

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL**

Facultad de Ingeniería Eléctrica

**"Estudio de un Sistema Celular de Radio-Teléfono para
La Provincia del Guayas"**

Tesis de Grado

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

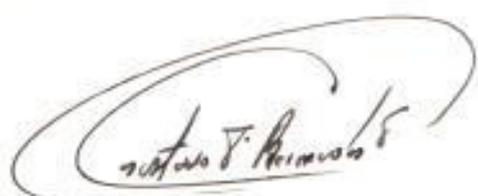
Especialización: **Electrónica**

Presentada por:

León Efraín Vieira Herrera

Guayaquil - Ecuador

1987



ING. GUSTAVO BERMUDEZ F.
SUBDECANO
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA



ING. JAIME SANTORO D.
DIRECTOR DE TESIS



ING. PEDRO CARLO P.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. CESAR YEPEZ
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que hicieron posible que arribara a esta meta y en especial al Ing. JAIME SANTORO D., por su invalorable contribución en la dirección de la tesis.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

SUSANA Y LEON, quienes con su ejemplo diario me sirvieron de guías.

A MIS HERMANOS:

MARA Y GANDHI, con fe en su sacrificio y superación.

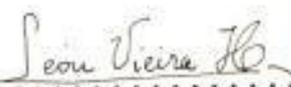
A ISABEL:

Compañera de estos últimos años.

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).


.....
LEON EFRAIN VIEIRA HERRERA

R E S U M E N

Consciente que las telecomunicaciones juegan un papel importante y vital tanto en los países industrializados, como en los en vías de desarrollo, y considerando que es necesario e imprescindible un estudio pormenorizado de los distintos sistemas que a la luz de los descubrimientos en el área de la electrónica como en los circuitos digitales, pueden ser aprovechados para nuestro país, me he propuesto a realizar esta tesis, que es el estudio sobre un sistema de radio-telefonía, referida especialmente al sistema llamado de tipo "celular".

En el primer capítulo se realiza una investigación de lo que significa el término "celular" dentro de un sistema telefónico móvil, recalcando cuales son sus diferencias con un sistema telefónico móvil general.

En el capítulo dos, se realiza un estudio del sistema celular utilizado en los Estados Unidos (en el área de Chicago), el llamado AMPS, Sistema avanzado de Telefonía Móvil, utilizado en un rango de 800 a 900 MHz.

En el capítulo tres, se realiza en cambio, un análisis de lo que representa la estructura de la banda C (450 MHz) y especialmente la interconexión necesaria entre la red telefónica móvil y la red telefónica terrestre.

En los capítulos cuatro y cinco, se realiza un estudio detallado de las estaciones base y estaciones móviles respectivamente; tomando como referencia equipo Siemens, utilizado en la República Federal Alemana. En estos dos capítulos se realiza un análisis de las unidades que integran las estaciones base como a las estaciones móviles.

El capítulo seis, se refiere a las funciones del sistema de control y se trata todo lo referente a la conmutación de radio y a los parámetros de enlace de radio.

Finalmente, el último capítulo se utilizan todos los conocimientos en los puntos precedentes para la aplicación de un sistema de RADIO-TELEFONO-CELULAR para la provincia del Guayas o sea la realización de una distribución celular para toda la provincia y la debida optimización en la localización de las estaciones-base para que el sistema funcione correctamente, así mismo se realizan los cálculos correspondientes en relación a la potencia que debe ser suministrada por las estaciones base.

INDICE GENERAL

| | Pág. |
|---|------|
| RESUMEN | 6 |
| INDICE GENERAL | 8 |
| INDICE DE FIGURAS | 15 |
| INDICE DE TABLAS | 19 |
| INTRODUCCION | 20 |
| I. CAPITULO | 34 |
| EL CONCEPTO CELULAR | 34 |
| 1.1 Introducción al concepto celular | 34 |
| 1.2 Elementos básicos del concepto celular | 35 |
| 1.2.1 Utilización de la frecuencia de | |
| reuso. | 35 |
| 1.2.2 División de la celda celular . | 37 |
| 1.2.3 Propiedades de la Geometría Ce- | |
| lular y sus fundamentos. | 41 |
| II. CAPITULO | 66 |
| EL SISTEMA TELEFONICO MOVIL AVANZADO DE LA | |
| BELL TELEFONICA, COMO UNA REALIZACION PRAC- | |
| TICA DEL CONCEPTO CELULAR (AMPS). | 56 |
| 2.1 Historia del Sistema AMPS | 56 |
| 2.2 Diseño y configuración del sistema AMPS | 56 |
| 2.2.1 Tamaño y configuración por gru- | |
| pos de las celdas en el sistema | |
| AMP. | 56 |

| | Pág. |
|---|------|
| 2.2.2 Localización de las celdas omni direccionales y direccionales.. | 59 |
| 2.2.3 Descripción funcional de la ope ración del sistema AMPS. | 62 |
| 2.2.3.1 Máximo y mínimo radio de las celdas. Antenas en el AMPS. | 67 |
| 2.2.4 Proceso de recepción y _cortes- tación de datos. | 78 |
| 2.2.4.1 Proceso de conmutación | 80 |
| 2.2.4.2 Limitaciones sobre las emisiones. | 88 |
| 2.2.5 Estaciones base | 94 |
| 2.2.6 Estaciones móviles | 95 |
| 2.2.7 Transmisores y receptores móvi- les. Procesamiento de la llama da móvil. | 97 |
| 2.2.8 Reducción de la interferencia de canal adyacente. | 99 |
| 2.2.9 Formato de las señales | 106 |
| 2.2.9.1 Canal de control inver so y canal de voz in- verso. | 106 |
| 2.2.9.2 Canal de control direc to y canal de voz di- recto. | 108 |

| | Pág. |
|--|------|
| 2.2.9.3 Control de mensaje en la estación móvil. .. | 111 |
| III. CAPITULO | 113 |
| ESTRUCTURA DE LA BANDA "C" | 113 |
| 3.1 Diferencia con otras bandas de trabajo | 117 |
| 3.2 Investigaciones de tráfico en la red C | 119 |
| 3.2.1 Capacidad de control | 122 |
| 3.2.2 Capacidad de la transmisión .. | 123 |
| 3.2.3 Dimensionamiento de los grupos de canal de tráfico. | 124 |
| 3.2.4 Capacidad de tráfico del canal de control. | 130 |
| 3.3 Nuevas características de operación en la red C. | 134 |
| 3.4 Sistemas de ajuste de la llamada y de archivo de datos. | 138 |
| 3.5 Organización del canal | 142 |
| IV. CAPITULO | 146 |
| LA ESTACION BASE EN LA TELEFONIA CELULAR A TRAVES DE LA BANDA "C". | 146 |
| 4.1 Introduucción | 146 |
| 4.2 Diagrama de bloques de una estación ba se. | 148 |
| 4.3 Funcionamiento de sus equipos | 148 |
| 4.3.1 Radio Modem | 148 |

| | Pág. |
|--|------|
| terísticas principales de una estación móvil. | 176 |
| 5.3.1 Diseño de la Unidad transceptora. | 178 |
| 5.3.1.1 Sección de radio | 178 |
| 5.3.1.2 Controlador | 180 |
| 5.3.1.3 Fuente de alimentación | 181 |
| 5.3.2 Diseño del microteléfono | 184 |
| 5.4 Perspectivas | 186 |
| VI. CAPITULO | 190 |
| FUNCIONES DEL SISTEMA DE CONTROL | 190 |
| 6.1 Parámetros de enlace de radio | 190 |
| 6.2 Principio de conmutación de radio ... | 192 |
| 6.3 Manejo celular | 195 |
| 6.4 Detección de errores en las centrales móviles. | 198 |
| 6.5 Señalización digital | 199 |
| 6.6 Función del canal de control | 201 |
| 6.6.1 Asignación del canal de voz por criterio del radio. | 209 |
| 6.6.2 Control digital de enlace entre las estaciones base y las estaciones móviles. | 210 |
| 6.6.3 Tipos de procedimientos para la optimización de la localización | |

| | Pág. |
|---|------|
| de las celdas en condición de llamada. | 211 |
| 6.6.4 Supervisión durante una conexión. | 214 |
| VII, CAPITULO | 217 |
| SISTEMA CELULAR DE RADIOTELEFONIA EN LA BAN- DA "C" PARA LA PROVINCIA DEL GUAYAS. | 217 |
| 7.1 Tipos de interferencias | 217 |
| 7.2 Asignación de radio-canales | 220 |
| 7.2.1 Distancia mínima para utilizar frecuencias en el mismo canal y control de canales. | 222 |
| 7.3 Distribución de las celdas utilizando geometría celular para la Provincia del Guayas. | 224 |
| 7.3.1 Distribución del área a ser cu- bierta por sectores. | 224 |
| 7.4 Localización óptima de las estaciones base. | 225 |
| 7.4.1 Distribución del área a ser cu- bierta con referencia a su res- pectiva estación base. | 225 |
| 7.4.2 Esquema de las localidades a ser servidas desde las estaciones base. | 228 |

| | Pág. |
|---|---------|
| 7.5 Relación señal/ruido e intensidad de campo. | 232 |
| 7.6 Asignación de frecuencias para el sistema celular. | 233 |
| 7.6.1 Distribución de radio-canales. | 235 |
| 7.7 Cálculos | 237 |
| 7.7.1 De potencia de transmisión .. | 237 |
| 7.7.2 De interferencias y radio de cobertura. | 239 |
| 7.7.3 La orografía del terreno y la vegetación. | 243 |
| 7.7.4 Altura de antena de las estaciones móviles. | 248 |
| 7.7.5 Despolarización y degradación. | 250 |
| 7.7.6 Expresión general para el cálculo de la potencia y cálculo de potencia en las estaciones base. | 254 |
| 7.8 Jerarquía del sistema y su futura posible operación. | 264 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 269 |
| APENDICE | 271 |
| BIBLIOGRAFIA | 275 |

INTRODUCCION

1. BREVE HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES MOVILES.-

La comunicación con puntos no fijos sobre el horizonte, con el uso de alambres fue iniciado conjuntamente con la invención de la radio a finales de los años 1.800 y su desarrollo posterior a comienzos de los años 1.900.

Los primeros usos de este tipo de comunicación se los realizó en el mar como una ayuda para la radionavegación. Es por ello que años más tarde el uso de radio móviles (como se las conoce actualmente) tuvo un crecimiento bastante rápido. En los presentes días se lo usa para comunicaciones no sólo con barcos sino también en vehículos, automóviles, aviones y en equipos portátiles.

La necesidad de expansión y el rápido crecimiento con llevaron el surgimiento de un nuevo sistema móvil de onda portadora común para uso público, el Servicio Móvil Avanzado de Telefonía Móvil (AMPS), a

través de este sistema se pudo mejorar la capacidad de tráfico, dividiendo las áreas de servicio en pequeñas celdas de radio simétrico y lo más importante, se pudo utilizar un mismo espectro de radio.

Pero el primer uso significativo de un radio móvil se remonta al año 1921 en Detroit (EE.UU), donde la policía de dicho departamento lo utiliza en el interior de un vehículo. Este sistema operaba a una frecuencia de 2 Mhz, utilizando canales en bandas de bajas frecuencias.

A partir de 1.940 fueron utilizadas nuevas frecuencias entre los 30 y 40 Mhz, con ello se tuvo un natural desarrollo de la modulación de frecuencia produciéndose un mejoramiento de la recepción en casos cuando se presentaba un debilitamiento de la señal o se tenía la presencia de ruido eléctrico o ruido atmosférico.

A mediados de los 40 el sistema de telefonía móvil fue utilizado en sistemas públicos de correspondencia. El primero de estos sistemas públicos de correspondencia en 1.946 para servicio en la ciudad de San Luis (EE.UU), contaba con la utilización de tres canales cerca de los 150 Mhz. Este sistema fue conocido como un sistema urbano.

Por dichos años, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC), propuso seis canales espaciados en 60 KHz pero el equipo no era totalmente sofisticado para prevenir la interferencia producida por canal adyacente, cuando se lo utilizaba en una misma área, por ello que la FCC ha ido variando dicha asignación a través de los años como lo veremos más adelante.

TABLA I

HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES MOVILES CON RELACION A LOS SERVICIOS DE LA ONDA PORTADORA COMUN

| | SERVICIOS QUE OFRECE |
|---|---|
| Bell telefónica Sistema para 40 Mhz de ancho de banda | 1947 Sistema móvil de alta vía 35 Mhz. |
| | 1956 Primer servicio manual a 450 Mhz. |
| Bell telefónica Sistema propuesto para un ancho de banda de 75 Mhz hasta 800Mhz. | 1958 |
| | 1964 Primer servicio automático a los 150 Mhz. MJ |
| | 1969 Primer servicio automático a los 450 Mhz. MK |
| Asignación de onda portadora común 75 Mhz (de prueba) | 1970 |
| 40 Mhz (estable) | 1974 |
| Abierto para alguna portadora común | 1975 |
| Desarrollo del Sistema AMPS (850 Mhz) | 1978 |

El sistema urbano y el sistema rural empleaban la ac

ción de presionar para hablar (algo que nos es muy familiar por el uso del teléfono ordinario) y estuvieron severamente limitados en el número de canales aprovechables.

Alrededor de 1955 el número de canales aprovechables en los 150 Mhz fue expandido de 6 a 11 por la creación de nuevos canales entre algunos usados (por ejemplo canales espaciados de 30 Khz). El año 1956 vio la adición de doce canales cerca de los 450 Mhz y la instalación del primer sistema en este rango de frecuencia. Todos los sistemas operaban en el modo manual con cada llamada para o de solo una unidad móvil manejado por un operador especial móvil. En 1964 un nuevo sistema llamado el MJ fue desarrollado e instalado para desarrollar la eficiencia y para reducir los costos. Este sistema operaba a 150 Mhz y suministraba selección de canal automático para cada llamada, eliminando la necesidad de presionar para hablar. Muchos de estos sistemas instalados alrededor de los años 1964 son automáticos y algunos de ellos reemplazaron a los sistemas manuales que les precedieron.

En 1969 la capacidad automática fue expandida a los 450 Mhz.

En la actualidad el servicio telefónico móvil requiere una simple estación transmisora en tierra posicionada en una alta elevación para que recepte niveles de señales en unidades móviles substancialmente mejores que el ruido ambiental a lo largo de la mayor parte del área a cubrir. Para cada canal la potencia de salida del transmisor de tierra es típicamente de 200 a 250 vatios y la ganancia de la antena de transmisión es algunas veces usada para elevar la potencia efectiva a 500 vatios. Este sistema asegura cubrir entre 20 o 25 millas desde el lugar de transmisión. Aunque el nivel de la señal puede ser pobre más allá de las 25 millas, y es fijo que interfiere significativamente con otras comunicaciones móviles dentro de la misma frecuencia en un área de 60 a 100 millas de el transmisor de tierra.

Consecuentemente dos transmisores de tierra separados en un espacio demasiado reducido no deben usar el mismo canal de frecuencia.

Si transmisores de tierra sobre la misma frecuencia están bastante alejados cada unidad móvil puede servir alrededor de las 20 millas únicamente con una interferencia pequeña.

El costo en la actualidad del servicio móvil puede ser reducido substancialmente, el primer factor que impide la extensión del servicio móvil es la inaprovechabilidad del espectro. Nuevos abonados no pueden ser acomodados en muchas áreas porque sólo una pequeña docena de canales son aprovechables para el servicio móvil actual y éstos están divididos dentro de diversas bandas de frecuencia y partidos a través de diferentes clases de servicios de su portadora.

Alrededor de 1949 se utiliza la onda portadora conocida como Radio Común de onda Portadora (RCC Radio Common Carriers). Las compañías que no proveen un servicio público telefónico de línea alámbrica, tienen que proporcionar canales separados para suministrar el mismo tipo de servicio móvil como el que da la línea alámbrica de la onda portadora común. Con respecto al mismo número de canales aprovechables, ellos sirven más o menos al mismo número de clientes. La Tabla muestra el número de canales aprovechables para cada tipo de portadora y el número de unidades móviles de dos vías.

Compare el número (aproximadamente 143000) de RCC y clientes de onda portadora común de línea alámbrica con el estimado de 16 millones o más de unidades pri

vadas no utilizadas para ondas portadoras comunes.
La razón es alrededor de 1:110.

A partir de 1946, la Bell Telefónica planea tener un sistema a gran escala para satisfacer las demandas de los abonados. En 1947 en conexión con la FCC Docket 8658, el Sistema Bell solicita más de 12 canales para usarlos inmediatamente de la misma manera como los 6 admitidos para servicio urbano. Igualmente requiere el suficiente ancho de banda para 150 canales de dos vías, los mismos que provienen de bloques grandes de canales que pueden ser reunidos para conseguir una eficiencia de espectro y ventajas en la capacidad.

TABLA II

ASIGNACION DE CANALES, NUMERO DE UNIDADES MOVILES Y NUMERO DE SISTEMAS

| ONDA PORTADORA COMUN DE LINEA ALAMBRICA | | | | | |
|---|-------|----------------|-------|---------------------------|-----------------------------|
| | BELL | INDEPENDIENTES | TOTAL | CON ONDA PORTADORA COMUN. | TOTAL |
| Número de canales de dos vías | 23 | 23 | 23 | 21 | 54 |
| Asignación de MHZ | 1.38 | 1.38 | 1.38 | 1.12 | 2.5 |
| Número de unidades móviles a diciembre 1.977. | 44500 | 182000 | 62700 | 80000 | 143000 (aproximadamente) |
| Número de sistemas Diciembre de 1977 | 635 | 716 | 1351 | 1375 | 2726 |

En 1949 System Bell propuso la presentación de un plan más maduro para un sistema de banda ancha, el cual fue definido en conexión con la FCC Docket 8976, en 1958, Sistemas Bell nuevamente propuso un sistema de banda amplio, esta vez para un ancho de banda de 75 Mhz (con un nuevo requerimiento estimado de espectro, localizado en los 800Mhz).

Después considerando la presión general para más radio comunicaciones, en 1966 la FCC estrenó el Docket 18262, específicamente direccionada para aliviar requerimientos en cuanto a frecuencias para uso móvil. En 1970 la FCC decide tentativamente asignar 75 MHz para onda portadora común de línea alámbrica y 40 Mhz para servicios suplementarios privados. En 1974 la FCC realiza una asignación fija: 40 Mhz para onda portadora de línea alámbrica y 30 Mhz, para servicios suplementarios privados. El resto de los 115 Mhz se los reservó para necesidades futuras.

En julio de 1975, la Illinois Bell Telephone solicitó la autorización a la FCC para instalar y probar un sistema desarrollado en Chicago.

En los primeros meses de 1982 existían dos sistemas de radio móvil celular en los Estados Unidos, el uno

de la AT & T (Comp. Americana Telephone and Telegraph) que se encontraba realizando las pruebas necesarias y es el llamado Servicio Móvil Avanzado (AMPS) (hoy en operación), dentro del área de Chicago, el mismo que constaba de diez celdas experimentales que se encontraban sirviendo a aproximadamente 2000 abonados. En octubre de 1982 la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, por sus siglas en inglés) autorizó a la AT & T para la construcción de un sistema comercial en Chicago.

El otro sistema experimental que se lleva a cabo en los Estados Unidos es conducido por el Servicio Telefónico de Radio Americano (ARTS) en el área de Baltimore/Washington y además en el área del Norte de Virginia. Este sistema utiliza equipo diseñado por Motorola, está siendo probado y se esperan resultados satisfactorios en su uso, tanto para equipos móviles como para equipos portátiles (mientras el sistema AMPS está limitado para equipo móvil).

En Japón un sistema de radio celular a 900 Mhz consistente de 13 celdas entró en operación en el área metropolitana de Tokio en diciembre de 1979 NEC suministrador del sistema japonés, tiene también sistemas en operación en Australia y México City. L/M. Ericsson, fabricante del equipo radio celular sueco,

tiene más de 5000 unidades móviles en servicio en Suecia y alrededor de 10.000 unidades en otras ciudades escandinavas (hasta 1982 tenía 50 celdas en operación).

El Departamento Canadiense de Comunicaciones comenzó a otorgar licencias a sus abonados a partir de 1983. Distinto de otros sistemas externos, el sistema canadiense puede ser compatible con radios móviles celulares de los Estados Unidos.

En los actuales días, cada nueva frecuencia de operación requiere dos cristales de cuarzo y una posición sobre el switch selector de canal. La solución vino cuando se hizo posible la construcción a bajo costo de un sintetizador de frecuencia que pudo fijar un gran número de frecuencias pero que requiere sólo un pequeño número de cristales de cuarzo.

El concepto celular y la realización de pequeñas celdas con espectros que se vuelven a usar puede incrementar la capacidad de tráfico substancialmente.

Acorde con el concepto celular un área de servicio deseada es dividida dentro de regiones llamadas celdas, cada cual tiene un equipo de radio terrestre para transmisión hacia o desde unidades móviles dentro

de la celda. Años después descubrieron que si los canales aprovechables estaban distribuidos alrededor de pequeñas celdas, la capacidad de tráfico podría ser mayor. Así un sistema que necesita una capacidad relativamente pequeña podría usar celdas grandes y necesariamente para conseguir capacidad mayor, éstas celdas deberían subdividirse en celdas más pequeñas. Cada canal de frecuencia puede ser usado para algunas conversaciones independientes dentro de algunas celdas, las cuales se encuentran bastante espaciadas la una con respecto a la otra para evitar la interferencia-indebida. Localización y condición de llamada son conceptos que vienen directamente con el uso de pequeñas celdas.

La acción de transferir de un canal a otro es llamado handoff.

Localización es un proceso para determinar el punto de vista de la calidad de la señal y el potencial de interferencia para transferir una conexión activa entre una unidad móvil y un equipo terrestre transmisor/receptor. El proceso vincula probar si la señal de una unidad móvil requiere la transferencia de un canal de voz hacia otro.

De esta manera una unidad móvil podría muchas veces moverse dentro de los límites de una celda que a su vez se encuentra dentro de otra más grande siendo esto deseable para transferir la conexión a una nueva celda apropiada. Este sistema usa antenas omnidireccionales, cuando las celdas son grandes. Cuando en cambio las celdas son pequeñas antenas direccionales dividen cada celda en tres sectores, cada uno abastecido por una antena direccionada apropiadamente para cada localización de la celda. Este arreglo beneficioso reduce la cantidad de interferencia por co-canal e incrementa la capacidad del sistema.

El sistema básico móvil en la actualidad requiere de una gran capacidad de abonados. De un eficiente uso del espectro, de una adaptabilidad para la densidad de tráfico, de un servicio eficiente tanto para vehículos como para portátiles.

La Figura 1 muestra la estructura básica de un sistema móvil, el área de servicio a ser cubierta está dividida dentro de un número apropiado de celdas. Cada celda tiene un equipo de radio y controles asociados que pueden efectuar la conexión de una unidad móvil localizada en dicha celda. Las celdas se encuentran interconectadas y son controladas por una oficina de conmutación de Telecomunicaciones móviles

(MTSO Mobile Telephone Switching Office). El MTSO es básicamente una oficina de conmutación telefónica con capacidad substancial para control de software. Se encuentra conectada a la red telefónica y también provee los principios para realizar el mantenimiento, las pruebas y para registrar las llamadas.

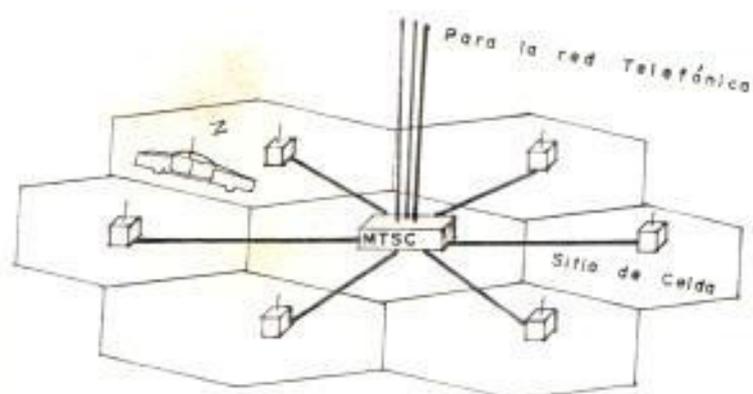


FIGURA 1.- DIAGRAMA CELULAR

Para los abonados del servicio móvil se ofrecen los siguientes servicios que pueden ser aprovechados.

- i) Llamada en tres vías, permite utilizar un teléfo

no conectado hacia otro para llamar hacia un tercer abonado, para conmutar hacia atrás o hacia adelante entre las conexiones, para puntear ambas conexiones deseadas, para conectar los dos abonados para que la conversación continúe y luego desconectarlas. En el futuro un abonado móvil puede por ejemplo transferir una conexión a cualquier otra parte.

- ii) "Call Waiting" Llamadas en espera; suministra una señal para alertar al abonado móvil el ingreso de una llamada, mientras una conversación está en proceso.

- iii) Velocidad de llamada; permite a un abonado originar una llamada presionando simplemente uno o dos botones.

CAPITULO I

EL CONCEPTO CELULAR

1.1 INTRODUCCION AL CONCEPTO CELULAR.-

El radio móvil celular difiere de los diseños previos de radio móvil en dos áreas críticas: en la frecuencia de reuso y la división de la celda. Con los sistemas móviles de radio convencionales, el objetivo es tener una estación base fija cubriendo la mayor parte del área posible para usar antenas montadas en altas torres y el máximo de potencia permisible. Cada estación base es asignada a un grupo de canales desarticulados y la configuración del sistema no cambia para el tiempo de vida del sistema.

Con sistemas celulares, la potencia irradiada para las estaciones bases, es mantenida a un mínimo y las antenas son colocadas bastante altas para conseguir cubrir toda el área deseada. Este procedimiento habilita celdas no adyacentes para utilizar la misma gama de frecuencias, la cual es precisamente la fre

cuencia de reuso mencionada anteriormente.

1.2 ELEMENTOS BASICOS DEL CONCEPTO CELULAR.-

Dos son los elementos básicos del concepto celular: la frecuencia de reuso que se refiere al uso de radio canales sobre la misma frecuencia de onda portadora cubriendo diferentes áreas de las cuales se encuentran separadas las unas con respecto a las otras por una distancia bastante considerable produciendo que la interferencia por co-canal no sea inconveniente. La frecuencia de reuso es empleada no solamente en los actuales días en el servicio móvil telefónico sino que se la usa también dentro de la radiodifusión y otros servicios de radio.

1.2.1 Reutilización de frecuencia.-

La idea de emplear el reuso de frecuencia dentro del servicio móvil telefónico sobre una escala geográfica indirecta es el concepto celular. En lugar de cubrir un área entera local desde un transmisor situado en tierra que tiene alta potencia y una alta elevación, el servicio puede proporcionar transmisores distribuidos de una potencia moderada

posicionadas en el área a cubrirse. Cada terreno entonces primariamente cubre alguna subárea o zona o celda. Una celda entendida de esta manera significa el área en el cual un transmisor particular se encuentra localizado y dicha área es el lugar más idóneo a ser utilizado para las llamadas móviles telefónicas.

La Figura 2 es un bosquejo de un mapa celular o layout (diagrama de colocación). En principio, el espacio de la localización de los transmisores no necesariamente debe ser regular y las celdas no necesariamente tienen una figura particular. Las celdas han sido marcadas con diferentes letras para distinguir las diferentes series de canales de frecuencia para evitar problemas de interferencia. Una celda por lo tanto, tiene una significancia adicional que es el área en el cual una serie de canales particulares son los más idóneos para ser usados en las llamadas telefónicas móviles. Celdas suficientemente lejanas como por ejemplo se encuentran las celdas A1 y A2, deben usar el mismo grupo de canales.

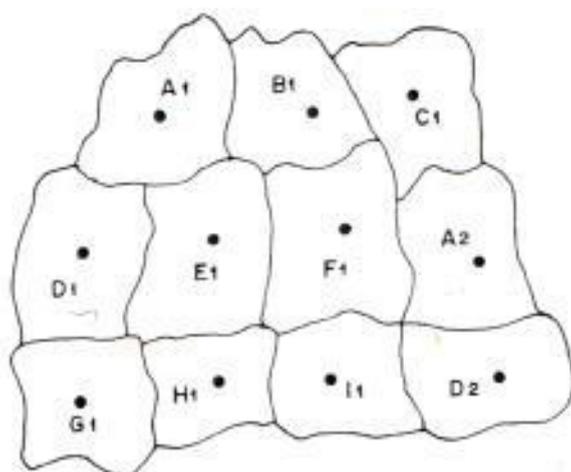


FIGURA 2.- Q1: CADA CELDA USA UN GRUPO DE CANALES Q.

• : LOCALIZACION DEL TRANSMISOR

A través del reuso de frecuencia en un sistema celular móvil telefónico dentro del área a cubrirse puede entregarse un número simultáneo de llamadas excedentemente mayor al número total de canales de frecuencia asignados. Al multiplicar la capacidad del sistema con el excedente de llamadas simultáneas el número de canales aprovechables influye sobre otros diversos factores, particularmente sobre el número total de celdas.

1.2.2 División de la celda celular.-

Si la asignación total de los canales C son divididos dentro de N grupos, entonces cada grupo podría contener normalmente $S = C/N$ canales. Si un grupo de canales es usado en cada celda, eventualmente la demanda de tráfico telefónico en alguna celda podría alcanzar la capacidad de los canales S de las celdas. Crecimientos futuros en el tráfico dentro de la celda podrían requerir una revisión de los límites de la celda. Para que el área observada anteriormente como una simple celda pueda ahora contener algunas celdas y utilizar todos los canales complementarios de las mismas. El proceso llamado división de la celda llena esta necesidad.

La Figura 3, muestra una etapa inicial de el proceso de división de la celda, en el cual la celda originalmente designada $F1$ en la Fig. 2, su capacidad ha sido extendida. El área previamente tratada como celda $F1$ ahora contiene las celdas $H3$, $I3$, $B6$ y $C6$. Si la demanda dentro del área continúa creciendo, otras celdas más grandes podrían ser divididas y eventualmente como la Figura 4, la región entera podría ser convertida en pequeñas celdas.

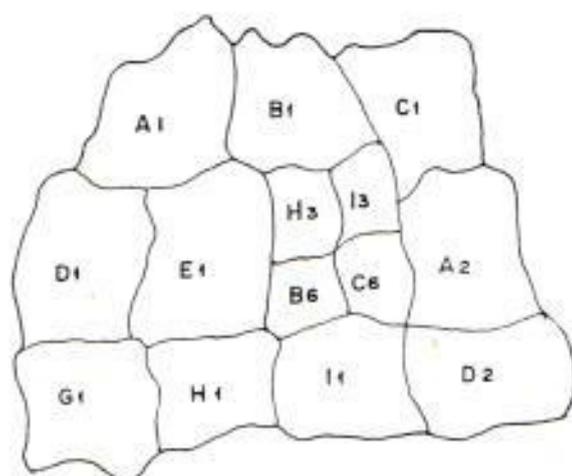


FIGURA 3.- ILUSTRACION DEL DIAGRAMA DE COLOCACION CELULAR EN LA DIVISION DE LA CELDA. ETAPA INICIAL.

En la práctica la división de una celda es menos abrupta de lo que las ilustraciones nos muestran y a veces es suficiente imponer una o dos celdas pequeñas dentro de una celda grande. Aunque debido a la demanda, celdas grandes pueden posteriormente desaparecer cuando todo el territorio haya sido cubierto con celdas pequeñas.

En las Figuras 2, 3, 4 se muestra una progresión desde una etapa inicial. La Figura 2 en la cual cada canal asignado es aprovechado dentro del tramo de región de las celdas A1

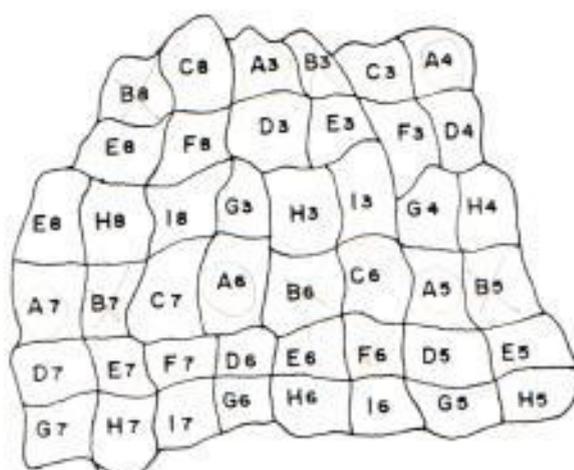


FIGURA 4.- ETAPA FINAL DEL DIAGRAMA DE COLOCACION CELULAR, EN LA DIVISION DE LA CELDA.

hasta 11, en etapas posteriores como se muestra en la Figura 4 llamada etapa posterior, se observa que cada canal es aprovechado en cuatro diferentes celdas dentro de una misma región.

Las etapas sucesivas de división de la celda podrían en el futuro multiplicar el número de propagaciones de voz (voicepaths) y por ejemplo el número total de llamadas telefónicas móviles posibles dentro de una misma región podrían ser aumentadas. Para distribuir el área de cada celda, la división de la celda permite que el sistema se ajuste a un crecimiento

to espacial en la demanda de la densidad de tráfico (llamadas simultáneas por milla cuadrada) sin algún incremento en la asignación del espectro.

Las técnicas de reuso de frecuencia y división de la celda permiten al sistema celular satisfacer los objetivos más importantes de servicio a un gran número de abonados dentro de una red; mientras usan una asignación relativamente pequeña de espectro. La división de la celda también ayuda a satisfacer el objetivo de equiparar la densidad espacial de canales aprovechables en relación a la densidad espacial de la demanda por dichos canales, puesto que en áreas con baja demanda pueden ser utilizadas celdas grandes y al mismo tiempo que en áreas con alta demanda pueden ser utilizadas celdas pequeñas.

1.2.3 Propiedades de la Geometría Celular y sus fundamentos.-

El significado principal de definir las celdas en un sistema móvil telefónico es para delinear áreas en las cuales cualquiera de

los canales especificados o la localización de celdas puede ser usado sin preferencia, si ello no es necesario. Un grado razonable de confinamiento geográfico del canal usado, es necesario para prevenir los problemas que representa la interferencia por co-canal. Habiendo definido un patrón celular dentro del concepto, el sistema trata de conseguir que dicho patrón se mantenga en la práctica, ya sea en lo que se refiere a la posición de los transmisores en tierra, como al diseño de la ganancia azimutal en la localización de las antenas, y también de la selección durante cualquier llamada de una localización adecuada para realizarla.

El espacio irregular de los transmisores en tierra y la figura amorfa de las celdas mostradas en las Figuras 2, 3, 4 puede ser aceptable en un sistema donde la configuración inicial incluido la selección de la localización de los transmisores y la asignación de los canales para las celdas, puede ser indefinida.

En la práctica, la ausencia de una estructu-

ra geométrica ordenada en un patrón celular adaptado al crecimiento de tráfico podría resultar más bien incómodo que necesario.

Otro de los efectos negativos de no tener una estructura geométrica ordenada para la celda patrón es el uso ineficiente del espectro, y nada económico empleo del equipo. Una gran cantidad de improvisación, empleo de ingeniería de radio, transmisión, conmutación y facilidades de control deben ser requeridos repetidamente en el curso del crecimiento del sistema celular telefónico móvil.

Con la evolución del concepto del sistema celular ha producido que se visualice que todas las celdas deban tener una misma figura, lo que ayuda a sistematizar el diseño y el diagrama de colocación de los sistemas celulares. Una celda es vista como el área cubierta de una localización particular en tierra. Si el servicio móvil actual usa para transmitir antenas omnidireccionales, entonces cada localización de área cubierta está limitada por un contorno, en un nivel de señal constante y que puede ser más o menos cir

cular. Aunque consideraciones de propagación, recomiendan el círculo como figura para la celda, en cambio el círculo es impráctico para los diseños propuestos, porque un arreglo de áreas circulares produce áreas ambiguas las cuales pueden contener múltiples celdas como también no pueden tener ninguna celda. De otra manera algún polígono regular como un triángulo equilátero, un cuadrado, o un hexágono regular puede cubrir un plano sin vacíos ni sobreposiciones. (Fig. 5). Un sistema regular entonces puede ser diseñado con cuadrados o triángulos equiláteros pero por razones económicas los Laboratorios Bell, han diseñado a través de los años un sistema adaptando la figura de un hexágono regular.

Para comprender la motivación económica para escoger el hexágono, debemos fijar nuestra atención sobre los puntos "más malos" en el tendido celular los puntos más lejanos y los más cercanos. Asumiendo una localización terrestre que esté localizada en el centro de cada celda, dicho centro vendría a ser el único punto equidistante de los vértices. Los vértices son en efecto los puntos "más malos",

porque ellos se encuentran ubicados a la mayor y menor distancia entre sí. Restringiendo la distancia entre el centro de la celda y algún vértice en un cierto valor máximo nos ayuda a conseguir una calidad satisfactoria en la transmisión especialmente en los llamados puntos más malos. El triángulo equilátero, el cuadrado y un hexágono regular tienen la misma distancia del centro al vértice sin embargo el hexágono presenta un área significativamente mayor. Consecuentemente, para conseguir cubrir toda el área dada, el diagrama de colocación en el hexágono requiere de pocas celdas y por lo tanto de pocos lugares para transmitir. Un sistema basado en celdas hexagonales además de lo anotado anteriormente es muy usado porque cuesta menos en relación a uno usando celdas triangulares o cuadradas, de la misma manera sucede con otros factores.

Debemos admitir que debido a la variedad de propagación, no nos es posible definir exactamente un área cubierta para una localización dada de la celda en el sentido de que la celda nunca sirve a unidades móviles fue-

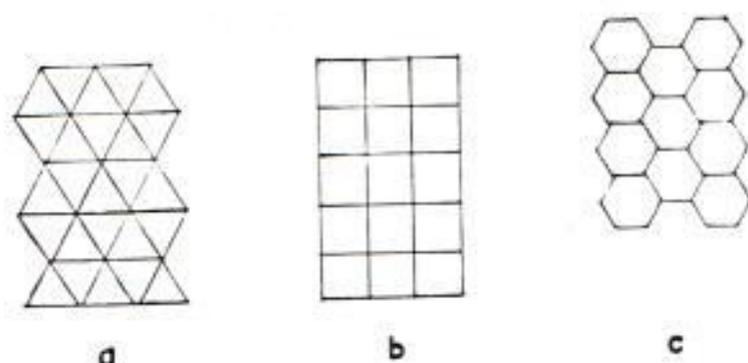


FIGURA 5.- POLIGONOS REGULARES COMO CELDAS:

- A) TRIANGULOS EQUILATEROS
- B) CUADRADOS
- C) HEXAGONOS REGULARES

ra del área de la misma, sino únicamente sirve a unidades móviles dentro de dicha área. Sin embargo el concepto de celda se mantiene válido dentro del contexto del área en la cual una cierta localización terrestre es más útil para llamadas telefónicas móviles que otra localización.

El familiarizarnos con algunas de las propiedades básicas de la geometría celular hexagonal nos abrirá la perspectiva sobre el detalle de la asignación de radio canales dentro del sistema celular. Por lo tanto, explicaremos cómo celdas que usan el mismo grupo de canal son orientadas las unas con respecto a las otras y cómo patrones celulares y ciertos

parámetros geométricos básicos son relacionados los unos con respecto a los otros.

Para realizar el diagrama de colocación del sistema celular en el sentido de determinar qué grupo de canal debe ser asignado para cada celda, nosotros comenzamos con denominar dos parámetros i y j donde $i > j$ llamados parámetros de desplazamiento. Del patrón celular de la Figura 6, observamos una cadena de seis hexágonos extendidos en diferentes direcciones. Tomando alguna celda como referencia, nosotros encontramos las celdas de co-canal, para realizarlo use el mismo grupo de canales y realice el siguiente procedimiento:

Mueva la celda A, i veces a través de la cadena de hexágonos, luego de vuelta en contra de las manecillas del reloj 60 grados; mueva las celdas A, j veces a través de la cadena de celdas que se originan en el paso anterior.

Las celdas o celdas que se obtiene de este procedimiento y la celda de referencia son

llamadas celdas de co-canal. Ahora retornando a la celda de referencia A realizamos el mismo procedimiento para las demás celdas de la cadena de hexágonos.

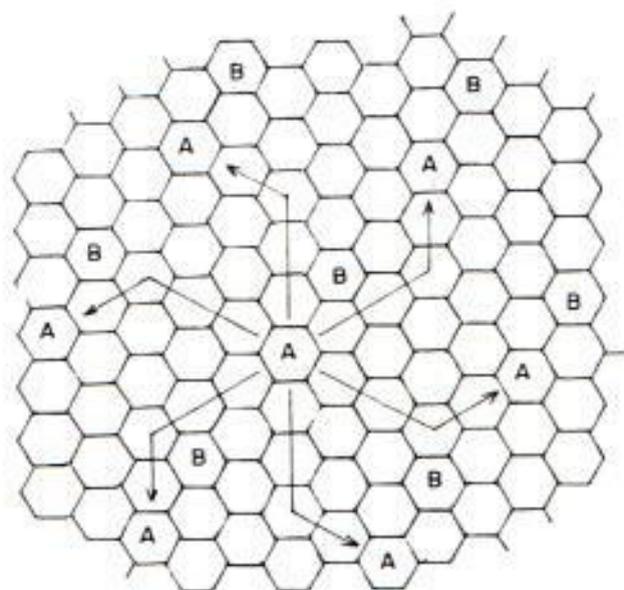


FIGURA 6.- ILUSTRACION DEL PROCEDIMIENTO PARA ENCONTRAR LAS CELDAS DE CANAL ADYACENTE.

La Figura 6, ilustra el procedimiento anterior para un ejemplo específico en el cual $i = 3$ y $j = 2$. La celda de co-canal al centro de la figura es tomada como celda de referencia y es llamada con la letra A. Cada celda de co-canal es localizada, y es también lla-

mada con la letra A. Para continuar el diagrama de colocación celular, uno podría elegir otra denominación como por ejemplo B para una celda cercana a la celda de referencia y podríamos encontrar las celdas de co-canal con respecto a dicha celda. Por lo tanto, una vez que es determinada la posición de todas las celdas denominadas por A, no es necesario realizar el procedimiento anterior para las demás denominaciones (B, C, D, etc.) La celda patrón de la nueva denominación que se desea obtener se la compara con la celda de referencia A y para obtener las celdas de canal adyacente únicamente se traslada dicha relación con respecto a las otras celdas A.

Las celdas de co-canal pueden también ser localizadas moviendo las celdas de referencia j veces antes de girar y moviéndose i veces después de girar; o también girando 60 grados a favor de las manecillas del reloj en vez de realizar el giro en contra de las manecillas del reloj como lo habíamos hecho anteriormente. Por lo tanto, existen algunas vías para describir el procedimiento, y pode

mos obtener como resultado diferentes configuraciones. Cada configuración es exactamente el reflejo de la otra relacionándola con sus respectivos ejes axiales.

Cuando un número suficiente de diferentes denominaciones son usados, todas las celdas tendrán su respectiva letra y el diagrama de colocación se encontraría completo. Las celdas forman bloques naturales o racimos alrededor de la celda de referencia en el centro y alrededor de cada celda de co-canal. La figura exacta del racimo válido no es única. El número de celdas por racimo o bloque es un parámetro de mucho interés porque en un sistema práctico este número determina cuantos grupos de canales diferentes deben ser formados fuera de la asignación total del espectro. El número de celdas por racimo o por bloque N , viene dado por la siguiente expresión:

$$N = i^2 + ij + j^2 \quad (1)$$

La forma de llegar a la relación anterior la detallamos en las líneas siguientes:

La Figura 7 muestra el grupo más conveniente de coordenadas para la geometría hexagonal. Las partes positivas de los ejes u y v se intersectan en un ángulo de 60 grados y una unidad distante de cualquier eje es igual a 3 veces el radio de la celda, el radio viene definido como la distancia del centro de una celda a alguno de sus vértices. Con estas u -ordenadas, un arreglo de celdas puede ser ubicado fuera del centro de todas las celdas sobre un punto especificado por un par de coordenadas en este caso la coordenadas u y v .

El primer hecho útil que se debe notar en este sistema de coordenadas, es que la distancia d_{12} viene dada por la siguiente expresión:

$$d_{12} = \frac{\sqrt{(u_2 - u_1)^2 + (u_2 - u_1)(v_2 - v_1) + (v_2 - v_1)^2}}{(v_2 - v_1)^2} \quad (2)$$

Usando esta fórmula se puede verificar que la distancia entre los centros y las celdas adyacentes es la unidad y que el largo de una celda de radio R es:

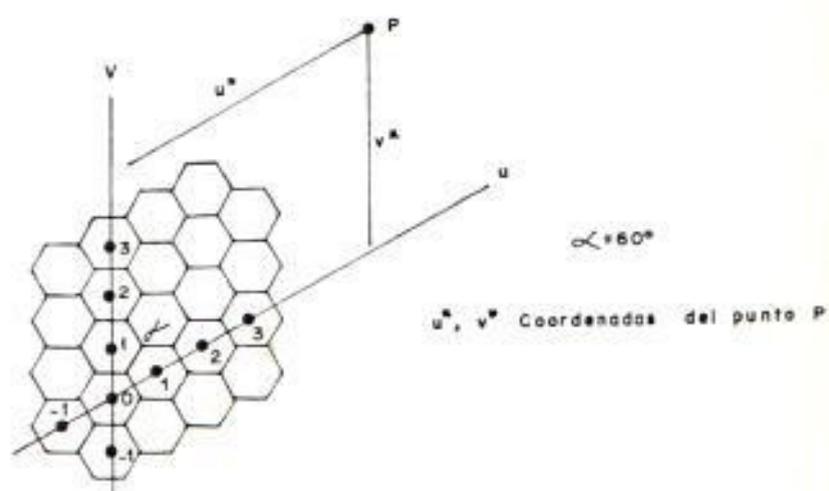


FIGURA 7.- GRUPO DE COORDENADAS PARA GEOMETRIA CELULAR HEXAGONAL.

$$R = 1/\sqrt{3} \quad (3)$$

A su vez se puede calcular el número de celdas por racimo o bloque, N, mediante un simple razonamiento. Para encontrar las celdas de co-canal se utilizó los parámetros de desplazamiento i y j ; haciendo una referencia con el origen y con el centro de la celda p_0 podemos deducir que $(u, v) = (i, j)$ (recordando que $i > j$).

Por la ecuación 2 la distancia D entre el centro de la celda de referencia y una celda de co-canal vecina viene dado por la siguiente relación:

$$D = \sqrt{i^2 + ij + j^2} \quad (4)$$

La Figura 6 muestra la realidad palpante de que una celda tiene exactamente seis celdas equidistantes de canal adyacente. Por otra parte, los vectores del centro de una celda en relación a los centros de las celdas de co-canal están separados un ángulo múltiplo de 60 grados. Estas mismas observaciones se mantienen para una celda arbitraria y las seis celdas inmediatas adyacentes a ella. Por lo anterior es que podemos visualizar cada racimo o bloque de celdas como un hexágono grande.

En realidad el racimo o bloque de celdas puede estar compuesto de un grupo de celdas contiguas hexagonales aunque no sea un hexágono exacto en la figura, pero sin embargo visualizando propiamente el hexágono largo puede tener la misma área que un racimo. Y esto lo observamos más directamente a través de la Figura 8. Las siete celdas denominadas A son reproducidas de la Figura 6. El centro de cada celda A es también el centro de un hexágono grande que a su vez representa un ra

cimo o bloque de celdas. Todos los hexágonos grandes tienen la misma área, y por consiguiente todos los racimos también tienen la misma área. El hexágono grande cubre la superficie sin vacíos ni sobreposiciones, por lo tanto, se puede exigir que el área de los hexágonos grande sea igual al área de algún racimo de celdas válido. Esta área puede ser deducida de los resultados presentados hasta el momento. Por la ecuación 4 la distancia entre los centros de los hexágonos grandes es:

$$\sqrt{i^2 + ij + j^2}$$

Consecuentemente, el patrón de los hexágonos grandes es simplemente una réplica alargada del patrón celular original con un factor de escala lineal de $\sqrt{i^2 + ij + j^2}$, y por lo tanto N , el número total de áreas de celda contenidas dentro del área del hexágono grande, es el cuadrado del factor anterior, de allí obtenemos que N es igual a:

$$N = (\sqrt{i^2 + ij + j^2})^2 \quad (5)$$

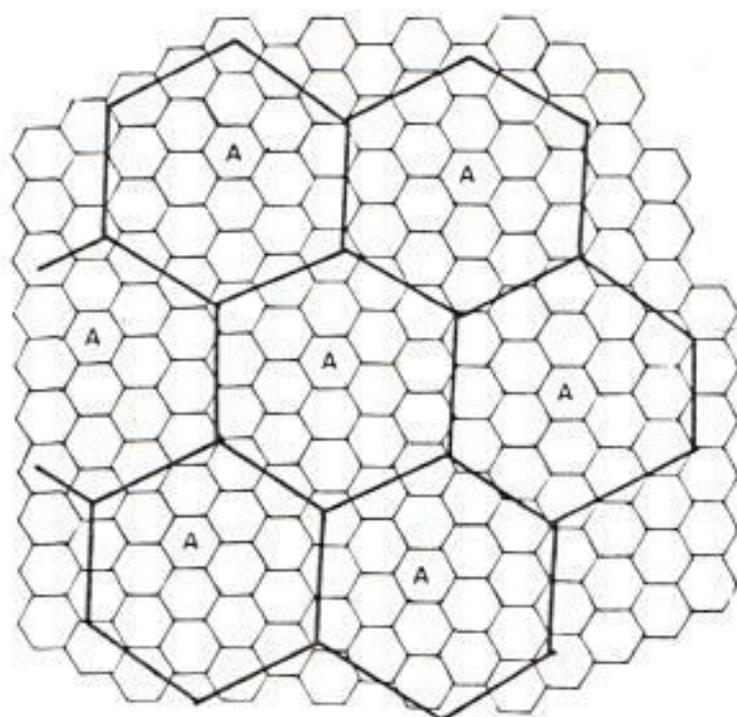


FIGURA 8.- MUESTRA DE LA DETERMINACION DEL NUMERO DE CELDAS POR RACIMO,

Combinando las ecuaciones 3, 4, 5 se obtiene la relación entre razón del radio de canal adyacente y es igual al radio de D , dividido para R donde D como lo habíamos visto anteriormente es la distancia entre los centros de las celdas de canal adyacente y R es el radio de la celda. Esta división a su vez es relacionada con el número de celdas por racimo o bloque de lo cual obtenemos la siguiente expresión:

$$D/R = \sqrt{3 N}$$

CAPITULO II

EL SISTEMA TELEFONICO MOVIL AVANZADO DE LA BELL TELEFONIA COMO UNA REALIZACION PRACTICA DEL CONCEPTO CELULAR (AMPS)

2.1 HISTORIA DEL SISTEMA AMPS.-

El 9 de abril de 1981 la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) aprueba el concepto de servicio celular de radio telefonía móvil y es en diciembre 8 de 1982 que se anuncia la puesta en operación del Servicio Avanzado Móvil Telefónico (AMPS) a ser utilizado en la ciudad de Buffalo, New York. (AMPS) es un total subsidiario de la Compañía Americana Telefónica y Telegráfica (AT&T). Posteriormente en noviembre del año siguiente, entró en servicio sistemas similares AMPS en línea alámbrica para Chicago, Pittsburgh y Boston.

2.2 DISEÑO Y CONFIGURACION DEL SISTEMA AMPS.-

2.2.1 Tamaño y configuración por grupos de las celdas en el sistema AMPS.-

Para explicar concretamente este punto, haremos referencia al sistema AMPS aplicado en Chicago, el mismo que se encuentra diseñado utilizando celdas hexagonales reunidas dentro de grupos repetitivos de siete celdas, cuyo número se encuentra limitado por la interferencia de co-canal. Utilizando conocimientos ya expuestos anteriormente y asumiendo una cierta relación entre R (radio de la Celda) y D la distancia entre los centros de las celdas de co-canal, tal que dicha relación nos ofrezca una aceptable calidad del sistema en operación, obtenemos los siguientes resultados:

La relación asumida entre $D/R = 4.6$

$D = 4.6$ y $R = 1$

$$D/R = \sqrt{3N}$$

donde N establece el número deseado de celdas por grupo.

Elevando los dos lados de la ecuación al cuadrado obtenemos:

$$(4.16)^2 = 3N$$

$$N = 21.16/3 \quad \text{o} \quad N = 7.5$$

Con lo cual queda demostrado por que razón se escogió que el número de celdas por grupo sea siete.

Frecuencias de reuso como las mostradas en la Figura 9, en este caso la F1 pueden ser asignadas en otras celdas cercanas como se indica en la misma figura.

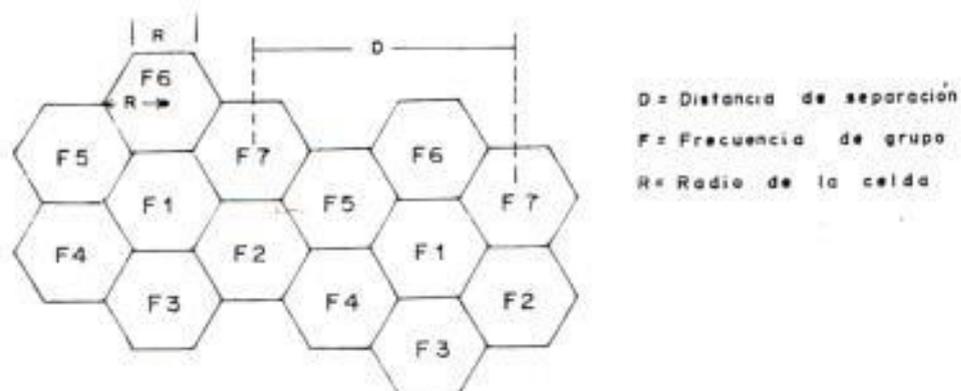


FIGURA 9.- ILUSTRACION DE LA FRECUENCIA DE REUSO

D = DISTANCIA DE SEPARACION
 F = FRECUENCIA DE GRUPO
 R = RADIO DE LA CELDA

2.2.2 Localización de las celdas omnidireccionales y direccionales

El plan AMPS concibe que en la aplicación del sistema en alguna localidad las celdas pueden usar antenas transmisoras y receptoras cuyos patrones son omnidireccionales en el plano horizontal. El uso de antenas omnidireccionales está tradicionalmente representado por el centro "excitado" de la celda patrón (Ver Figura 10). La frase localización de las celdas omnidireccionales refiere al lugar equipado con antenas de canal de voz omnidireccionales.



FIGURA 10.- GEOMETRIA CELULAR

- A) CELDAS DE "CENTRO EXCITADO"
 B) CELDAS DE "EXTREMO EXCITADO"

La localización de las celdas puede tener

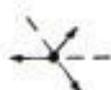
tres caras, que es, cada canal de voz en una localización de celda puede ser transmitido y receptado sobre uno de los tres sectores de los 120 grados de las antenas, mejor que sobre una antena omnidireccional. Las antenas pueden ser orientadas como se muestran en la Figura 11, así como la localización de las celdas puede realizarse en uno de los extremos como lo muestra la Figura 10b. Estas celdas llamadas de extremo excitado se acostumbra a emplear para cubrir tridireccionalmente la localización de celdas del AMPS. El costo inicial de una localización antes de la instalación de un transceptor de canal de voz, es mucho mayor que el costo incremental de cada subsiguiente instalación de un canal de voz. En la aplicación del sistema, el número de localizaciones está gobernado estrictamente por la necesidad para alcanzar a cubrir el área deseada. En este momento, localizaciones omnidireccionales se usan porque el costo inicial de una localización omnidireccional es menor que el de una localización direccional. Por lo tanto, para reducir costos se reduce el número total de localizaciones de celdas necesarias para servir

la carga del tráfico telefónico existente y ésta es la motivación especial para el uso de localización de celdas omnidireccionales.

En comparación con una antena de transmisión terrestre omnidireccional una antena direccional puede entregar el mismo nivel de señal en la región que ésta se utiliza, a la vez que causa pérdidas substanciales de interferencia dentro de las celdas de co-canal y que cae fuera de los 120 grados de los lóbulos frontales iluminados. Similarmente una antena receptiva terrestre direccional atenúa la interferencia receptada de una unidad móvil sin importar el tramo de lóbulo frontal. Aunque sistemas omnidireccionales y sistemas direccionales tienen estadísticas comparables en la relación radio-frecuencia de la señal de interferencia, el sistema direccional puede operar con una pequeña relación de co-canal de reuso que se encuentra entre un espacio cerrado de las localizaciones de co-canales.

El uso de las tres etapas son convenientes para la simetría y la relación en el diseño

del sistema. Un sistema celular hexagonal podría ser diseñado por lo tanto, para dar una orientación azimutal diferente de las antenas direccionales o para algún otro número de etapas de cada localización.



• LOCALIZACION DEL SITIO DE CELDA

EJE PRINCIPAL DEL
LOBULO FRONTAL

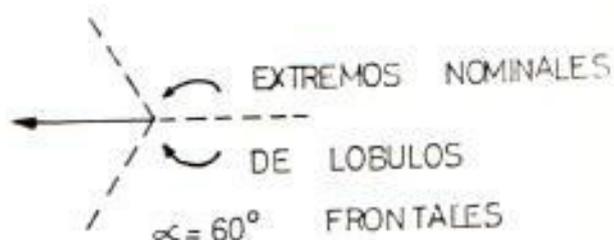


FIGURA 11.- ORIENTACION DE ANTENAS DIRECCIONALES EN LAS LOCALIZACIONES DE CELDAS EN EL AMPS.

2.2.3 Descripción funcional de la operación del sistema AMPS.-

El principal componente del sistema Avanzado Telefónico es la Oficina de Conmutación Telefónica Móvil (MTSO siglas en inglés), el

sitio de celda y las unidades móviles.

El procesador central del MTSO controla no solamente el equipo de conmutación necesaria para interconectar partes móviles con la red telefónica terrestre, sino también acciones del sitio de celda y algunas otras acciones.

El MTSO es enlazado con cada celda por un grupo de voces troncales -una troncal para cada canal de radio instalado en la localización- y dos o más datos de enlace, sobre los cuales el MTSO y la localización de la celda intercambian información necesaria para el procesamiento de las llamadas. Toda la localización de la celda contiene un transceptor para cada canal de voz asignado a él y además contiene las antenas de transmisión y recepción para esos canales. La localización de la celda también contiene un equipo de monitoreo del nivel de la señal y un "setup" radio (ajuste de radio).

El equipo móvil consiste de una unidad de control, un transceptor, una unidad lógica y dos antenas. La unidad de control contiene

todas las interfases usadas, así como un microteléfono, varios botones pulsadores y un indicador de luces. El transceptor usa un sintetizador de frecuencia de tono para alguna asignación de canal. La unidad lógica comanda el sistema, controla el transceptor y las unidades de control. Una antena simple es usada para transmisión; dos antenas a la vez son usadas para proveer el espacio diverso para la recepción.

Unos pocos canales de radio asignados sirven como canales de ajuste mejores que canales de voz, estos canales son usados primeramente para el intercambio de información necesario para establecer o iniciar las llamadas. Aplicando el concepto de frecuencia de reuso para ajustar los canales, minimizando el número de canales contenidos para uso de voz. Ordinariamente cada localización tiene uno cada canal. Siempre que una unidad móvil es girada para su uso ésta no estará ocupada en una llamada, la unidad móvil simplemente monitorea un canal de ajuste. La unidad elige uno de los varios canales para monitorear muestreando la señal fuerte sobre todos los

miembros de un grupo estándar de canales de ajuste. La unidad móvil entonces da tono hacia el canal el cual consiente la medida fuerte, sincroniza con el dato corriente que va a ser transmitido por el sistema y por lo tanto, comienza a interpretar los datos. Ordinariamente la unidad móvil podría permanecer en este canal, en algunos casos el dato receptado podría indicar que la unidad móvil debería probar la señal fuerte sobre otro grupo de canales antes de hacer una selección final. La unidad móvil continúa monitoreando el canal de ajuste escogido a menos que alguna condición como por ejemplo, una recepción pobre requiera que el canal escogido sea liberado. Las palabras de datos del canal de ajuste incluyen los números de identificación de las unidades móviles para que las llamadas que están en curso sean directas.

Cuando una unidad móvil detecta que se da la llamada, rápidamente prueba la señal fuerte sobre todos los canales de ajuste del sistema así que pueda responder a través de la localización de la celda ofreciendo la señal móvil a la unidad móvil localizada. La uni-

dad móvil coge el nuevo canal de ajuste escogido y transmite esta respuesta. El sistema entonces transmite la asignación del canal de voz direccionado hacia la unidad móvil, el cual al girar da tonos hacia el canal asignado, donde éste recepta un comando para alertar a la unidad móvil usada. Una secuencia similar de acciones toma lugar cuando la unidad móvil usada origina una llamada.

Cuando una llamada está en progreso, a intervalos de pocos segundos el sistema examina la señal que comienza a receptor el servicio de la localización de la celda (la localización que está manejando la llamada). Entonces el sistema necesariamente mira hacia otra localización de la celda para servir la llamada. Cuando este encuentra una celda idónea, el sistema envía a la unidad móvil un comando para retornar hacia el canal asociado con esa localización. A la vez que la unidad móvil está cambiando canales el MTSO conmuta de nuevo en la parte del terreno asociado al enlace con los nuevos canales transceptores. La examinación periódica de una señal de una unidad móvil es conocido como "localización".

El único propósito de la localización es para proveer satisfactoriamente una buena calidad de transmisión de las llamadas, este término fue acuñado en etapas tempranas de la evolución del concepto de sistema celular cuando los sistemas diseñados suponían que esto podría ser necesario para conocer la posición física precisa de una unidad móvil.

2.2.3.1 Máximo y mínimo radio de las celdas.-

El máximo radio de la celda es parte de un problema general de llevar a cabo un compromiso satisfactorio entre los objetivos de bajo costo y una buena calidad de transmisión. El máximo radio de la celda tiene únicamente un efecto indirecto sobre el sistema.

La potencia de transmisión es otro importante elemento en la reconsideración del bajo costo con alta cali

dad de transmisión. En los presentes días en los sistemas móviles telefónicos, la potencia de transmisión de las unidades móviles es más pequeña en un cierto orden de magnitud que las estaciones terrestres. Para proveer una adecuada recepción de transmisiones móviles emanadas de alguna localidad donde unidades móviles receptan transmisiones terrestres, de satélites receptores que se encuentran desplegados a lo largo del área cubierta. El Sistema AMPS proyecta considerar un sistema balanceado con potencia transmisora comparable en las unidades móviles y las celdas para hacer un diseño más económico, porque satélites receptores pueden representar una fracción substancial del costo del total de celdas ocupadas, aunque posea pocas posibilidades de competencia.

Cuando un sistema es originalmente instalado, éste normalmente pre-

senta un reuso de frecuencia limitada. Puesto que cada celda inicial es relativamente grande, el número total de celdas necesarias para cubrir el tramo de área deseada no excede mayormente el número de grupo de canales dentro de los cuales la asignación total es seccionada.

De manera igual dos o más localizaciones de celdas pueden ser asignadas al mismo grupo de canales, subgrupos de canales mutuamente exclusivos pueden ser usados en la localización de co-canal hasta que una cierta cantidad de crecimiento en lo referente al tráfico telefónico esté ocurriendo. Para un período inicial, en consecuencia, el canal principal es perjudicial por contener ruido ambiental, recepción inevitable de ruido de agitación térmica y el ruido ambiental producido por el hombre.

Un incremento en la potencia de

transmisión terrestre y móvil, mientras todos los otros parámetros del sistema permanecen constantes, podría mejorar la calidad de la transmisión elevando la relación señal de radio frecuencia versus ruido (S/N) (signal/noise), pero esto podría elevar el costo del sistema. En una perspectiva amplia por lo tanto, potencia transmisora incrementada podría ser usada para reducir el costo del sistema más que para mejorar la calidad de transmisión.

A su vez el incremento de potencia podría permitir el uso de un radio de celda inicialmente grande para el mismo nivel de la calidad de transmisión, el que al girar podría permitir pocas localizaciones de celdas para cubrir el área deseada. Si una expansión extra sobre el rendimiento de la potencia transmisora ahorra grandes costos en la construcción del sitio de celda, la expansión es deseable.

El relativo alto nivel de la potencia de transmisión que es beneficioso en las fases iniciales del sistema celular es bastante superfluo en las fases posteriores, puesto que cada etapa de la división de la celda esencialmente divide en dos la distancia principal entre unidades móviles y la utilización de la localización de la celda.

El valor escogido de 10 vatios entregado para las antenas de transmisión está basado sobre una evaluación del costo confiable, y la potencia consumida en los actuales días en el rango de los 800 a 900 Mhz. Para suministrar aproximadamente 10 vatios de potencia a los terminales de las antenas, el sistema diseñado requiere 12 vatios desde los transmisores móviles y 40 vatios desde los transmisores del sitio de celda para compensar las pérdidas por cable y las pérdidas combinadas.

La elevación de la antena del sitio de celda y su ganancia (en el plano vertical) se encuentra influenciado por el costo y la calidad de la transmisión. El rango esperado de ganancia para la antena es de 6 a 8 dB relativo a un dipolo; y el rango esperado de elevación de la misma sobre la tierra es de 100 a 200 pies.

Asumiendo que la potencia transmitida y la ganancia de la antena del sitio de celda, así como su elevación ya se encuentran establecidas, la relación entre el costo y la calidad en etapas iniciales del crecimiento del AMPS se encuentra supereditado al valor escogido para el radio de la celda. De esta manera si incrementamos el radio ambos decrecen: costo y calidad de transmisión el objetivo de la calidad de transmisión permite un nivel controlado de imperfección lo que nos puede ocasionar cierta economía en los costos.

La calidad del sonido de las llamadas AMPS puede ser comparable en aceptabilidad a la calidad del sonido en llamadas realizadas usando la red telefónica terrestre.

El máximo radio de la celda depende entonces de factores estadísticos y de valores subjetivos. Para obtener una calidad de sonido que es uno de los objetivos, el diseño requiere información de las opiniones de los abonados de canales telefónicos móviles en el rango de los 800 y 900 Mhz y también sobre la propagación de la energía a estas frecuencias. La calidad de transmisión del AMPS se encuentra cuantificada para diseños propuestos con requerimientos de que el valor S/N (Señal/Ruido) deba exceder en 90 por ciento del área cubierta por el sistema.

En cuanto lo que se refiere a la propagación, pruebas realizadas por los Laboratorios Bell en Filadelfia

(1970), nos muestran que para una distancia dada entre el transmisor y el receptor, la distribución probabilística de la atenuación en decibeles, es aproximadamente una distribución gaussiana. La distribución en decibeles está dada por una función de la forma:

$$K + 10n \log r$$

en el cual k es una constante para un par dado transmisor-receptor y n es llamado el exponente de atenuación.

En la Figura 12, se muestra antenas omnidireccionales y antenas receptoras montadas sobre un mástil.

El cuerpo de datos asociado con diferentes transmisores resulta en un rendimiento numéricamente diferente para todos estos parámetros, pero el valor al que se llegó luego de las mediciones realizadas en Fila-

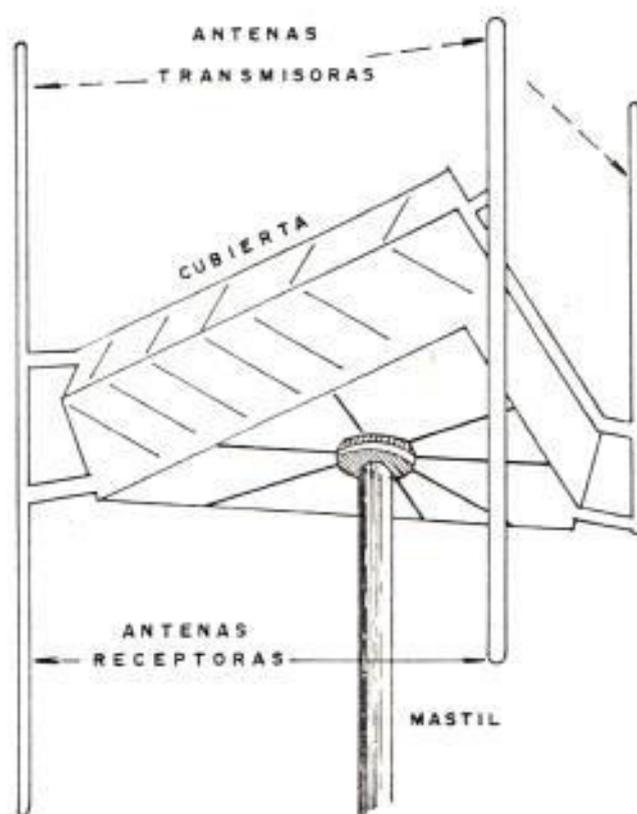


FIGURA 12.- ANTENAS OMNIDIRECCIONALES Y ANTENAS RECEPTORAS MONTADAS SOBRE UN MASTIL.

delfia resultó en un exponente de atenuación n en el orden de 4 y una desviación estándar más o menos de 8 decibelios. Según las mediciones realizadas en Filadelfia se concluyó que un radio de las celdas de aproximadamente 8 millas permitía al sistema obtener el requerimiento nece-

sario de que la relación señal/ruido pueda encontrarse arriba de los 18 dB y sobre el 90 por ciento del área cubierta. Diferentes valores para el máximo radio de la celda pueden ser apropiados para situaciones en las que alguno de los parámetros relevantes, como por ejemplo el exponente de atenuación, el ruido de los contornos, la ganancia de la antena o la elevación de la antena, difieren substancialmente de los valores asumidos.

En el sistema AMPS, adicionalmente la localización de la celda necesita relevar la demanda del tráfico telefónico sobre las localizaciones existentes colocando en medio camino las localizaciones ya usadas (existentes). Este procedimiento simple aminora la distancia entre localizaciones adyacentes a la mitad y por lo tanto aminora el radio de la celda por un factor de 2 y el área de la celda por un factor de 4.

El mínimo radio de la celda que es el radio que la celda tiene después de la etapa final de la división de la misma, tiene poco efecto sobre el costo del sistema por abonado o sobre la calidad de la transmisión, pero juega un papel importante en la determinación de la capacidad última del sistema. Cada etapa de la división de la celda multiplica el número de las localizaciones de celda en el área a cubrir deseada por un factor de alrededor de 4. La capacidad total del acarreo de tráfico del sistema está también incrementado por esencialmente el mismo factor. En principio el proceso de división de la celda podría ser repetido en un número indefinido de veces, pero el diseño del sistema AMPS cita un radio práctico mínimo para la celda de 1 milla. Si al inicio las celdas tienen un radio de 8 millas, tres etapas de división de la celda son posibles. Esta no es una barrera físicamente insuperable

ble para tener celdas más pequeñas, pero obstáculos prácticos grandes son la tolerancia de la posición del sitio de celda y la presencia de frecuentes transferencias de un canal a otro. Como situación previa, la localización de las celdas podrían ser posicionadas dentro de un cuarto del radio de la celda. Una tolerancia de un cuarto de milla (correspondiente a un radio de una milla) es probablemente el requerimiento más débil que puede ser tomado en cuenta. En un sistema compuesto de muchas celdas con un radio menor que una milla, la transferencia de un canal a otro podría consumir una fracción significativa de la capacidad del procesador central de la oficina de conmutación telefónica móvil.

2.2.4 Proceso de recepción y contestación de datos.

Cuando algún móvil está en operación, revisa los canales de control asignados en el siste

ma A o en el sistema B dependiendo de que sistema se encuentre habilitado o deshabilitado. Las señales fuertes en el canal son automáticamente examinadas y el móvil es conmutado hacia el canal fuerte donde éste espera por un mensaje principal que viene de la localización de la celda para verificar la identificación del sistema, y la condición del control local. Si en un período de 3 segundos, esto no es verificado de qué sistema en servicio debe chequear y la estación móvil debe ojear los canales de control dedicados a él.

Cuando la estación móvil responde a un mensaje superior como por ejemplo en la Figura 13 debe dar el número de serie, la clase de estación, el bit de registro, la dirección extendida, la transmisión discontinua, los canales de página, el filtro de control de lectura, los canales de acceso, control local y el registro autónomo. El número en serie tiene 32 bits. La estación móvil debe también tener 11 bits para el número del canal de página. En el futuro la supervisión del tono de audio (SAT) podría ser identificado con cada 250 milisegundos (que es el grupo de 5970/6000/6030

Hz de tono modulados sobre la transpuesta de almacenamiento rápido precisamente para decir "Yo estoy listo para receptor y transmitir los deseos de las estaciones terrestres". Este tipo de bit es doble entre la localización de la celda y la oficina de Conmutación Móvil Telefónica dentro del sistema AMPS.

Después de transferencias de datos o conversaciones, el teléfono terrestre o el teléfono móvil pueden desconectarse, usualmente colgando el receptor. La estación móvil entonces generalmente emite una señalización de tono y corta esta transmisión.

Finalmente la localización de la celda también cierra la transmisión para esperar servicios futuros. En concordancia con la Bell Telefónica, un sistema móvil grande podría tener 50 localizaciones de celdas, 10.000 abonados, y una única oficina de conmutación móvil telefónica.

2.2.4.1 Proceso de Conmutación.-

En el sistema AMPS, la oficina de

Commutación Móvil Telefónica conocida como MTSO es una central coordinadora de elementos. El MTSO recibe todas las comunicaciones móviles en el sistema AMPS sobre un área bastante extensa. Diseñado como controlador común, el MTSO se encarga del procesamiento de las señales, memorias, conmutación de redes, circuitos de enlace y servicios auxiliares. El procesamiento y la memoria son redundantes. Redes conmutables interconectan la localización de la celda y la red telefónica. El programa es almacenado en las operaciones de control de memoria del MTSO. Las localizaciones de las celdas ofrecen comunicaciones de voz a través de una conexión física entre la MTSO y sus respectivos enlaces. Existen también 9.6 kilobit/segundo de datos de enlace entre las localizaciones de las celdas y la MTSO operando en full duplex. Uno de los enlaces de datos podría fallar, y entra a funcionar el otro enlace.

El MTSO procesa toda llamada telefónica móvil bajo un control programado y que realiza lo siguiente:

- i) Computa el tiempo y carga la información.
- ii) Ofrece al abonado móvil sus servicios.
- iii) Controla la transferencia de un canal a otro.
- iv) Suministra interconexiones con teléfonos en tierra.
- v) Realiza la conmutación para abonados móviles.

Operaciones móviles :

Para las llamadas móviles dentro del MTSO, cada mensaje contiene la información digital asociada con el respectivo sistema celular, el número completo llamado y la identificación

de la celda que está siendo utilizada. Mensajes incorrectos o incompletos son rechazados y luego la MTSO designa un canal de voz de ajuste, y es en ese momento, donde la MTSO logra agarrar un enlace de red y entrega pulsos de salida al número particular. La localización de la celda se encuentra enlazada con enlaces exteriores, la conmutación se ha realizado y un canal escogido queda ya establecido para la comunicación.



FIGURA 13.- SELECCION DE LA LOCALIZACION DE LA CELDA

Mensajes de enlaces entrantes (por ejemplo una llamada desde un móvil) son primero reunidos como dígitos, analizados e identificados como exis

tentes propios o impropios para la llamada del abonado, entonces envía un tono de llamada o identifica como un número invalidado que debe ser interceptado. Si son números válidos, la MTSO comienza a buscar la estación móvil en las diferentes localizaciones de celdas existentes.

Pero cuando una respuesta desaparece un enlace desocupado es agarrado y la localización de la celda instruida por la MTSO, ubica al canal de voz seleccionado. Una vez que la conversación comienza, los canales ocupados son supervisados para una adecuada calidad de la señal móvil y su intensidad. Cuando condiciones inadecuadas ocurren, un automático cambio a otro canal de voz puede ser realizado. El cambio de canal realizado por el MTSO procede de la manera siguiente:

- i) Un enlace es designado para la nueva localización de celda a ser usada.

- ii) Ambas localizaciones de celdas deben servir para el nuevo canal de voz.

Como un cambio de canal de voz está ocurriendo, una nueva localización de la celda se presenta como un nuevo enlace al igual que el MTSO designa un canal de voz desocupado a ser utilizado, la nueva celda debe encontrarse dentro de un radio apropiado. Cuando está ocurriendo la utilización de un nuevo canal, un mensaje es enviado a la nueva localización de la celda indicando la nueva identificación del canal de voz. El MTSO espera un mensaje desde la celda que está siendo utilizada indicando que las comunicaciones móviles están ahora por el nuevo canal de voz, y el enlace de comunicación ha sido reconsiderado. Cuando la conversación llega a su fin, una desconexión toma lugar para dejar libre a dicho canal para otras llamadas. El móvil debería desconectar

primero un tono de señalización de 10 Khz enviado a la localización de la celda, y luego el móvil apaga la transmisión. La localización de la celda entonces cierra el servicio de transmisión del canal de voz y libera el canal para el MTSO, resultando en un canal de control desocupado. La estación de tierra o base debería desconectarse primero, pues la MTSO instruye a la celda utilizada para liberar la llamada. Confirmando esta espera y liberando este efecto, el canal es desocupado. De la misma manera si las llamadas se pierden por fallas de la señal del móvil, la llamada debería terminar.

Un Supervisor de Tono de Audio (SAT) debería ser escuchado por la localización de la celda dentro de los 5 o 6 segundos, ésta asume que la llamada ha terminado y notifica de una liberación anormal. Esto es también registrado, y el canal es liberado. Cuando una estación móvil pierde el

SAT para este mismo período, esta transmisión es interrumpida, canales de ajuste son explorados y el canal con mayor intensidad es seleccionado. Los tonos de SAT son de 5970, 6000 y 6030 Hz que sólo uno puede ser usado por la localización de la celda. Este tono es transmitido hacia el móvil del que retorna el tono y cierra el lazo de potencia.

Servicios de la MTSO "Billing" (Tarificación). Esta tarea es uno de los primeros servicios de la MTSO. Toda carga con información acompañada son registradas en la cinta, incluyendo un registro de las llamadas desde y hacia todos los móviles, con entradas señaladas sobre éstas, que accesan un canal de voz. Los datos incluyen números telefónicos, carga de tarifas, canal asignado y canal liberado, identificación de la celda, tiempo de respuesta y tiempo de desconexión. Para llamadas completas, la llamada original suministra

una carga relativa para el uso de la red telefónica terrestre.

El MTSO también nos informa el número de enlace de datos existentes, el número de localizaciones de celdas, de redes de conmutación y además la memoria interna.

2.2.4.2 Limitaciones sobre las emisiones.-

La Comisión Federal de Comunicaciones entre sus reglas y guías tiene las siguientes:

Para transmisores móviles- Porción de audio.

3 Khz a 15 Khz y 6.1 a 15 Khz, use una atenuación de $40 \log F/3$.

5.9 Khz a 6.1 Khz se especifica una atenuación de 35 dB.

Sobre los 15 Khz, conviene una atenuación de 28 dB.

Todo esto es requerido después de limitar la modulación y antes de la etapa de la modulación.

Para transmisores en Estaciones Base-Porción de Audio.

3 Khz a 15 Khz, use $40 \log F/3$

Sobre los 15 Khz atenuación requerida es 28 dB.

La atenuación debe ser realizada después de limitar la modulación; pero no requiere un filtro de corte.

Atenuación de radio frecuencia debajo de la onda portadora del transmisor.

- Porción de Audio

20 Khz a 40 Khz, use una atenuación de 26 dB.

45 Khz a segunda armónica, la especificación es 60 dB o $43 + 10 \log$ de la potencia principal de salida.

12 Khz a 20 Khz, atenuación $117 \log F/12$.

20 Khz a segunda armónica, éste debe ser escogido: $100 \log F/11$ o 60 dB, o $43 \log + 10 \log$ potencia principal de salida.

- Datos del ancho de banda

20 Khz a 45 Khz, use 26 dB

45 Khz a 90 Khz, use 45 dB

90 Khz hasta la segunda armónica, 60 dB o $43 + 10 \log$ potencia principal de salida.

Tono supervisor de Audio

Las mismas medidas que las tomadas

para la aplicación de la atenuación de radio frecuencia.

Tono de señalización

Debe ser de 10 Khz \pm 1 y produce una desviación de frecuencia nominal de \pm 8 Khz.

Transmisor estación Tierra/base

Con 30 Khz de espacio entre el canal y la estación base operando dentro de los 870.030 y 889.980 Mhz, la estación debe mantener una onda portadora de canal de frecuencia entre los \pm 1.5 partes/millón. Trasladado a porcentaje, (1.5×10^{-6}), esto calculado para un 0.00015 por ciento de alguno de los canales base asignados. Potencia máxima permitida debe ser del orden de los 100 vatios.

Para señales de voz, el modulador debe ser precedido por un compresor, preénfasis, un limitador de desvia-

ción y un filtro limitador de desviación ulterior.

En el compresor un compansor silábico 2 a 1 reduce los niveles de entrada a la mitad, o 2 dB de cada 1 dB de entrada. Respuesta total para señales de entrada son efectuadas en 3 milisegundos, con recuperación total en los 13.5 milisegundos. Un tono acústico de 1 Khz en la entrada debe producir un ± 2.9 Khz de desviación de frecuencia de la onda portadora seleccionada.

Preénfasis debe suministrar un normal + 6 dB por octava de respuesta entre los 0.3 y 3 Khz. Para todas las entradas de voz, estaciones en tierra son requeridas para limitar instantáneamente desviaciones de frecuencia a los ± 12 Khz, excluyendo supervisión y señales de datos del ancho de banda.

El limitar la desviación requiere un

Lee. No. _____

filtro paso bajo con atenuaciones que exceden $40 \log F/3000$ dB dentro de la banda de frecuencia entre 3 Khz y los 15 Khz. Arriba de los 15 Khz, la atenuación relativa a 1 Khz, no es menor que 28 dB.

Para canales de voz, un supervisor de tono de audio, a 5970, 6000 o 6030 Hz es modulado en la onda portadora.

Receptor estación Tierra/base

Las transmisiones receptadas son permitidas entre los 825.030 y 844.980 Mhz, con la operación usual para sistemas de línea alámbrica y para sistemas inalámbricos, a través de la frecuencia offset.

Los canales de voz deben ser desfasados y expandidos siguiendo la usual demodulación FM. Entre 0.3 y 3 Khz, la de énfasis ocurre a -6 dB/octava; mientras el compansor silábico expan

de información receptada por 2 dB para toda entrada de 1dB. Expandores tienen una respuesta de recuperación de 13.5 milisegundos. Niveles de referencia nominales de entrada para el expander corresponde a un tono de 1 Khz, produciendo una desviación pico de 2.9 Khz.

Las estaciones en tierra no son requeridas para responder mensajes enviados por móviles cuando ocurre tráfico considerable o sobrecarga.

2.2.5 Las Estaciones base.-

El sistema AMPS necesita que todas las estaciones base deben estar conectadas una a la otra a través de un arreglo de conmutación común, identificado como el MTSO el llamado Oficina Telefónica Móvil de Comunicación, con radios interconectados con la red pública telefónica terrestre. Algún grupo de frecuencias deben ser reusadas dentro de celdas no adyacentes o en otra parte del sistema, acompañados por transferencias de un canal a

otro para niveles de señal adecuados. El sistema es diseñado también para operar dentro de celdas pequeñas que podrían manejar un gran número de abonados de la telefonía móvil.

2.2.6 Las estaciones móviles.-

Una estación móvil para instalación en el interior de un carro, esencialmente consiste de:

- La unidad transceptora conteniendo el transmisor/receptor y el controlador.
- La unidad operativa con microteléfono, y teclado para operarla, la antena; y,
- El cableado necesario para conectar estos dispositivos el uno con el otro.

La unidad transceptora es generalmente acomodada dentro del vehículo, mientras la unidad de operación es localizada al alcance del conductor para facilitar la comunicación mientras el móvil se encuentra en movimiento.

Una consideración primaria en este sentido es un método de operación el cual es muy similar a la operación del teléfono que usted está acostumbrado a utilizar.

La instalación de las unidades dentro de los vehículos, necesita una resistencia particular bastante alta para soportar choques, vibraciones y las condiciones climáticas.

Al mismo tiempo, su instalación al interior del vehículo debe presentar accesibilidad, facilidad de operación de la unidad transceptora para que se tenga seguridad en cuanto a los pasajeros.

2.2.7 Transmisores y receptores móviles. Procesamiento de la llamada móvil.-

Los móviles han sido divididos por la Comisión Federal de Comunicaciones dentro de tres clases: Clase 1, Clase 2, Clase 3, referidos a alta potencia, mediana potencia y baja potencia respectivamente; el máximo de potencia permitido es de 7 vatios o 8.45 dB. Estas tres categorías y su potencia de salida nominal son las siguientes:

| | |
|---------------|--------------------------|
| Clase 1 | 4 vatios (6 dB vatio) |
| Clase 2 | 1.6 vatios (2 dB vatio) |
| Clase 3 | 0.6 vatios (-2 dB vatio) |

Cada transmisor móvil debe reducir la potencia en pasos de 4 dB de 6 a 2, de 2 a -2 dB vatios hasta -22 dB vatios como lo muestra la Tabla I.

TABLA III

NIVELES DE ATENUACION AUTOMATICOS DE LAS ESTACIONES MOVILES

| CODIGO DE ATENUACION DEL MOVIL. | CLASIFICACION DE POTENCIA | | |
|---------------------------------|---------------------------|-----|-----|
| | I | II | II |
| 000 | 6 | 2 | -2 |
| 001 | 2 | 2 | -2 |
| 010 | -2 | -2 | -2 |
| 011 | -6 | -6 | -6 |
| 100 | -10 | -10 | -10 |
| 101 | -14 | -14 | -14 |
| 110 | -18 | -18 | -18 |
| 111 | -22 | -22 | -22 |

Canales de transmisión y recepción móvil, son exactamente el reverso de aquellos dentro de las estaciones terrestres, incluyendo la fre-

cuencia usual offset de 10 MHz, frecuencia asignada que separa operaciones alámbricas y operaciones no alámbricas.

En la Tabla II, se muestra la asignación de frecuencias para línea alámbrica y línea no alámbrica.

TABLA IV

ASIGNACION DE PARES DE FRECUENCIA EN LINEA ALAMBRICA Y LINEA NO ALAMBRICA

| | |
|--|--------------------------------|
| No-alámbrica | (333 pares de frecuencia, Mhz) |
| Receptor | 825.030,825.060 hasta 834.990 |
| Transmisor | 870.030,870.060 hasta 870.990 |
| Alámbrica | (333 pares de frecuencia, Mhz) |
| Incluidos en estos 666 pares de frecuencia están 21 pares de señalización. | |
| No-alámbrica (Mhz) | |
| Receptor | 834.390 hasta 834.990 |
| Transmisor | 879.390 hasta 879.994 |
| Alámbrica (Mhz) | |
| Receptor | 835.020 hasta 835.620 |
| Transmisor | 880.020 hasta 880.620 |
| El ancho de banda se lo encuentra hasta 40 Mhz, con 20 Mhz de reserva. Y cada canal, por supuesto, mide 30Khz. | |

Para que un móvil pueda reconocer e identi-

ficar una llamada, un número de identificación binario de 34 bits es dado para cada transceptor basado sobre un número telefónico de 10 dígitos.

El procesamiento de la llamada móvil está dado por las siguientes fases: la fase de llamada, la de recepción, la de información general, la de confirmación de canal, la de solicitud de servicio, la de esperar contestación, la de conversación, la de liberar la línea.

2.2.8 Reducción de la interferencia de canal adyacente.-

El diseño de un sistema telefónico móvil debe incluir medidas para limitar no sólo la interferencia de co-canal sino también la interferencia de canal adyacente. Aunque los filtros de frecuencia intermedia del sitio de celda y la unidad móvil receptan significativamente señales atenuadas de los canales adyacentes dentro de la frecuencia de canal deseado, esto es aconsejable para evitar circunstancias en las cuales el nivel receptado del

canal adyacente es mucho mayor que el nivel receptado del canal deseado. Esta situación podría aparecer en una localización de la celda, por ejemplo si una unidad móvil está muchas veces más lejana de la localización de la celda utilizada que otra unidad móvil que está siendo utilizada por la misma localización sobre un canal adyacente. Con una distancia de radio de 10, por ejemplo, el nivel receptado del canal adyacente en la localización de la celda podría fácilmente ser de 40 dB mayor que el nivel del canal deseado. En situaciones de desvanecimiento de la señal, severas interferencias de canal adyacente se podrían obtener a menos que el receptor del filtro intermedio pueda atenuar grandemente el canal adyacente. En general, un sustancial espectro de banda de guarda podría ser requerido entre canales para permitir filtros de frecuencia intermedia con el objeto de rechazar la interferencia adecuadamente.

Afortunadamente, en sistemas celulares, en los cuales una fracción de los canales asignados debe estar para algún grupo de canales, esto es posible para evitar el uso de canales

adyacentes en la misma localización de la celda, de tal modo que mantiene la probabilidad de obtener baja interferencia de canal adyacente. Después de una rigurosa atenuación de frecuencia intermedia de canales adyacentes, la banda de guarda no es necesaria.

Los canales de voz AMPS tienen una desviación pico FM de 12 Khz y un espaciamiento de 30 Khz. Con este espaciamiento, 666 canales duplex pueden ser creados fuera de la asignación de espectro de 40 Mhz. El uso de canales adyacentes en la misma localización podría requerir un espaciamiento largo de canal, y pocos canales pueden ser aprovechados en esta asignación. En el sistema AMPS, la frecuencia de separación más larga posible es mantenida entre miembros adyacentes del mismo grupo de canales. Suponga que los canales son numerados secuencialmente desde 1 hacia adelante y que la diferencia de frecuencia entre canales es proporcional para la diferencia algebraica de estos canales numerados. Si N grupos de canales disjuntos son requeridos, el n ésimo grupo ($1 < n < N$)

podría contener canales, $n + N$, $n + 2N$, etc. Por ejemplo si $N = 7$, el grupo cuatro podría contener los canales 4, 11, 18, etc.

En algunos casos sistemas diseñados pueden también prevenir una fuente secundaria de interferencia de canal adyacente evitando el uso de canales adyacentes en localizaciones de celdas geográficamente adyacentes. La Figura 14 muestra un sitio de celda patrón para un grupo de 12 canales disjuntos (12 celdas por racimo o grupo). Este patrón puede ser usado en las fases iniciales del AMPS, durante las cuales todas las localizaciones pueden ser equipadas con antenas de canal de voz omnidireccionales. Solamente grupos con números adyacentes (incluyendo 12 y 1) contienen algún canal adyacente. En la figura cada localización es denominada con el número del grupo de canal. Las celdas de Centro-excitado se dibujan para ayudar en la visualización del área nominal en la cual cada grupo es más probable ser usado. Cuando antenas direccionales en 120 grados en el sitio de celda son empleadas en el AMPS, consideraciones de transmisión-calidad de la llamada debe ser tomado en cuenta para siete celdas por

grupo o racimo. En este caso es imposible evitar tener canales adyacentes en localizaciones adyacentes, porque si están solamente siete grupos de canales, alguna localización más seis localizaciones cercanas constituyen un racimo completo en el cual todos los canales pueden ser asignados exactamente uno a la vez.

Con antenas direccionales en 120 grados, por lo tanto es posible subdividir los grupos de siete canales y desplegar los subgrupos geográficamente semejante a una vía en el que la recepción de interferencia de canal adyacente, a las unidades móviles y las localizaciones de celdas, es generalmente atenuada por el frente hacia atrás del radio de las antenas direccionales en el sitio de celda. El AMPS planea proveer cada grupo de los siete canales dentro de tres subgrupos. Por ejemplo, el grupo 4, contiene canales 4, 11, 18, 25, 32, 39, 46, 53, 60, etc., subdivididos dentro del 4to. subgrupo con canales 4, 25, 46; el subgrupo 4b con canales 11, 32, 53, etc., y subgrupo 4c con canales 18, 39, 60, etc. La notación es simplificada si no-

sotros simplemente numeramos los subgrupos de canales desde 1 a 21, para que el grupo n sea subdividido dentro de subgrupos n , $n + 7$ y $n + 14$.

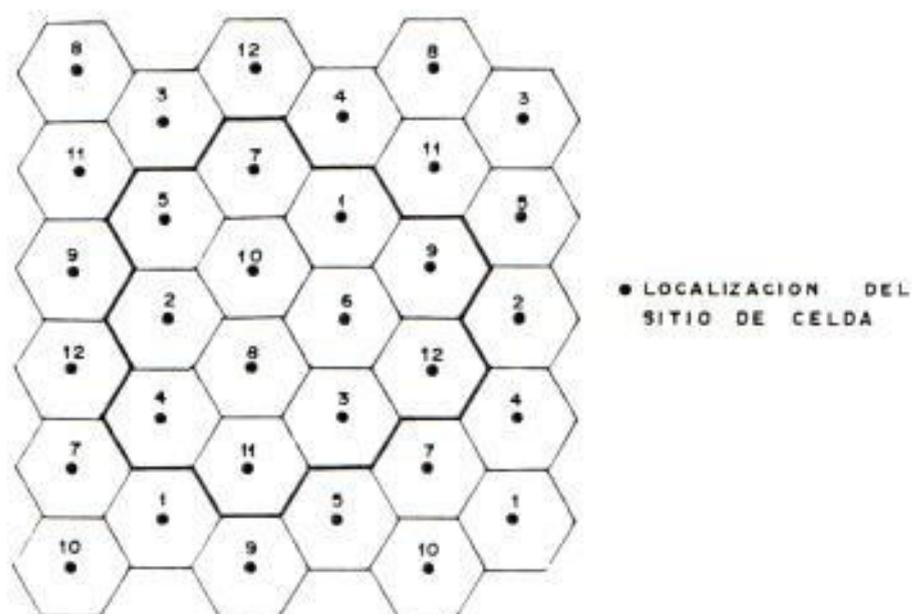


FIGURA 14.- GRUPO DE CANAL PATRON DESPLEGADO PARA DOCE CELDAS POR RACIMO.

Ahora la Figura 15 muestra un aceptable patrón para asignación de subgrupos de canales para las caras del sitio de celda. En la Figura antes mencionada celdas de esquina excitada son mostradas y cuyos lados están pro-

yectados de los fillos de las antenas de 120 grados y sus lóbulos frontales.

Subgrupos con subgrupos numerados secuencialmente contienen canales adyacentes y están asignados para caras tal que ellos no cubran la misma celda de esquina excitada, sin embargo ellos pueden residir en localizaciones adyacentes. Este procedimiento atenúa la interferencia de canal adyacente para las antenas del sitio de celda en un radio frontal y posterior en situaciones que de otra manera podrían causar problemas. Por ejemplo en la Figura 15, suponga que un canal del subgrupo 6 está sirviendo a la unidad móvil localizada en el punto M. La interferencia de canal adyacente que existe en ambas direcciones entre la unidad móvil y la localización de la celda que usa el subgrupo 7 está atenuada por el radio frontal-posterior de las antenas direccionales que transmiten y reciben el subgrupo 7.

2.2.9 Formato de las señales.-

2.2.9.1 Canal de control inverso y canal de voz inverso.-

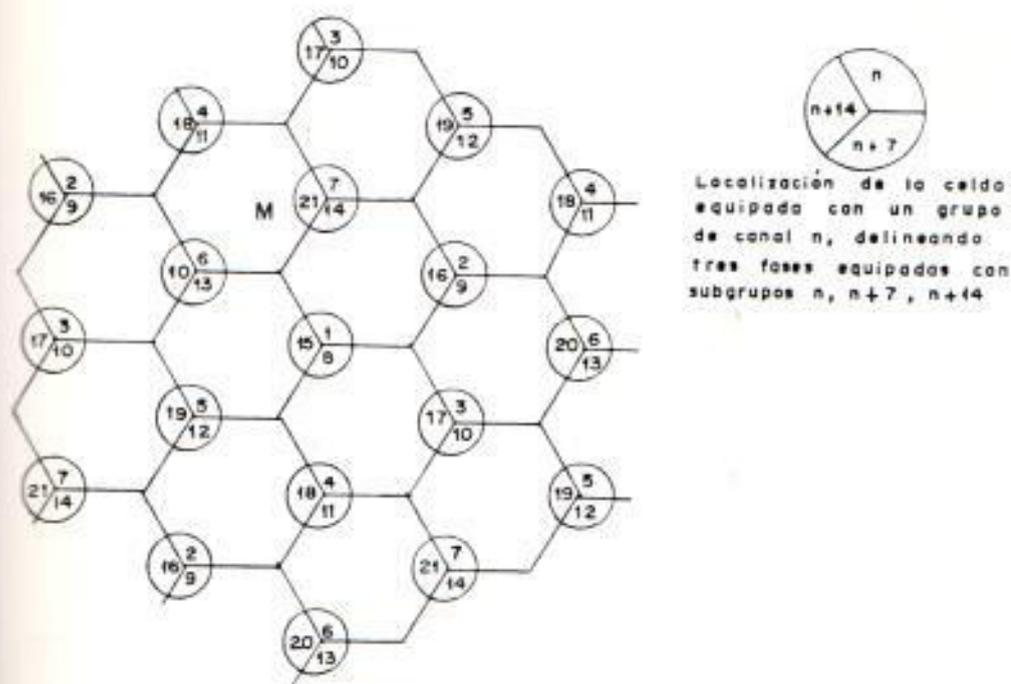


FIGURA 15.- SUBGRUPO DE CANALES PATRON DESPLEGADOS PARA SIETE CELDAS POR RACIMO Y 3 CARAS POR LOCALIZACIÓN DE CELDA.

El canal de control inverso es un dato corriente de ancho de banda enviado de una estación móvil hacia una estación terrestre. Este dato corriente debe ser generado a una velocidad de $10 \text{ kilobit/segundo} \pm 1 \text{ bit/segundo}$. La figura 16 describe el formato de un canal de control inverso.

Todos los mensajes comienzan con

el canal de control inverso, el cual se encuentra compuesto de una secuencia punteada de 20 bits (1010 ... 101), seguido de una palabra de 11 bits que es la secuencia de sincronización, y está dada por (11100010010) y finalmente el Código digital de color (DCC).

| Punteado | Palabra de sincronización. | Código Digital de Color | Primera palabra repetida 5 veces. | Segunda palabra repetida 5 veces. |
|----------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 30 bits | 11 bits | 7 bits | 240 bits | 240 bits |

FIGURA 16.- FORMATO DE UN CANAL DE CONTROL INVERSO

El canal de voz inverso (RCV) es a su vez bastante parecido al canal de control inverso y se lo define también como un dato corriente de ancho de banda que se envía desde una estación móvil hasta una estación terrestre. La velocidad de generación de este dato debe ser de 10 kilobit/segundo \pm 1 Bit/s.

La Figura 17 nos muestra el forma-

to de un canal de voz inverso. Una secuencia punteada de 27 bits (1010 ... 101) y una palabra de 11 bits como secuencia de sincronización con el dato entrante, exceptuando la primera repetición de la primera palabra del mensaje donde una secuencia punteada de 101 bits es usada.

| | | | | | |
|----------|----------------------------|---|----------|----------------------------|---|
| Punteado | Palabra de sincronización. | Primera repetición de la primera palabra. | Punteado | Palabra de sincronización. | Segunda repetición de la primera palabra. |
|----------|----------------------------|---|----------|----------------------------|---|



FIGURA 17.- FORMATO DE UN CANAL DE VOZ INVERSO

2.2.9.2 Canal de control directo y canal de voz directo.-

El canal de control directo (FOCC) es un dato continuo de ancho de banda que es enviado desde la estación

terrena hasta la estación móvil. Este dato corriente debe ser generado a una velocidad de 10 kilobit/seg \pm 0.1 bit/segundo. La Figura 18 describe el formato del canal de control directo.

Cada canal de control directo consiste de tres corrientes informaciones discretas, llamadas A, B y ocupado-desocupado, las cuales se encuentran multiplexadas en el tiempo. Mensajes hacia estaciones móviles son enviadas a través de A si es que el bit menos significativo del número de identificación móvil es igual a cero, pero si dicho número es igual a uno se lo envía a través de B. En cambio el ocupado-desocupado indica el estatus corriente del canal de control inverso.

Una secuencia punteada de 10 bits (11100010010) y una palabra de 11 bits como secuencia de sincroniza-

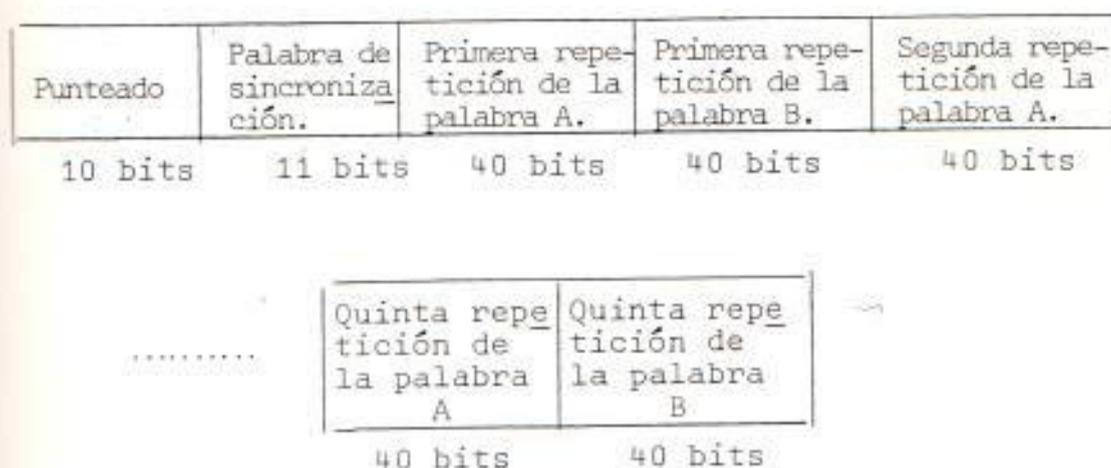


FIGURA 18.- FORMATO DEL CANAL DE CONTROL DIRECTO

ción (11100010010) estas son enviados para permitir a las estaciones móviles alcanzar la sincronización con el dato de entrada. Cada palabra contiene 40 bits, incluyendo paridad y esta es repetida cinco veces, y entonces es referida como un bloque de palabras.

El canal de control de voz (FVC) es un dato de ancho de banda enviado por la estación terrestre hacia la estación móvil. Este dato debe ser también generado a una velocidad de 10 kilobit/segundo \pm 0.1 bit por segundo. La figura 19 describe el formato de un canal de voz directo.

Una secuencia punteada de 37 Bit (1010... 101) y una palabra de 11 bits como secuencia de sincronización con respecto al dato de entrada, exceptuando la primera repetición de la palabra donde 101 bits forman la secuencia punteada. Cada palabra contiene 40 bits, incluyendo paridad y esta es repetida once veces juntamente con los 37 bits de la secuencia de punteado y los 11 bits de la secuencia de sincronización.

| | | | | |
|----------|----------------------------|-----------------------------------|----------|----------------------------|
| Punteado | Palabra de sincronización. | Primera repetición de la palabra. | Punteado | Palabra de sincronización. |
|----------|----------------------------|-----------------------------------|----------|----------------------------|

| | | | |
|-----------------------------------|----------|----------------------------|-----------------------------------|
| Segunda repetición de la palabra. | Punteado | Palabra de sincronización. | Onceava repetición de la palabra. |
|-----------------------------------|----------|----------------------------|-----------------------------------|

FIGURA 19.- FORMATO DE CANAL DE VOZ DIRECTO

2.2.9 .3 Control del mensaje en la estación móvil.-

El control del mensaje de una esta

ción móvil puede consistir de uno, dos o cuatro palabras.

La palabra 1, refiere a la dirección abreviada, la palabra 2 se refiere a la dirección extendida, la palabra 3 se refiere a la primera palabra ordenada procesada de nuevo y la palabra cuatro se refiere a la segunda palabra ordenada-procesada de nuevo.

| 1era. Palabra | 2da. Palabra | 3era. Palabra | 4ta. Palabra |
|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Palabra de Dirección. Abreviada | Palabra de Dirección. Extendida | Primera palabra ordenada-reprocesada. | Segunda palabra ordenada-reprocesada. |

FIGURA 20.- FORMATO DEL CONTROL DE MENSAJE

CAPITULO III

ESTRUCTURA DE LA BANDA "C"

El sistema C450 opera en la banda de los 450 Mhz con 222 radio canales con espaciamiento de canal de 20 Khz y una separación duplex de 10 Mhz.

El sistema C450 habilita a abonados móviles (viajando en carreteras, en el mar o en tranvías) para comunicarse por teléfono con otro teléfono o con abonados conectados a la red telefónica de conmutación pública. Para este fin el área de servicio es dividida dentro de un número de zonas de radio o celdas, las cuales tienen un diámetro de entre 5 Km a 40 Km. En cada una de estas celdas se encuentra una estación radio transmisora fija, la llamada estación Base (BS), la cual controla un número duplex de canales de radio tráfico para llamadas desde y hacia los abonados móviles dentro de la misma celda.

Además opera un control de canal full duplex (CCH) para el intercambio de información de control y de señalización entre las estaciones móviles y las estaciones bases.

Todas las estaciones base dentro de un gran área geográfica están enlazados el uno con el otro, vía una central móvil de conmutación llamada (MSC). Las estaciones bases se encuentran localizadas alrededor de la MSC en un arreglo en forma de estrella y cada estación base está conectada por principios de un enlace duplex de señalización de canal común (CCS), basado sobre recomendaciones de señalización de sistemas del CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telecomunicaciones), y con un determinado número de canales de tráfico (TCh). Sin embargo cada uno de estos canales de tráfico dentro de la estación base es permanentemente conectado hacia uno de los canales de radio tráfico en la misma estación base, aún cuando esto no es necesario para diferenciar entre canales de tráfico y canales de radio tráfico. La estructura de la red C es ilustrada en la Figura 21.

Las funciones de conmutación de la red C están concentradas en la central móvil de conmutación MSC, la cual es en efecto, una central cuyo software ha sido adaptado para lograr los requerimientos especiales del radio móvil.

Las MSC en la red C están completamente llenas con líneas de tráfico y conectadas unas con otras con enlaces CCS. Además, toda MSC presenta la posibilidad de una transición entre la red C y la red telefónica pública conmuta-

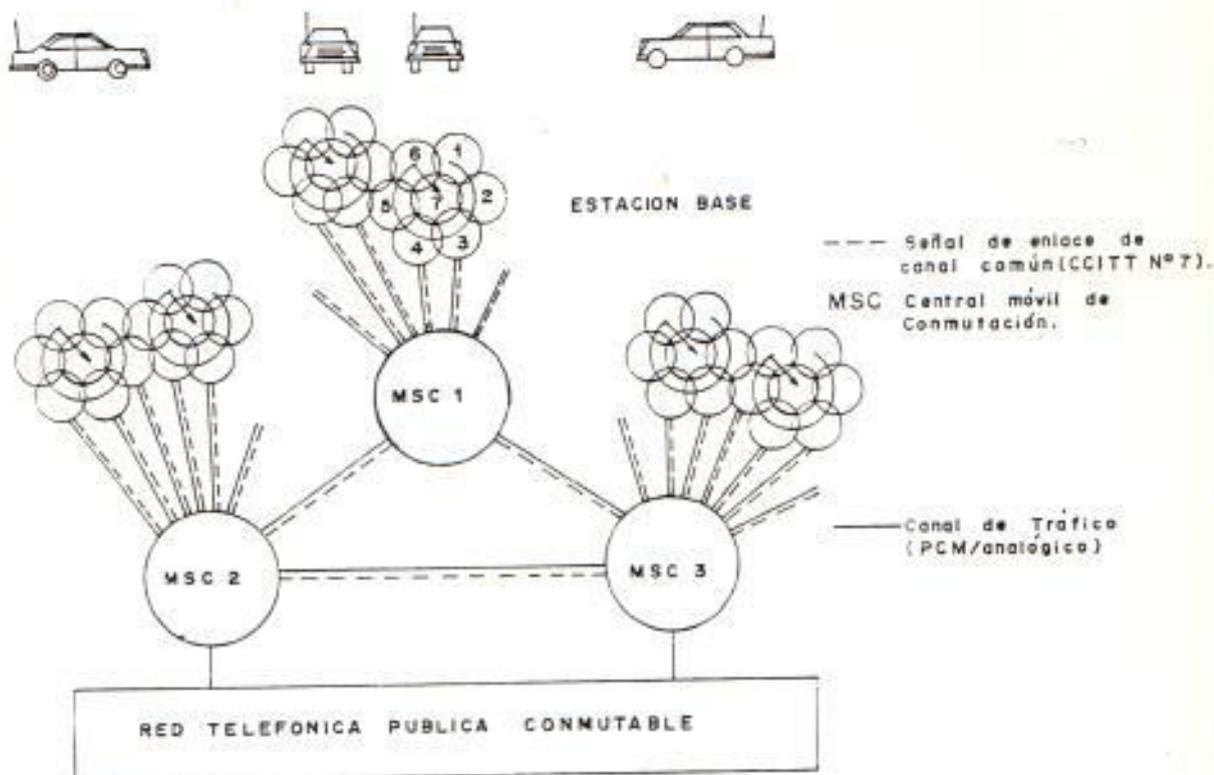


FIGURA 21.- ESTRUCTURA DE LA RED "C"

ble, conocida como PSTN (por sus siglas en inglés Public switched telephone network).

La capacidad alta de tráfico requerida en la red C es un contingente sobre un mínimo número de pares de canales de frecuencia. Esto es necesario para obtener suficientes grupos de canales de radio-frecuencia con una buena capacidad de tráfico cuando más tarde cambie el radio normal de las celdas

que es de 25 Km de radio a un radio más pequeño para obtener pequeñas celdas cuyo radio deberá ser de unos pocos kilómetros (o cuando dividimos las celdas básicas en sectores de radio para antenas direccionales); 222 pares de canales de frecuencia dentro del rango de frecuencias de los 450 Mhz con una separación de canal adyacente de 20 Khz y 10 Mhz de separación duplex para transmisión y recepción de frecuencias, basadas sobre coordinaciones internacionales, tienen por lo tanto que ser aprovechadas para la operación de la red C.

Este sistema que en la actualidad se aplica en la República Federal Alemana, cubre totalmente su territorio y requiere de 175 celdas de radio estandar y dentro de cada una de ellas existe un grupo de siete celdas de radio bastante menor, donde todos los 222 canales de frecuencia pueden ser usados uno a la vez, si así son requeridos. Las estaciones bases de estas 175 celdas están conectadas como ya lo sabemos a centrales móviles de conmutación MSC a través de circuitos de datos (para propósitos de señalización) y a través de muchos circuitos de tráfico como lo son los radiocanales dentro de la red. Las celdas conectadas a la MSC forman una área MSC de tráfico. Debido a la alta capacidad de tráfico de estas centrales y para la necesidad de la localización automática del abonado fue necesaria la interconexión de la red C con la red telefónica.

La Figura 22 muestra la conexión de las dos redes, así como tres de las áreas MSC de las ocho existentes.

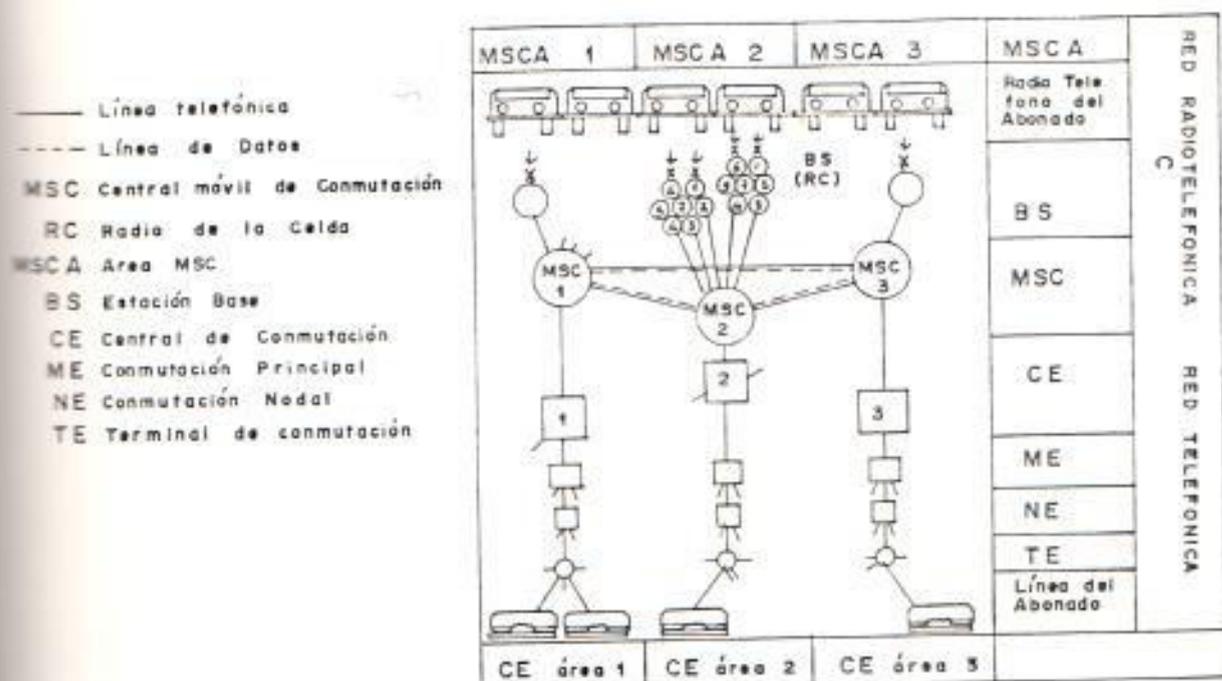


FIGURA 22.- ESTRUCTURA DE LA RED RADIOTELEFONICA C Y SU INTERGONECCION CON LA RED TELEFONICA.

3.1 DIFERENCIA CON OTRAS BANDAS DE TRABAJO.-

Para tener una visión global con respecto a otras bandas de trabajo, utilizaremos la Tabla la que nos muestra los parámetros de tres diferentes redes utilizadas en la República Federal Alemana.

TABLA V
DIFERENCIAS CON OTRAS BANDAS DE TRABAJO UTILIZADAS EN LA REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA

| R E D | BANDA DE FRECUENCIA MHz | ESPACIA MIENTO DE CANAL KHZ | SEPARACION DU- PLEX MZ | PARES DE FRECUEN CIA. | M A X I M O | | | TIEMPO DE USO |
|-------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|---------|--------------------|---------------|
| | | | | | Estaciones Base | Canales | Estaciones Móviles | |
| A1 | 157 - 158 162 - 163 | 50 | 4.5 | 16 | 136 | 249 | 10.784 | 1959 - 77 |
| A2 | 165 - 166 169 - 170 | 50 | 4.5 | 18 | 46 | 63 | 641 | 1961 - 77 |
| A3 | 165 - 166 170 - 171 | 20 | 4.5 | 5 | 1 | 5 | 58 | 1968 - 77 |
| B | 148 - 149 153 - 154 | 20 | 4.6 | 39 | 174 | 518 | 12.500 | 1972 - 92 |
| B2 | 157 - 158 162 - 163 | 20 | 4.6 | 37 | 107 | 307 | 15.000 | 1981 - 92 |
| C | 451 - 455 | 20 | 10.0 | 222 | 190 | 500 | -- | 1985 |
| | | | | | MITAD 1986 | | | |

3.2 INVESTIGACIONES DE TRAFICO EN LA RED C.-

En primer lugar, las investigaciones de la teoría de tráfico, dentro de las redes de telecomunicaciones provee información sobre el grado de servicio de las redes, en específicas y bien definidas condiciones.

En este contexto, el grado de servicio principaliza la calidad del proceso de llamada a través de las diferentes experiencias con las distintas redes de trabajo. La calidad del procesamiento de la llamada puede ser cuantificado, por ejemplo, para especificar probabilidad de pérdidas, retardos en la conexión. Si valores máximos especifican cierto grado de parámetros de servicio, estas investigaciones dentro de la teoría del tráfico podrían proveer información sobre las condiciones bajo las cuales estos valores preespecificados son adheridos a través de la red de trabajo.

Las condiciones "bien definidas", bajo las cuales las investigaciones de tráfico están siendo llevadas a cabo, son determinadas en un modelo de tráfico para este tipo, duración y uso de frecuencia de la red examinada. Dentro de la red de un sistema radio-móvil celular, se "usa" para cubrir no solamente las

llamadas o llamadas temporales dentro de la red de conmutación telefónica pública, sino también para una extensión larga, transiciones para abonados móviles de una celda hacia otra.

Toda transición semejante-independiente de cualquiera de los usos en la realización de la llamada al mismo tiempo resulta en entradas tomadas para ser hechas en un sistema de base de datos, de la red C, en la cual almacena la localización de las celdas en las cuales los abonados se encuentran localizados en algún momento.

El sistema C450 tiene que ser analizado como un sistema significativamente diferente de las redes móviles iniciales; si previamente, para llamar a un abonado móvil, necesitaba conocer cual celda el abonado se encontraba usado en ese momento. La consecuencia de esto estaba en que prácticamente no entraba el tráfico telefónico dentro de la red móvil. Gracias al sistema de base de datos de la red C, este no es un gran problema para llegar a un abonado móvil.

La proporción de llamadas recibidas en la red C podría por lo tanto mostrar un marcado incremento.

Una peculiaridad de la red de radio móvil existente de la República Federal Alemana provee una respuesta para la cuestión de cuan grande podría ser el incremento probable. Puesto que Berlín Oeste forma una isla dentro de la red con sólo dos celdas, el abonado puede determinar con relativa facilidad y certeza cual celda está usando el abonado móvil.

Y bastante seguro, alrededor del 30 por ciento del tráfico telefónico dentro de la red de la radio móvil en Berlín Oeste se está realizando en esta dirección. Este cálculo puede ser usado como base para las investigaciones de tráfico de la red C, pues provee algo más que la dificultad para averiguar los cambios de frecuencia de la estación base. Por lo tanto valores experimentales no son sin embargo aprovechados para esto, un modelo matemático ha sido desarrollado, el cual reproduce el uso móvil dentro de la red C. Este modelo hace la diferencia de tres tipos de abonados: Un cierto porcentaje de abonados que no se mueven y que por lo tanto no intercambian estaciones base. Un segundo grupo de abonados que viaja a través de la celda hacia un destinatario específico. Los cambios de frecuencia de la estación base por lo tanto, dependen primeramente de la velocidad de viaje y segundo del largo de la ruta usada

por el móvil dentro de la celda. Finalmente, existe un tercer grupo de abonados los cuales viajan al azar dentro del área de la red C.

El análisis matemático demuestra que la frecuencia con la cual los abonados móviles cambian las estaciones base es proporcional a la velocidad promedio e inversamente proporcional a la extensión de las radio zonas, por medio del cual el factor proporcional depende de el comportamiento del abonado móvil (estacionario o viajando en una línea continua o al azar) y sobre la figura de la celda (circular o elongada).

3.2.1 Capacidad de control.-

Dentro del área de los problemas del "control de capacidad", la tarea para clarificar que control aparece en que localización de la red, cuán a menudo y qué extensión de procesamiento; es requerido en cada caso.

En suma la capacidad de procesamiento de los controladores en el sistema C450 puede ser determinada en orden a la capacidad aprovechada y a los requerimientos de capacidad que podrían eventualmente ser emparejados.

Esto determina el tamaño máximo (del número de abonados móviles dentro de una celda) y el número de abonados móviles que pueden ser servidos por una central móvil de conmutación.

3.2.2 Capacidad de la transmisión.-

Una segunda área de interés es la capacidad de transmisión. En este tópico se incluye la dimensión de las líneas de tráfico entre la Central Móvil de Conmutación y la red telefónica de conmutación pública o entre dos centrales móviles de conmutación.

Así como también se analiza dos problemas de tráfico: el uno, los efectos del combinado retardo/pérdidas del sistema y el otro las llamadas "fuera del aire" organizadas sobre el dimensionamiento del tramo de los grupos de canales de tráfico y la capacidad de tráfico que puede soportar el canal de control. Estos problemas de tráfico, junto con su análisis nos ayudan a ilustrar la gran estabilidad que presenta el canal de control cuando se encuentra sobrecargado.

3.2.3 Dimensionamiento de los grupos de canal de tráfico.-

Las estaciones bases asignan los canales de tráfico no sobre un sistema libre de pérdidas, sino sobre un sistema combinado de retardo/pérdidas. Esto significa que un requerimiento para un canal de tráfico, el cual encuentra que ningún canal de tráfico se encuentra libre dentro de la estación base, no es simplemente rechazada (pérdidas), pero es colocada en una fila de espera y distribuida con tardanza. Sólo cuando todos los lugares en la fila de espera se encuentren ocupados, entonces alguna pérdida ocurre.

Es un conocimiento común que grupos troncales cuyos canales de tráfico se encuentran asignados sobre un sistema retardo/pérdidas, puede ser utilizado con mejores efectos que un sistema libre de pérdidas (de transmisión).

En efecto con desvanecimientos de la señal el tamaño de los grupos troncales se incrementa. En la red C sin embargo, el sistema retardo/pérdidas es nada más que el prerequisite co-

no una medida que aprovecha mejor el uso de los canales de tráfico que con otros sistemas móviles de radio.

Esta medida concierne a la toma de línea de salida (de un abonado móvil); mientras el canal de tráfico apropiado requiere todavía estar esperando en la fila de espera de la estación base, la pertinente Central Móvil de Conmutación comienza a ajustar la conexión hacia el abonado que realizó la llamada.

Sólo cuando momentos más tarde se tiene contestación, es tomado un canal de tráfico, asegurándose que los requerimientos del canal del tráfico dentro de la estación base que se encontraba en el medio se los coloque en el primer lugar de la fila de espera y además que el canal de tráfico se encuentre libre. Si no, el abonado que realizó la llamada esta conmutado a un anuncio memorizado ("Llamada de radio, por favor espere") hasta que un canal de tráfico pueda ser asignado para la llamada.

Gracias a la puesta de llamadas "fuera del

aire", no sostiene carga durante el ajuste de la llamada y la fase de llamada.

A su vez las investigaciones de tráfico proveen una respuesta a la pregunta de cuando (en que punto en la fila de espera), el ajuste de la llamada "fuera del aire" debe iniciar. Por si esta señalización es también al inicio, el abonado que realiza la llamada tiene que escuchar el anuncio memorizado demasiado largo y las líneas entre la central móvil de conmutación y el abonado que realiza la llamada se encuentran ocupadas por razones no prácticas. Si, en cambio el ajuste de la llamada es realizado demasiado tarde el canal de tráfico es tomado antes que el abonado que ha llamado responda y algunos de los efectos de la economía de carga de los ajustes de las llamadas "fuera del aire" se estarían perdiendo.

Entonces, para determinar el número de canales de tráfico con el cual un grado específico de servicio puede ser mantenido para un volumen de tráfico específico dentro de la celda, se puede desarrollar un programa de

simulación extensiva. Este programa consta de dos partes fundamentales: la una parte simula el comportamiento de los abonados y la otra imita las respuestas del sistema C450.

La primera parte aglutina una variedad de factores como son la frecuencia y la duración de las llamadas, proporción de tráfico de entrada y de salida (en ambos casos desde el punto de vista del abonado móvil), el cambio de frecuencia de la estación base, el período entre la aplicación de la corriente de llamada y la contestación por parte de la persona que realiza la llamada, entre otros.

La otra parte del programa representa la administración de la fila de espera en la estación base con las regulaciones de prioridad (por ejemplo, diferentes prioridades para llamadas de entrada y llamadas de salida), los grupos de canales de tráfico, el proceso de ajuste, el consiguiente proceso de conexiones "fuera del aire", etc. Más la interfase entre las dos partes es extremadamente simple: Un resultado de la primera parte es receptado en la segunda parte donde en con-

cordancia al estatus o rango del sistema C450 en ese momento, ésta simula una reacción el cual, al regreso tiene un efecto sobre la primera parte. Sobre el programa de simulación éste es un nivel de observación el cual recoge datos durante la entrada de la simulación por métodos estadísticos, los cuales son editados y se obtiene su salida al final. La figura 23 ilustra por medio de curvas cuantos canales de tráfico son requeridos dentro de una celda para un volumen de tráfico de abonados. En el gráfico se tiene la curva superior que representa un sistema libre de pérdidas (1 por ciento de pérdidas), la curva de abajo muestra el resultado de las simulaciones, los requerimientos del canal de tráfico para el sistema C450 con la combinación del sistema retardo/pérdidas (pérdidas menores o iguales al uno por ciento, promedio total del tiempo de espera menor o igual a 10 segundos y una probabilidad de espera mayor a 60 segundos para tráfico de entrada, no mayor que el 1 por ciento) y conexiones de fuera del aire.

El promedio del tiempo de llamada es de 120

segundos y el tráfico comprendido en 70% para tráfico de salida y 30% para el tráfico de entrada.

Como lo indica la Figura 23, un sistema libre de pérdidas con una capacidad de tráfico comparable podrían requerir alrededor del 30% más de canales de tráfico que la red C.

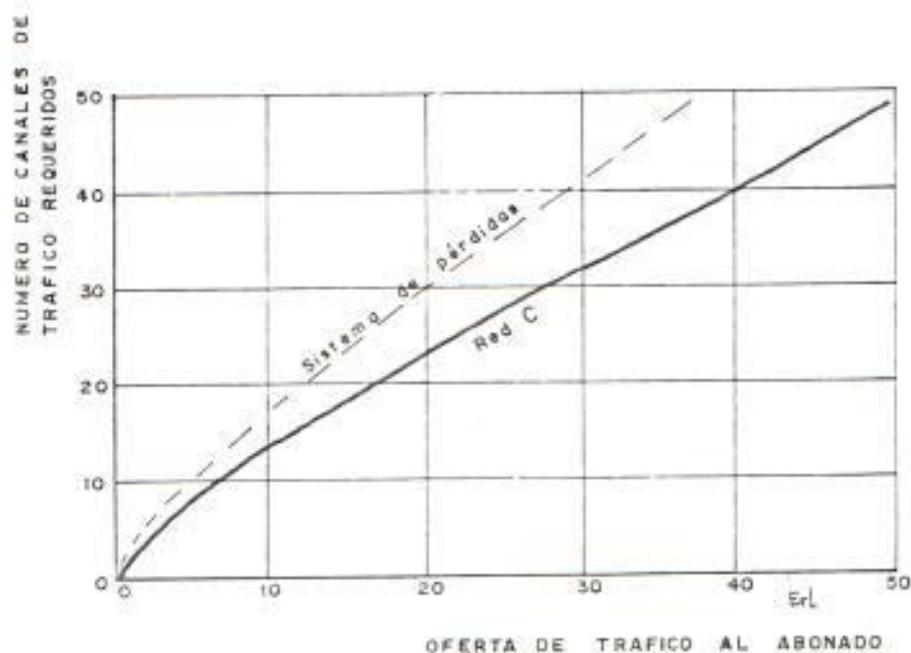


FIGURA 23.- NUMERO DE CANALES DE TRAFICO REQUERIDOS EN RELACION A LA OFERTA DE TRAFICO DEL ABONADO

3.2.4 Capacidad de tráfico del canal de control.-

Dos tipos de transmisión ocurren en el canal de control de una celda: mensajes espontáneos desde los abonados móviles hacia la estación base (por ejemplo cambios de estación base, requerimientos para llamadas salientes) y transmisiones controladas por la estación base (procedimientos de intercambio de información mutua).

Desde el punto de vista de la teoría de tráfico, el segundo tipo de transmisiones puede ser descrito como un simple servicio del sistema de retardo con una capacidad finita en la fila de espera y pueden ser investigadas utilizando procedimientos normales.

Para los mensajes espontáneos desde el abonado móvil hacia la estación base existe en la red C un subcanal separado que opera en concordancia con el protocolo ranurado ALOHA.

Cuando dos señales se encuentran sobre la misma frecuencia ("colisión de mensajes"), este efecto causa que la señal fuerte pueda ser receptada mejorada y que la señal débil

pase a ser pérdida, si es el caso que las dos señales difieren por una cantidad dada bastante pequeña (típicamente 2 o 3 dB para la modulación de frecuencia digital).

Estos niveles de señales diferentes en la estación base, son causados, por ejemplo, por las variadas distancias de las estaciones móviles con respecto a la estación base, a despecho de tener la misma potencia de transmisión y la misma altura de la antena. Añadiendo en estas etapas la influencia del desvanecimiento de señal Rayleigh. Esto hace esperar que exista una alta probabilidad, cuando señales ocurren simultáneamente dentro del subcanal ALOHA, que una puede alcanzar la estación base con una intensidad menor en 3 dB con respecto a la otra.

Esto significa que la colisión de los mensajes no restringe el potencial del mensaje colocado de un radio móvil de red ALOHA, como dentro de redes sin la captura efectiva.

En orden a la habilidad para investigar con precisión el proceso de tráfico del canal

ALOHA dentro del sistema C450, un nuevo modelo complejo probabilístico de una red ALOHA ranurado con captura efectiva tiene que ser desarrollado.

Usando asunciones de las peores circunstancias del radio cubierto dentro de una celda, es posible mostrar con la ayuda del modelo que algo más del 50% de la capacidad del canal, puede ser en efecto, utilizada para transmisiones de mensajes y que el canal ALOHA permanece estable aún cuando está sobrecargado.

En redes ALOHA ranurados sin captura efectiva es aprovechable sólo 37% de la capacidad del canal que puede ser usado (el resto es perdido debido a la colisión de los mensajes y a las necesarias pausas de transmisión) y por ello tiene una tendencia a cortarse (la comunicación) cuando se encuentran sobrecargados. (La utilización del canal es prácticamente reducido a cero). La figura 24 muestra la utilización de un canal ranurado ALOHA con captura efectiva (el que presenta un nivel de diferencia de 8 dB en relación al tráfico ofrecido).

La curva es aplicada a una celda circular, a través de la cual los abonados móviles se encuentran uniformemente distribuidos. Los niveles receptados de señales de amortiguamiento se encuentran en una relación de d^4 , donde d es la distancia entre el transmisor y el receptor.

En la práctica la utilización máxima aprovechable del canal es significativamente menor, sin embargo esto es generalmente asociado con un irrazonable grado pobre de servicio (por ejemplo 100% de utilización de la capacidad de transmisión de un grupo troncal podría ser alcanzado por la expansión de una infinita alta relación de pérdidas). Por estas razones, investigaciones realizadas, con la ayuda de simulaciones de tráfico, basados sobre resultados a los que se llegó matemáticamente, ayudan para que el nivel de la utilización de canal pueda ser razonablemente alcanzado dentro del subcanal ALOHA del canal de control en la red C.

Estas investigaciones revelan que la utilización de el canal sobre los 30% es posible,

fuera del uso de la red C, experimentando alguna degradación perceptible de la calidad del servicio (como una comparación: fuera de el efecto de captura, la carga en este caso no debería exceder del 20%).

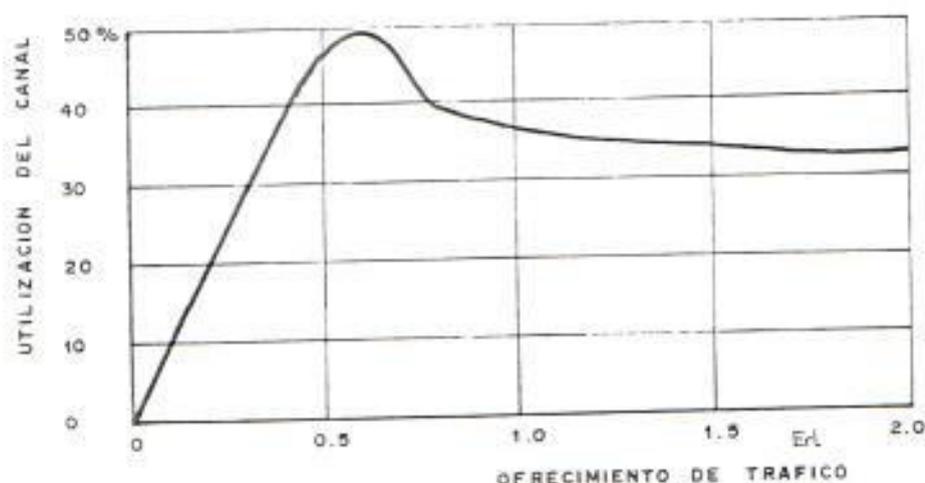


FIGURA 24.- UTILIZACION DE CANAL REFERIDO AL CANAL ALOHA RANURADO CON CAPTURA EFECTIVA,

En la siguiente table podemos observar diferentes áreas relacionadas con las investigaciones de tráfico.

3.3 NUEVAS CARACTERISTICAS DE OPERACION EN LA RED C.-

- 1) La capacidad de abonados puede ser extendida por

TABLA VI

PUNTOS DE VISTA SOBRE LAS INVESTIGACIONES DE TRAFICO

| AREA DE INTERES | OBJETO DE INVESTIGACIONES | METODOS DE INVESTIGACION TEORICO DE TRAFICO |
|---------------------------|--|--|
| Capacidad de control. | Máximo tamaño permisible de una celda. Máximo número permisible de estaciones base o abonados móviles por central móvil de conmutación. | Simulación de tráfico de tiempo real. Simulación de tráfico de tiempo real. |
| Capacidad de transmisión. | Líneas de tráfico centrales móviles de conmutación-red telefónica de conmutación pública. Líneas de tráfico central móvil de conmutación. Líneas de tráfico, estación Base-Central móvil de Conmutación. Enlace de señalización de canal común. Central móvil de conmutación-central móvil de conmutación. Enlace de señalización de canal-común. Estación Base-Central móvil de conmutación. Máximo número de abonados móviles por celda desde el punto de vista del canal de control. | Documentos sobre las dimensiones del respectivo país. Documentos sobre las dimensiones del respectivo país. Simulación de tráfico de tiempo real. Cálculos de carga Cálculo de carga Nuevos métodos de cálculo, simulación de tráfico de tiempo real. |

un múltiplo de la capacidad básica (alrededor de

- 100.000 abonados) dividiendo las celdas normales. La capacidad básica es definida como una vía en que son compatibles todos los radiocanales dentro del esqueleto de los 222 pares de canales de frecuencia aprovechables, y que están siendo totalmente usados dentro de la densa carga de las celdas estandares.
- 2) Un sistema de archivo de datos de multietapas garantiza que todas las operaciones radiotelefónicas pueden ser llamadas directamente dentro del respectivo radio de la celda fuera del conocimiento de su posición después de seleccionar un simple número de acceso a la red C a lo largo de la nación y del número del abonado.
 - 3) Durante la conexión existe una continua supervisión de la calidad de transmisión sobre el tráfico de radiocanales primando la distribución de los mejores radiocanales (también dentro de la celda) si requerimientos adecuados para interferencia de co-canal o alguna otra interferencia se presentará sobre el canal previamente usado. Esto también significa que cuando nos movemos desde una celda hacia otra celda adyacente, existen conexiones que realizan lo dicho anteriormente.

te sin interrupciones. Esto es particularmente importante para la operación futura de la celda pequeña.

- 4) El control de la llamada de ajuste para un incremento de la organización de la economía de frecuencia por causa de un radiocanal podría no ser asignado hasta que la conexión hacia la línea del abonado se encuentre establecida, que significa hasta que él haya respondido.

Con picos de tráfico dependientes sobre el tiempo de ocurrencia de ciertos eventos (causados por horas de tráfico ocupado o accidentes), este control asigna una fila de espera conveniente en operación para el abonado, que incluye un control flexible de la duración de la llamada.

- 5) Una protección cerca de una indeseada llamada de entrada improvisada para un receptor ordinario de radio es lograda mezclando la modulación de fase, análoga a la velocidad de transmisión. Una llave debe ser colocada dentro de el radio teléfono para activar el mezclador.

6) Una tarjeta de identificación (IC) de el tamaño de una tarjeta de crédito cierra la operación radiotelefónica y se asigna un uso flexible de varios radio teléfonos. Esto es particularmente interesante para servicios de renta de carros que desean ofrecer vehículos con un radio teléfono. Por lo que cualquier persona, puede llegar a ser un abonado móvil con sólo tener una tarjeta de identificación aún sin tener su propio radio teléfono.

7) Si un abonado pierde su tarjeta de identificación él puede tener el número de su radio teléfono bloqueado. Esto lo protege a causa de un uso desautorizado de la tarjeta a expensas del propietario de la tarjeta de identificación.

8) Transmisiones de datos digitales con una velocidad de 2400 b/s podría ser posible tan pronto como los detalles técnicos hayan sido resueltos y las unidades de acceso respectivas para el radio teléfono sean aprovechadas.

3.4 SISTEMAS DE AJUSTE DE LA LLAMADA Y DE ARCHIVO DE DATOS.-

El ajuste de la llamada en la red C es posible en principio sin limitaciones en la dirección radio-alambre, radio a radio, y alambre a radio. Para ajuste de llamada directa desde el alambre hacia la radio, la red C tiene un sistema comprensivo y constante de archivo de datos dentro de la central móvil de conmutación a través de todos los abonados de radio teléfono cuyas unidades que están conmutadas puedan ser alcanzadas por un proceso de selección en toda el área cubierta.

A través del código de acceso a la red radiotelefónica nacional, el abonado fijo podría siempre alcanzar la central móvil de conmutación y por lo tanto el sistema de archivo de datos.

El sistema de archivo de datos consiste de un archivo de datos activo en cada estación base y un archivo de datos de abonados locales y externos en cada central móvil de conmutación.

El archivo de datos activo registra a todos los abonados quienes permanecen dentro de la celda y cuyos radiotelefonos móviles son activados y reportan estos hacia la central móvil de conmutación.

Si un abonado permanece en su propia área de la central móvil de conmutación una entrada activa es realizada en el archivo de datos local de la central móvil de conmutación.

Si la base local del abonado se encuentra en alguna otra área de una central móvil de conmutación, una entrada activa es almacenada en el archivo de datos del abonado externo de la central móvil de conmutación.

Al mismo tiempo el archivo de datos del abonado externo identifica la central móvil de conmutación local del abonado a través de su número de abonado y, a través de circuitos de datos, produciendo una entrada que se almacena en el archivo de datos local del radio abonado indicando su posición.

A través de una organización del canal el archivo activo de datos averigua en intervalos de 1 a 5 minutos, dependiendo del tráfico de carga, si la operación del abonado de radio es mantenida aún dentro de la celda.

Con cada llamada requerida desde un radioteléfono

a un abonado fijo hacia un abonado de radioteléfono cualquier archivo de datos de un abonado externo dentro del área de la central móvil de conmutación de origen o de su archivo de datos local entrega información alrededor de su localización, previniendo que la estación móvil se encuentre encendida, el abonado que se encuentra llamando recepta el anuncio de que el abonado requerido está temporalmente no accesible.

Cada licencia del abonado es registrada en el archivo de datos local de la central móvil de conmutación de su propia área en la cual él vive, con una entrada conteniendo los siguientes datos, aparte de la entrada "activa".

- 1) Número del abonado
- 2) Entradas prioritarias (por ejemplo: radioteléfonos de los servicios de seguridad).
- 3) Autorización de entradas (por ejemplo: licencia para llamadas internacionales).
- 4) Otras entradas (por ejemplo: suspensión del servicio).

3.5 ORGANIZACION DE CANAL.-

El control de todos los mensajes transmítidos desde y hacia las estaciones móviles, puede ser ejecutado a través de una normalizada organización del canal usado a través de la red. Esto podría ofrecer la ventaja que la estación móvil que abandona el radio de una celda no necesita buscar una nueva organización del canal. Ello a su vez podría permitir estaciones móviles operando sobre la organización del canal para receptar información alrededor de su propia celda o de celdas adyacentes sin realizar un cambio de frecuencia.

Circulando de una celda a otra, la estación móvil podría continuamente procesar los patrones individuales y actuales de los parámetros del medio ambiente de radio. Para lograr la operación de diferentes estaciones base sin disturbios sobre la misma frecuencia, la organización del canal podría trabajar en el tiempo de división del modo multicanal, y una pequeña ranura de tiempo podría ser asignada para cada zona.

En las siete estaciones base circundantes, un diferente tiempo de ranura podría ser usado en secuencia,

periódica. Otro tiempo de ranura podría ser aprovechable para áreas geográficas inconvenientes para transmisión de radio. Esta secuencia periódica de ocho tiempos de ranura podría ser combinada hacia una subtrama de 600 ms, cuatro subtramas forman una trama con un largo total de 2.400 ms. Por ello se puede asignar 32 ranuras de tiempo conjuntamente a ser distribuidas entre las siete celdas adyacentes de manera que cada una de ellas haga frente a la demanda de tráfico de cada celda.

Cada ranura de tiempo con un largo de 75 ms., puede ser subdividida dentro de dos partes con un largo efectivo de 35 ms. Una de estas partes podría ser usada principalmente para procedimientos de organización, la otra parte para intercambiar información sobre la situación actual de la estación móvil.

De esta manera, la organización del canal opera dentro de bandas altas y bajas, y el diálogo de datos entre la estación base y la estación móvil puede ser posible.

La transmisión de datos podría realizarse con la ayuda de una modulación de frecuencia binaria de 5.28 Kb/seg.

Toda la información de control podría ser transmitida en bloques normales que pueden ser usados para procesar todos los modos de señalización mediante la variación de los formatos de señalización y la variación de los códigos de operación.

De los 198 bits que se tiene a disposición de un bloque de 35 ms., 184 podrían ser usados para la transmisión, sincronización y aseguración de los mensajes.

Debido a la variabilidad en la asignación de las ranuras de tiempo hacia la estación base y de la alta razón de datos aplicados, una organización de canal podría ser suficiente para la red nacional, mientras que las estaciones base individuales son equipadas con más de 12 canales de voz. En áreas urbanas con un alto volumen de tráfico y un resultante grande de canales de voz, organización de canales adicionales pueden ser instalados para que los abonados móviles no tengan dificultades en obtener toda la información necesaria de la red. En cada caso la organización normal del canal podría indicar donde el abonado encontrará capacidad libre para intercambio de datos.

De esta manera las estaciones base, tendrían un tiempo de ranura de discado y un procedimiento de sincronización externa que debe ser empleado para todas las estaciones base en períodos definidos, previniendo con ello, desplazamientos de fase y una interferencia dañosa hacia las zonas de radio adyacente. Por consiguiente, la exactitud del período corto de la unidad de generación debe ser de 10^{-11} .

El procedimiento de sincronización de las estaciones base adyacentes, que se encuentran conformando el racimo o grupo, es realizado de acuerdo con el principio de sincronización jerárquico, que se refiere a que cada estación base tiene una estación base de referencia, para la cual tiene que encontrarse sincronizada.

CAPITULO IV

LA ESTACION BASE EN LA TELEFONIA CELULAR A TRAVES DE LA BANDA C

4.1 INTRODUCCION.-

Las estaciones base se encuentran distribuidas a lo largo del área cubierta, formando el tramo entre las centrales móviles de conmutación y las estaciones móviles en la red jerárquica celular. Las estaciones base habilitan las llamadas que provienen desde abonados móviles o fijos respectivamente. En adición las estaciones móviles rastrean automáticamente una ruta para que el abonado móvil pueda en cualquier momento conectarse con cualquier localización. Para este propósito, cada estación base mantiene un diálogo de datos con las estaciones móviles que se encuentran operando dentro de la celda particular, y supervisa si las llamadas han sido realizadas o no. Con estas características la estación base dentro de la red C450, no es un conmutador pasivo, extensión de las líneas telefónicas sobre el recorrido de radio, sino que es un componente activo que pro-

vee las funciones de comunicaciones y de conmutación.

Las estaciones base fijas se encuentran instaladas próximas a las antenas colocadas sobre altos edificios y generalmente sobre torres de radio relé existentes (Ver Figura 24). Es también muy tomado en cuenta el terreno para tratar de obtener condiciones de propagación favorable.

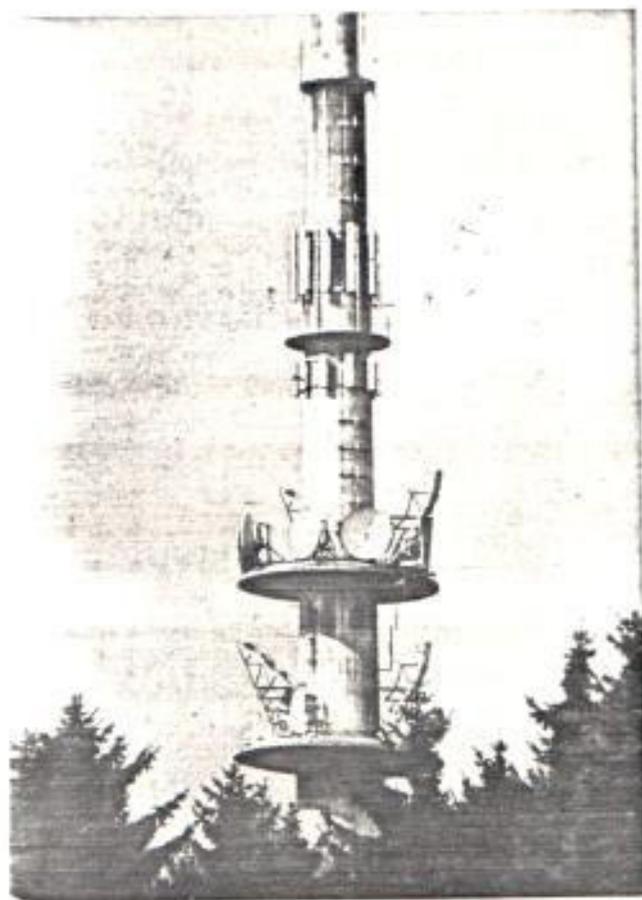


FIGURA 25.- TORRE DE RADIO RELE CON ANTENAS RADIO CELULARES. (MOSTRADOS EN LA MITAD SUPERIOR DE LA FIGURA CON BLINDAJES RECTANGULARES CONTRA EL MAL TIEMPO).

4.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UNA ESTACION BASE.-

A través de la Figura 25 podemos observar los diferentes elementos que conforman una estación base dentro de la red telefónica celular móvil C450 (utilizada en la República Federal Alemana).

4.3 FUNCIONAMIENTO DE SUS EQUIPOS.-

4.3.1 Radio Modem RM.-

Como la Figura 25 lo muestra, la estación base se encuentra equipada con dos diferentes versiones de radio modem intercaladas. La Radio Modem RM con el software de el canal de control y del de tráfico (CTCH) puede ser empleado como un canal de control (CCH) o como un canal de tráfico (CCH). Existen también dos radios modems con el software del canal de control y canal de tráfico con el fin de proveer un redundante canal de control. Un radio modem provee funciones al canal de tráfico 1 hasta que cada vez una falla ocurra o razones de requerimiento operacional tengan que ser conmutados. La consecuente conmutación de circuitos de radio frecuencia RF y de frecuencia de voz VF es realizada por

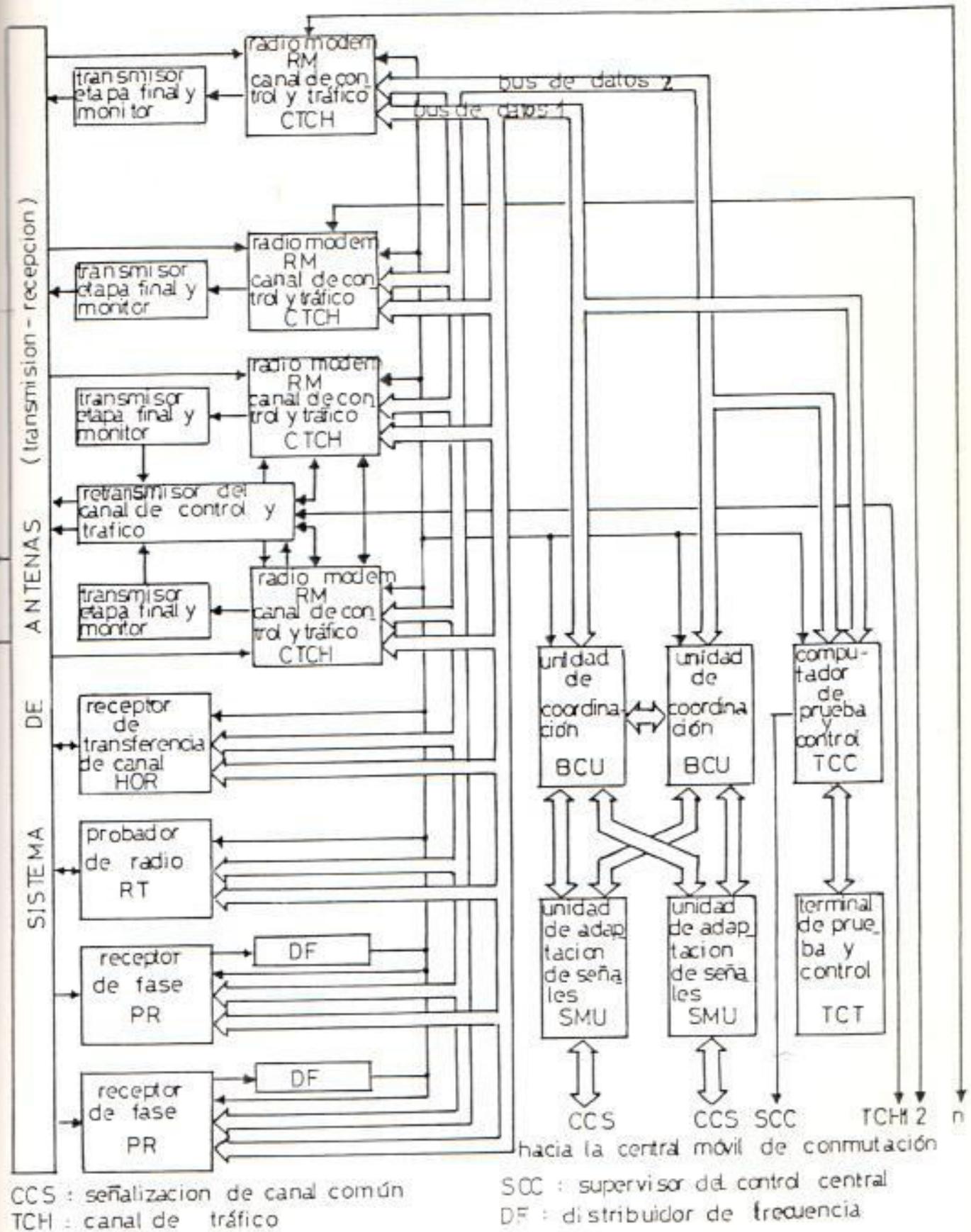


FIGURA 26.- DIAGRAMA DE BLOQUES DE UNA ESTACION BASE

un retransmisor combinado RF-VF (CTCH retransmisor).

El canal de control guía los datos colocándolos en las debidas posiciones de las estaciones móviles y en disposición para la llamada de radio. Puesto que éste está estructurado como un canal de acceso múltiple operando sobre la misma frecuencia a lo largo de la red, esto se hace posible desde una estación móvil hacia el monitor de todas las estaciones base dentro del rango de recepción por criterios de calidad de recepción ó criterios de distancia.

En la búsqueda de mejores condiciones de radio para una estación vecina o cruzando los límites de la celda, la estación móvil es nuevamente registrada. La radio modem con funciones de tráfico dedicadas difiere con respecto a la función del canal de tráfico y de control sólo con respecto al software implementado. Estas funciones son:

- Manejo de llamadas
- Chequeo de la señal de quién habla

- Adquisición de datos para mediciones de carga.
- Selección de modo

(Transmisión de datos a 4.8 Kbit/seg)

Las otras conexiones hacia la radio modem están para las señales de radio frecuencia y de frecuencia de voz tanto entrantes como salientes y para las señales que transfieren datos dentro de la estación base.

4.3.2 Probador de radio.-

El probador de radio (RT) emplea un programa de prueba para inicializar la rutina para la unidad de coordinación de la estación base hacia el monitor, sus recorridos de señales propias de radio frecuencia y de frecuencia de voz, y todos los canales de tráfico y de control y los receptores de transferencia de un canal a otro. También realiza pruebas y medidas, mientras señales comienzan a intercambiarse, para detectar algún mal funcionamiento y para reportarlo esto hacia la unidad de coordinación. El chequeo esencialmente es re

lacionado con las características e incluye las tolerancias permisibles. Este chequeo además incluye:

- Tiempo de retardo del equipo para transmisión y para recepción.

En particular el retardo de recepción dentro del punto bajo prueba es calibrado con el objetivo de eliminar errores en la medición de distancias requeridos para la comunicación de radio.

- Sensitividad de los receptores
- Calidad de la transmisión en términos de la amplitud de la respuesta, de la relación señal-ruido, y del factor de distorsión.
- La operación de los modos de frecuencia de voz (VF) tales como: claridad de voz, inversión de voz, datos en tránsito.

Mientras estos criterios expuestos anterior-

mente comiencen a ser chequeados, otras funciones también experimentan comprobación.

Algunos de los puntos que han sido probados se encuentran comprometidos activamente en la consecución de buenos resultados, particularmente en la determinación del tiempo que retarda la recepción y la relación señal-ruido que se produce.

4.3.3 Optimización de la localización de la celda para estaciones móviles en condición de llamada.-

Hor (Hand-off receiver). Anteriormente en los primeros capítulos habíamos definido el handoff como la acción de transferir de un canal hacia otro, en esta oportunidad el propósito de un receptor de handoff dentro de la red celular C450 es el de optimizar la localización de la celda para la estaciones móviles hasta estaciones base en celdas contiguas (40 canales máximo) y bajo condiciones correctas de radio, produce que la llamada deba ser transferida hasta su estación base propia. El control involucrado está basado

sobre medidas y evaluaciones de intensidades de campos y de las distancias.

Este receptor de optimización obtiene evaluación de datos de la celda con respecto de las estaciones base, vecinas desde el sistema de registro de la unidad de coordinación. Todos los receptores de optimización se encuentran conectados al sistema de antenas a través de un amplificador de aislamiento.

Receptor de Fase (PR) (Phase Receiver). El receptor de fase suministrada a todos los equipos de la estación base, el sistema de frecuencia de 8.4 Mhz y el bastidor del grupo de señales que son automáticamente conmutadas a través del divisor de frecuencia. La potencia es suministrada para razones similares desde el bastidor central 1 o 2.

El bastidor del grupo de señales se sincroniza con el bastidor de fase de la estación de base entrante.

La red celular C450 emplea un sistema de sin

cronización jerárquica extendido desde una estación base inicial. Este sistema deriva su trama de sincronización desde una frecuencia externa normalizada.

El resto de la red es sincronizada en llamadas concéntricas alrededor de la estación base inicial, la primera llamada es dependiente de la estación base inicial, la segunda llamada depende de la primera, etc.

El receptor de fase consiste de una sección de control, de una sección de recepción tan buena como un generador de frecuencia seguidora normalizado. Otra de las funciones, es la de intercambiar datos con la unidad de coordinación a través de una interfase en serie.

Unidad de Coordinación BCU. Los radiocanales se encuentran coordinados a través de un proceso computarizado en una estación base central por medio de la unidad de coordinación de la estación base (BCU). Esta unidad también maneja en un tiempo real el intercambio de datos con la central móvil de conmutación

a través del sistema de señalización del canal común y también por medio del computador de prueba y de control.

Las funciones principales de la unidad de coordinación son las siguientes:

- Arranque automático y puesta en operación de la estación base entrante.
- Rutina de prueba de todos los equipos de las estaciones base con señales de falla.
- Preparación del sistema de registro para los equipos.
- Acceso de todas las estadísticas relacionadas con radio tráfico.
- Manejo de la fila de espera
- Selección del radio canal óptimo de acuerdo con los criterios de radio cuando una llamada está ocurriendo.
- Manejo y asignación de radiocanales

- Transferencia de llamadas hacia otros canales de la misma estación base como respuesta a la interferencia de co-canal o también transferencia hacia canales de estaciones base cercanas fuera de la celda.
- Detección y chequeo de todas las operaciones móviles en una celda en particular presente en el archivo de datos activo a través de la mitad del canal de control.

Un conmutador central de datos es empleado para controlar las interfases serie hacia los radios periféricos, hacia el computador de prueba y de control, y hacia la unidad de adaptación de señales (SMU). Se garantiza un confiable intercambio de datos con la central móvil de conmutación a través del sistema de señalización de canal común número 7. Las especificaciones del Comité Consultivo Internacional de Telégrafo y Teléfono de la Unión Internacional de Comunicaciones, suministra los siguientes niveles:

- Funciones físicas
- Protección de la transmisión entre dos ter

minales de canales.

- Funciones para tráfico de ruta, protección de conmutación en el momento de una falla, y.
- Funciones y pruebas del usuario

4.3.4 Operación del procesador de mantenimiento (OMP) y del terminal de mantenimiento (OMT).-

La operación del procesador de mantenimiento es la de apoyar el mantenimiento de la comunicación con la estación base, así como de señalar el rango de la estación base y el de ofrecer comandos de operación para soportar el mantenimiento y los trabajos de reparación.

Las tareas de un procesador de mantenimiento (OMP) incluye:

- Manejo de la historia del archivo
- Manejo de un panel de alarma local
- Manejo de líneas de alarma para supervisión de centrales remotas y control del diálogo existente con el operador de mantenimiento terminal (OMT).

La operación del terminal de mantenimiento (OMT) es una unidad de display visual portátil con pantalla y teclado de entrada. Con el OMT los operadores pueden ejecutar los siguientes comandos:

- Lectura de la historia del archivo
- Salida y modificación de los parámetros del sistema.
- Ejecución de chequeos

Para selección de funciones de operación de mantenimiento, el personal está guiado por los requerimientos entrantes de las multi-etapas, con la ayuda de menus correctamente especificados.

4.4 ETAPA DEL TRANSMISOR FINAL Y SU CONECCION CON CADA MONITOR.-

Las principales funciones de la etapa del transmisor final incluye:

- Amplificación de la señal de entrada transmisora modulada desde 10 mW hasta un máximo de potencia de salida de radio frecuencia de 50W.

- Conmutación del transmisor de potencia de salida de radio frecuencia de 50W.
- Regulación de la potencia de salida de radio frecuencia hasta un valor constante.
- Encendido y apagado del transmisor de potencia con una secuencia de tiempo controlada.

Para manejo óptimo de las condiciones de radio propagación, la potencia de salida de radio frecuencia es ajustable a través del radio modem en ocho etapas (5 dB por etapa). Conmutaciones sobre los niveles de potencia son realizadas tan bien como el encendido y apagado de la etapa transmisora final con una secuencia de tiempo prescrita (función de \cos^2), el cual es escogido para tener una interferencia mínima de canal adyacente. En el caso de falla de la potencia manejable o de la función de regulación, o del exceso de temperatura se generan alarmas que son sensadas por el radio modem.

El transmisor del monitor intercalado está conectado entre la salida de la etapa del transmisor final y la entrada del filtro transmisor acoplador. Las principales funciones de monitoreo son:

- Incremento de la separación entre algunos transmisores conectados al filtro acoplador en el orden de mayor o igual a los 50 dB.
- Chequeo de la potencia de radio frecuencia entregada hacia el filtro acoplador para un valor límite mínimo.

El monitor del transmisor contiene aisladores de radio frecuencia, los cuales se encuentran seguidos por acopladores direccionales con facilidades de evaluación. La potencia directa y reflejada de radio frecuencia a la salida del monitor es detectada con el acoplador direccional.

Los dos criterios son utilizados para la evaluación de facilidades, enviando una alarma al radio modem si los niveles caen bajo un límite fijo o lo exceden.

4.5 ESTUDIO DEL DISEÑO HARDWARE.-

El diseño físico de las unidades del sistema está basado sobre el diseño conocido como 7R adoptado como el normalizado en la práctica del equipo de transmisión. Modificaciones menores son llevadas a cabo

para responder un montaje especial y requerimientos de señalización de la estación base. El hardware se encuentra estructurado sobre los siguientes cuatro niveles:

- Un sistema de antena con estación completa, fuente de alimentación, y cableado de la estación.
- Bastidor de radio y bastidor central
- Equipos intercalados
- Módulos intercalados incorporados y submódulos

En principio, la configuración del sistema de una estación base puede ser expandida con las unidades de radio canales que sean requeridas, sin tener que considerar la operación de la unidad central de control o el sistema de señalización de falla. Blindaje especial es requerido en muchas localizaciones debido a la proximidad de sistemas transmisores de radio frecuencia.

4.5.1 Configuración del sistema.-

La configuración del sistema es realizada usando componentes estructurales normalizados del estilo 7R adoptado por algunas redes públicas de conmutación (Ver Figura).

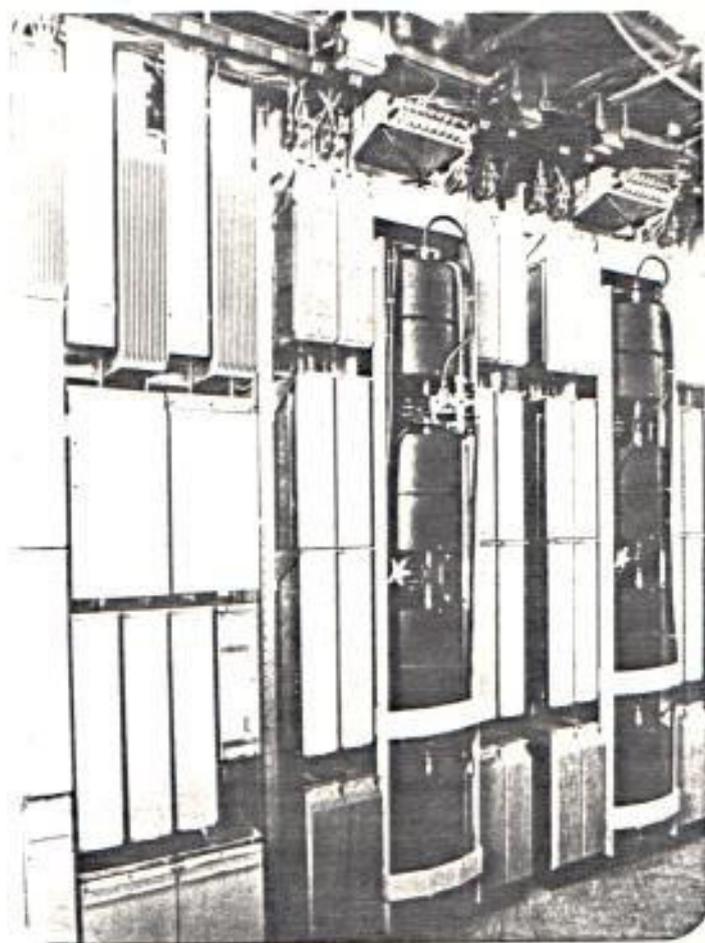


FIGURA 27.- CONFIGURACION DEL EQUIPO DE UNA ESTACION BASE.

Bastidores centrales y bastidores de filtros acopladores no son estandarizados debido a los requerimientos físicos especiales.

Sin embargo la unidad de coordinación opera en un tiempo real y requiere trayectorias de transmisión extremadamente cortas. Por esta razón, el formato del plano posterior tiene que ser optimizado y el ancho de la interca

lación debe ser fijado a dos veces el ancho del bastidor, luego las unidades comienzan a interconectarse a través de un alambre flexible que se encuentra marcado. Los bastidores centrales son de doble ancho y todas las entradas activas funcionales son diseñadas como equipo enchufable y intercalable. La unidad de adaptación de señal se encuentra diseñada para facilitar la operación y el mantenimiento. (Ver Figura 28).

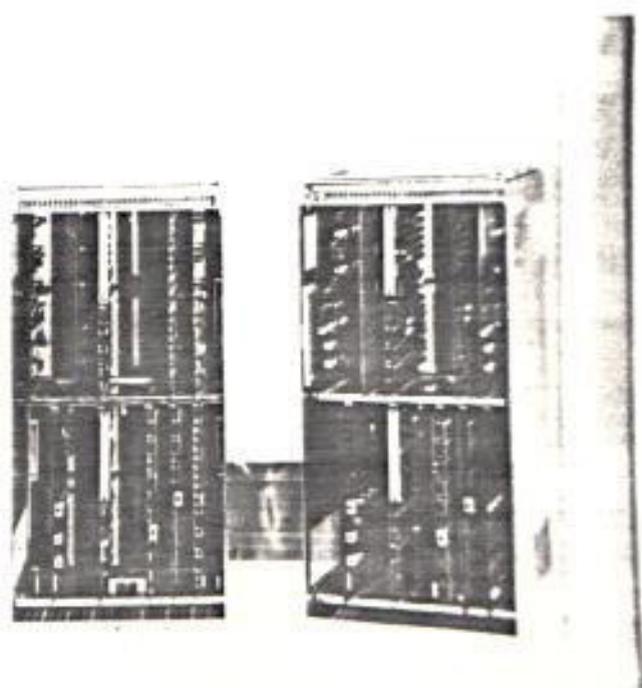


FIGURA 28.- UNIDAD DE COORDINACION. (LAS DOS UNIDADES ESTAN INTERCONECTADAS A TRAVES DE UN ALAMBRE FLEXIBLE).

Todos los paneles terminales son instalados de manera permanente y accesibles desde la parte frontal. Gran esmero se ha llevado a cabo para garantizar que la disipación de calor sea una distribución constante y sea extraído dicho calor hacia la parte frontal sin la necesidad de ventilación forzada.

Cada estación base incorpora como mínimo 1 receptor de transferencia de un canal a otro y como máximo 6, para que 40 a 240 radio canales puedan ser monitoreados. Un equipo total en la estación requiere dos bastidores de recepción de transferencia de un canal a otro totalmente equipados con una fuente de alimentación cada uno.

4.5.2 Módulos del sistema.-

Señales funcionales como la modulación, demodulación, mezcladores, amplificación de señal, fijación de la frecuencia de radiocanal, evaluación de señal, codificación y decodificación, así como también en funciones de control ayudadas por secuencias computarizadas son realizadas dentro de los módulos del sis

tema. Estos módulos son enchufables y diseñados en formatos simples y dobles. Sobre módulos digitales, óptimos dispositivos se encuentran montados, obteniéndose multicapas (de hasta 10 capas). Los módulos análogos de radio frecuencia y frecuencia de voz son designados de dos capas y en formato simple (todos los módulos interiores son horizontales). El diseño físico del probador de radio, radio modem, receptor de fase y receptor de transferencia de un canal a otro, se encuentran intercalados a lo largo de módulos. Para la estación de base entrante existen 9 tipos de módulos análogos con 17 variantes y 22 tipos de módulos digitales con 27 variantes.

Todos los módulos de una unidad se encuentran combinados a través del plano posterior de mantenimiento económico propio. Estas normas parten del tipo de construcción, de la compresión del módulo montado, del alambrado entre módulos, y de dos conexiones externas con un necesario blindaje entre circuitos y hacia el exterior.

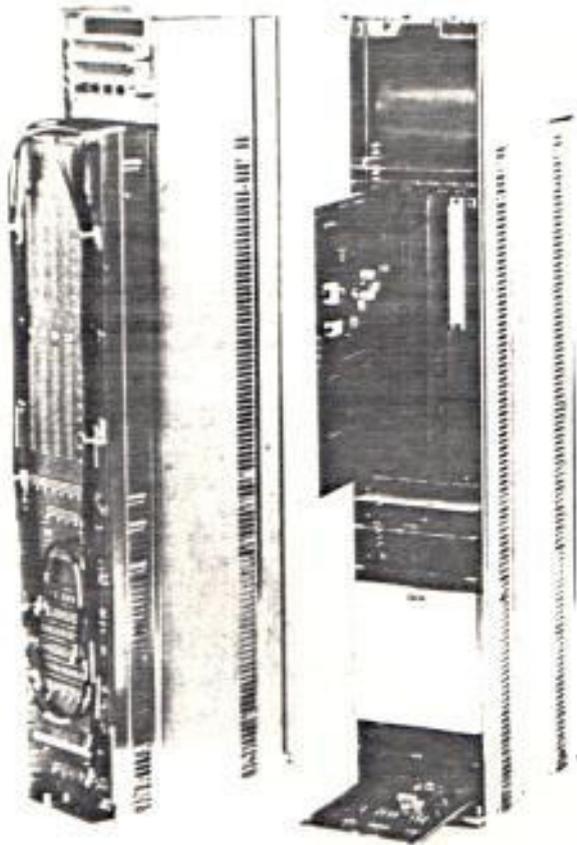


FIGURA 29.- DOS UNIDADES PROBADORAS DE RADIO VISTAS FRONTALMENTE (DERECHA) Y POSTERIORMENTE (IZQUIERDA).

Todas las señales sensitivas de radiofrecuencia son encaminadas dentro de la unidad a través de líneas coaxiales de doble blindaje exteriores al plano posterior. Los conectores de los cables coaxiales pasan por medio del plano posterior hacia los conectores del módulo. La pared cercana al dispositivo de alimentación está protegida con una superficie puesta a tierra, y es conectada hacia la superficie exterior del conector coaxial

a través de un anillo de contacto especial. Los módulos de radiofrecuencia receptores, el sintetizador y el modulador son mutuamente blindados y a su vez acomodados dentro de una envoltura blindada. Esta envoltura establece un área de contacto con el equipo puesto a tierra a través del plano posterior.

Para aislar del ruido todas las líneas de datos tanto de entrada como de salidas, se utilizan filtros eléctricos montados en la vecindad inmediata de los conectores pertinentes sobre el plano posterior.

Módulos digitales con altos niveles de disipación proveen láminas absorbedoras de calor con el objeto de mejorar la transferencia de calor hacia el aire circundante. Todos los módulos computarizados están provistos de un conector de prueba especial para acceder a todos los circuitos requeridos tanto del hardware como del software.

4.5.3 Cableado.-

Toda fuente de alimentación y las líneas de

señalización son blindadas y encaminadas en cables separados enganchados; a su vez los cables coaxiales presentan doble blindaje.

Transferencia de datos dentro de la estación base se realiza sobre una base balanceada a través de pares entrelazados para suministrar un modo de reflector común de interferencia.

Cada radiocanal controlado es conectado hacia dos unidades de coordinación a través de pares encaminados separadamente de cada dirección de transmisión.

4.5.4 Fuente de alimentación.-

La entrada a la estación base es uniformemente alimentada desde 36 hasta 75 Vdc (típicamente un valor de 60 Vdc). Si el suministro externo falla, el equipo de cargado de batería desarrolla una acción especial de falla para garantizar la operación continua de las principales funciones del sistema. En el caso de fallas cortas, la alimentación primaria hacia el suministro de las alimentaciones de las diferentes unidades en el bastidor

central es mantenido por un tiempo de $t_s \leq 40$ ms por acción de las cargas capacitivas. Si prolongadas fallas ocurren y la fuente de alimentación de emergencia también falla, entonces el sistema de archivo es almacenado en memorias no volátiles.

Ambos tipos de unidades de fuentes de alimentación, por ejemplo para los bastidores central y de radio, son automonitoreadas y señalan alguna falla de las unidades de alimentación y de las unidades de coordinación.

Control de radio modems, receptores de fase, probadores de radio, son definidos para un estado definido mediante un circuito lógico dentro de las unidades de suministro de alimentación antes del paso a la operación de voltaje fuera de la tolerancia debido a alguna falla.

4.5.5 Sistema de antenas.-

El sistema de antenas contiene todos los elementos acopladores requeridos para el múltiple diseño utilizable de antenas transmiso-

ras y receptoras y para el auto chequeo de la estación base. Antenas separadas son generalmente empleadas para transmisión y recepción.

Por lo tanto, en casos especiales dependen de la configuración, aunque es posible emplear antenas comunes para instrucciones de transmisión y recepción. Por lo que una versión modificada de la antena acopladora es aprovechable para este propósito.

CAPITULO V

ESTACIONES MOVILES PARA SISTEMAS DE RADIOTELEFONIA A TRAVES DE LA BANDA C

5.1 INTRODUCCION.-

El diseño, desarrollo y construcción de una estación móvil se encuentra afectado por intereses conflictivos de innovación, racionalización y requerimientos técnicos como sucede con productos de la industria electrónica.

La competición mundial tiene que ver generalmente para ciclos de innovación cortos, por la demanda creciente para funciones de dispositivos adicionales, de otra manera existe la demanda de llamadas para abonados y por unidad que debe ir escalonadamente con la producción.

El constructor debe formular un concepto de desarrollo y optimización, el cual trate el ciclo de vida de un producto como un problema global. Esto último es de particular importancia aún cuando fu-

turas demandas del mercado deban ser anticipadas en orden a alcanzar el buen éxito económico deseado.

5.2 DEFINICION DE UNA ESTACION MOVIL.-

Una estación móvil a ser instalada en el interior de un vehículo generalmente se encuentra constituida de:

- La unidad transceptora conteniendo el transmisor/receptor y el controlador.
- La unidad de operación con microteléfono y el teclado.
- La antena.
- El cableo necesario para conectar estos dispositivos el uno con el otro.

La unidad transceptora es generalmente colocada en el portaequipajes del vehículo, mientras que la unidad operativa es colocada al alcance del conductor para facilitar la comunicación cuando el móvil se encuentra en movimiento.

La demanda para funciones adicionales, como la señalización, las cuales son necesarias para intertrabajos con otras redes, deben ser tomadas en cuenta. A la vez existe un rango amplio de adiciones, de requerimientos: primeramente las especificaciones las cuales deben ser conformadas en orden a la seguridad de las operaciones fuera de errores dentro de la compleja red radio telefónica y a menudo bajo condiciones extremas de temperatura, y voltaje; y además ellas deben ser implementadas a través de la vía del mejor costo-eficiencia, para ello utilizando un mínimo de hardware.

La instalación de las unidades dentro del vehículo, las necesidades de una resistencia particularmente alta contra choques, vibraciones y condiciones climáticas, deben ser satisfechas.

Al mismo tiempo, instalación en el portaequipaje y compartimento de pasajero significa que criterios como accesibilidad, tamaño y facilidad de operación de la unidad transceptora y de la unidad de operación deben ser tomados muy en cuenta, para no afectar la seguridad de los pasajeros.

5.2.1 Ciclo de trabajo de una estación móvil.-

El ciclo de vida de una estación móvil es ilustrado a través de la Figura 16.



FIGURA 30.- CICLO DE VIDA DE UNA ESTACION MOVIL

5.2.2 Estudio del diseño de una estación móvil.-

Con la inovación de los ciclos, el método clásico de organización lineal, que presenta una línea estrictamente dividida entre el diseño y la producción en serie, no puede ser mantenida por mucho tiempo.

Actualmente está siendo llevado a cabo con

mucho énfasis otras estructuras organizacionales como un proyecto de organizaciones de multiniveles.

De la misma manera los procesos de optimización específicos para las estaciones móviles son procesos traslapados e iterativos, en los cuales es obvio darse cuenta que el tiempo es un elemento esencial. Ver Figura 27.

Las trayectorias de progreso en diseño y fabricación para algunas extensiones de tipo paralelo y el ordenamiento de componentes ocurre en un punto dentro del proceso de desarrollo cuando la integración y la prueba de las unidades todavía no ha concluido.

5.3. FUNCIONAMIENTO DE SUS EQUIPOS Y CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE UNA ESTACION MOVIL.-

La estación móvil comprende la unidad transceptora (incluyendo la fuente de alimentación), el microteléfono y la lectura de tarjetas. La configuración básica de una estación móvil se ilustra en la Fig. 28.

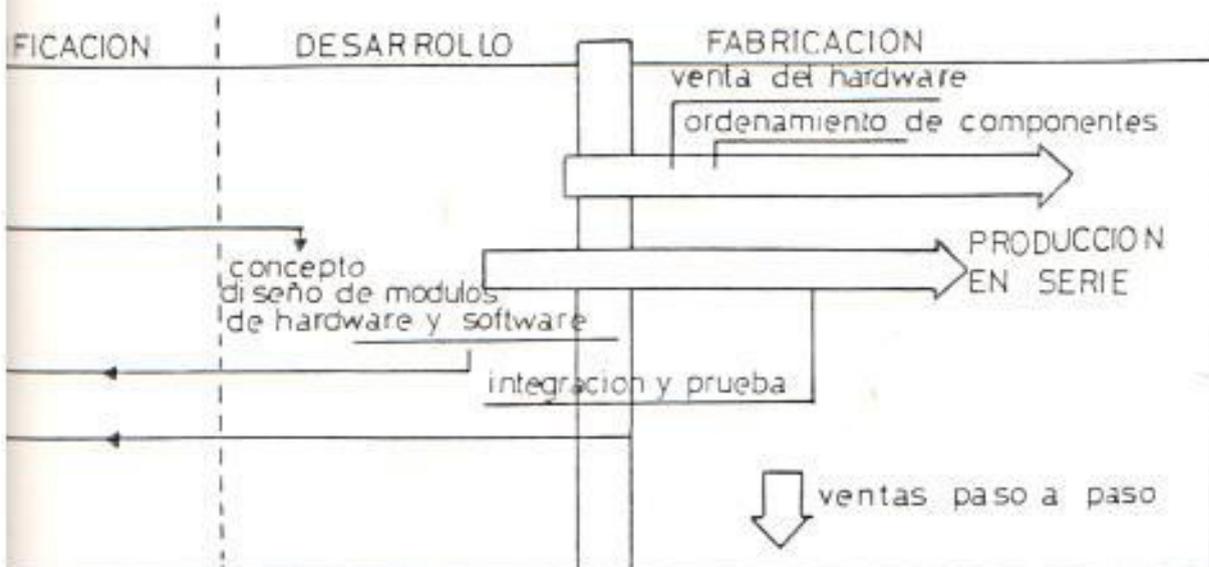


FIGURA 31.- ESTACION MOVIL: OPTIMIZACION DEL PRODUCTO A TRAVES DE UN PROCESO ITERATIVO.

Las funciones de la unidad trasceptora se encuentra dividido entre los siguientes módulos:

- Modulo de radio: Este módulo comprende, el filtro duplex, receptor, sintetizador, módulo de baja frecuencia, modulador, controlador de radio frecuencia, etapa de radio frecuencia de salida.
- Controlador: Control de la estación móvil e interfaces.
- Fuente de alimentación

El microteléfono incluyendo el display y los ele-

mentos de control y la cabeza de lectura de datos, son conectados hacia el controlador dentro de la unidad transceptora. La tarjeta de identificación del abonado es insertada dentro de la cabeza de lectura de datos después de que la estación móvil ha sido encendida y el número del abonado se encuentra en servicio para identificar al abonado durante la operación de radio.

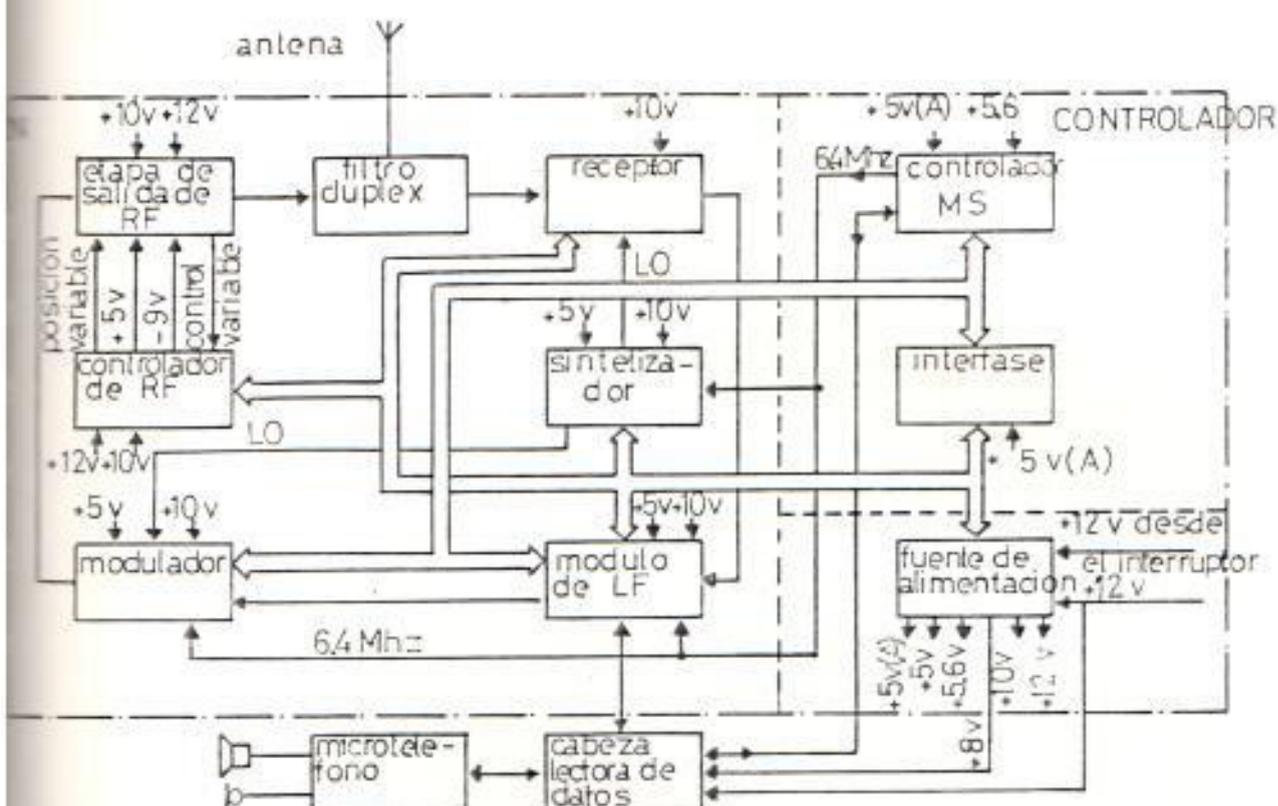
5.3.1 Diseño de la Unidad transceptora.-

5.3.1.1 Sección de radio.-

La sección de radio incorpora los siguientes módulos: procesador de baja frecuencia, receptor, modulador, sintetizador y etapa de transmisión de salida con controlador, la función del sintetizador comienza sintonizando la frecuencia sobre los canales de control y canales de voz. El modulador realiza la modulación FM de la frecuencia de la onda portadora común.

Las funciones implementadas en el

UNIDAD TRANSCÉPTORA



- LF Frecuencia baja
 LO Oscilador local
 MS Estación móvil
 RF Radio frecuencia

FIGURA 32.- ESTACION MOVIL DE LA RED C450, CONFIGURACION BASICA.

inversor de voz, el limitador y el interruptor de intensidad sonora.

El filtro duplex permite simultáneamente transmisión y recepción a través de una antena simple.

En la Figura 29, se muestra gráficamente la unidad transceptora.

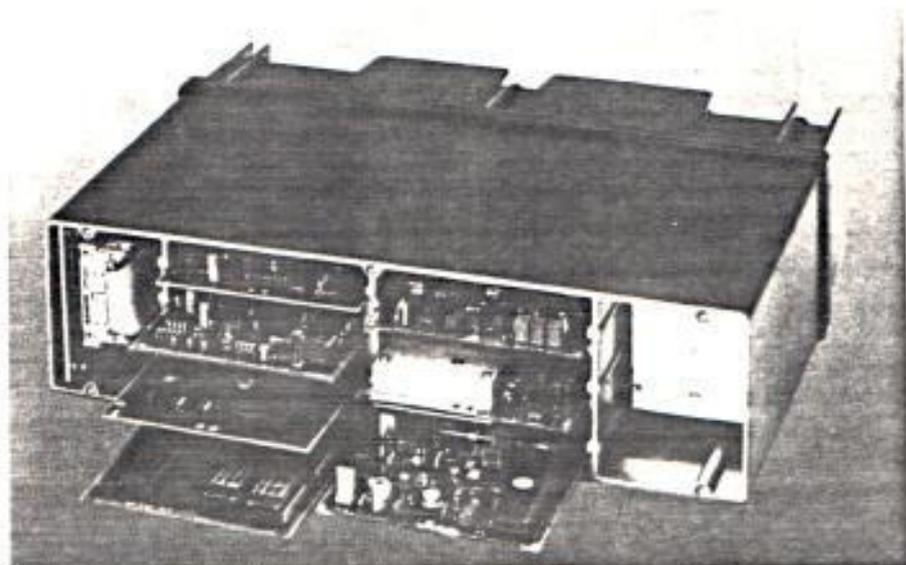


FIGURA 33.- UNIDAD TRANSCÉPTORA

5.3.1.2 Controlador.-

En el controlador, todos los procesos de señalización y los procesos operativos son controlados por me-

dio de un microprocesador.

El modulador-demodulador se utiliza para modular y demodular la señalización en los canales de control y de voz. Errores son detectados durante la decodificación y son corregidos donde sea necesario.

Con la ayuda del reloj del preprocesador, todos los pulsos de reloj requeridos y las frecuencias de referencia son obtenidas desde una frecuencia simple de enganche la cual es generada con un alto grado de precisión en un cristal de cuarzo de compensación de temperatura para 6.4 Mhz.

5.3.1.3 Fuente de Alimentación.-

Las funciones esenciales del módulo de la fuente de alimentación son las siguientes:

- Generación del voltaje de opera-

ción que se suministra a los módulos de la estación móvil.

2 x 5V, 4.6V, 8V y 10V.

- Comprobación del voltaje de la batería del vehículo y conmutación de dar suministro o de quitarlo en el caso de caídas de voltaje o sobre voltajes respectivamente, desde la batería.

- Tiempo de interrupción funcionando para un interruptor de apage automático de la fuente de alimentación, aproximadamente 30 minutos después de que el interruptor de encendido ha sido apagado.

Debido a la complejidad de la red, circuitos integrados han sido utilizados desde el inicio. Los circuitos integrados para el inversor de voz (mezclador) y para el tiempo de compresión-expansión (tiempo de abertura para entrar en banda de señalización durante la llamada),

son esencialmente dos chips CMOS con integración (de circuitos) en escala muy grande que se encuentran sobre el controlador. Un diagrama de bloques de estos chips transmisores y receptores es ilustrada en la Figura 29.

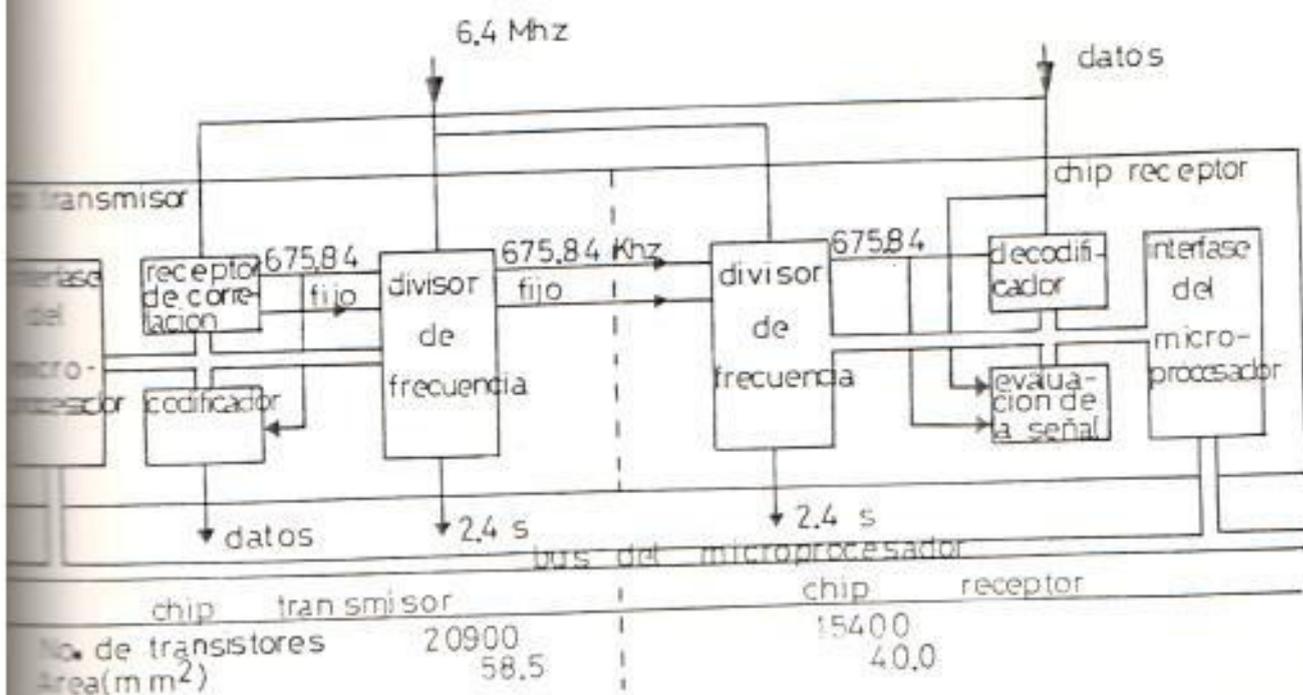


FIGURA 34.- ESTACION MOVIL C450" CHIPS CON INTEGRACION (DE CIRCUITOS) EN ESCALA MUY GRANDE.

Todos los pulsos internos de reloj se obtienen desde un cristal esta-

bilizado de señal 6.4 Mhz y son sincronizados a través del receptor de correlación. El codificador o modulador, y el decodificador son utilizados para seguridad de la transmisión de datos.

Dentro de la evaluación de la señal, la calidad del radiocanal durante la fase de señalización y la fase de llamada es vigilada continuamente.

5.3.2 Diseño del microteléfono.-

El microteléfono y los elementos operativos conforman una unidad integral que se ilustra en la Figura 30, facilitando por un lado la operación y mejorando la seguridad para el abonado cuando él se encuentra conduciendo.

Por medio del microteléfono, el cual es controlado por un microprocesador las funciones de comunicación entre el abonado y la red C son inicializadas. Las siguientes

funciones son aprovechables usando los botones pulsadores:

- Ajuste de una llamada saliente
- Puesta de una llamada de emergencia
- Barrera electrónica de las llamadas de salida.
- Conmutación a encendido o apagador del mezclador de voz.
- Activación o desactivación de un indicador de carga durante la llamada.
- Suprimir la operación

Adicionalmente 20 pulsadores, arreglados en concordancia con las recomendaciones del Comité Consultivo Internacional para Telefonía y Telegrafía son utilizados para marcar números, almacenando o activando números de un directorio abreviado y para establecer llamadas especiales.

Existe un display con dieciseis dígitos más indicadores especiales para la operación y el rango de la llamada usando códigos de color y códigos de centelleo. Llamadas entrantes son señalizadas por un zumbador y una

lámpara, un interruptor encendido/apagado y un control de volumen que también se encuentra fijado.



FIGURA 35.- ESTACION MOVIL C450 MICROTELEFONO

5.4 PERSPECTIVAS.-

Un amplio rango de componentes es ya aprovechable

para el futuro diseño y desarrollo de equipo de radio móvil. Nuevos incrementos en el rango de funciones de circuitos integrados normales y nuevas tecnologías (dispositivos montados superficialmente) permiten el ahorro de espacio, dentro de las soluciones que deben aportarse.

La Tabla en la Figura 20 muestra algunos de los principales elementos en relación a los tres mejores componentes de la estación móvil.

También indica como pueden ser combinadas funciones y así sus costos pueden reducirse mediante la aplicación de chips ya bastante utilizados.

| | Nuevos chips que proveen más funciones. | Mercado de componentes. | Chips acostumbrados. |
|----------------------|---|--|--|
| Sección Radio | Modem | Mosfet, cerámica, dispositivos montados superficialmente. | Etapas de salida, |
| Controla- | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> Procesador de señal </div> | Dispositivos montados sobre superficie. | Combinación de muchas funciones en pocos circuitos integrados. |
| | 8085 80186 8051 | | |
| Unidad de operación. | Displays alfa numéricos, guía de usuario. | Nueva tecnología de displays, conmutadores, síntesis de voz. | Display, micrófono y audífono. |

FIGURA 35.- LA APLICACION DE NUEVAS TECNOLOGIAS EN ESTACIONES MOVILES.

En la Figura se muestra que algunos fabricantes quienes desean mantener su parte del mercado en el futuro, deben emprender el problema de la reducción de costos.

La exposición fundamental realizada en esta figura se encuentra basada sobre la experiencia ganada en la industria electrónica:

- Un amplio rango de precios en un tiempo dado se debe a los diferentes mercados que tienen la participación de las varias unidades y dependen grandemente sobre el diseño técnico, en relación a que si ellas son instaladas permanentemente o son portátiles y si tienen sólo las funciones normales o funciones extras adicionales.

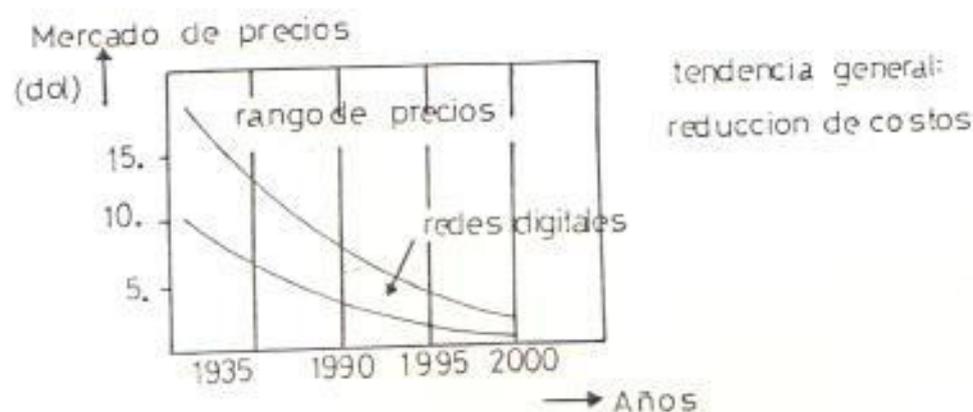


FIGURA 37.- TENDENCIA DEL MERCADO PARA LA ESTACION MOVIL

La complejidad de la red en cuestión es otro factor importante; así como la introducción de redes totalmente digitales durante los años 1990, deberá tener también un efecto significativo.

Con los precios del equipo cayendo, se tiene un efecto positivo de realimentación sobre el número de abonados, lográndose que los ciclos de diseño y producción sean cortos, incrementándose las inversiones en el desarrollo y fabricación, envolviendo en este proceso principalmente a los ingenieros.

CAPITULO VI

FUNCIONES DEL SISTEMA DE CONTROL

6.1 PARAMETROS DE ENLACE DE RADIO.-

Interconexiones dentro de la red móvil terrestre pública (PLMN), son materia de radio enlace a través de los radiocanales. Por lo tanto, es necesario una línea de enlace controlado a través del radio inmediato. Dentro de los límites del alambre la parte de enlace es realizada por medio de la central móvil de conmutación de la red.

En las inmediaciones del radio los enlaces son realizados por medio de los radiocanales aprovechables localizados, basados sobre una frecuencia planificada y asignados para cada estación móvil únicamente para la duración de la llamada. A primera vista la conmutación de radio es muy similar a la que realiza la central móvil de conmutación dentro de la red. Sin embargo se debe acentuar que existe una considerable diferencia entre estos dos tipos de función de conmutación.

La base troncal de la central móvil de conmutación MSC se encuentra definida para un cierto número de terminales de entrada y salida, los cuales arbitrariamente pueden ser conectados directamente con un aprovechamiento del 100% y para un nivel de señal fijo, manteniendo una alta calidad de la señal.

La asignación de radiocanales, se encuentra definida por la asignación de paquetes de radiocanales.

El nivel de recepción en las inmediaciones de radio varía de acuerdo a la distancia hasta alrededor de 100 dB; además la calidad de la señal es deteriorada para un número específico de radio donde influye la interferencia causada por la propagación de la onda (por los trayectos múltiples), por la interferencia de co-canal debida a la utilización de la frecuencia de reuso, y por varios otros servicios de operación de radio en la misma área cubierta y finalmente por el ruido realizado por el hombre.

Debido a la variedad de requerimientos nuevas soluciones deben ser encontradas para la realización de las funciones de conmutación de radio.

6.2 PRINCIPIO DE CONMUTACION DE RADIO.-

En una avanzada red móvil terrestre pública celular con óptimo servicio aprovechable y máxima posibilidad de canal, utilizando todos los canales que son comunes de emergencia y a las condiciones individuales de radio.

La red móvil terrestre pública constituye una nueva generación, la cual ejecuta la descentralización de control de radiocanales dentro de cada estación base, adaptando para ello las situaciones de propagación dadas y de interferencia.

Los elementos básicos de una conmutación de radio son descritos en la Figura 38.

La unidad de coordinación de la estación base (BCU) controla todas las unidades periféricas dentro de la estación base. Los controladores de radiocanal (RCC) controlan todos los radiocanales y son los enlaces de datos hacia la unidad de coordinación de la estación base.

Intercambio de datos entre todas las estaciones móviles se encuentra listo para ser realizado y la

condición de ajuste de llamada toma lugar a través del acceso múltiple del canal de control. (CCH).

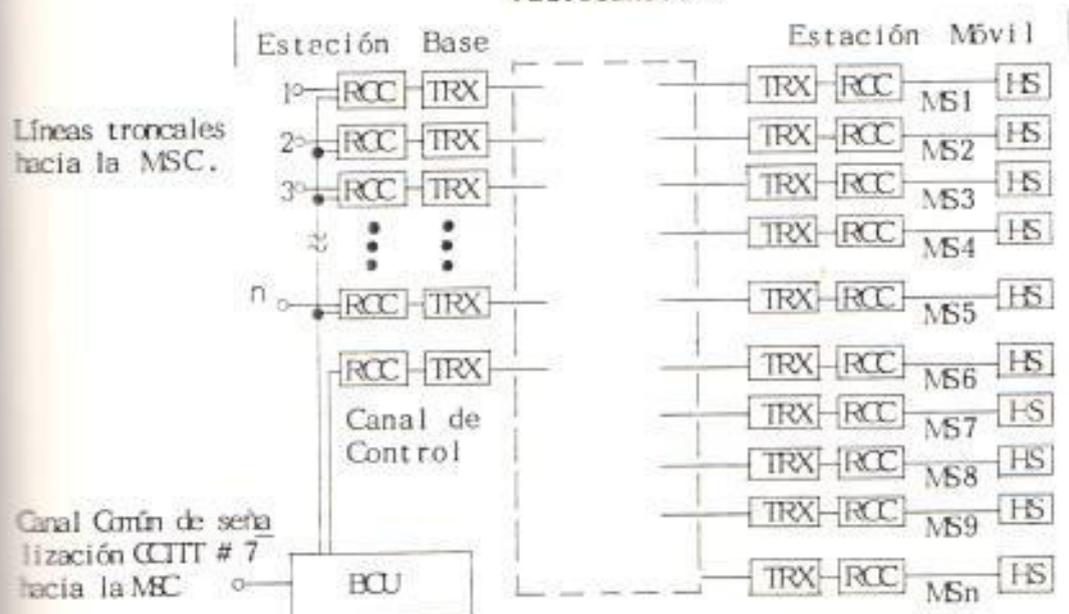
Todas las estaciones móviles en condición de llamada son enlazadas con los canales de tráfico de las estaciones base a través de uno de los radiocanales asignados. Durante las llamadas cada estación móvil es controlada por medio de un enlace digital de control.

Los parámetros operacionales de conmutación de radio de cada estación base son adaptados para los requerimientos locales (por ejemplo para el tamaño de la celda, para las relaciones de tráfico, para los parámetros de propagación).

En cuanto a los límites del canal su uso es aprovechado con respecto a la distancia o calidad (por ejemplo la interferencia de co-canal) correspondientemente las medidas de conmutación de radio podrían ser inicializadas. Una mayor diferencia entre terminación de conmutación troncal se encuentran siempre conectados hacia los mismos abonados fijos.

Sin embargo una terminación de conmutación de radio

Asignación de radiocanales.



- BCU Unidad de Coordinación de la estación base
 HS Microteléfono de la estación móvil
 MS Estación móvil
 MSC Central móvil de conmutación
 RCC Controlador de radiocanal
 TRX Transceptor

FIGURA 33.- PRINCIPIO DE CONMUTACION DE RADIO

debe ser capaz de servir fluctuante cambio de identificación de abonados y diferentes tiempos de operación.

El número de abonados presentes puede exceder el número de radiocanales asignados por un factor arriba de 50.

6.3 MANEJO CELULAR.-

La red móvil terrestre pública C450 opera como una red celular en orden al reuso de la frecuencia de canales tan a menudo como sea posible para lograr una capacidad de tráfico máxima.

La frecuencia de reuso la cual es medida para proveer la mayor densidad de tráfico como sea posible, es exclusivamente materia de minimización de la interferencia de co-canal a través de la red y especialmente dentro de las áreas de las ciudades con sus pequeñas celdas y alta densidad de tráfico.

Además mínimos grupos ordenados son aprovechados por medio de sistema de cableado celular en combinación con detección de límites de celdas, así definidas para requerimientos de tráfico. Mínimos grupos ordenados carga mínimamente la densidad de las estaciones base y además es más económico por la minimización de los requerimientos de las localizaciones de las estaciones base.

Los parámetros de la señalización de radio son elegidos para garantizar el uso de canal adyacente dentro de cada radio celda. Además, la libertad completa de movimiento está dada por la tarea difícil de la frecuencia planificada.

Por la detección del tráfico definido y los límites de la celda como aplicación dentro de la red móvil terrestre pública C450, se asegura que canales asignados para una celda no pueden ser trasladados hacia otra.

De esta manera el canal asignado permanece realmente aprovechable en cada celda.

Para realizar el mecanismo de detección del límite de celda cada estación móvil en condición de escuchar se encuentra en continua evaluación de las señales del canal de control de todas las estaciones base adyacentes en concordancia con su posición individual.

Si una estación móvil que se encuentra moviéndose cruza el límite de una celda predefinida, la estación móvil por medio de su microprocesador, se auto

asigna para la nueva celda por medio del procedimiento conocido como cambio de celda. Además, los radiocanales son usados exclusivamente dentro de las celdas planificadas.

Si una estación móvil en condición de llamada cruza el límite de una celda, la conexión es transferida hacia otro canal de la nueva celda manteniéndose la calidad de voz sin interrupciones audibles.

La detección del tráfico-definido en los límites de la celda dentro de cada estación móvil es ejecutada como una distancia relativa medida, comparado con el retardo de una señal modificada.

La detección de los límites de una celda basado puramente sobre el nivel de recepción y la medida de la calidad de la señal dentro de la estación móvil podría ser (debido a las irregularidades del terreno así como a la traslapación de celdas mutuas) un inapropiado acercamiento para realzar factores de la frecuencia de reuso.

La relativa distancia medida es una función clave para realzar la frecuencia de reuso, dos sistemas

adicionales destacan la ayuda que brindan para minimizar la interferencia de co-canal.

- Una adaptación mutua de potencia transmisora entre la estación base y la estación móvil. Por este medio una reducción de potencia superior a los 35 dB es llevada a cabo para minimizar la interferencia de co-canal;
- Asignación de canal basada sobre criterios de radio durante el ajuste de la llamada y dentro de la conexión de la llamada.

Con este procedimiento, radio celdas de diferentes tamaños pueden ser fácilmente combinados, porque la evaluación de parámetros para límites de celdas locales y adyacentes son transmitidas a través del proceso de señalización estación base-canal de control para cada estación móvil.

6.4 DETECCIÓN DE ERRORES EN LAS CENTRALES MOVILES.-

Un sistema de archivo de datos de dos niveles -Archivo de datos activo- implementado dentro de las estaciones base descentralizadas y un sistema de

archivo de datos en reposo en las centralizadas e interconectadas centrales móviles de conmutación permite el registro de todas las estaciones móviles en condición de listo para operar a través de toda la red.

Así la llamada en disposición directa es posible. Más adelante, la presencia de todas las estaciones móviles en condición de listo para hablar es continuamente chequeado por un procedimiento de recepción del número de llamadas.

Cada abonado móvil operando dentro del área cubierta por la red puede ser alcanzada por una simple llamada (que suceda una llamada), igualmente en países extranjeros, asegurando que los sistemas sean compatibles. Si un abonado actualmente no se encuentra en operación, esto es reconocido dentro de la central móvil de conmutación y su ausencia es indicada por un anuncio de voz.

6.5 SEÑALIZACION DIGITAL.-

La señalización para una trayectoria de radio es establecida por un ágil código binario FSK-NRZ (Desplazamiento de frecuencia pulsante no retorno a

cero) dentro de un procedimiento de señalización digital.

Esta operación de señalización digital con igual filtraje y regeneración de datos, aprovechando un máximo de inmunidad contra la interferencia de co-canal y otros tipos de interferencia de radio.

El código binario de ágil señalización simultánea suministra un espectro de radio de una óptima forma angosta, la cual es capaz de suprimir 70 dB de la potencia de transmisión de canal adyacente.

En conexión con la reducción automática de la potencia transmisora de 35 dB para cada estación móvil, aprovechando la localización de la estación base, el uso del canal adyacente es igual tanto en las mismas celdas asignadas como en las adyacentes.

El uso del canal adyacente dentro de la misma celda es necesario para coordinar con países cercanos los cuales utilicen el mismo rango de frecuencia para otros propósitos.

La señalización del código binario proyecta salidas

para una modulación de frecuencia baja de 2.64 Khz
(= 0.5×5.28 Kbits/seg).

Además la señalización es optimizada para contrarrestar la interferencia entre símbolos causada por la presencia de trayectos múltiples dentro de las áreas montañosas para celdas de radio arriba de por lo menos 30 Km.

Para el futuro, la confiabilidad de la transmisión de la señal será incrementada por la acción de técnicas de intercambio de datos o por redundancia.

6.6 FUNCION DEL CANAL DE CONTROL.-

La función de controlar los abonados en condición de reserva (estaciones móviles se encuentran activadas y listas para entrar en operación) es proporcionado por el sistema del canal de control.

A través del canal de control la estación base reúne información específica alrededor de todas las estaciones móviles (que se encuentran movilizándose sin dirección fija) en la celda requerida y en condición de reserva.

Los procedimientos de ajuste de la llamada en ambas direcciones y la asignación de radiocanales es ejecutada exclusivamente por el canal de control.

El canal de control opera en modo duplex repitiendo una estructura de 2.4 segundos, compuesta de 32 ranuras de tiempo de 75 milisegundos cada una, como un requisito para dar facilidades a la sincronización del sistema.

La Figura 39 representa la trama y la estructura bloque; así como la concepción de dos canales de mensajes activos, además el aprovechamiento de la capacidad máxima de señalización y mínima probabilidad de acceso a bloqueo.

El primer canal operando en el modo "ranurado ALOHA" utiliza acceso aleatorio de la estación móvil hacia la estación base, el segundo sirve para los procedimientos de intercambio de fase durante el ajuste de la llamada y un número alto de otras funciones de conmutación de radio, por ejemplo la selección de transmisión. Este último es controlado exclusivamente por la estación base.

El tiempo simple de ranura forma la trama del canal de control asignado para diferentes celdas dentro de un racimo o grupo. La distribución de la asignación puede ser arbitraria. Por lo tanto, para aplicaciones normales se lo usa para subdividir la trama por cuatro y para asignar cada tiempo de ranura para otra celda. (Observar la Figura 40a y 40b).

La ventaja sobresaliente de la técnica de división de tiempo sincronizado del canal de control es que representa todas las operaciones de las estaciones móviles (para todas las diferentes localizaciones, en las cuales cada una de ellas puede encontrarse), una imagen individual y confiable de la intensidad de campo y de la relación de distancia de todas las estaciones base adyacentes.

La Figura 40c y 40d también muestran esta relación para una asumida localización de estación móvil donde la intensidad de campo y la distancia se encuentran representadas como una función del tiempo.

Basados sobre estos parámetros cada estación móvil es utilizada para detectar confiablemente los límites de la celda por medio del criterio de distancia si es que la intensidad de campo excede los valores mínimos.

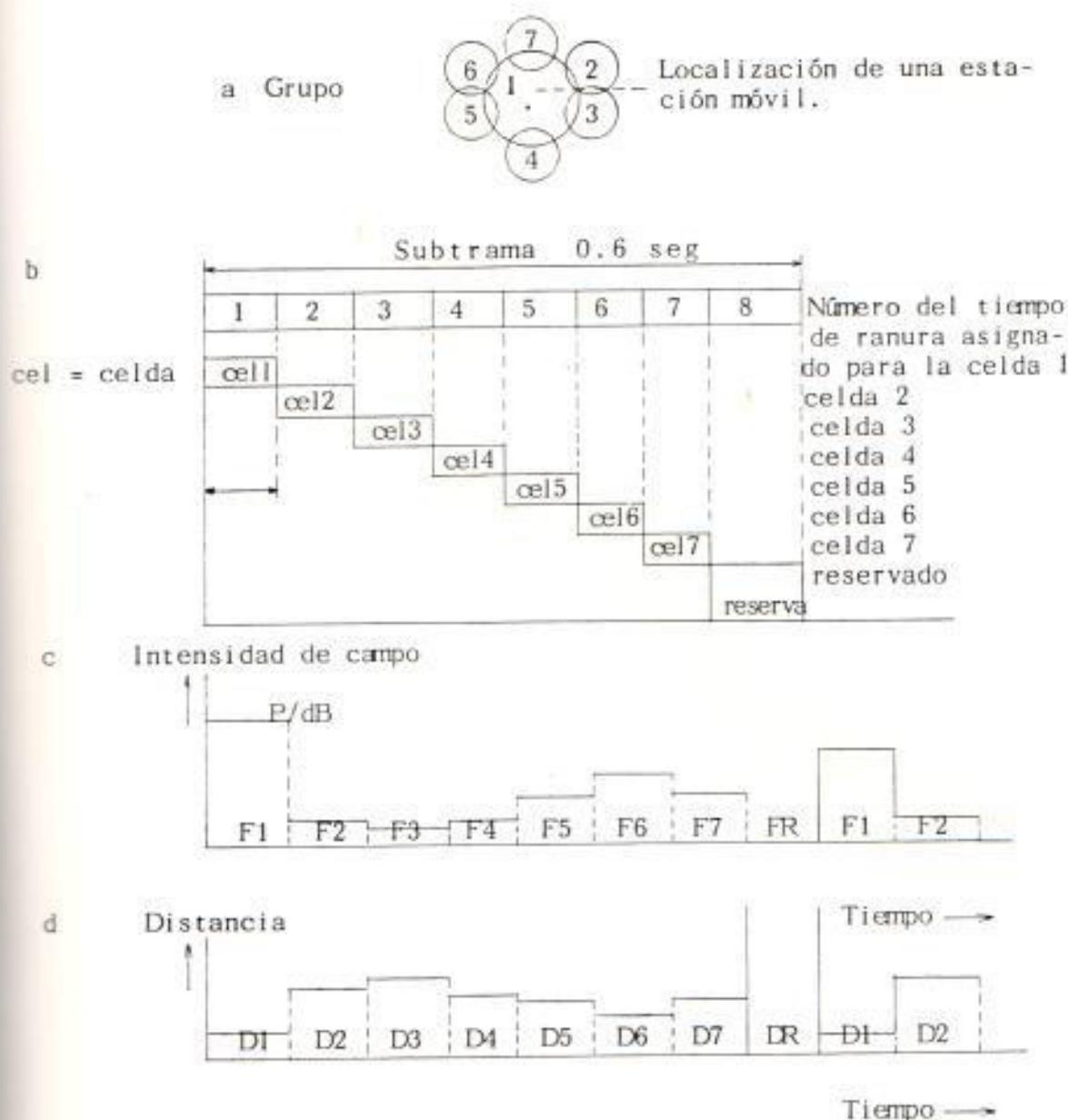


FIGURA 40.- PRINCIPIO DE DIVISION DE TIEMPO, INTENSIDAD DE CAMPO Y DISTANCIA EN FUNCION DE LA RECEPCION DE UNA ESTACION MOVIL ESPECIFICA DESDE CELDAS ADYACENTES.

- Localización de una estación móvil
- Tiempo de división de la organización del canal
- Tiempo en función de la intensidad de campo de acuerdo a la recepción de una estación móvil específica localizada.
- Criterio de la distancia en relación a la recepción de una estación móvil específica localizada.

En adición, cada estación móvil es fijada en una posición para receptor mensajes comunes de interés general (como por ejemplo condiciones de tráfico, parámetros de la celda y otros) desde todas las celdas adyacentes. Por consiguiente cada estación móvil puede asignarse hacia una nueva celda cuando ha cruzado los límites de la celda para alcanzar el control acceso hacia el grupo de canales de voz, mientras inicializa una llamada. La unidad de canal de control que se encuentra operando en modo de división de tiempo es por supuesto de capacidad reducida y esa reducción, está dada por el factor del tiempo de división.

Por lo tanto, en orden a compensar esta reducción el principio de división de tiempo es extendido para siete canales de control dentro de un racimo o grupo como se muestra en el ejemplo de la Figura 41 en esta manera siete canales de control se encuentran operando por solo un canal de control de radio transceptor para cada estación base.

En efecto, capacidad de tráfico de carga óptimo es restaurado para alguna celda. Por consiguiente, en áreas donde no existe distribución homogénea de tráfico la asignación de tiempo de ranura puede ser adaptado para los requerimientos necesarios.

ESQUEMA DEL TIEMPO DE RANURA

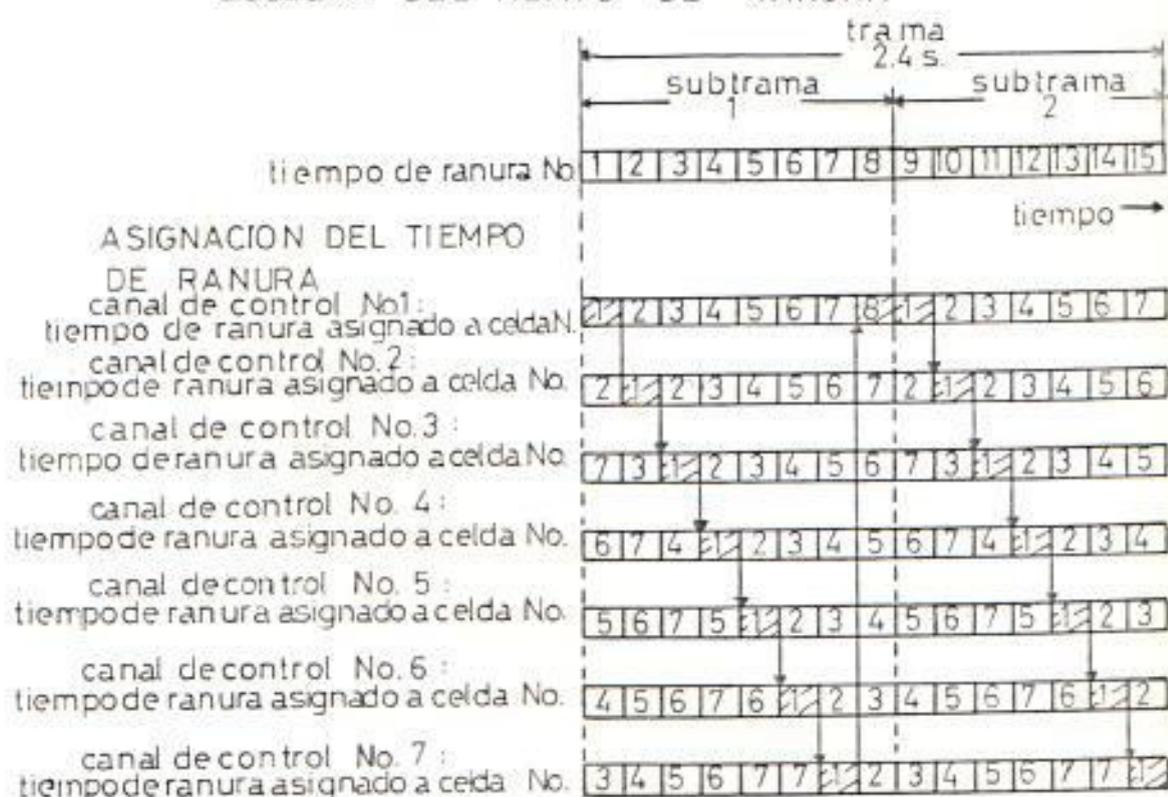


FIGURA 41.- APLICACION DEL TIEMPO DE DIVISION DEL CANAL DE CONTROL DENTRO DE UN RACIMO O GRUPO DE SIETE CELDAS EN OPERACION SINCRONICA DE LA ESTACION BASE.

- Siete frecuencias del canal de control son operadas por un sólo equipo de radio de canal de control aplicando división de tiempo.
- La total capacidad de señalización de un canal de control es asignada para cada celda (como una operación sincrónica).

Llamadas entrantes y salientes son generalmente inicializadas en ambas direcciones a través de los ca-

nales de control. En adición a ello, si todos los canales de voz en una estación base se encuentran ocupados, el sistema automáticamente proporciona el llamado ajuste adaptador de llamada "fuera del aire" OACSU (Adaptive off-air calle set-up); y los canales de voz son asignados únicamente si ambas partes se encuentran listas para hablar. La eficiencia de la capacidad de canal es por lo tanto, realizado en un 30% (observar la Figura 42a y 42b).

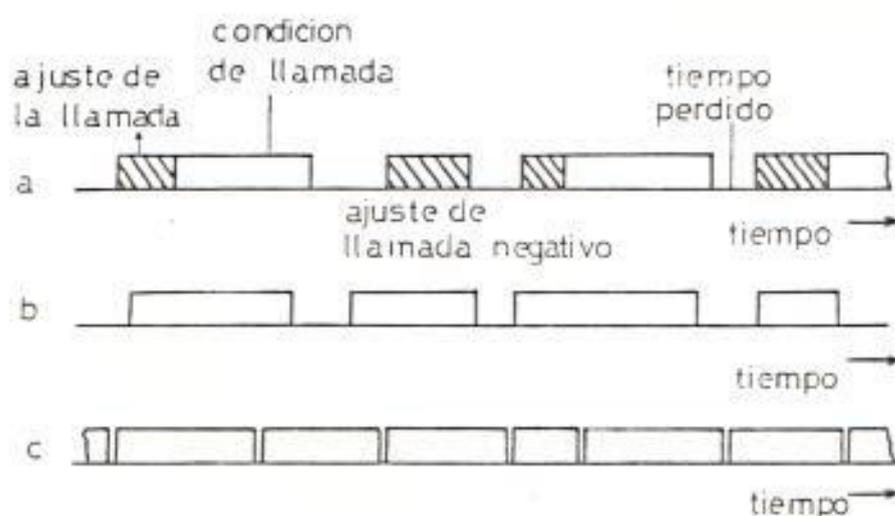


FIGURA 42.- UTILIZACION DE CANAL ALTO PARA AJUSTE DE LLAMADA "FUERA DEL AIRE" (OACSU) Y SISTEMA DE ESPERA.

- a) Sistema convencional
- b) Sistema sin fila de espera
- c) Sistema con fila de espera

Para optimizar eficientemente el canal en situaciones de pico de tráfico, un sistema bidireccional de fila de espera es aprovechable. El número de canales requeridos para grupos de canales medios es reducido hasta el 75% y en ocasiones hasta el 80%. (Observar Figura 42c). Esto admite que la ganancia del sistema de fila de espera sea menor para muy pequeños o muy largos grupos, pero también para esta categoría, aspectos de seguridad para el abonado móvil son importantes.

6.6.1 Asignación del canal de voz por criterio del radio.-

La asignación del canal de voz es realizada exclusivamente por el canal de control. En caso de asignación inicial pruebas en la calidad del procedimiento de intercambio de información son realizadas en cada canal de voz basados sobre criterios de calidad de la señal deducidos desde mediciones de inestabilidad de fase.

Un cambio de canal ocurre cuando la calidad presenta deterioros, un algoritmo especial es utilizado para seleccionar un nuevo canal con suficiente espacio de frecuencia para escapar de la interferencia local.

6.6.2 Control digital de enlace entre las estaciones base y las estaciones móviles.-

El enlace digital de control es proporcionado en los canales de voz entre las estaciones base y las estaciones móviles que son necesarios para mantener las funciones de la central de radio durante las llamadas (velocidad de transmisión y datos de transmisión).

Este intenta una identificación individual de cada conexión de radio y administra funciones para propósitos de:

- Una continua supervisión de la calidad de voz (con respecto a la intracelda).
- Control óptimo de la potencia de transmisión.
- Confiabilidad de conteo (billing)
- Puesta al día de la información de la estación móvil.

La Figura 43 ilustra esquemáticamente como el enlace de control digital trabaja: la señal análoga de voz es subdividida en intervalos de 12.5 ms. (fila superior); entonces los

intervalos son comprimidos en el tiempo hasta alrededor del 90%, más el tiempo hueco de ranura de 1.136 ms por sección (tercera fila); bloques de datos de cuatro bits son insertados dentro de este tiempo de ranura y transmitidos juntamente con la compresión de voz (quinta fila).

Al final de la recepción y compresión de voz son separados (sexta y séptima fila) y finalmente la voz es re-expandida para formar la señal de voz original (última fila con 1.1 ms de tiempo de retardo).

Debido a esta solución digital para control de enlace es obvio que señales digitales de 4.8 Kbit/s pueden fácilmente ser insertadas para reemplazar señales análogas de voz.

5.6.3 Tipos de procedimientos para la optimización de la localización de las celdas en condición de llamada.-

En condición de reserva cada estación móvil ejecuta la selección de la celda correcta para realizar la detección de los límites

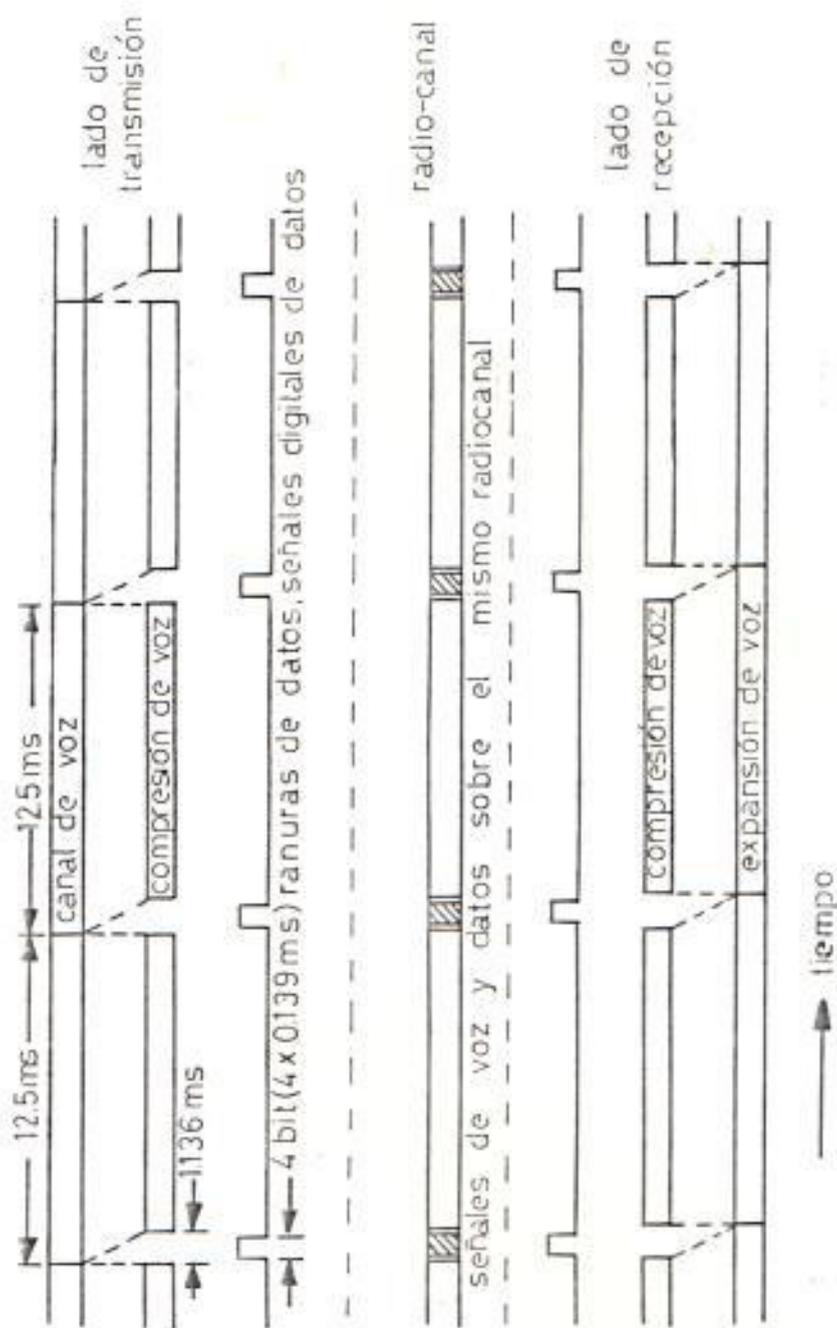


FIGURA 43.- TRANSMISION DE SEÑALES DE VOZ ANALOGAS CON INSERCIÓN DE SEÑALES DE DATOS DIGITALES A TRAVÉS DE UN RADIOCANAL.

de la celda (midiéndola distancia relativa) mientras accesa la división de tiempo del canal de control de la estación base circundante.

Por lo tanto, bajo condición de llamada la estación móvil accesa únicamente un canal de voz, y por consiguiente el modo de mediciones de distancia relativa es modificada por el procedimiento de optimización de localización de celdas en condición de llamada.

Básicamente existen tres tipos de este procedimiento últimamente mencionado que son:

- Procedimiento en la intracelda si es que ocurre la interferencia de co-canal.
- Procedimiento intercelda si la calidad de voz decrece cerca a un límite de celda definido.
- Procedimiento intercelda de la estación base-inicializada, basado sobre la medición de distancia relativa si es que una estación móvil cruza un límite de celda definido.

El procedimiento de inicialización de la estación base para optimización de la localización de celda es realizado por medio de un receptor específico de transferencia de canal (HOR) localizado en cada estación base.

El receptor de transferencia de canal supervisa todos los radiocanales asignados a las celdas adyacentes por exploración. De esta manera el receptor reúne todos los valores medios de los niveles de recepción de la estación móvil operando en celdas adyacentes.

Si un valor medio sobrepasa un valor predeterminado umbral, la conexión es identificada con respecto al número del abonado, a la identidad de la estación base y a la distancia. Con esta información el receptor de transferencia de canal se encuentra en situación de reaccionar rápida y confiablemente como le sea posible si la transferencia de canal ha sido realizada.

6.6.4 Supervisión durante una conexión.-

Durante una conversación, mensajes de datos

de 184 bits para el propósito de supervisión de conexión son intercambiados continuamente de modo no audible a 5.28 Kb/s a través del canal de voz entre la estación base y la unidad del abonado. Como lo observamos en la Figura 43 cada 12.5 ms estos mensajes son insertados como bloques de cuatro bits dentro de intervalos de señales de voz análogos, durando 1.136 ms, alcanzando un 9.1 por ciento de compresión de bloques de señal de voz d 12.5 ms. Como ya lo sabemos al fin de la recepción, estos bloques de datos son seleccionados y los bloques de señal de voz expandidos. Los 184 bits de señalización digital en banda permite:

- Registro realístico de carga y su transmisión hacia la unidad del abonado.

- Chequeo de la calidad de la transmisión, y si es requerido, la transferencia hacia otro canal de voz de la misma o de otra celda. Esta interferencia controlada de asignación de radiocanal toma informe de la situación de interferencia general y de la interferencia de canal común del ca

nal en cuestión. La transferencia demora al rededor de 0.3 segundos y es no audible.

- Ajuste de la potencia transmisora de la unidad del abonado y la estación base en cuatro etapas de 15W a 25W respectivamente, hasta un mínimo de alrededor 0.1W.
- Conmutación automática del modo de operación de la estación base como lo especifique el abonado.
- Liberación de la conexión y de esta manera fin de la medición de carga si no existe contacto de radio por más de 10 segundos.

CAPITULO VII

SISTEMA CELULAR DE RADIOTELEFONIA EN LA BANDA C PARA LA PROVINCIA DEL GUAYAS

7.1 TIPOS DE INTERFERENCIAS.-

En las radiocomunicaciones móviles se pueden presentar diferentes tipos de efectos interferentes que afectan de manera significativa. Tenemos:

- a) Interferencias en el mismo canal, se presentan cuando dos o más estaciones base que utilizan el mismo canal están ubicadas a una distancia menor a la determinada por la relación de protección.
- b) Interferencias en el canal adyacente, ocurren cuando no se tiene cuidado al definir las áreas de cobertura por cada una de las estaciones base, produciéndose zonas que son cubiertas por más de una estación base.
- c) Interferencias por productos de intermodulación,

que causan, la degradación de la calidad de los sistemas radioeléctricos. Se producen por:

- Generación de emisiones no deseadas en los transmisores.
- Generación de productos de intermodulación dentro de bandas en los pasos de radiofrecuencia de los receptores: la presencia de sobrecarga en los circuitos de entrada de los receptores originan desacoplos en los pasos de radio-frecuencia y son la causa de intermodulación.

Para el estudio cuantitativo de los efectos de estos productos, es necesario definir los siguientes conceptos:

- Atenuación de acoplamiento: a_a , que es la relación entre la potencia radiada desde un transmisor a la potencia de esa emisión en la salida de otro transmisor que puede generar el producto de intermodulación no deseado.
- Atenuación de conversión de intermodulación: a_c , que es la diferencia entre el nivel de p_o

tencia de la señal interferente externa y el del producto de intermodulación, medidos ambos a la salida del transmisor.

- Atenuación de propagación del producto de intermodulación: $\propto p$, que es la atenuación del producto de intermodulación entre la salida del transmisor que lo genera y el receptor correspondiente (el receptor que funciona a la frecuencia del producto).

De aquí que la atenuación entre un transmisor que genera la emisión no deseada que da origen al producto de intermodulación y un receptor que funciona a la frecuencia del producto es:

$$\alpha = \alpha_a + \alpha_c + \alpha_p$$

Experimentalmente se ha determinado que para un mismo emplazamiento, la atenuación de acoplamiento entre transmisores es del orden de 30 dB, y para transmisores transistorizados se obtienen atenuaciones de conversión de intermodulación respecto al producto de tercer orden de unos 15dB. Por lo tanto, conocida la pérdida máxima admisible en vano (α), se puede determinar el valor de la atenuación de propagación.

Para el caso típico de transmisores de 25W, receptores de 0.7uv (f.e.m.) de sensibilidad y antenas dipolos de media onda, la pérdida máxima admisible en vano es de:

$$\alpha = 10 \log \frac{25}{(0.7 - 10^{-6})} + 2 \times 2.15 = 158.3 \text{ dB}$$

to

Sustituyendo en la ecuación se obtiene para este caso:

$$\alpha_p = \alpha - \alpha_a - \alpha_c = 158.3 - 30 - 15 = 113.3 \text{ dB}$$

lo que da una idea del alcance considerable del producto de intermodulación de tercer orden.

7-2 ASIGNACION DE RADIO-CANALES.-

En un sistema telefónico móvil de gran capacidad con la zona de servicio dividida en celdas es preciso que la interferencia de intermodulación se reduzca al mínimo dentro de cada celda. Aún cuando es necesario asignar los mismos canales para su utilización en otras celdas más allá de una distancia

crítica. Para evitar la intermodulación, se han propuesto diversos métodos de asignación de canales; un método eficaz y económico de asignación de canales está basado en la celda que exige el mayor número de canales, especialmente si ese número es superior a 11, utilizando separaciones en progresión algebraica o una separación común inferior. Para las celdas adyacentes cuyos canales deben ser diferentes de los de la primera y diferentes también entre sí, la asignación podrá basarse en el método del desplazamiento uniforme.

El método más adecuado para asignación consiste en utilizar juegos de pares de canales; es decir, que los canales de cada estación de base están repartidos de manera uniforme con una separación de frecuencia constante entre ellos. Todos los productos de intermodulación generados en uno de estos juegos caerán en canales del mismo juego. Dichos juegos de canales permitirán mitigar la interferencia debida a los productos de intermodulación en el caso más perjudicial (sin correlación) de intermodulación en el transmisor de base y en el receptor móvil. Se supone improbable la intermodulación en el transmisor de una estación móvil.

7.2.1 Distancia mínima para reutilizar frecuencias en el mismo canal y control de canales.-

Dado que en un sistema de celdas las frecuencias se aprovechan al máximo reutilizando las frecuencias en un mismo canal, es necesario calcular la distancia mínima entre frecuencias del mismo canal. Esta separación viene determinada por la relación de protección señal/interferencia en el mismo canal.

En función de las características adecuadas de propagación el margen de protección de explotación D/U_{mar} se obtiene por aproximaciones sumando la relación de protección D/U en condiciones estáticas y una relación adicional derivada de las variaciones de los niveles de las señales deseada e interferente, tomando en cuenta que no ha de superarse una probabilidad específica de interferencia.

Esta última relación se calcula suponiendo que el valor eficaz de la suma de los valores de la distancia de desvanecimiento constituye una aproximación de la distribución de probabilidad de la diferencia entre señales con

distribuciones logarítmica normal y de Rayleigh. La separación entre zonas que utilizan el mismo canal se determina a base del margen derivado de protección D/U_{mar} , y puede calcularse para un radio específico de la celda, las curvas de propagación correspondientes, así como el número de celdas que exigen asignaciones en canales diferentes.

Debemos tomar en cuenta que las señales erróneas en los canales radioeléctricos, pueden entrañar una pérdida de control de los canales y la imposibilidad de establecer un canal de tráfico entre estaciones móviles y de base. La confiabilidad en la obtención de un canal de tráfico debe ser razonablemente elevada, ya que:

- Los canales radioeléctricos equivalen a las líneas de abonado en la red telefónica pública con conmutación, y la confiabilidad debe ser tan buena como esa red.
- La imposibilidad de establecer un canal de tráfico significa que la estación base pierde el control de la estación móvil. Por

tanto, la probabilidad de tal situación debe ser lo más reducida como sea posible.

7.3 DISTRIBUCION DE LAS CELDAS UTILIZANDO GEOMETRIA CELULAR PARA LA PROVINCIA DEL GUAYAS.-

Para la distribución de las celdas, utilizaremos la figura de la circunferencia aún a sabiendas de que la mejor figura para una aplicación del tipo celular es el hexágono, hacemos esto con el fin de ahorrarnos costos de y aprovechar antenas omnidireccionales en la utilización inicial del sistema (las antenas omnidireccionales serán de una ganancia aproximada de 9 dB.).

7.3.1 Distribución del área a ser cubierta por sectores.-

| <u>Area</u> | <u>Area</u> | <u>Area</u> |
|----------------------|-------------------|-------------------|
| <u>NorOccidental</u> | <u>Norte</u> | <u>NorOriente</u> |
| | Balzar | Empalme |
| | Daule | Urbina Jado |
| Manglaralto | Colínes | Samborondón |
| Colonche | Sta. Lucía | Yaguachi |
| Isidro Ayora | Pascuales | General Vernaza |
| Pedro Carbo | Enrique Baquerizo | La Victoria |

| <u>Area</u> | <u>Area</u> | <u>Area</u> |
|------------------|--|------------------------------|
| <u>Occidente</u> | <u>Central</u> | <u>Oriental</u> |
| Sta. Elena | 1. Guayaquil | Milagro |
| Salinas | 2. Alrededores de Guayaquil Durán. | Naranjito |
| Chongón | | El Triungo |
| Cerecita | | Taura |
| Libertad | | Alfredo Baquerizo Moreno. |
| Atahualpa | | General Elizalde |
| Progreso | | |

| <u>Area</u> | <u>Area</u> | <u>Area</u> |
|---------------------|-------------|-------------------|
| <u>SurOccidente</u> | <u>Sur</u> | <u>SurOriente</u> |
| Playas | Puná | Naranjal |
| Posorja | Balao | Puerto Baquerizo |
| El Morro | | |

7.4 LOCALIZACION OPTIMA DE LAS ESTACIONES.-

Para que un sitio escogido pueda servir como estación base debe cumplir con varios requisitos:

- Presentar gran área de cobertura y estar libre de interferencias radio-eléctricas.
- Facilidades de energía eléctrica y facilidades de acceso.

Por lo últimamente anotado, hemos escogido como estaciones base, con el fin de cubrir toda el área deseada, las que detallamos a continuación: Cerro del Carmen (100 m), en dicho lugar también iría ubicada la central móvil de conmutación; la estación de Balao; el Cerro Panamá (100 m) que se utiliza para cubrir el área oeste de la provincia; el Cerro Grande (120 m) que cubriría el área norte de la provincia y finalmente Bucay (300 m) que cubre gran parte del sector este de la provincia y con la posibilidad de cubrir partes de las provincias de Los Ríos y Cañar respectivamente.

7.4.1 Distribución del área a ser cubierta con referencia a su respectiva estación base.-

| | |
|-------------------|-----------|
| Guayaquil | El Carmen |
| Durán | El Carmen |
| Pascuales | El Carmen |
| Taura | El Carmen |
| Milagro | El Carmen |
| Naranjito | Bucay |
| El Triunfo | Bucay |
| Alfredo Baquerizo | Bucay |
| Moreno. | |
| General Elizalde | Bucay |

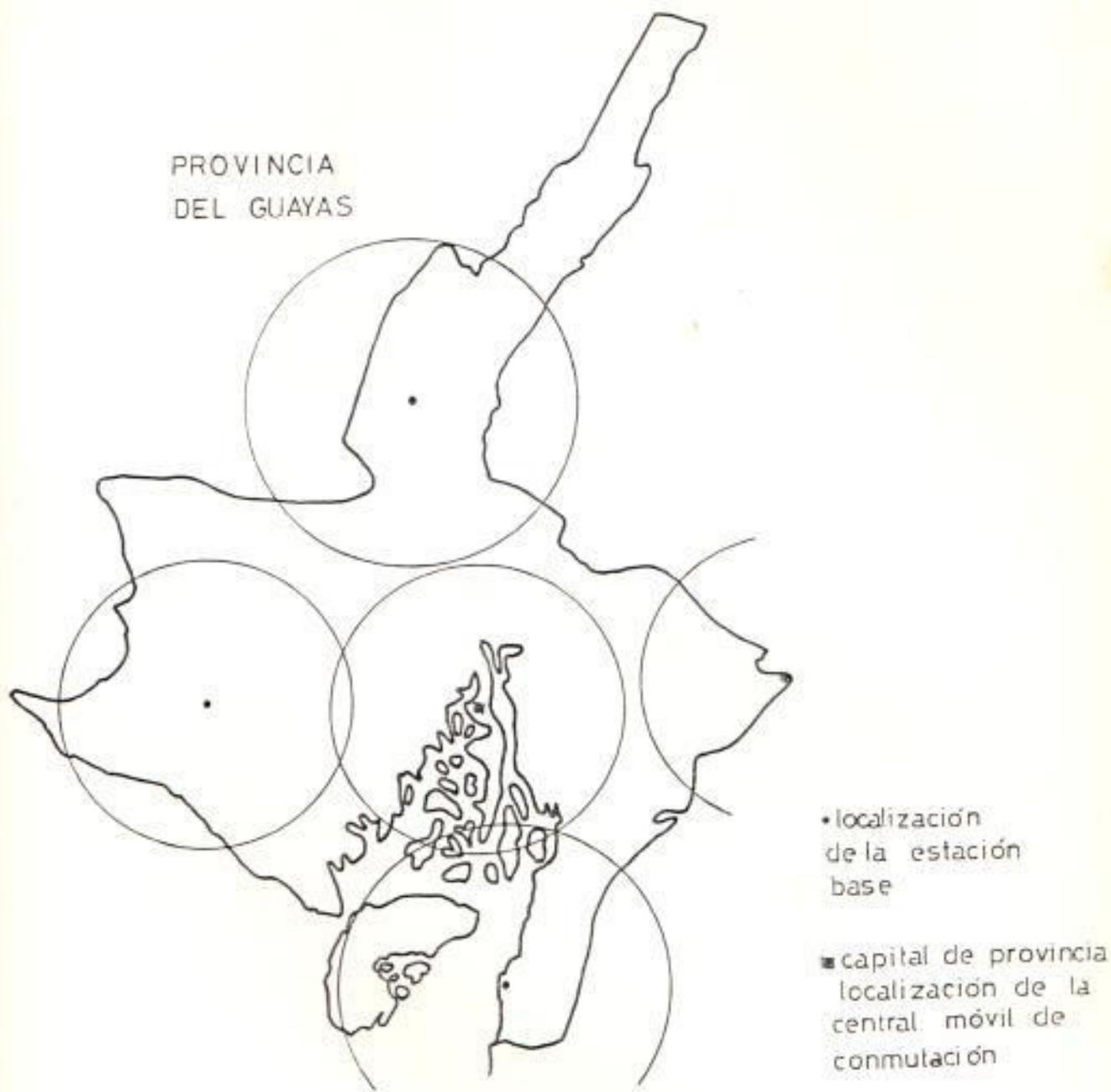
| | |
|-------------------|--------------|
| Manglaralto | Cerro Panamá |
| Colonche | Cerro Panamá |
| Isidro Ayora | Cerro Grande |
| Pedro Carbo | Cerro Grande |
| Balzar | Cerro Grande |
| Daule | Cerro Grande |
| Colimes | Cerro Grande |
| Sta. Lucía | Cerro Grande |
| Enrique Baquerizo | El Carmen |
| Empalme | Cerro Grande |
| Urbinajado | Cerro Grande |
| Samborondón | El Carmen |
| Yaguachi | El Carmen |
| General Vernaza | Cerro Grande |
| La Victoria | Cerro Grande |
| Sta. Elena | Cerro Panamá |
| Salinas | Cerro Panamá |
| Chongón | El Carmen |
| Cerecita | Cerro Panamá |
| Libertad | Cerro Panamá |
| Atahualpa | Cerro Panamá |
| Progreso | Cerro Panamá |
| Playas | Cerro Panamá |
| Posorja | Balao |
| El Morro | Cerro Panamá |
| Puna | Balao |

| | |
|------------------|-------|
| Balao | Balao |
| Naranjal | Balao |
| Puerto Baquerizo | Balao |

7.4.2 Esquema de las localidades a ser servidas desde las estaciones base.-

| <u>Estación Base</u> | <u>Localidad</u> | <u>Distancia (Km.)</u> |
|----------------------|-------------------|------------------------|
| El Carmen | Guayaquil | |
| | Durán | 8 Km |
| | Pascuales | 18 Km |
| | Taura | 20 Km |
| | Milagro | 36 Km |
| | Enrique Baquerizo | 25 Km |
| | Samborondón | 35 Km |
| | Yaguachi | 28 Km |
| | Chongón | 22 |
| | Bucay | Naranjito |
| El Triunfo | | 33 |
| Alfredo Baquerizo | | 42 |
| Moreno. | | |
| General Elizalde | | 6 |
| Cerro Grande | Isidro Ayora | 45 |
| | Pedro Carbo | 52 |
| | Balzar | 18 |

| <u>Estación Base</u> | <u>Localidad</u> | <u>Distancia (Km)</u> |
|----------------------|------------------|-----------------------|
| | Daule | 40 |
| | Colimes | 10 |
| | Sta. Lucía | 26 |
| | Empalme | 58 |
| | Urbinajado | 40 |
| | General Vernaza | 38 |
| | La Victoria | 46 |
| Balao | Puná | 35 |
| | Posorja | 46 |
| | Balao | -- |
| | Naranjal | 30 |
| | Puerto Baquerizo | 33 |
| Cerro Panamá | Manglaralto | 42 |
| | Colonche | 25 |
| | Sta. Elena | 33 |
| | Salinas | 45 |
| | Carecita | 35 |
| | Libertad | 38 |
| | Atahualpa | 24 |
| | Progreso | 30 |
| | Playas | 46 |
| | El Morro | 48 |



| | LONGITUD OESTE | LATITUD SUR |
|--------------|----------------|----------------|
| EL CARMEN | LW 79° 52' 40" | LS 02° 10' 37" |
| BALAO | LW 79° 43' 45" | LS 02° 58' 15" |
| CERRO PANAMA | LW 80° 36' 10" | LS 02° 13' 15" |
| CERRO GRANDE | LW 80° 08' 20" | LS 01° 27' 05" |
| BUCAJ | LW 78° 43' 30" | LS 03° 04' 24" |

FIGURA 44.- DISTRIBUCION CELULAR PARA LA PROVINCIA DEL GUAYAS.

 antena

 estaciones base

 MSC Central móvil de conmutación

 ruta de conversación

 línea alámbrica telefónica

 enlace de línea alámbrica

 teléfono móvil

 teléfono fijo

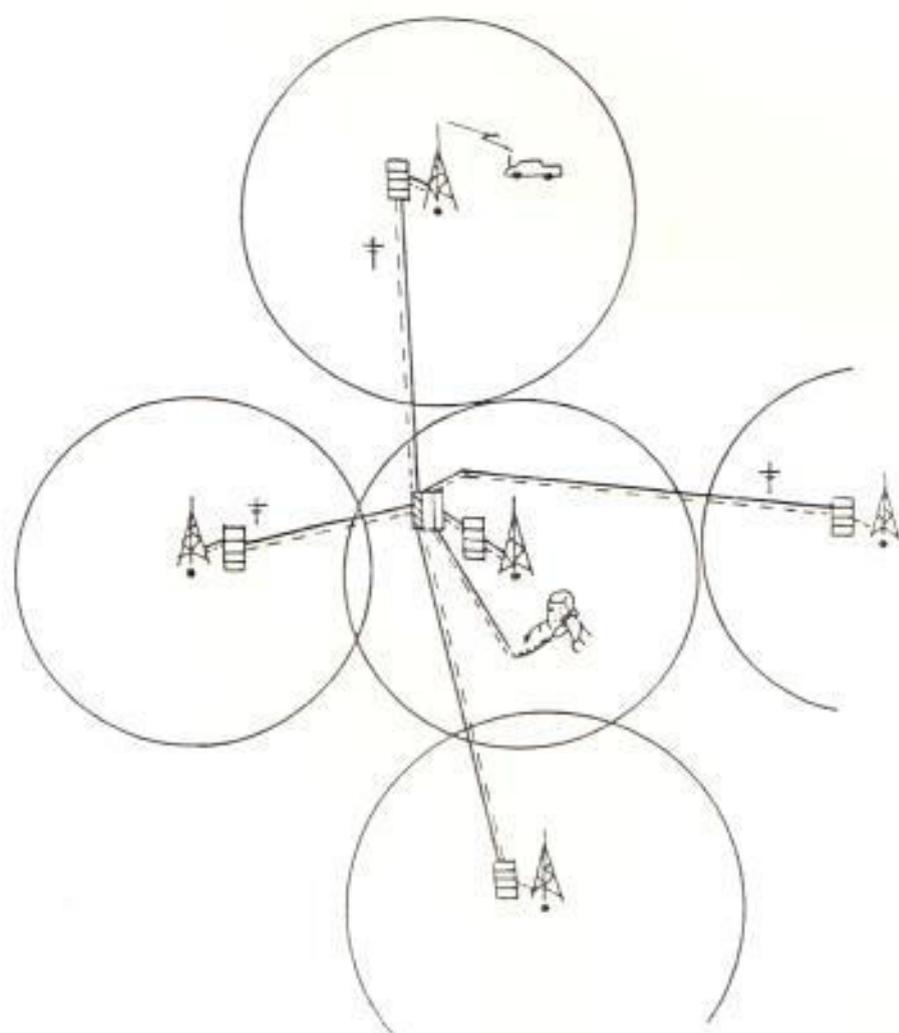


FIGURA 45. OPERACION DEL SISTEMA CELULAR

7.5 RELACION SEÑAL/RUIDO E INTENSIDAD DE CAMPO.-

Consideramos la recomendación 339-3 del CCIR, que manifiesta que la señal de audio a ruido (S/N) para calidad comercial marginal debe ser de 15dB y para buena calidad comercial debe ser de 35 dB.

Por otra parte, el informe C.C.I.R. 352-2, nos dice que 14 dB para la razón señal/ruido + interferencia, es la mínima calidad aceptable de servicio. Se considera un buen valor objetivo para la relación señal/ruido en el sistema de telefonía móvil de 20 dB.

Los niveles de intensidad de campo requeridos para alcanzar nuestro objetivo señal/ruido no son constantes a través del área de servicio y son una función del ruido introducido en el lugar donde se asienta la estación base. Ruidos típicos en las estaciones base nos confirma de que estos se producen generalmente por los sistemas de ignición de los equipos, descargas gaseosas de ciertos aparatos, ruido térmico de los equipos de corriente alterna y el ruido introducido en los acoplantes de las líneas de transmisión.

7.6 ASIGNACION DE FRECUENCIAS PARA EL SISTEMA CELULAR.-

La asignación de frecuencias en las 450 MHz, lo realizamos en base al rango de 451 a 466 MHz, que es el aprovechable para esta frecuencia.

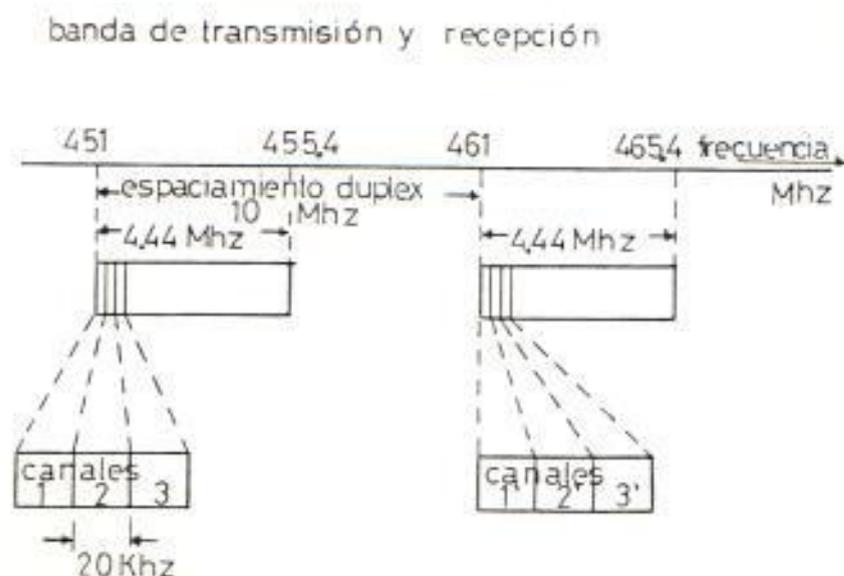


FIGURA 46.- BANDAS DE FRECUENCIA APROVECHABLES

No es necesario en este caso la asignación de frecuencias de reuso, pues las celdas no se encuentran sobrecargadas y además ni siquiera conforman el racimo o grupo de siete celdas.

La aplicación del reuso de frecuencia sería aplicable en el caso de extender el sistema a otras provincias con el fin de implementarlo a nivel nacional.

| <u>Tx. (Hz)</u> | <u>Rx. (Hz)</u> |
|--------------------|------------------|
| <u>Transmisión</u> | <u>Recepción</u> |
| 451.000 | 461.000 |
| 451.020 | 461.020 |
| 451.040 | 461.040 |
| 451.060 | 461.060 |
| 451.080 | 461.080 |
| 451.100 | 461.100 |
| 451.120 | 461.120 |
| 451.140 | 461.140 |
| 451.160 | 461.160 |
| 451.180 | 461.180 |
| 451.200 | 461.200 |
| 451.220 | 461.220 |
| 451.240 | 461.240 |
| 451.260 | 461.260 |
| 451.280 | 461.280 |
| 451.300 | 461.300 |
| 451.320 | 461.320 |
| 451.340 | 461.340 |
| 451.360 | 461.360 |
| 451.380 | 461.380 |
| 451.400 | 461.400 |
| 451.420 | 461.420 |
| 451.440 | 461.440 |
| 451.460 | 461.460 |

| | |
|---------|---------|
| 451.480 | 461.480 |
| 451.500 | 461.500 |
| 451.520 | 461.520 |
| 451.540 | 461.540 |
| 451.560 | 461.560 |
| 451.580 | 461.580 |

7.6.1 Distribución de radio-canales.-

Para la designación de frecuencias se puede escoger cualquiera de los siguientes métodos:

- Método de sincronización:

En cada una de las estaciones base se utilizan varias o todas las frecuencias utilizadas en las otras. Con este método no se presentan problemas de continuidad en la comunicación por el cambio de zonas y la cobertura que se consigue es la suma de las coberturas de cada una de las estaciones.

- Método de zonas:

Se contempla la asignación de frecuencias diferentes en cada una de las estaciones base y puede ser de dos clases: manual y automático. Con el sistema automático no se pierde la comunicación al cambiar de zona, lo que no ocurre con el sistema manual en el cual debe hacerse nuevamente la llamada al cambiar de zona.

La mayor cantidad de radio-canales, deberá ser asignado a las estaciones que presentan la concentración de tráfico telefónico más alta, aunque algunas de estas frecuencias podrán ser empleadas en las otras estaciones base.

Para las estaciones base de mayor (posible) demanda de tráfico.

Para El Carmen y Balao

| <u>Frecuencia de Tx (MHz)</u> | | | <u>Frecuencia de Rx (MHz)</u> | | |
|-------------------------------|---------|---------|-------------------------------|---------|---------|
| 451.000 | 451.020 | 451.040 | 461.000 | 461.020 | 461.040 |
| 451.060 | 451.080 | 451.100 | 461.060 | 461.080 | 461.100 |
| 451.120 | 451.140 | 451.160 | 461.120 | 461.140 | 461.160 |
| 451.180 | 451.200 | 451.220 | 461.180 | 461.200 | 461.220 |
| 451.240 | 451.260 | 451.280 | 461.240 | 461.260 | 461.280 |

| | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 451.300 | 451.320 | 351.340 | 461.300 | 461.320 | 461.340 |
| 451.360 | 451.380 | 451.400 | 461.360 | 461.380 | 461.400 |
| 451.420 | 451.440 | 451.460 | 461.420 | 461.440 | 461.460 |
| 451.480 | | | 461.480 | | |

Para Colimes, Cerro Panamá, Bucay

| <u>Frecuencia de Tx (MHz)</u> | | | <u>Frecuencia Rx (MHz)</u> | | |
|-------------------------------|---------|---------|----------------------------|---------|---------|
| 451.500 | 451.520 | 451.540 | 461.500 | 461.520 | 461.540 |
| 451.560 | 451.580 | | 461.560 | 451.580 | |

7.7 CALCULOS.-

7.7.1 De Potencia de transmisión.-

Para calcular el parámetro potencia se estudiará la distribución de campo en función de la distancia, de la comunicación en el sentido estación base a estación móvil. Para tal fin se utilizarán las curvas de la figura 47 (inf. 567 C.C.I.R., Ginebra 1974) donde se indica la intensidad de campo dB/1 μ V/m para 1 KW de potencia radiada aparente, para frecuencias comprendidas en la banda IV en medio urbano, es decir 450 MHz y para un 50% de tiempos y ubicaciones. Donde potencia radia

da aparente es la potencia suministrada a la antena multiplicada por la ganancia relativa de la antena, en una dirección dada, considerando además la altura del transmisor (h), como la altura de su antena sobre el nivel medio del terreno, entre las distancias de 3 y 15 Km a partir del punto de ubicación de la misma. Tomándose tantos azimuts como sean posibles, con el fin de aproximarse al valor medio real de la altitud del terreno en la corona circular de radios $r = 3\text{Km}$ y $r' = 15\text{Km}$.

La altura del receptor móvil (h_m), se toma como la altura sobre el terreno local, que para la banda mencionada se acepta el valor de 1.5 m (Inf. 567 C.C.I.R., Ginebra 1974).

El campo "F" obtenido a una distancia "D" del transmisor, es el que proporcionaría cuando la potencia radiada aparente fuera de 1 KW.

Para una potencia radiada aparente cualquiera, la potencia de transmisión P_t expresada

en vatios), en el mismo punto anterior se obtendrá otro campo de valor "F1". La relación que incluye estos valores es:

$$Pt/10^3 = (F1/F)^2$$

de donde:

$$10 \log Pt = 10 \log 10^3 + 20 F1 - 20 \log F$$

$$Pt \text{ (dBW)} = 30 + F1(\text{dB}) - F(\text{dB})$$

Por lo anterior es que para sistemas que trabajan en la banda IV se aplica la curva de la Figura 47 . La banda IV corresponde al rango de 450 a 586 Mhz.

7.7.2 De interferencias y radio de cobertura.-

Se entiende por interferencia, todo efecto causado por una o varias emisiones radiaciones, inducciones o sus combinaciones, en un sistema de radiocomunicaciones que se manifiestan como degradación, falsamente o pérdida de la información que se obtendría en au-

sencia de la energía no deseada. (Inf. 529 C.C.I.R., Ginebra 1974). En este sentido se define la relación de protección como el valor de la relación señal deseada de radiofrecuencia/interferencia de radiofrecuencia que corresponde a una calidad de recepción aceptable. Esta relación puede tomar distintos valores según el tipo de servicio que se desee. Puede utilizarse un concepto alternativo de relación de protección de señal/interferencia basado en medidas eléctricas, empleando señales de prueba adecuadas, de la degradación en la relación señal/ruido de la señal de prueba deseada, cuando a esta se la superpone en el mismo canal una señal interferente. Se toma como referente la degradación de una relación señal/ruido inicial de 20 dB a una relación señal/ruido + interferencia de 14 dB. Se considera que el valor de degradación mencionado representa el valor mínimo aceptable de la calidad del servicio. Aunque estas relaciones de protección pueden depender de las características de banda de paso de los receptores de la diferencia de frecuencias entre las señales deseadas e interferentes de los canales comunes, de la desviación de frecuencia, etc.

las relaciones de protección que se indican en la tabla representan valores aproximados que pueden utilizarse para el estudio práctico de las redes móviles con una calidad tolerable. En la práctica la asignación de frecuencias, para las redes móviles, deberá realizarse de forma tal, que se supere por amplio margen los valores que en dicha tabla se mencionan. En caso contrario, se considerarán las protecciones a efectos de elegir un emplazamiento lo suficientemente alejado de la fuente de interferencias o bien corregir adecuadamente el valor de señal deseada/señal interferente.

TABLA VII

RELACION DE PROTECCION DE RADIO-FRECUENCIA

| EMISION DESEADA | | EMISION INTERFERENTE | | RELACION DE PROTECCION DE RF(dB). |
|-----------------|----|----------------------|----|-----------------------------------|
| Banda ancha | F3 | Banda ancha | F3 | 8 |
| Banda angosta | F3 | Banda angosta | F3 | 8 |
| Banda ancha | F3 | | A3 | 8 |
| Banda angosta | F3 | | A3 | 10 |
| | A3 | Banda ancha | F3 | 8-17 |
| | A3 | | A3 | 17 |

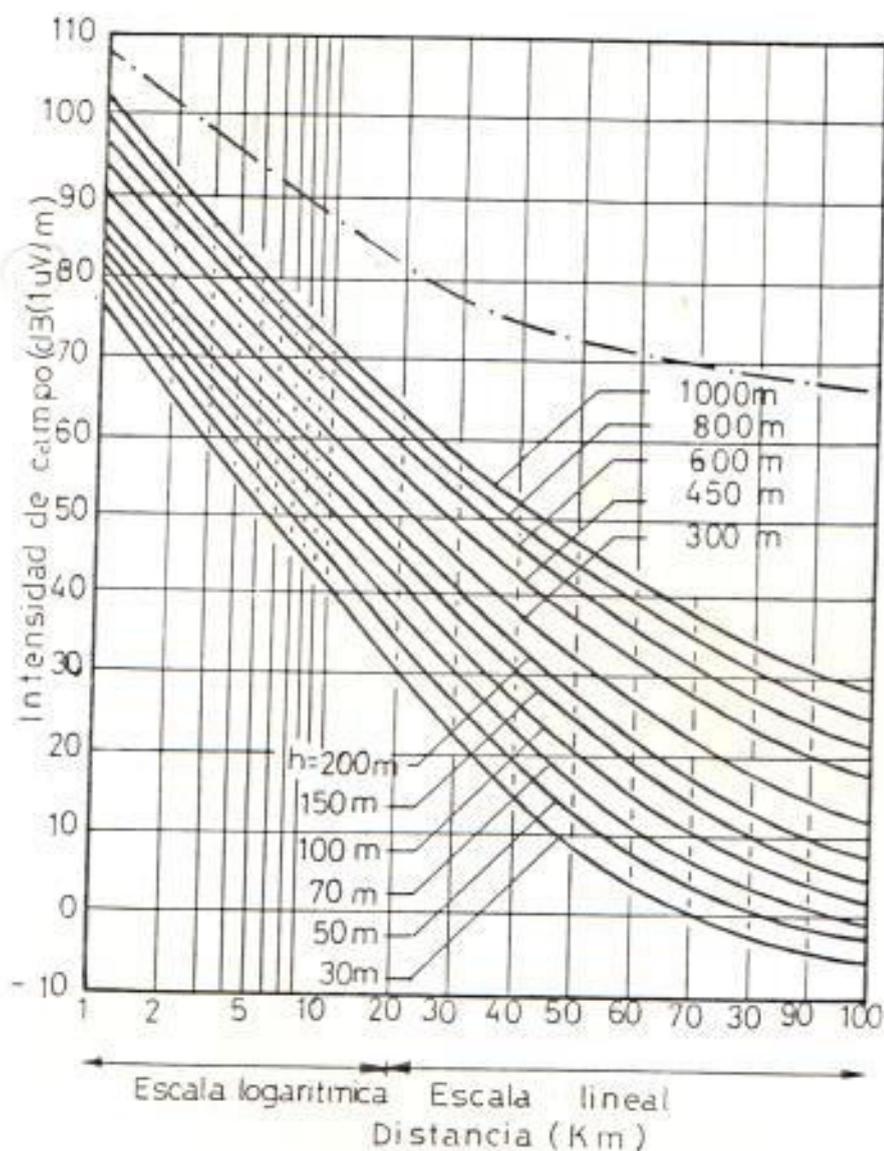


FIGURA 47.- INTENSIDAD DE CAMPO B (V/M) PARA 1 KW DE POTENCIA RADIADA APARENTE.
 FRECUENCIA 450 MHZ-ZONA URBANA (BANDA IV)
 50% DEL TIEMPO - 50% DE LAS UBICACIONES
 $H_M = 1,5 \text{ M}$ $H_M =$ ALTURA DEL RECEPTOR MOVIL
 $H = 50 \text{ M}$ $H =$ ALTURAL DEL TRANSMISOR

Los sistema F3 de banda ancha utilizan normalmente desviaciones de frecuencia con valores máximos comprendidos entre ± 12 Khz y ± 15 Khz, mientras que los sistemas F3 de banda angosta utilizan normalmente desviaciones de frecuencia con valores máximos de ± 4 Khz y ± 5 Kz.

En cuanto al radio de cobertura tenemos en términos generales, se puede decir que el alcance disminuye al aumentar la frecuencia, pero aumenta la penetrabilidad. Se supone por lo tanto, que el radio de cobertura es un parámetro impuesto al sistema, por lo que los cálculos se efectuarán en función de una distancia genérica "D" preestablecida.

7.7.3 La orografía del terreno y la vegetación.-

Para definir el grado de irregularidad del terreno se utiliza el parámetro Δh , que es la diferencia entre las alturas del terreno excedido en un 10% y en un 90% del trayecto de propagación entre 10 y 50 Km de distancia del transmisor. (Observar figura 48).

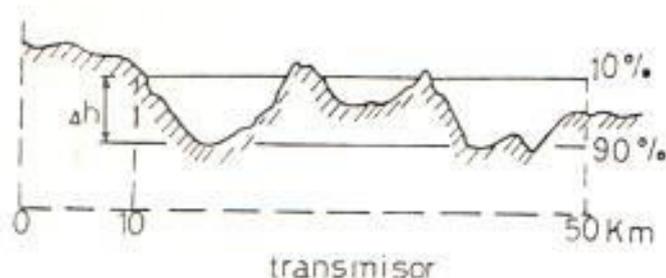
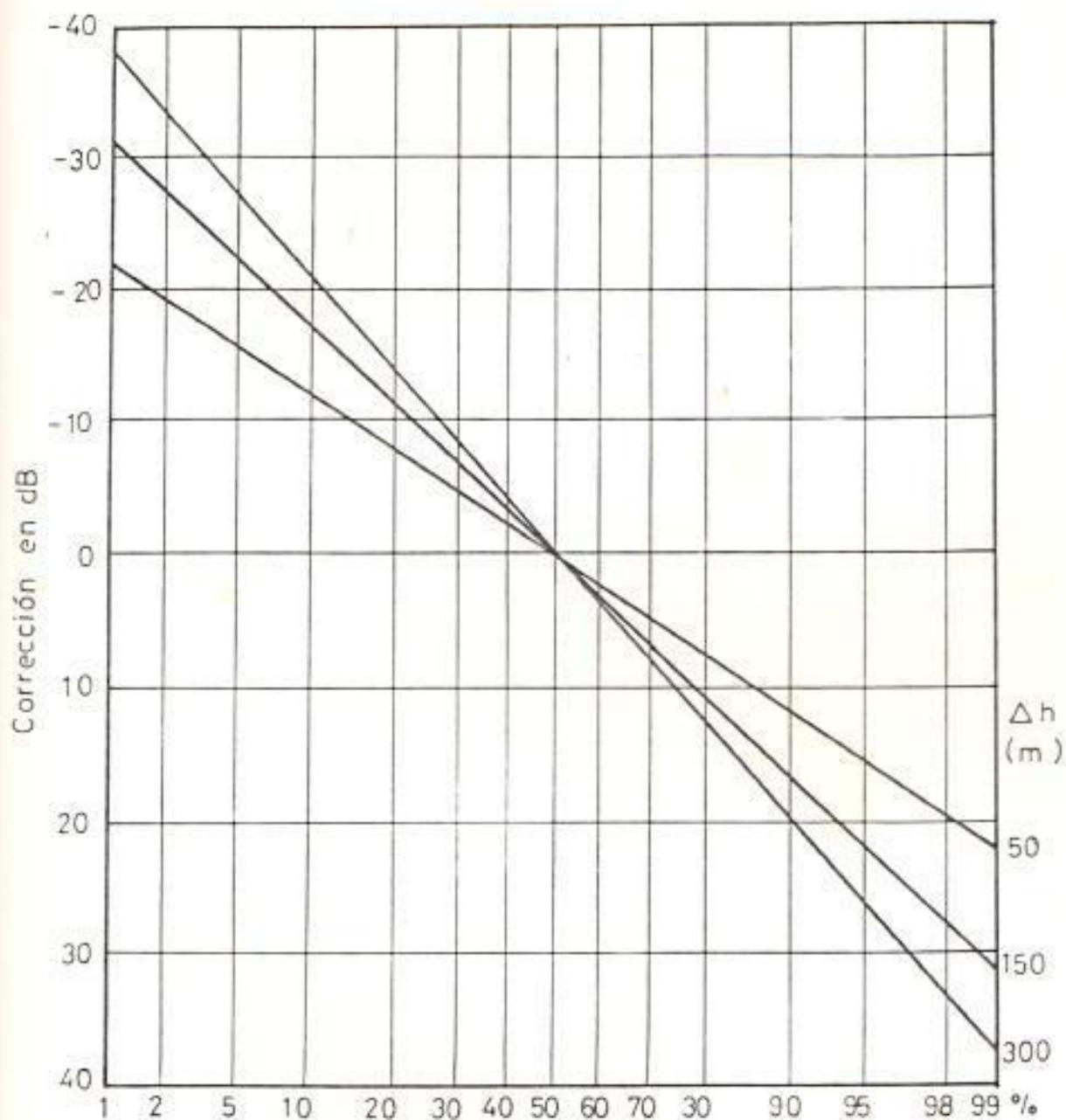


FIGURA 48. PARAMETRO ΔH

Si se efectúan durante un período de tiempo registros en gran número de puntos, la distribución en el tiempo de los valores medios correspondientes a cada uno de esos puntos sería la que se muestra en la Figura para la propagación de las ondas decimétricas por un terreno ondulado típico de $\Delta h = 50$ m. Se admite que el intervalo de variación de esta distribución es, independiente del grado de irregularidades del terreno en lo que a ondas métricas se refiere; en tal situación, se puede considerar que la distribución de la figura es aplicable para la mayoría de los valores constantes de Δh .

Además del aumento del intervalo de variación en función de la irregularidad del terreno, hay que señalar que las intensidades de campo medias recibidas son tanto menores cuanto más



Porcentaje de las ubicaciones de recepción
 Porcentaje de tiempos de recepción ($\Delta h = 50m$)

FIGURA 49 .- INTERVALOS DE VARIACION EN FUNCION DE IRREGULARIDAD DEL TERRENO.

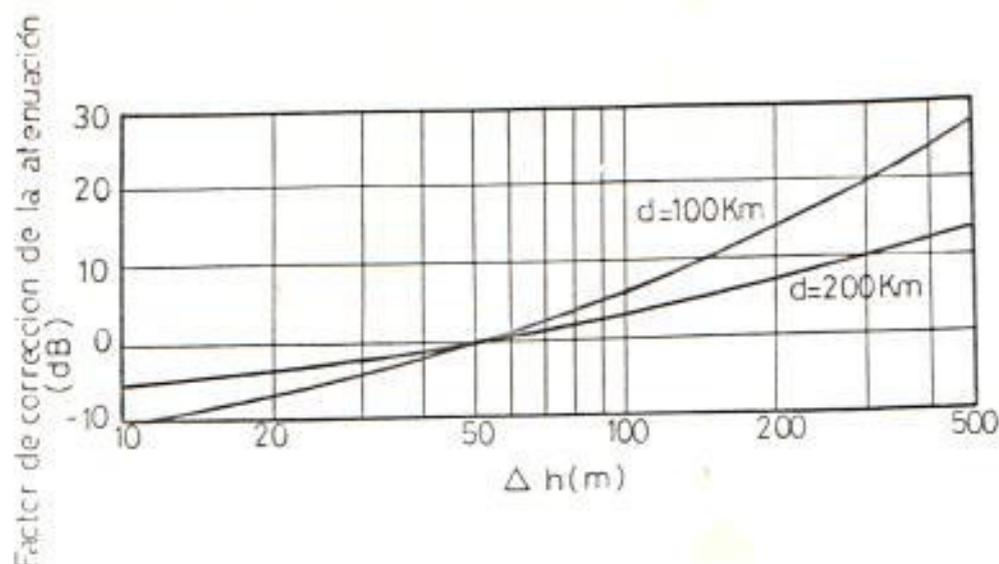


FIGURA 50 .- FACTOR DE CORRECCION DE ATENUACION EN FUNCION DE H.

Además del aumento del intervalo de variación en función de la irregularidad del terreno, hay que señalar que las intensidades de campo medias recibidas son tanto menores cuanto más accidentado es el terreno, o sea, cuanto mayor es el Δh y cuanto mayor es la frecuencia. Por lo que podemos concluir que el factor de corrección de la atenuación debe deducirse de la intensidad de campo para el valor requerido de Δh . (Inf. 239-2 C.C.I.R., Ginebra 1974).

En la figura 50 se dan valores de esta corrección para distancias de hasta 100 Km. y de 200 Km en adelante. Para distancias comprendidas entre 100 y 200 Km se deducirá su valor por interpolación lineal entre las dos curvas.

Por lo tanto, dependiendo del tipo de terreno y banda de frecuencias en que se desarrolle la comunicación será necesario introducir la corrección mencionada. Según el tipo de terreno puede considerarse para el diseño los valores de h que se detallan en la tabla siguiente, cuando no sea posible un cálculo más exacto.

TABLA VIII

Δh COMO FUNCION DEL TIPO DE TERRENO

| TIPO DE TERRENO | Δh (m) |
|-----------------|----------------|
| Llano | 10 |
| Ondulado | 50 |
| Montañoso | 200 |

En cuanto a la vegetación, la atenuación debida a ella, es función de la frecuencia, alcanzando un valor no despreciable cuando de ondas decimétricas se trata. Según que tipo de polarización sea el utilizado (vertical u horizontal) parece existir una diferencia de atenuación no siempre notable, en el sentido

de ser superior para las ondas polarizadas verticalmente.

7.7.4 Altura de antena de las estaciones móviles.-

En el servicio móvil terrestre, la antena se halla generalmente a unos 3m o menos, reduciéndose en consecuencia la intensidad de campo. Los valores de pérdida que cabe esperar cuando la altura de la antena es de 3m, sobre el nivel del suelo dependen mucho de la irregularidad del terreno. La figura 51 muestra el grado en que estos valores dependen de Δh . El promedio es de 6 a 7 dB en las zonas suburbanas y de 4 a 5 dB en las regiones donde abundan los edificios elevados. El verdadero valor de la pérdida de altura puede diferir varios decibeles del valor promedio, debiendo introducirse el factor de corrección real de la siguiente manera:

- Zona rural valor dado en la figura para $d < 50$ Km.
- Zona urbana 14 dB

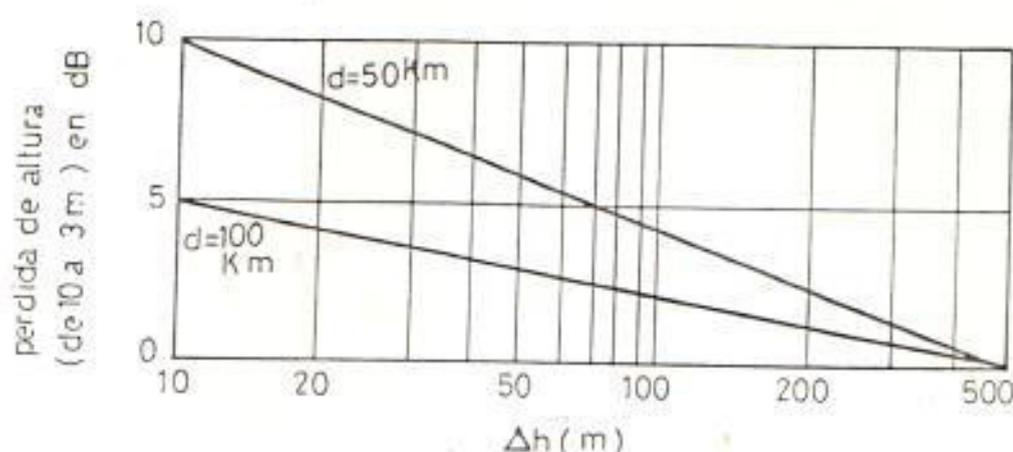


FIGURA 51 .- FACTOR DE PERDIDA DE ALTURA (DE 10 A 3 M) EN FUNCION DE Δh (BANDAS IV Y V).

Los valores precedentes se aplican a distancias del transmisor inferiores o iguales a 50 Km. Para distancias superiores a 100 Km., los valores indicados deben reducirse en un 50%, siendo conveniente proceder a una interpolación para distancias intermedias. Dichos valores han sido ya considerados en la confección de las curvas de la figura 51 por lo que no será necesario efectuar una nueva corrección al efecto (Ing. 239-3 y 567, C.C.I.R., Ginebra 1974). Para la banda IV, y únicamente en zonas rurales, se introducirá la modificación pertinente (diferencia del valor obtenido en la figura , para el Δh considerado y 17 dB o 14 dB si la altura de la antena receptora es de 3m. o de 1.5 m respectivamente).

7.7.5 Despolarización y degradación.-

El factor de despolarización se define por la relación entre la amplitud de la componente de polarización ortogonal, debido a algún mecanismo de propagación, y la amplitud de la onda plana inicial polarizada. Para los sistemas móviles, es a veces más conveniente considerar el factor de discriminación de polarización obtenido con una antena, en condiciones de trabajo. Este factor se expresa en decibelios y en la práctica es de signo opuesto, aunque numéricamente igual, al factor de despolarización, a condición de que este no sea demasiado pequeño. El factor de despolarización obedece a una distribución log-normal, con una desviación típica que hasta cierto punto depende de la frecuencia. En el rango de frecuencias de 30 a 1.000 Mhz, el valor medio de la diferencia entre los valores 10% y 90% es de unos 15 dB. Observándose sólo una ligera diferencia entre el caso de polarización inicial vertical y el de polarización inicial horizontal (Inf. 567, C.C.I.R., Ginebra 1974). Al existir una diferencia de 15 dB entre la amplitud de la componente útil y la componen-

te ortogonal, es obvio que la potencia pérdida por este fenómeno puede considerarse despreciable a efectos de cálculo.

En cuanto a la degradación e intensidad de campo mínima utilizable, tenemos que una medida adecuada del umbral de calidad de funcionamiento para receptores de banda estrecha la constituye el valor de 12 dB.

Este valor define la intensidad de campo mínima utilizable para cualquier instalación, en ausencia de ruido industrial y de propagación por trayectos múltiples. Siendo su expresión:

Todo sistema expuesto a los efectos del ruido industrial y propagación por trayectos múltiples sufre una degradación en su calidad normal de funcionamiento. Se define dicha degradación, como el incremento necesario de la señal de entrada deseada para restablecer un grado de calidad de recepción impuesto únicamente por los efectos del ruido interno del receptor.

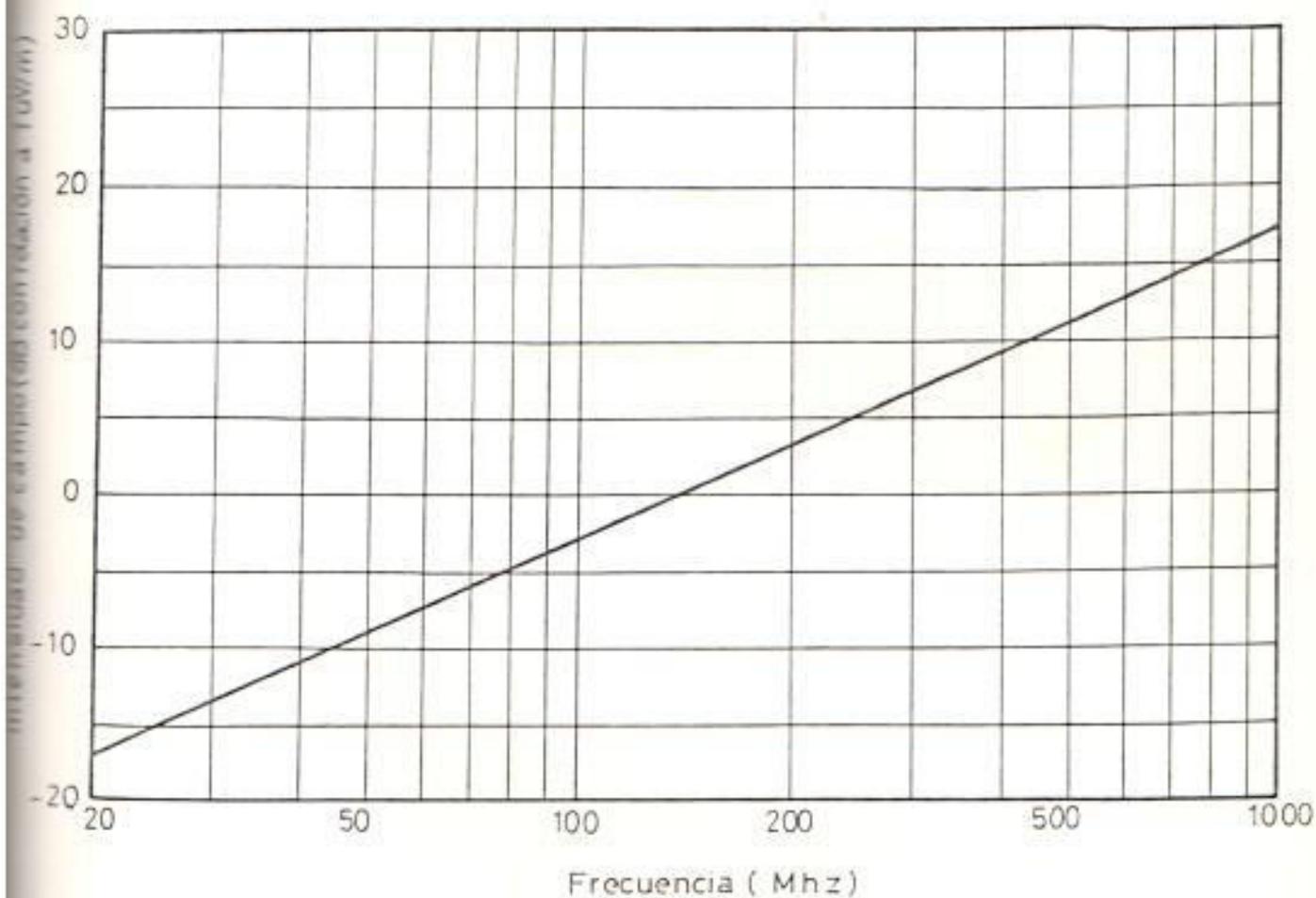


FIGURA 52 .- INTENSIDAD DE CAMPO MINIMA UTILIZABLE.

SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR: 0.7 μ
(F.E.M.).

El grado de calidad se define como sigue:

| GRADO | EFECTO DE LA INTERFERENCIA |
|-------|--|
| 5 | Casi nulo |
| 4 | Perceptible |
| 3 | Molesto |
| 2 | Muy molesto |
| 1 | Suficientemente molesto para que apenas pueda percibirse la señal. |

Los grados 5, 4, 3 y 2 ofrecen una conversación comprensible aunque con creciente esfuerzo a medida que disminuye la calidad. Para sistemas radiotelefónicos móviles terrestres, será suficiente adoptar una calidad grado 3 pero a efectos de mayor seguridad se toma como calidad normal para cualquier tipo de sistema el grado 4. Por lo tanto, para mantener un determinado grado de calidad de servicio, en presencia de ruido industrial y de propagación por trayectos múltiples, será preciso aumentar el nivel de la intensidad de campo de la señal deseada. Al valor resultante de considerar la intensidad de campo mínima utilizable y el efecto de la degradación se la

denominará "intensidad de campo mediana mínima necesaria". Considerando que la sensibilidad del receptor influye en el valor del campo mínimo utilizable así como en el valor de la degradación y que los parámetros y curvas disponibles en el C.C.I.R., están referidos a receptores de sensibilidad $0.7 \mu\text{V}$, puede escribirse para receptores dotados de antenas de $\lambda/2$:

$$F1 \text{ dB}(1 \text{ V/m}) = -41 + \log f + d \text{ donde } d = \text{degradación en dB.}$$

En las Figuras 53 y 54 se muestran curvas del factor de degradación para estaciones móviles en sistemas que trabajan en frecuencias comprendidas entre 30 y 1000 Mhz.

7.7.6 Expresión general para el cálculo de la potencia y cálculo de potencia en las estaciones base.-

El factor portencia que se debe determinar es el valor que debe proporcionar la última etapa del equipo transmisor antes de conectar al

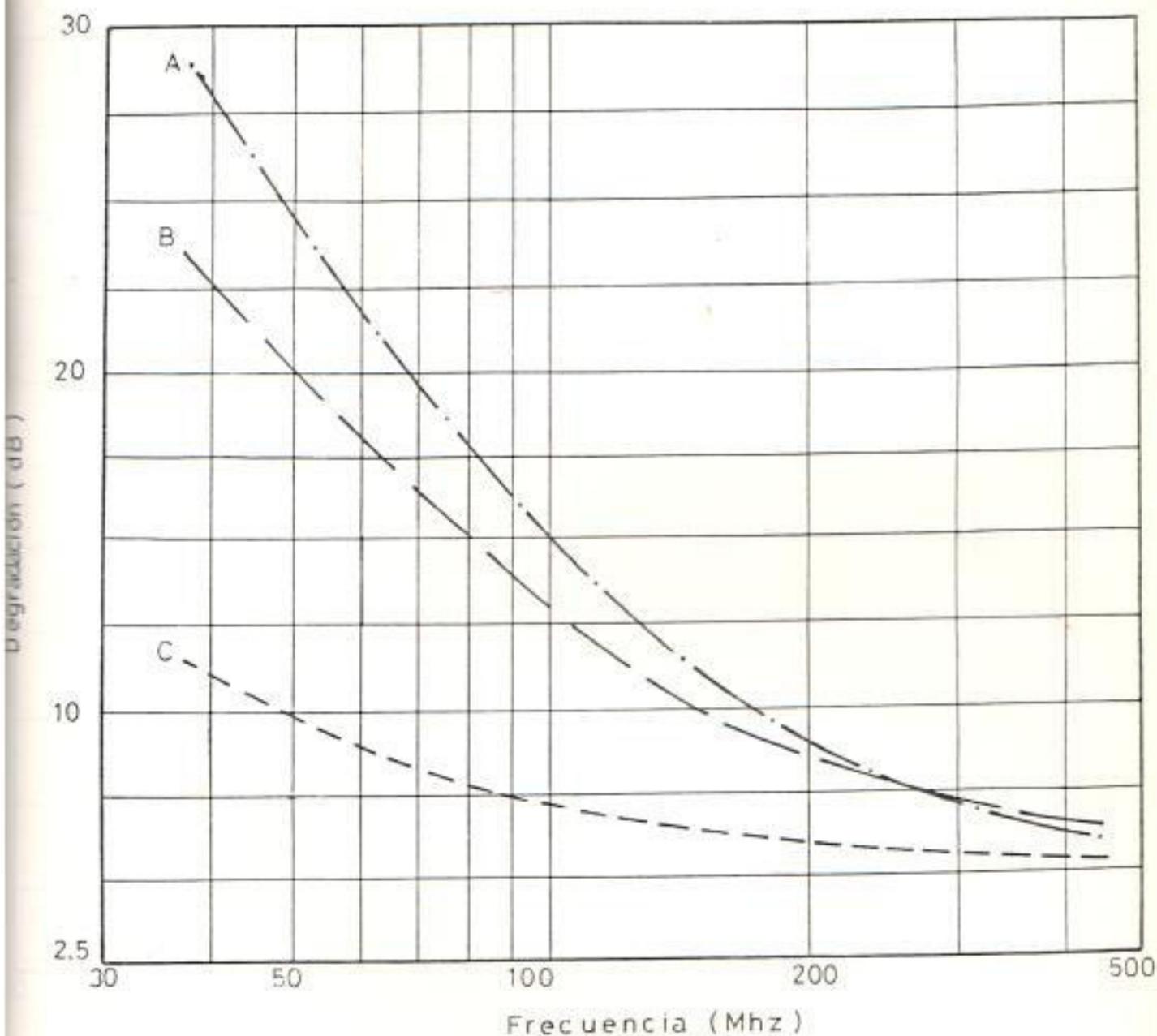


FIGURA 53.- DEGRADACION EN FUNCION DE LA FRECUENCIA (GRADO # 3).

DEGRADACION DE LA SENAL EN VEHICULOS EN MOVIMIENTO, BASADA EN VALORES MEDIOS DE LA SENAL DE ENTRADA RECIBIDA. SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR DE 0,7 V F.E.M. A: VEHICULO PARADO EN UNA ZONA DE MUCHO RUIDO, B: VEHICULO EN MOVIMIENTO EN UNA ZONA DE MUCHO RUIDO, C: VEHICULO EN MOVIMIENTO EN UNA ZONA DE POCO RUIDO.

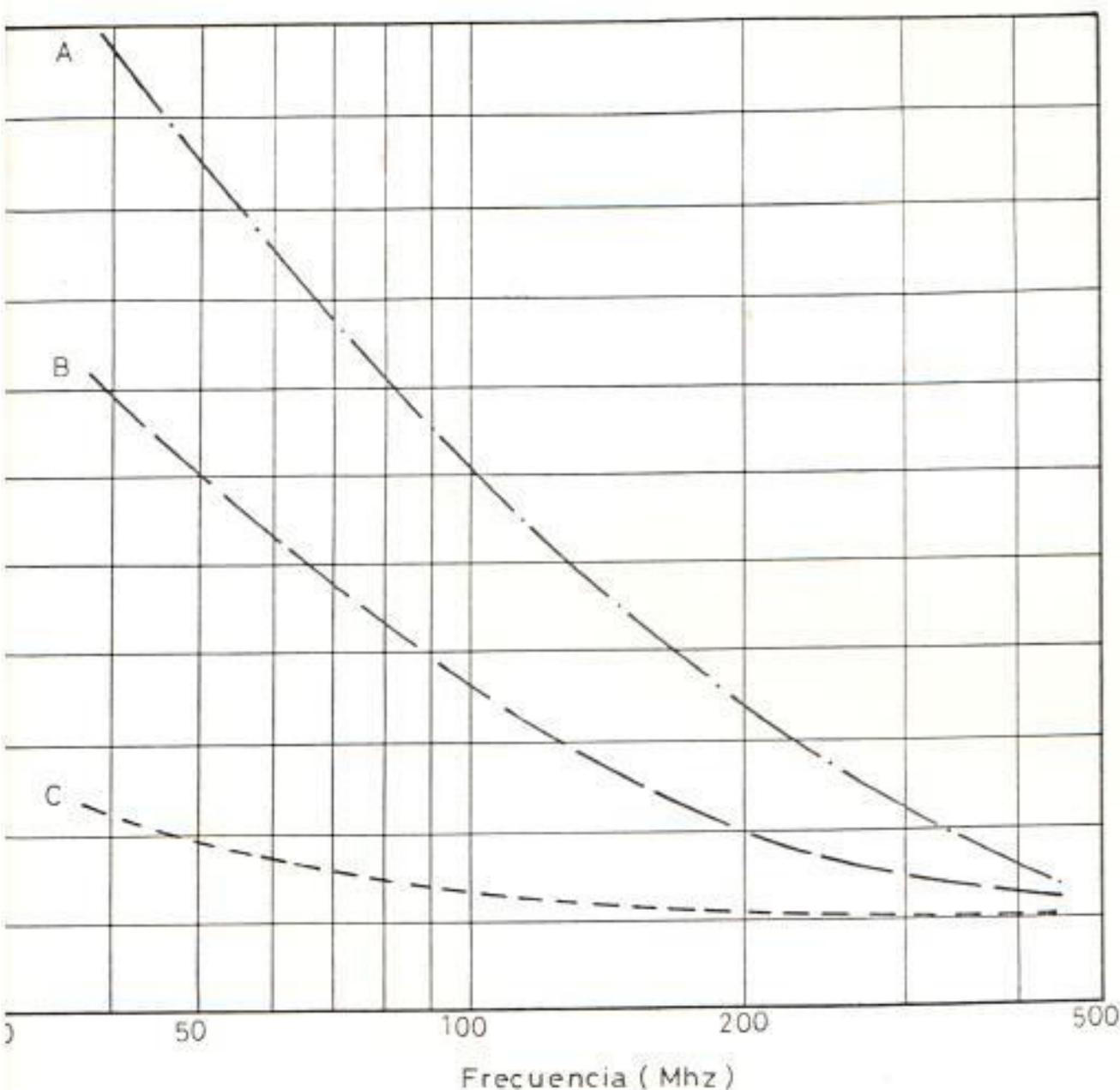


FIGURA 54 .- DEGRADACION EN FUNCION DE LA FRECUENCIA (GRADO 4).

DEGRADACION DE LA SENAL EN VEHICULOS EN MOVIMIENTO, BASADA EN VALORES MEDIOS DE LA SENAL DE ENTRADA RECIBIDA,

SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR DE 0.7 V(F.M.E.)
 A: VEHICULO PARADO EN UNA ZONA DE MUCHO RUIDO. B: VEHICULO EN MOVIMIENTO EN UNA ZONA DE MUCHO RUIDO. C: VEHICULO EN MOVIMIENTO EN UNA ZONA DE POCO RUIDO.

cable de alimentación de antena. Dado que en los sistemas radiotelefónicos móviles terrestres la comunicación debe ser de carácter bidireccional, será preciso el cálculo de la potencia en cada uno de los extremos del circuito.

Por lo que será necesario utilizar la siguiente ecuación:

$$Pt \text{ (dBw)} = 30 + (F_1 - F + A + B + C + D + E + H + I - G + L)$$

$$Pt \text{ (W)} = \text{antilog } Pt(\text{dBw})/10$$

donde:

- Pt = Potencia del transmisor en vatios
- F_1 = Señal mínima necesaria en el umbral de la cobertura deseada, en dB/1 μ V.
- F = Campo existente en el umbral de la cobertura deseada proporcionado por un transmisor de potencia radiada aparente de 1Kw expresado en dB/1 μ V/m.
- A = Amplitud del ruido que llegará a alcanzar la antena.

- B = Corrección por sensibilidad del receptor en ausencia de degradación, en dB.
- C = Corrección por grado de irregularidad del terreno, en dB.
- D = Corrección por altura de antena del móvil en dB.
- E = Corrección por efectos de vegetación, en dB.
- H = Corrección en función del porcentaje de ubicaciones, en dB.
- I = Corrección en función del porcentaje de tiempos en dB.
- G = $G_t + G_r$
- G_t = Ganancia relativa de la antena transmisora, respecto a un dipolo de $\lambda/2$ dB.
- G_r = Ganancia relativa de la antena receptora, respecto a un dipolo de $\lambda/2$. en dB.
- L = $L_t + L_r$
- L_t = Pérdidas en línea de alimentación, cavidades, filtros de la antena transmisora en dB.
- L_r = Pérdidas en línea de alimentación, cavidades, filtros, de la antena receptora, en dB.

La expresión anterior será útil para la deter

minación de radios de coberturas medios (con un porcentaje de calidad dado), debiendo realizarse un estudio particular para cada punto que a priori se presume sea de recepción dudosa.

Cálculo de la Potencia de las Estaciones Base

Utilizando la ecuación descrita en la sección anterior, tenemos:

$$E_1 = -41 + \log f + d$$

d = Degradación obtengo de la figura

f = Frecuencia en MHz

d = 11.25 dB

f = 450 MHz

$$E_1 = -41 + \log 450 + 11.25 \text{ dB} = -27.09 \text{ dB}$$

E = obtengo de la figura para un área de cobertura de d = 35 Km.

E = 10 dB

B = 12 dB asumiendo uV de sensibilidad del receptor.

$$C = 0$$

$$D = 3 \text{ dB}$$

$$F = 0$$

$$H = 10 \text{ dB}$$

$$J = 10 \text{ dB}$$

$$G = 9 \text{ dB} + 9 \text{ dB} = 18 \text{ dB}$$

$$L = 7 \text{ dB}$$

$$P_t \text{ (dBw)} = 30 + (-27.09 - 10 + 12 + 3 + 10 + 10 - 18 + 7) = 16.91 \text{ dBw.}$$

$$P_t \text{ (w)} = \text{anti log.} \frac{16.91}{10} \text{ (dBw)} = P_t \text{ (w)}$$

$$= 49.1 \text{ W}$$

El Carmen
Bucay
Cerro Panamá

Para las dos restantes:

$$E = 8 \text{ dB} \text{ \u00c1rea de cobertura de } d = 40 \text{ Km.}$$

$$P_t \text{ (dBw)} = 30 + (-27.09 - 8 + 12 + 3 + 10 + 10 - 18 - 7) = 18.91 \text{ dBw.}$$

$$P_t \text{ (w)} = \text{anti log} \frac{18.91}{10}$$

$$P_{t(w)} = 77.62 w_{\text{Balao Cerro Grande}}$$

7.7.6.1 Cambios en el cálculo de la potencia para puntos de comunicación dudosa.-

En estos casos se procederá a calcular la pérdida admisible (Q_v), en el vano existente entre estos puntos y la estación base.

La expresión general de dicha pérdida será la resultante de varios efectos superpuestos.

a) Pérdidas en espacio libre, Q .

Se calcula de acuerdo con:

$$Q = 32.45 + 20 \log f + 20 \log d$$

Donde:

Q = Pérdida en espacio libre, en dB

f = Frecuencia del canal en Mhz

d = Longitud del trayecto de propagación, en Km.

b) Pérdidas en el trayecto de propa-
ción Q_p .

c) Pérdidas adicionales Q_a

Debidas a: calidad exigida al sistema, (t_{f} de tiempos).

Degradación por efectos del ruido industrial y por trayectos múltiples.

$$D' = D - 20 \log S/0.7$$

atenuación por vegetación, edificios, etc.

Luego:

$$Q_a = I + D' + E$$

obteniéndose en consecuencia:

$$Q_v = Q + Q_p + Q_a$$

Presentándose comunicación en el umbral de recepción, siempre que Q_v no

sobrepase el valor de la pérdida máxima admisible en vano. Pérdida que se representa por:

$$Q \text{ máx} = 10 \log Pt/pr + G' \text{ (dB)} - L \text{ (db)}$$

siendo:

$$Pr = (S \cdot 10^{-6})^2 / 4Z \text{ vatios}$$

$$G' = Gt + Gr'$$

$$Gt' = Gt \text{ (dB)} + 2.15 \text{ dB}$$

$$Gr' = Gr \text{ (dB)} + 2.15 \text{ dB}$$

y:

$Q \text{ máx}$ = Pérdida máxima admisible en vano.

Pt = Potencia del transmisor, en vatios.

Pr = Potencia a la entrada del receptor, en vatios.

S = Sensibilidad del receptor (f. e.m.) en V.

Z = Impedancia de entrada del receptor en ohmios

Gt' = Ganancia de la antena trans-

misra, respecto a la antena isotrópica, en dB.

G_r' = Ganancia de la antena receptora, respecto a la antena isotrópica, en dB.

Debiendo cumplirse que:

$Q_v \quad Q_{máz}$

o que:

$$32.45 + 20 \log f + 20 \log d + Q_p + E + I + D'$$

$$10 \log P_t/P_r + G' = L$$

7.8 JERARQUIA DEL SISTEMA Y SU FUTURA POSIBLE OPERACION.-

Tomando en cuenta que la central terminal móvil de conmutación se conectará a la central ARM Nacional, se muestra en el siguiente gráfico el orden jerárquico que tendría el citado centro terminal móvil.

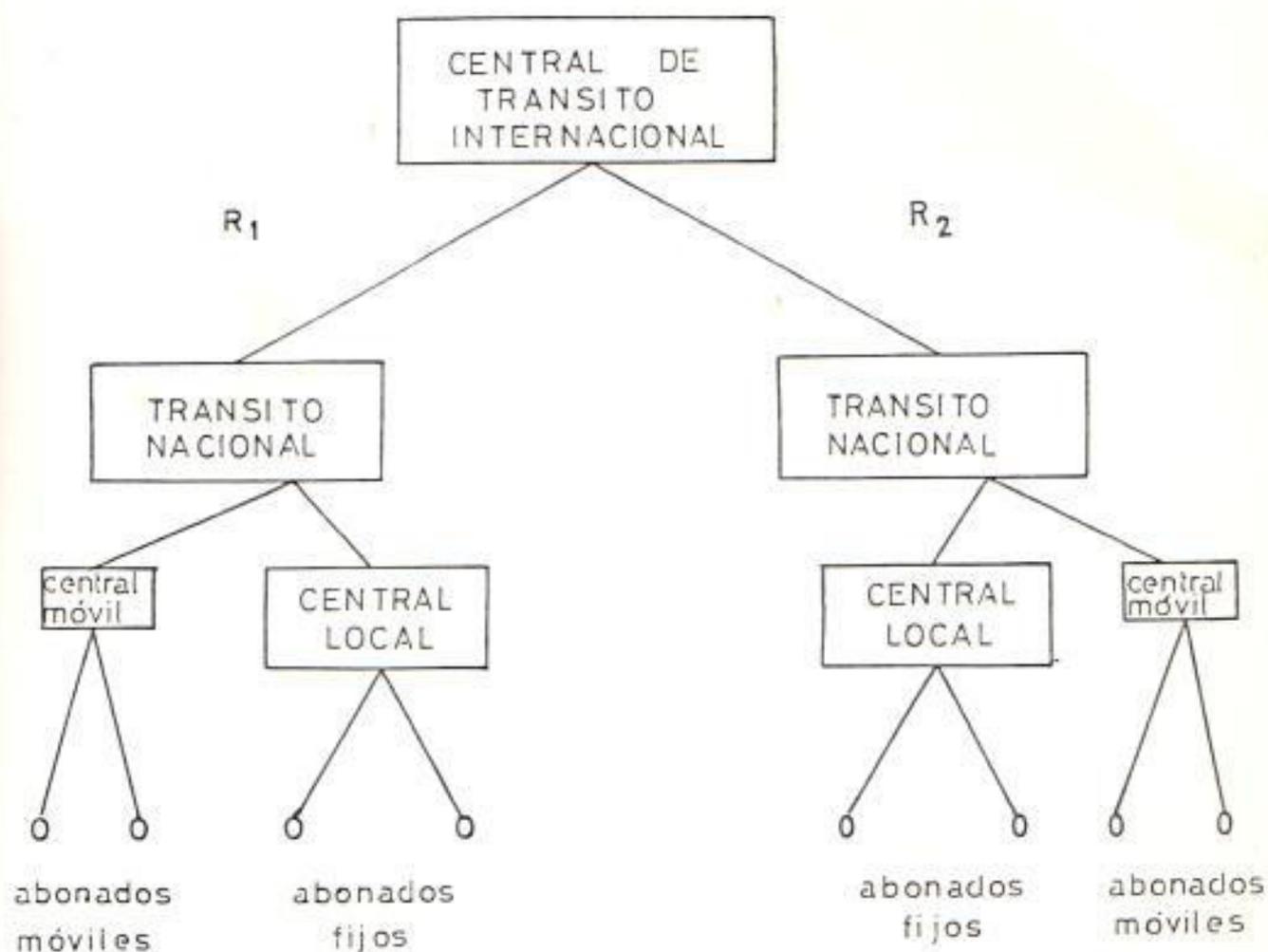


FIGURA 55.- JERARQUIZACION REDES FIJO-MOVIL

Como toda comunicación desde o hacia el suscriptor del servicio de telefonía móvil, deberá ser procesada a través de la central ARM, en muchas ocasiones se deberá hacer las modificaciones necesarias en la central de conmutación dependiendo de la clase central: centrales locales de control común, centrales locales paso a paso o central ARM.

En cuanto a la operación, considerando una capacidad de 1000 abonados (posible demanda futura), la manera de operar de un abonado móvil deberá ser la siguiente:

- El primer dígito será cero para acceder a la central de Tránsito Nacional.

- El segundo dígito será un uno (1), pues si escogo un cero, tendría un doble cero (00) y ello enruta a los abonados de discado directo internacional directamente a la central de tránsito internacional.

- El tercer dígito X, sirve para determinar el área de servicio, escogiéndose un 4.

- Se debe designar ahora el número de identificación de la unidad móvil, como suponemos 1000 abonados escogemos ABC.

De esta manera tenemos:

014 ABC

- 0 = Código de acceso a la Central de Tránsito Nacional.
- 1 = Código de identificación del servicio móvil
- 4 = Código de identificación del área de servicio
- ABC = Código de identificación del suscriptor móvil

Como la Central ARM debe conocer que después de recibir el segundo dígito(1), deberá esperar cuatro números en vez de seis, será necesario hacer modificaciones en la central o sino también anteponer a los tres dígitos de identificación del abonado móvil, dos dígitos de identificación ficticia para completar ocho dígitos. Entonces podríamos obtener:

01444 ABC

El abonado móvil para comunicarse con un abonado fijo debe llamar como si lo hiciera a una ciudad de otra región del IETEL; es decir:

0 B P Q R S T U

Donde:

- 0 = Código de acceso a la Central de Tránsito Nacional.

B = Código de identificación regional, 2 para región 1 y 4 para región 2.

FQRS
TU = Número identificativo local del abonado fijo

Los abonados móviles que lo deseen podrán contar además con los servicios de discado directo internacional.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dentro del desarrollo de nuestro país, cada vez más las telecomunicaciones juegan un papel importante, pero las telecomunicaciones móviles llevan un gran retraso en relación con otros países, esto se debe a muchos aspectos entre ellos; uno de los principales usuarios del teléfono móvil es el sector estatal, pero debido a problemas económicos existentes en dicho sector, es imposible lograr una mayor demanda. El otro aspecto importante es que del sector privado que es de donde se espera una gran demanda, esta no se presenta.

Al no existir un sistema de gran capacidad, el requerimiento de telefonía móvil, se lo puede llevar a cabo sin realizar una distribución celular, esto es, utilizando un sólo transmisor de una gran potencia.

En cuanto a la pregunta si este sistema podrá ser utilizado en algún momento en nuestro país? la respuesta corresponde a los miembros del Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones, en el sentido de que mientras más poblaciones se vayan integrando a la red de telefonía pública y

el servicio se lo desarrolle hasta obtenerlo digital en su totalidad, se estarán dando los pasos necesarios para un desarrollo de la telefonía móvil.

El escogimiento de las áreas de cobertura ha sido realizado tratanto de incluir a las poblaciones más importantes de la provincia y el diseño del sistema se ha realizado sobre una posible demanda de 1000 abonados.

En el análisis de las posibilidades de interconexión de la Central Móvil de Conmutación con la red pública telefónica se presenta la Central de Tránsito Nacional. Esta interconexión tiene la ventaja de que la ARM tiene el equipo necesario para analizar y dar la tarifa que corresponde. Es necesario recomendar que tanto la conmutación en la Central Móvil de Conmutación como el enlace entre este y la Central de Tránsito Nacional, se haga a cuatro hilos. En caso contrario, se producirían problemas de descomplemento en los híbridos generando problemas en la transmisión.

B I B L I O G R A F I A

1. S. PRENTISS, CELLULAR Communications (1era. Edición; EE.UU.; Tab Books, 1984), pp. 17-33.
2. B. Hildebrandt, "La Estación Base en la red Telefónica Móvil Celular C450", Revista Telcom Report (Siemens), Vol. 9, Nº 1 (Ene-Febre 1966). pp. 16-21.
3. F. Becker, "Estaciones Móviles para sistemas de Radio Teléfono", Revista Telcom Report (Siemens), Vol. 9, Nº 1 (Ene-Feb. 1986), pp. 22-27.
4. W.R. Young, "Advanced Mobile Phone Service", Technical Journal, Vol. 58, Nº 1 (Enero 1979), pp. 1-12.
5. V.H. MAC DONALD, "The Cellular Concept", Technical Journal, Vol. 58, Nº 1 (Enero 1979), pp. 20-40.
6. R. Frenkiel, "A high capacity Mobile Radiotelephone System Model", IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. 19, Nº 2 (Mayo 1970), pp. 173-180.

7. J.Oetting, "Cellular Mobile Radio", IEEE Communications, Vol. 21, Nº 8 (Nov. 1983), pp. 10-25.
8. J.Whitehead, "Cellular System Design", IEEE Communications, Vol. 24, Nº 2 (Febr 1986), pp. 22-30.
9. K. Spindler, "The German Cellular RadioTelephone System C", IEEE Communications, Vol. 24, Nº 2 (Feb. 1986), pp. 22-30.
10. Ch. Namislo, "Traffic Investigations for Modern Cellular Mobile Radio Networks. Telcom Report (Siemens), Vol. 8, Nº 4 (Ene-Feb. 1985), pp. 204-208.
11. K. Kammerlander, "Characteristics of the Cellular Mobile Radio Systems C450", Telcom Report (Siemens), Vol. 8, Nº 4 (Ene-Feb. 1985), pp. 209-214.
12. P.Rodríguez, "Sistema de Teléfono Móvil" (Tesis, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1980).

lámpara, un interruptor encendido/apagado y un control de volumen que también se encuentra fijado.

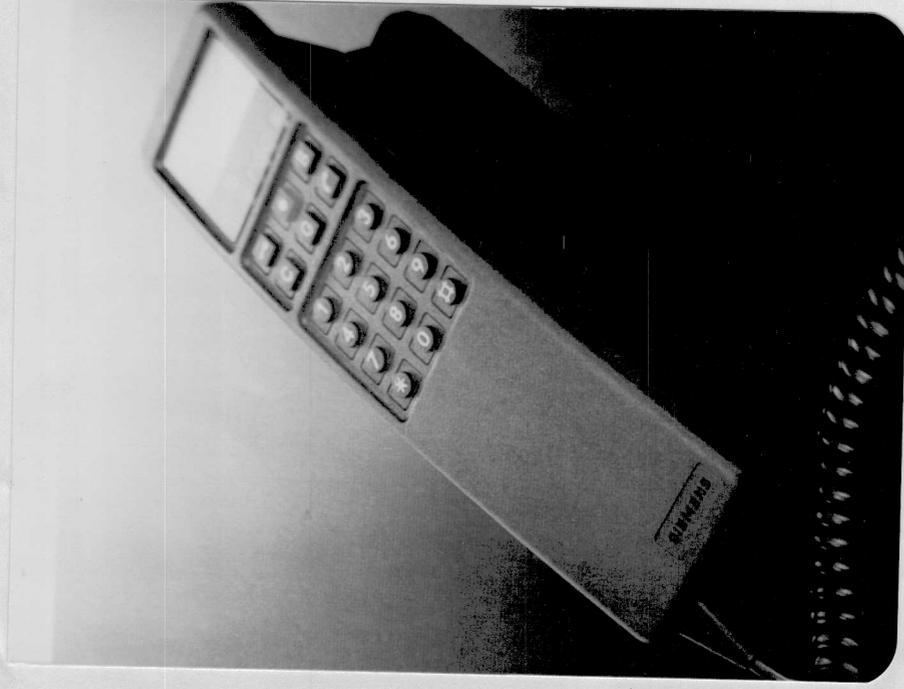


FIGURA 35.- ESTACION MOVIL C450 MICROTELEFONO

5.4 PERSPECTIVAS.-

Un amplio rango de componentes es ya aprovechable

inversor de voz, el limitador y el interruptor de intensidad sonora.

El filtro duplex permite simultáneamente transmisión y recepción a través de una antena simple.

En la Figura 29, se muestra gráficamente la unidad transceptora.

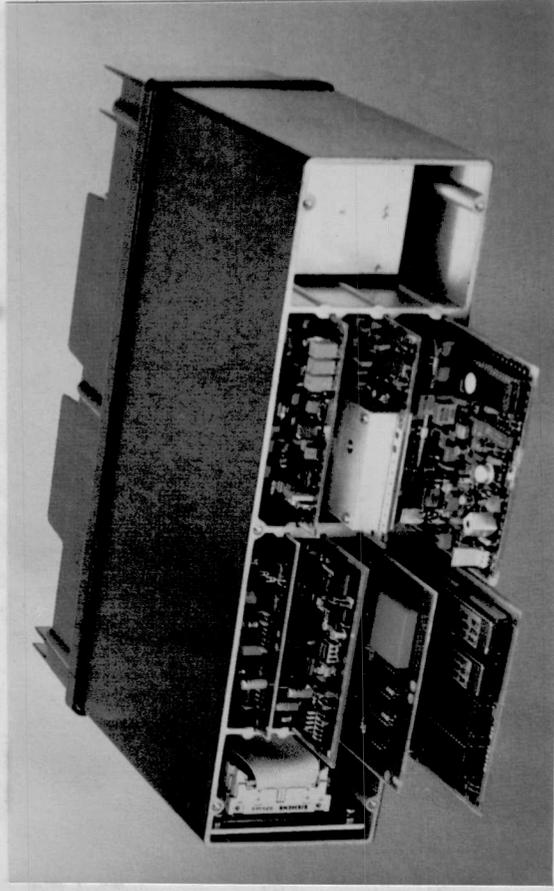


FIGURA 33.- UNIDAD TRANSCÉPTORA

5.3.1.2 Controlador.-

En el controlador, todos los procesos de señalización y los procesos operativos son controlados por me-

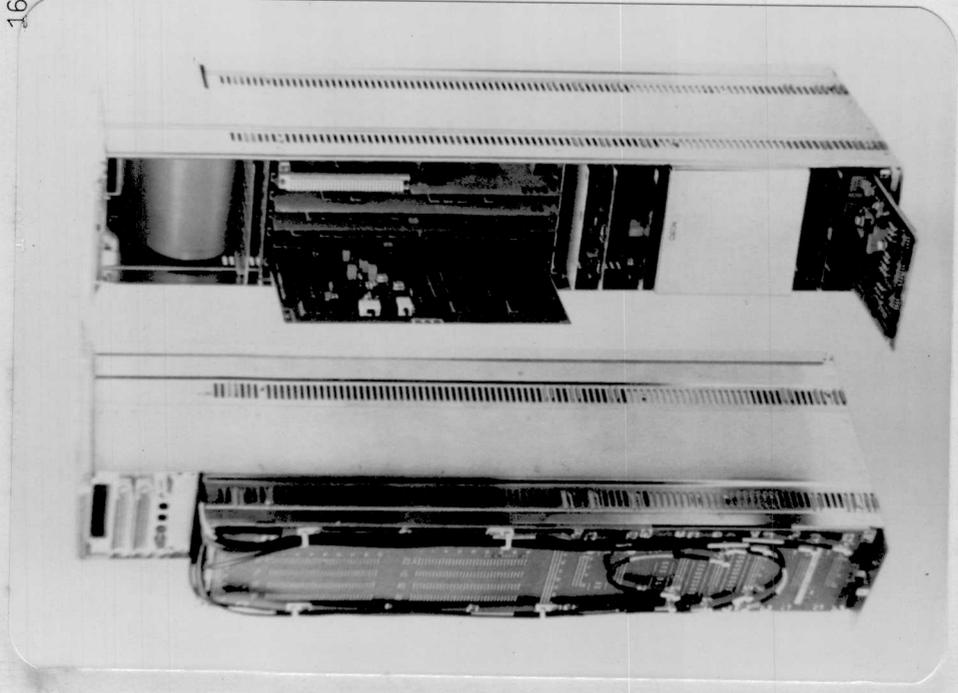


FIGURA 29.- DOS UNIDADES PROBADORAS DE RADIO VISTAS FRONTALMENTE (DERECHA) Y POSTERIORMENTE (IZQUIERDA).

Todas las señales sensitivas de radiofrecuencia son encaminadas dentro de la unidad a través de líneas coaxiales de doble blindaje exteriores al plano posterior. Los conectores de los cables coaxiales pasan por medio del plano posterior hacia los conectores del módulo. La pared cercana al dispositivo de alimentación está protegida con una superficie puesta a tierra, y es conectada hacia la superficie exterior del conector coaxial

lación debe ser fijado a dos veces el ancho del bastidor, luego las unidades comienzan a interconectarse a través de un alambre flexible que se encuentra marcado. Los bastidores centrales son de doble ancho y todas las entradas activas funcionales son diseñadas como equipo enchufable y intercalable. La unidad de adaptación de señal se encuentra diseñada para facilitar la operación y el mantenimiento. (Ver Figura 28).

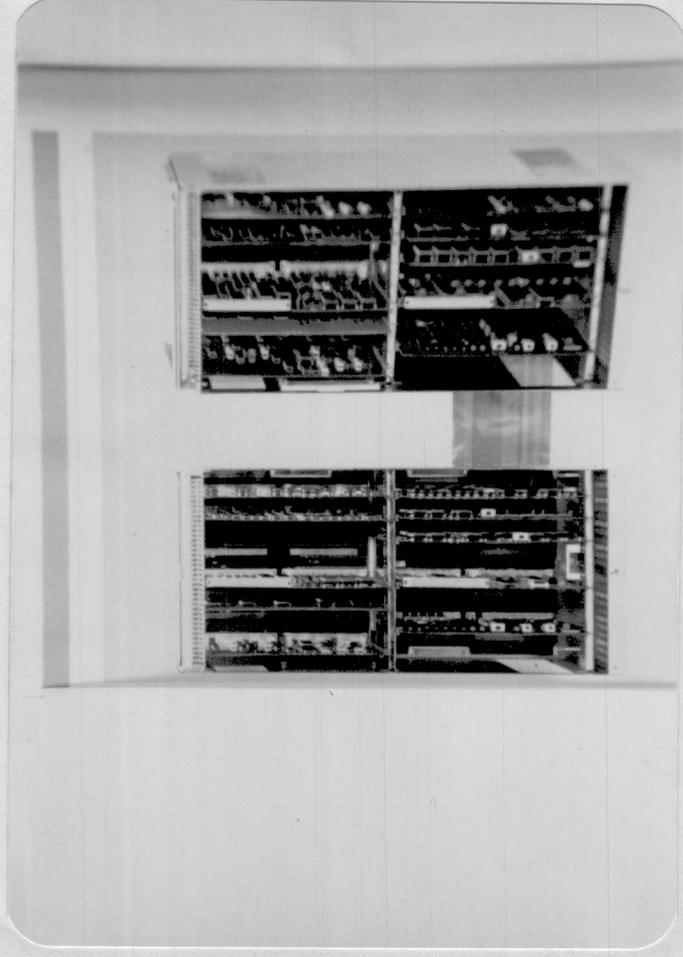


FIGURA 28.- UNIDAD DE COORDINACION. (LAS DOS UNIDADES ESTAN INTERCONECTADAS A TRAVES DE UN ALAMBRE FLEXIBLE).



FIGURA 27.- CONFIGURACION DEL EQUIPO DE UNA ESTACION
BASE.

Bastidores centrales y bastidores de filtros acopladores no son estandarizados debido a los requerimientos físicos especiales.

Sin embargo la unidad de coordinación opera en un tiempo real y requiere trayectorias de transmisión extremadamente cortas. Por esta razón, el formato del plano posterior tiene que ser optimizado y el ancho de la interca

vee las funciones de comunicaciones y de conmutación.

Las estaciones base fijas se encuentran instaladas próximas a las antenas colocadas sobre altos edificios y generalmente sobre torres de radio relé existentes (Ver Figura 24). Es también muy tomado en cuenta el terreno para tratar de obtener condiciones de propagación favorable.

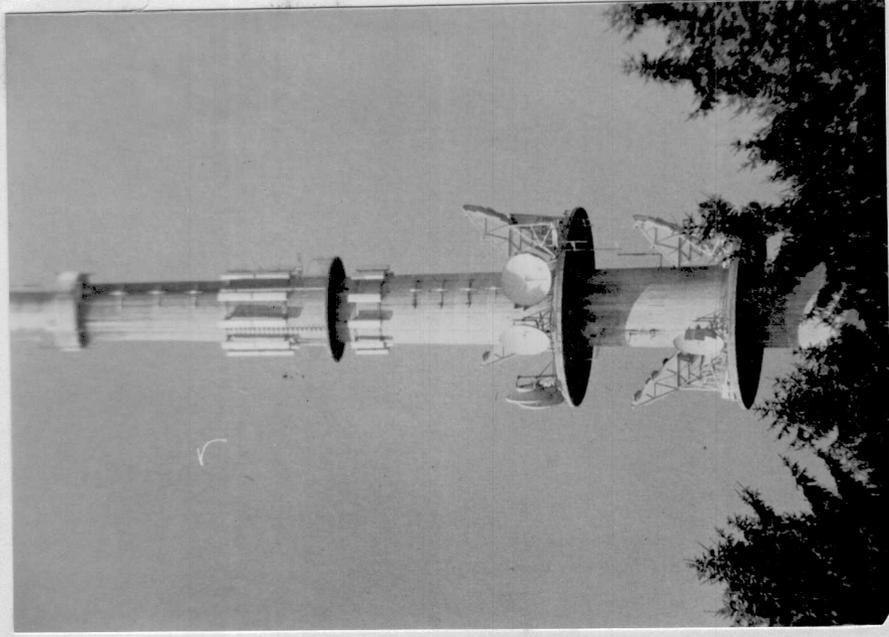


FIGURA 25.- TORRE DE RADIO RELE CON ANTENAS RADIO CELULARES. (MOSTRADOS EN LA MITAD SUPERIOR DE LA FIGURA CON BLINDAJES RECTANGULARES CONTRA EL MAL TIEMPO).