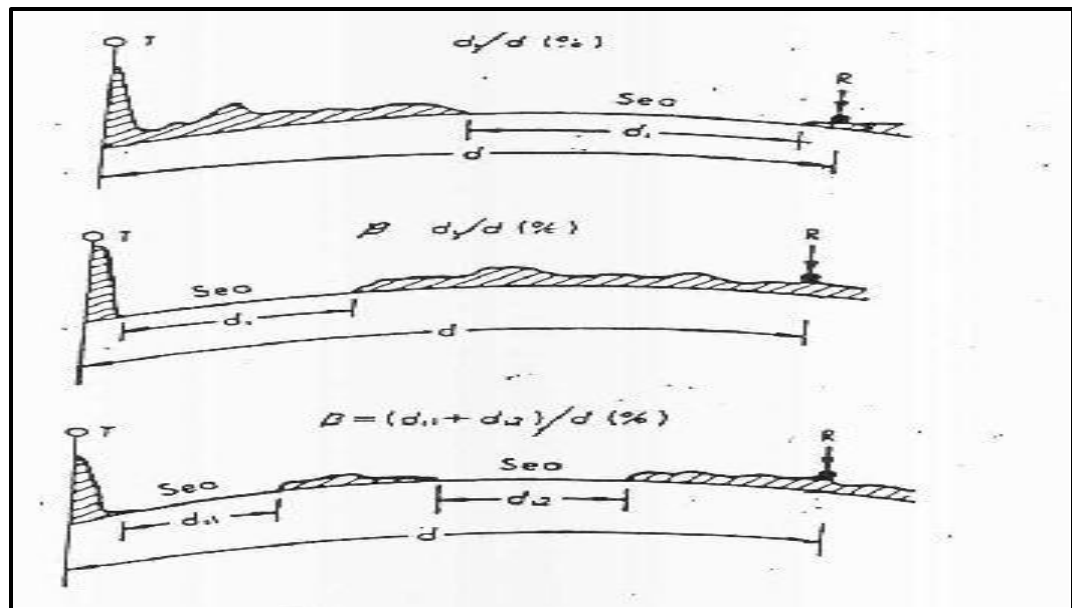


Figura 24. Trayectoria Mixta Tierra-Mar (Okumura y Otros, 1968).

8.2 CLASIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES.

En un terreno cuasi-plano o irregular, las antenas de las unidades móviles se ven afectada por la presencia de edificios y arboles cercanos a las mismas, repercutiendo así en la intensidad de campo recibido, de acuerdo a la clase y condición de estos.

Estos obstáculos son clasificados en tres grupos de acuerdo al grado de congestión que presentan.

a. Área abierta: Están clasificados como áreas abiertas aquellos espacios donde no hay obstáculos, tales como árboles altos o edificios en la trayectoria de propagación.

b. Área sub-urbana: Es aquella que está constituida por pueblos o autopistas que atraviesan áreas poco pobladas, con uno que otro obstáculo alrededor del radio móvil.

c. Área urbana: Esta se refiere a ciudades con grandes edificios, casas de varias plantas, áreas industriales o áreas de espesas vegetación.

8.3 MÉTODO DE CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE CAMPO MEDIA BÁSICA.

El valor de la intensidad de campo media básica (E_{mu}) se puede obtener, ya sea de las gráficas de 150 Mhz, 450 Mhz, 900 Mhz, 1500 Mhz (Ver Anexos) ó por la siguiente fórmula:

$$E_{mu} = E_{fs} - A_{mu}(f, d) + H_{tu}(h_{re}, f)(dB_{rel. 1 mV/m})$$

Donde:

E_{mu} : Intensidad de campo media (dBrel. $\mu V/m$) para un terreno cuasi-suave en área urbana bajo una condición dada de transmisión.

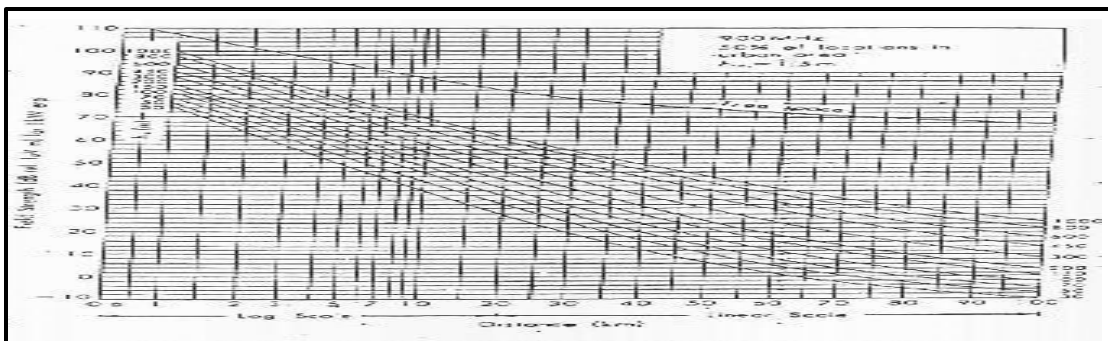


Figura 25. Intensidad de Campo Media Básica 900 Mhz

(Okumura y Otros, 1968).

E_{fs} : Intensidad de campo en el espacio libre (dBrel.1 μ V/m) para una condición dada de transmisión.

$A_{mu}(f,d)$: Atenuación media relativa al espacio libre en área urbana en función de la frecuencia y la distancia.

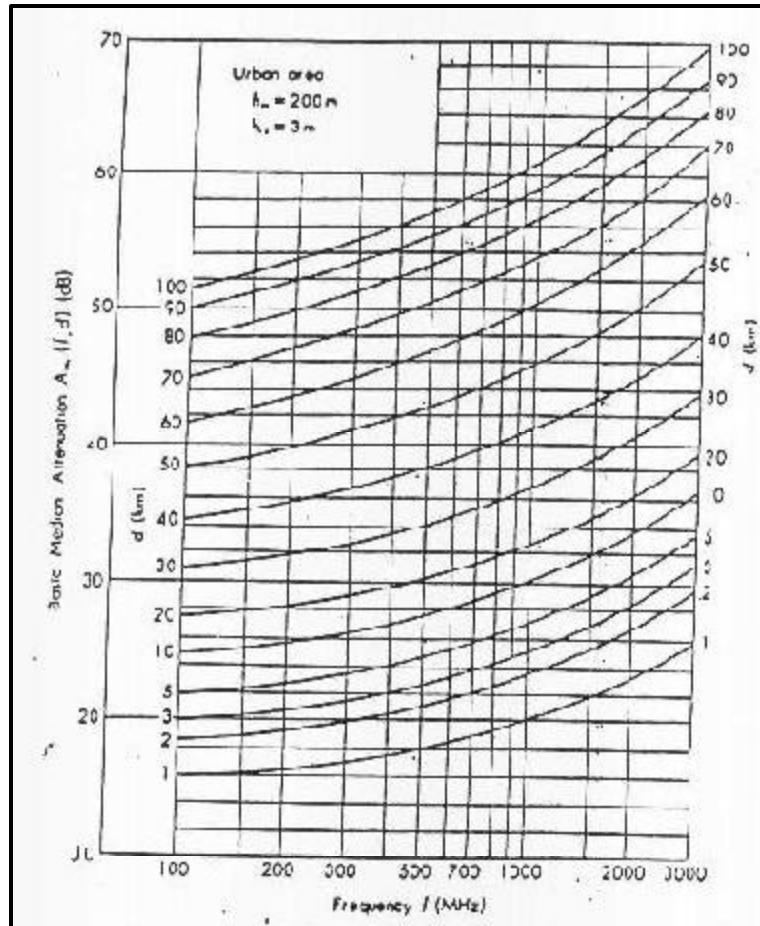


Figura 26. Atenuación Media Básica Relativa al Espacio Libre (Okumura y Otros, 1968).

$H_{tu}(h_{te},d)$: Factor de ganancia (dB) incurrido por la altura de la antena. de la estación repetidora en función de la distancia.

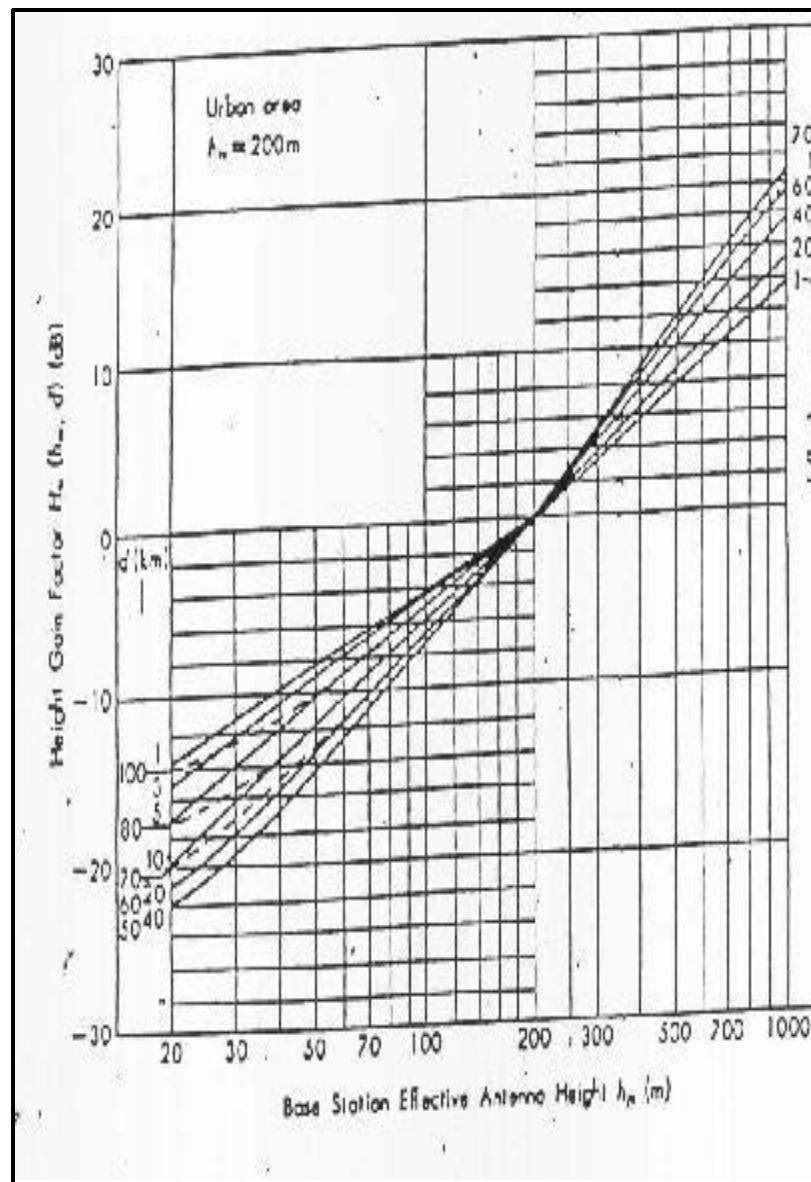


Figura 27. Factor de Ganancia por Altura de Estación

Repetidora (Okumura y Otros, 1968).

$H_{ru}(h_{re}, d)$: Factor de ganancia (dB) incurrido por la altura de la antena de la estación móvil en función de la frecuencia.

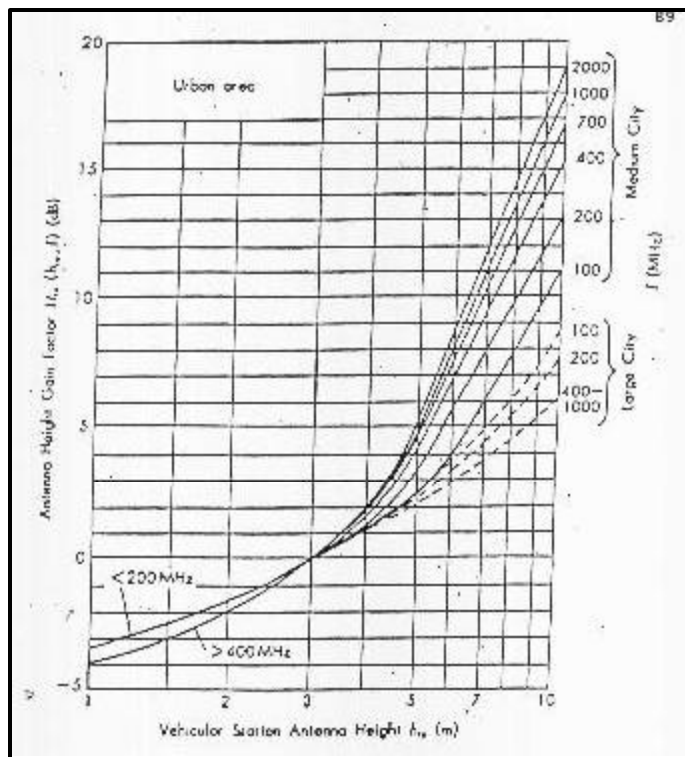


Figura 28. Factor de Ganancia por Altura de Estación Móvil (Kazimierz, S,1998).

8.4 MÉTODO DE CÁLCULO DE LA POTENCIA MEDIA RECIBIDA

Al calcular el valor de E_{mu} , se procede a calcular la P_{mu} , (equivalente en potencia de E_{mu} definida por Okumura), mediante la siguiente fórmula:

$$P_{mu} = E_{mu}(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}) - 135.28 - P_{fp}$$

Donde:

P_{fp} : es la pérdida debida a las diferencias entre las potencias de transmisión. este factor se debe al hecho que las curvas dadas por Okumura están hechas en base a una potencia efectiva radiada de 1 KW (60dB).

P_{mr} : es la potencia media recibida, se halla partiendo de la P_{mu} y aplicándole a ésta los diferentes factores de corrección según las diferentes características de terreno irregular que la señal encuentra a medida que se desplaza a lo largo de un radial determinado.

$$P_{mr} = P_{mu} + K_{mr} + (Q_o, Q_r) + K_h + K_{hf} + K_{im} + K_{sp} + K_{ls} + (K_{ac}, K_{al})$$

Donde cada uno de los términos siguientes a P_{mu} representan los factores de corrección para las diferentes condiciones de terreno irregular.

8.5 FACTOR DE CORRECCIÓN PARA TERRENO IRREGULAR.

- Factor de corrección por terreno con colinas: Se aplica el factor " K_h " (dB) para un terreno con ondulaciones.

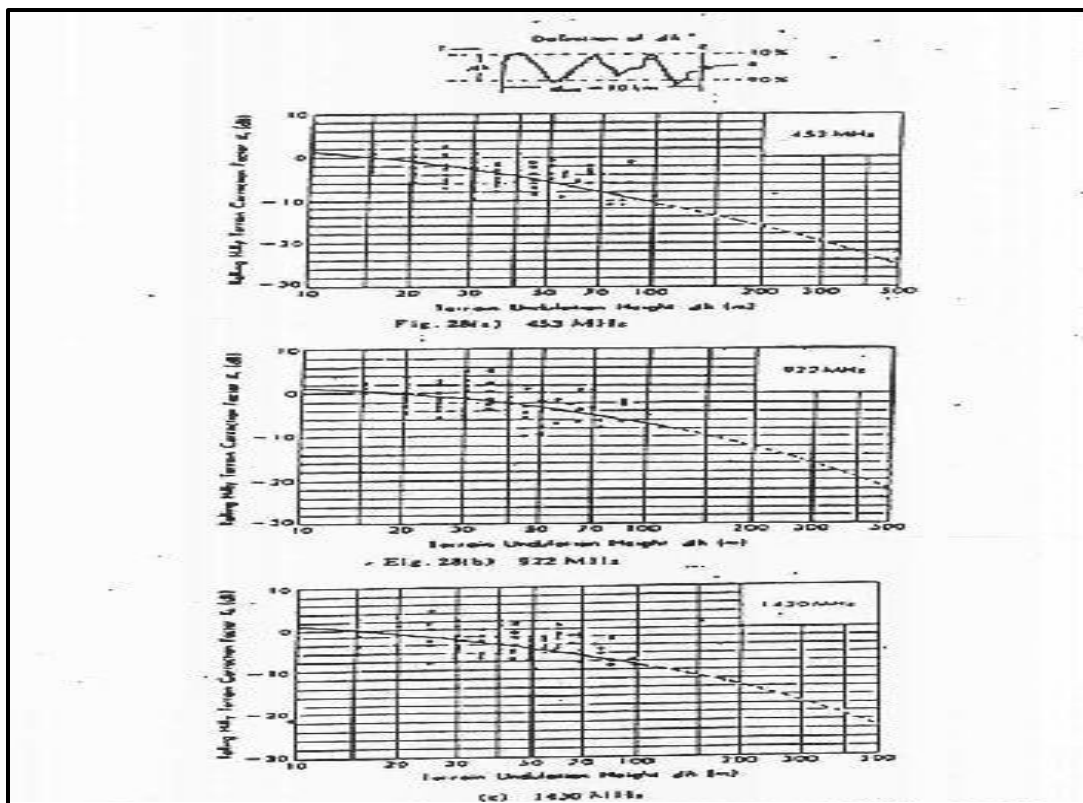


Figura 29. Factor de Corrección por Terreno

Ondulado (Okumura y Otros, 1968).

- Factor de Corrección fino por terreno con colinas: El factor fino de corrección "Kh_f" (dB). Figura 30. Se utiliza cuando existen carreteras en los topes o en las faldas de colinas.

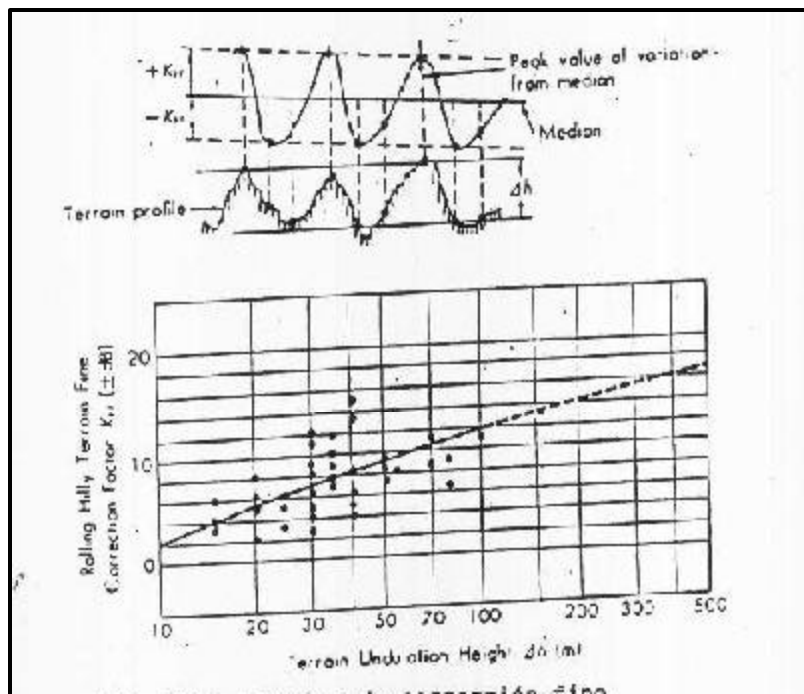


Figura 30. Factor de Corrección Fino por Terreno

Ondulado (Okumura y Otros, 1968).

- Factor de corrección por montaña aislada: Cuando en la trayectoria de la propagación se encuentra una elevación e 200 metros, se aplica el factor de corrección "Kim" (dB) Figura 31a. En el caso que la elevación sea diferente a 200 metros, se debe multiplicar el valor obtenido de la gráfica anterior, por un factor **a**. Figura 31b.

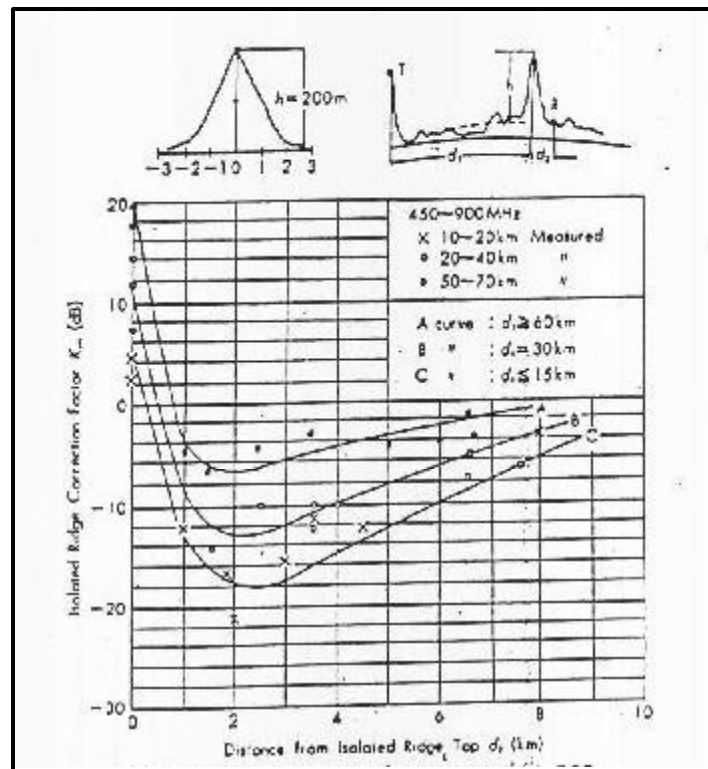


Figura 31a. Factor de Corrección por Montaña Aislada (Okumura y Otros, 1968).

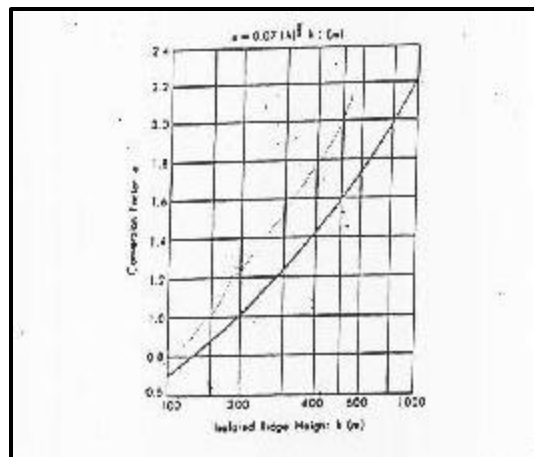


Figura 31b. Factor de Conversión para Montaña Aislada (Okumura y Otros, 1968).

- Factor de corrección por terreno inclinado: El factor "Ksp" (dB), se utiliza cuando el área de estudio se encuentran terrenos inclinados en una distancia entre 5 y 10 km.

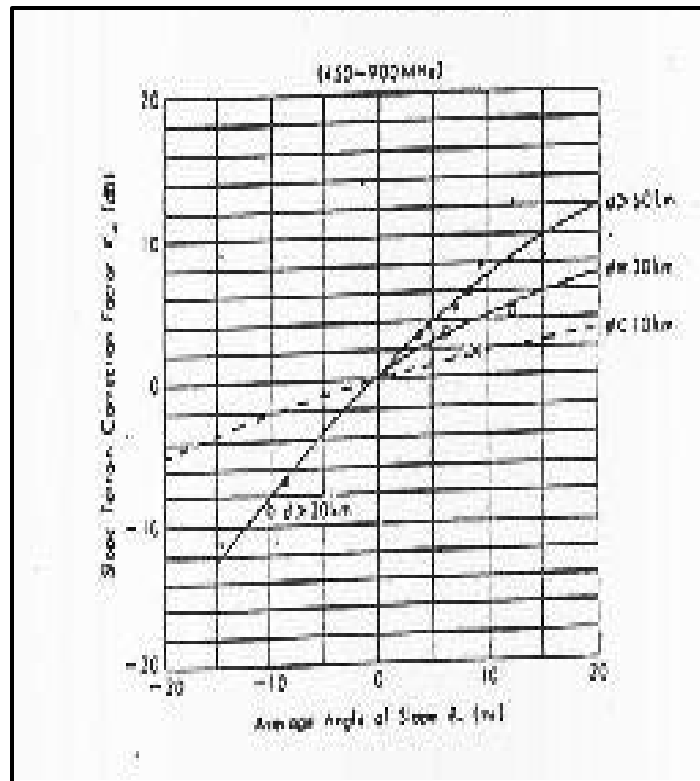


Figura 32. Factor de Corrección por Terreno Inclinado (Okumura y Otros, 1968).

- Factor de corrección por trayectoria mixta tierra - mar: Cuando se está en presencia de una extensión de mar o lago en la trayectoria de propagación, se aplica el factor "Ks" (dB), Figura 33. En el caso que la extensión de mar se encuentre en medio del patrón, el valor de β será hallado según la gráfica.

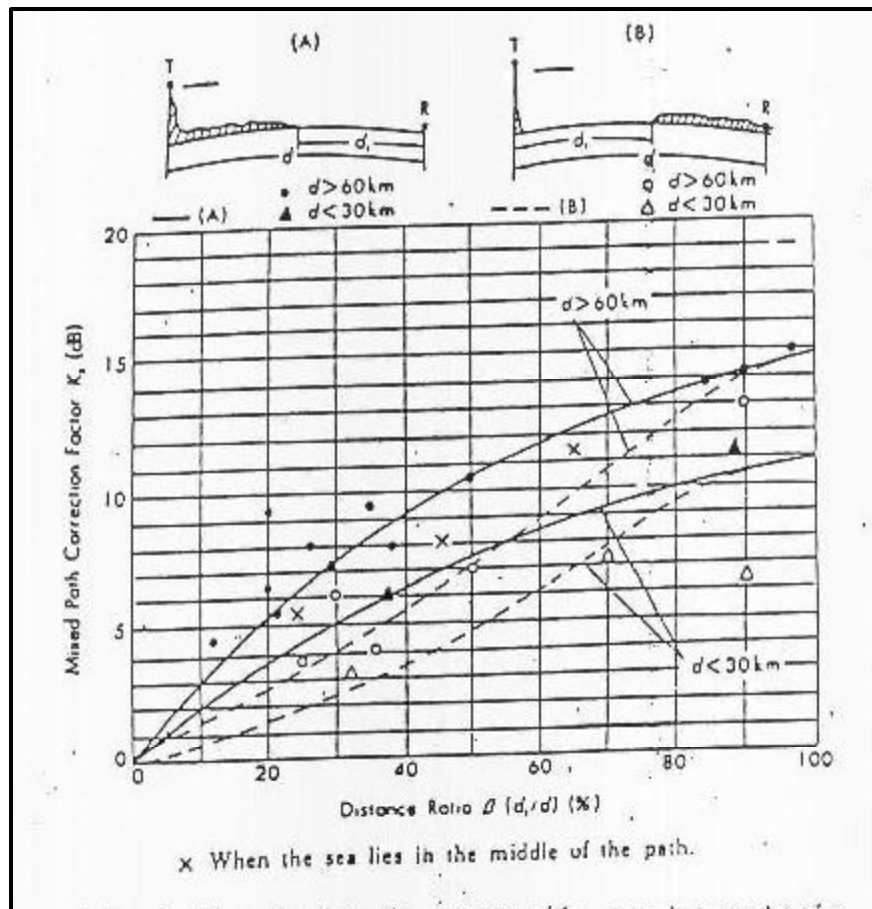


Figura 33. Factor de Corrección por Trayectoria

Mixta Tierra-Mar (Okumura y Otros, 1968).

- Factor de corrección por orientación de las calles: El factor "K_{al}" (dB) representado por la curva (a) de la Figura 34, es utilizado en el caso que la propagación. Si la mayoría de las calles están orientadas perpendicularmente a la trayectoria de propagación, se utiliza el factor "K_{ac}" (db) obteniendo de la curva (b) de la misma figura.

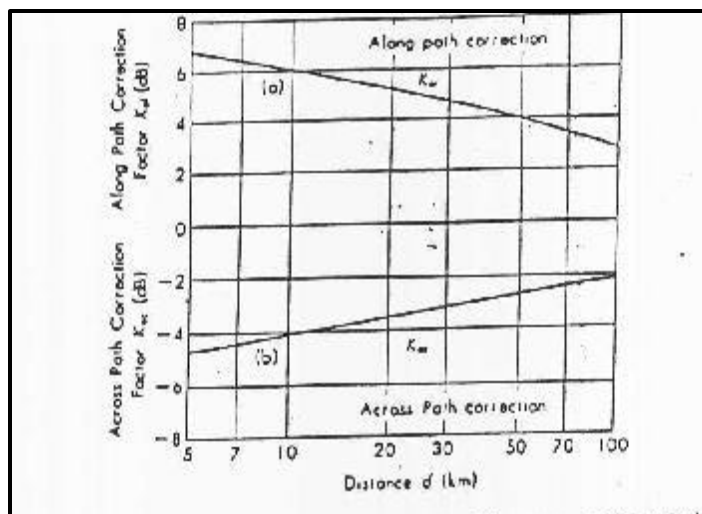


Figura 34. Factor de Corrección por Orientación de Las Calles (Okumura y Otros, 1968).

- Factor de corrección por área sub-urbana: Si el área bajo estudio presenta las características de sub-urbana, se utiliza el factor de corrección "K_{mr}" (dB).

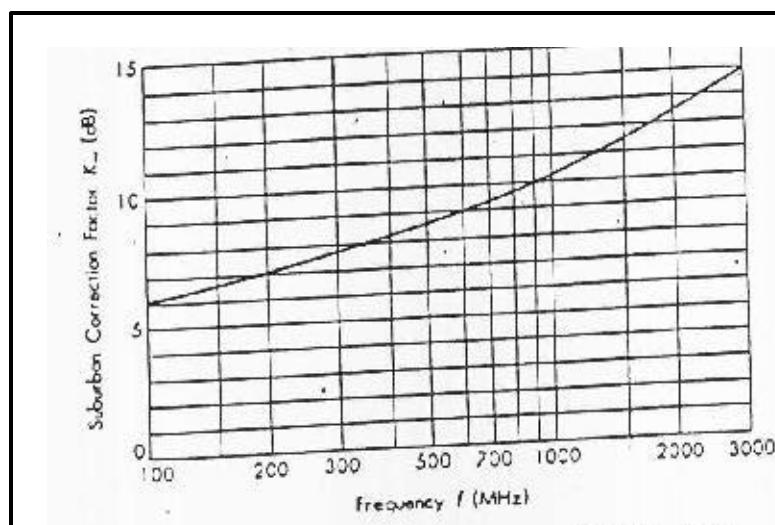


Figura 35. Factor de Corrección por Área Sub-Urbana (Okumura y Otros, 1968)

- Factor de corrección por área abierta y cuasi-abierta: Se utiliza el factor "Qo" ó "Qr" (dB) depende del caso.

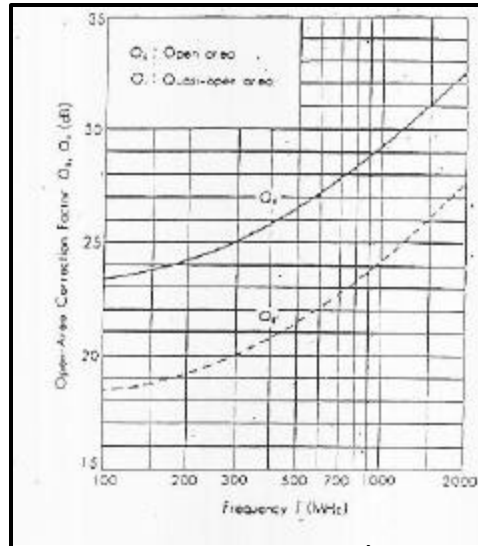


Figura 36. Factor de Corrección por Área

Abierta o Cuasi-Abierta

8.6 ELABORACIÓN DE DIAGRAMAS DE SEÑAL EN UNA TRAYECTORIA DE PROPAGACIÓN.

El procedimiento a seguir para realizar los diagramas de señal alrededor de la estación repetidora es el siguiente:

- Se dibuja un perfil de terreno cada 10° alrededor de la estación repetidora. Un perfil cada 10° es lo recomendado para áreas urbanas e industriales (Antenas Omnidireccionales). En el caso de Antenas Sectoriales no se dibuja un perfil cada 10° sino un perfil para cada sector. En climas templados, es aconsejable utilizar un radio efectivo de la tierra $k = 4/3$.

- Se procede a calcular la potencia efectiva radiada del sistema (Per).

Se toma en cuenta la potencia de transmisión, ganancia de antena Tx, pérdidas en el combinador, en los conectores y en la línea de transmisión.

- Se calcula el valor de Pfp mediante la siguiente fórmula:

$$P_{fp} = P_{re} - 1KW$$

- Se obtiene el valor de Emu para cada perfil, a partir de este valor, se halla Pmu, y a partir de esta la Pmr.
- Se grafica la señal a medida que es afectada por los diferentes factores de corrección en función de la distancia. (Intensidad de campo estimada vs. Distancia).

B. REVISIÓN DE LA LITERATURA.

En Venezuela, el desarrollo de las telecomunicaciones apenas está tornando gran importancia dentro de los sistemas de telefonía existentes en el país. Por ello, se han realizado trabajos especiales de grado, artículos y reportajes, sin embargo la mayoría de las literaturas realizadas enfocan aspectos aislados de dichos sistemas.

Entre los estudios realizados se encuentra el elaborado por Contreras (1996) quien **DISEÑO UN SISTEMA DE TELEFONÍA MÓVIL PARA MARACAIBO**, el cual propone un sistema de telefonía Móvil utilizando para ello una red de repetidoras ubicadas a lo largo de la parte Norte y Sur de Maracaibo e interconectada con la central de Conmutación de CANTV, para brindar servicio de telefonía básica a dicha ciudad. El trabajo realizado por

Contreras no toma en cuenta las innovaciones en el campo de la telefonía como por ejemplo los sistemas de antenas Omnidireccionales de transmisión y recepción, con lo cual se cubre un área mayor y reduce el número de equipos a un transceptor (transmisor/receptor).

Planteo, un sistema analógico que prestará servicio exclusivamente a Maracaibo y no al área rural del estado Zulia. No obstante es importante destacar que los métodos de predicción de la cobertura del sistema son los mismos que se utilizan en la presente investigación.

En este orden de ideas, Chacón (1995) desarrolló un **DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES MÓVILES BASADO EN TECNOLOGÍA TRUNKING PARA LA COSTA ORIENTAL DEL LAGO**, donde establece la posibilidad de cobertura similar a la utilizada en esta investigación, sin embargo su diseño se centra a la parte móvil de las comunicaciones ofreciendo servicio a las empresas suscritas al sistema.

C. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

- ADC(Analog to Digital Converter): Convertidor Analógico/Digital. Dispositivo que convierte señales analógicas continua de instrumentos que supervisan condiciones tales como movimientos, temperatura, sonido, entre otros, en códigos binarios. (Fredman 1993, p.8).
- Análogo: Continuamente variable. Las radio frecuencias y audio frecuencias son señales análogas.
- Banda : Zona de radio frecuencias para transmisión.

- **BTS (Base Transceiver Station):** Estación base transeptora de RF, que representa una célula. Parte del sistema de la estación base formada por los gabinetes del bastidor de la interfaz de la estación de módems de RF y del amplificador lineal de potencia que proporciona funciones de transepto de radio de la interfaz de aire. (Motorola 1995, p.30).
- **Cana:** 1) Miembro particular de un grupo asociado con un intervalo único de tiempo, donde cada miembro está asociado con un puerto de la estación, bien sea un canal RF, un enlace troncal fijo, un círculo de conferencia para tres abonados o un puerto de tono de señalización de la central. 2) Miembro particular de un grupo de RF que tiene una frecuencia única. (Motorola 1995, p.44).
- **Canal de Control:** Canal que utilizan los sistemas DYNA TAC para la transmisión de información de control digital de una estación fija a una estación móvil.
- **Canal de Voz:** En bs sistemas DYNA TAC, es el canal en el cual se pueden enviar mensajes digitales breves desde una estación fija a una estación móvil o desde una estación móvil a una estación fija. Canal utilizado para enviar una conversación de voz o mensajes digitales breves entre una BTS y una estación móvil. (Motorola 1995, p.261).
- **Celda:** Área de cobertura de un sistema radio telefónico que se obtiene de la operación de una estación base que consta de un solo grupo de multicanales. Este término también se puede utilizar para describir los

equipos que componen la estación base que presta servicio a esta área.

(www.celumovil.com/html/glosario.html).

- Cuadro de Datos: 1) Conjunto de intervalos de tiempo consecutivos de modulación de pulsos codificados (PCM) que contienen muestras de todos los canales de un grupo, donde la posición de cada muestra se identifica mediante una señal de alineación del cuadro de datos. 2) Estructura de información o de señal que permite a un receptor identificar de manera única un canal de información. (Motorola. 1995, p.96).
- DAC (Dígital to Analog Converter): Convertidor digital/analógico. Dispositivo que convierte una secuencia de números de entrada en una función de una variable continua. (Tocci 1996, p.647).
- Decibel (db): Unidad logaritmica de medición utilizada para comparar dos niveles de potencia de referencia, es denotado Pr. También se utiliza para indicar niveles de potencia absolutos agregando una tercera letra de notación, dado esto puede decirse que si el nivel de potencia es de 1 miliWatt, la potencia se expresa en decibeles por encima de 1 mW (dbm). (Stremmer 1993, p.698).
- Digital: Las tecnologías digitales toman las señales analógicas (como la voz humana) y la traducen a códigos (números) que pueden ser transmitidos a alta velocidad y después reconvertirlos a una señal análoga.
- Duplexor: Dispositivo que habilita la transmisión y la recepción en la misma antena. (Motorola 1997, p.26).

- DYNA TAC: Marca comercial registrada de Motorola que se utiliza para describir el sistema de comunicaciones radiotelefónicas celulares de Motorola que proporciona cobertura dinámica y adaptativa total de áreas. Es un sistema de comunicaciones radiotelefónicas para estaciones portátiles y móviles totalmente automático, de área, ancha y alta capacidad que ofrece características y servicios similares a los de la red telefónica pública por cable. (Motorola 1995, p.80).
- ESN (Equipment Serial Number): Número serial del equipo. Es la cédula del teléfono y el número generalmente se encuentra al respaldo del equipo o a través de la programación.
- Estación Base: Es el elemento que lleva la señal desde el Centro de Conmutación Móvil (CCM) hasta el abonado celular y viceversa tiene como elementos básicos las antenas de transmisión/recepción, los radios, etc. La estación base sirve de enlace entre el abonado celular y la CCM para poder establecer una óptima comunicación.
- Estación Móvil: Es el elemento con el cual el común de las personas puede llegar a familiarizarse. Mejor conocida como Teléfono Celular, que no es más que el terminal que brinda la posibilidad de establecer una llamada.
- Handoff: Es la transferencia de llamadas entre celdas.
- NAM: Espacio en la memoria del teléfono en donde se programa el número celular asignado. Capacidad que tiene el equipo celular para poder programarle más de un número celular, como en el caso del Roaming.

- Operadores: Compañías que tienen la licencia para, ofrecer el servicio celular.
- Red: Serie de celdas conectadas por circuitos de comunicación.
- RF (Radio Frequency): Radio frecuencia. Término aplicado a la transmisión de información radiada electromagnéticamente de un punto a otro, utilizando frecuentemente aire o el espacio vacío como medio de transmisión. Frecuencia de onda electromagnética intermedia entre las frecuencias de audio y las frecuencias infrarrojas utilizadas en las transmisiones de radio y televisión. (Motorola 1995, p.191).
- Señalización: Intercambio de información eléctrica, (distinta a la producida por la voz) que se encarga específicamente del establecimiento y control de la conexión y de la supervisión de la administración en una red de comunicaciones. (Motorola 1995, p.214).
- Tráfico: Volumen de llamadas telefónicas que pasan a través de una central telefónica o de otra instalación durante un período especificado. (Motorola 1995, p.250).

D. SISTEMA DE VARIABLES.

Definición conceptual y operacional.

Sistema Celular Analógico, es aquel sistema radiotelefónico de alta capacidad y amplia cobertura compuesto por un grupo de áreas de cobertura de RF denominadas celdas. A medida que un abonado se desplaza de una celda a otra, una serie de transferencias totales mantiene la continuidad de la

llamada sin perturbaciones. (Motorola 1995, p.42), operacionalmente es aquel que permite comunicarnos desde cualquier punto dentro del área de cobertura sin ofrecernos una cantidad de servicios sino una comunicación estable, esta variable es medida a través de las dimensiones e indicadores siguientes:

Variable	Dimensiones	Indicadores
Sistema celular Analógico	<ul style="list-style-type: none"> • Características, estructuras del Sistema. • Funcionamiento de los componentes del Sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estación base. • Estación móvil. • Celda. • Repetidora.
	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia en un Sistema Celular Analógico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Banda. • Radio Frecuencia (RF).

Tecnología AMPS/NAMPS, Advanced Mobile Phone Systems/NarrowBand Advanced Mobile Phone Systems. Servicio Telefónico Móvil Avanzado/ Servicio Telefónico Móvil Avanzado de Banda Estrecha. AMPS, sigla oficial del primer sistema comercial celular, sistema celular analógico de banda ancha con separación de 30 KHz entre portadoras. (Motorola 1995, pp.15,1570), AMPS es un estándar análogo que consiste en la sectorización de una zona en varias celdas, este estándar utiliza el esquema de multiplexión FDMA, es decir la tecnología utilizada para compartir un mismo

espectro, en cual a cada usuario se le asigna un canal de transmisión; Para sistemas AMPS 30 KHz y para sistemas NAMPS (Banda estrecha) 10 KHz. AMPS utiliza modulación en FM para la transmisión de voz y modulación FSK para la señalización. (Galiano 1999, p.2), NAMPS proporciona canales celulares, disminuyendo el tamaño de cada canal AMPS de 30 KHz a 10 KHz, triplicando así la capacidad de AMPS. Adicionalmente se ha definido un protocolo extendido de interfaz de aire. Este protocolo permite el transporte de la información sobre búsqueda a las unidades de abonado NAMPS. (Motorola 1995, p.157), operacionalmente es la tecnología que permitirá conocer las funciones y las características de los sistemas celulares la planificación de frecuencias celular para las tecnologías posteriores, esta variable es medida a través de las dimensiones e indicadores siguientes:

Variable	Dimensiones	Indicadores
Tecnología AMPS/NAMPS.	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología AMPS/NAMPS 	<ul style="list-style-type: none"> • Planes y estudio de frecuencia. • Establecimiento de parámetros mediante el método de Okumura.