



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**

**DISEÑO DE UN SISTEMA PARA MONITOREO DE ENLACES
DE MICROONDA UTILIZANDO LA RADIOBASE TDMA
ERICSSON 884.**

**Edgar Augusto Chojolán Prillwitz
Asesorado por el Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez**

Guatemala, noviembre de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA PARA MONITOREO DE ENLACES
DE MICROONDA UTILIZANDO LA RADIOBASE TDMA
ERICSSON 884.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDGAR AUGUSTO CHOJOLÀN PRILLWITZ
ASESORADO POR EL ING. BYRON ODILIO ARRIVILLAGA MÉNDEZ
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Luis Eduardo Durán Còrdoba
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Adolfo Villeda Vásquez
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier González López
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

DEDICATORIA A

- Dios** Por permitirme lograr un objetivo más en mi vida, y darme sabiduría para andar por el camino correcto.
- Mis padres** Mario y María Teresa, que juntos han luchado cada día por darnos a toda la familia un futuro mejor, y que gracias a sus consejos, hoy estoy dando un paso más; a ellos debo todo esto.
- Mis hermanos** Carlos y Mayra, por alegrar mi vida y compartir los sacrificios de lo que hoy estoy logrando.
- Mis abuelos** Augusto y Cristina, por su cariño y consejos.
- Mis amigos** Por su ayuda incondicional.

AGRADECIMIENTOS A

La Universidad de San Carlos	Tricentenaria Alma Mater, por brindarme la oportunidad de terminar mi carrera profesional.
Mis padres	Por su apoyo durante los momentos difíciles de mi carrera y mi vida.
Mis hermanos	Por su apoyo incondicional en todos los proyectos que he emprendido.
Mi asesor	Ing. Byron Arrivillaga, por su valiosa colaboración y tiempo dedicado a la revisión de este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	X
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
HIPÓTESIS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XVIII
1. EL SISTEMA MÓVIL CELULAR (CMS) ERICSSON 8800.....	1
1.1 Historia de la comunicación inalámbrica.....	1
1.2 El concepto de celular.....	4
1.2.1 Sistema Avanzado de Telefonía Móvil (AMPS).....	4
1.2.2 Canales.....	6
1.3 Métodos de Acceso.....	7
1.3.1 FDMA.....	8
1.3.2 TDMA.....	8
1.3.3 CDMA.....	8
1.4 Arquitectura del Sistema Móvil Celular Ericsson 8800.....	9
1.4.1 Centro de Conmutación Móvil (MSC).....	10
1.4.1.1 El sistema de conmutación digital AXE 10.....	10
1.4.1.2 Estructura del sistema AXE.....	10
1.4.1.3 Jerarquía del AXE.....	11
1.4.1.4 APT, La parte de conmutación del AXE.....	13
1.4.1.5 APZ, La parte de control del AXE.....	15
1.4.2 Estación Radio Base.....	17

1.4.2.1	Características generales de la RBS en el CMS 8800.....	17
1.4.2.2	Estructura de la RBS TDMA Ericsson 884.....	22
1.4.2.2.1	Rutas de voz.....	22
1.4.2.2.2	Estructura de control.....	22
1.4.2.2.3	Estructura de radiofrecuencia.....	24
1.4.2.2.4	Interfaces internas.....	24
1.4.2.2.5	Interfaces externas.....	26
1.4.3	Localizador de abonados de casa.....	28
1.4.4	Sistema de soporte y operación (OSS).....	31
1.4.5	Estaciones móviles.....	33
1.5	Establecimiento de la llamada en el CMS 8800.....	34
2.	ENLACES DE MICROONDA.....	37
2.1	Microondas.....	37
2.2	Transmisión por microondas.....	38
2.2.1	Ventajas de un enlace de microondas en comparación con los sistemas de conductores metálicos.....	39
2.2.2	Desventajas de un enlace de microonda en comparación con los sistemas de conductores metálicos.....	40
2.3	Estructura general de un enlace de microondas.....	40
2.4	Factores a tomar en cuenta para la transmisión por microondas...44	
2.5	Modulación en microondas.....	46
2.5.1	Características de la modulación.....	46
2.5.2	Técnicas de modulación.....	47
2.6	Problemas en la propagación de microondas.....	48
2.6.1	Desvanecimiento.....	50
2.6.2	Desvanecimiento total.....	50
2.7	Sistemas de diversidad en microondas.....	52

2.1	Confiabilidad de los sistemas de microonda.....	53
2.2	Cálculo del Nivel de Señal Recibida (RSL) en el diseño de enlaces de microonda.....	58
2.2.1	Puntos de medición del RSL.....	59
3.	DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO PARA EL SISTEMA DE MONITOREO.....	63
3.1	Diagrama de bloques del circuito electrónico.....	63
3.2	Convertidor análogo a digital.....	64
3.2.1	Teoría sobre la conversión análoga a digital.....	64
3.2.2	Tipos de convertidores análogo a digital.....	65
3.2.2.1	Convertidor A/D de rampa o escalera.....	65
3.2.2.2	Convertidor A/D por aproximaciones sucesivas...	67
3.2.3	Circuito de conversión análogo a digital utilizado en el sistema de monitoreo.....	68
3.3	Amplificación de la señal.....	74
3.3.1	Acoplamiento del circuito.....	74
3.3.2	Buffer de tres estados.....	75
3.4	Bloque de aislamiento óptico y salida de relevadores.....	78
4.	RECUPERACIÓN, MANEJO Y PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO.....	83
4.1	Sistema de alarmas AXE 10.....	83
4.1.1	Estructura de bloques del sistema de alarmas.....	84
4.1.2	Unidad de interfaz de alarmas.....	85
4.1.3	Paneles de despliegue de alarmas.....	86
4.1.4	Clase de alarmas.....	87
4.1.5	Categoría de alarmas.....	89
4.1.6	Despliegue de alarmas.....	89

4.2	Recuperación de la información del sistema de monitoreo.....	89
4.2.1	Sistema Hombre-Máquina en el AXE 10.....	89
4.2.2	Programa para la recuperación y presentación de la información.....	90
	CONCLUSIONES	99
	RECOMENDACIONES.....	101
	BIBLIOGRAFÍA.....	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Reutilización de frecuencias	4
2	Componentes del Sistema Móvil Celular Ericsson 8800	9
3	Estructura del AXE 10	12
4	Sistema Ericsson CMS 8800	18
5	Estándares de transmisión soportador en el CMS 8800	21
6	Estructura de la señal en el CMS 8800	23
7	Interfaces internas	25
8	Interfaces externas	28
9	Configuración del HLR	31
10	Repetidores en los enlaces de microondas	41
11	Valor típico del voltaje contra Nivel de Señal Recibido (RSL)	61
12	Diagrama de bloques del circuito electrónico	64
13	Convertidor A/D utilizando un contador	66
14	Forma de onda en rampa del contador	67
15	Circuito convertidor análogo a digital paralelo	69
16	Diagrama esquemático y polarización de pines del LM324	71
17	Configuración de pines y diagrama lógico del ECG 74LS148	73
18	Diagrama de un Buffer tri-estado	76
19	Diagrama interno del ECG 74LS245	77
20	Circuito utilizado en el bloque de aislamiento óptico	78
21	Diagrama esquemático del ECG3041	80
22	Circuito equivalente con fototransistor activado	78
23	Panel de despliegue de alarmas (ALD)	83
24	Despliegue de información al ejecutar el programa de monitoreo	98

TABLAS

I	Puntos relevantes en la historia de las comunicaciones inalámbricas	3
II	Subsistemas del APT en el AXE	14
III	Subsistemas del APZ en el AXE	16
IV	Sub-bandas de la banda celular de 800 MHz	19
V	Algunas frecuencias usadas para la comunicación por microondas	43
VI	Tabla de la verdad para el circuito convertidor A/D	69
VII	Sub-clases de alarmas externas	85
VIII	Acciones a tomar dependiendo de la clase de alarma	88

LISTA DE SÍMBOLOS

IMTS	<i>Improved Mobile Telephone System</i>
NMT	<i>Telefonía Móvil Nórdica</i>
AMPS	<i>Advanced Mobile Phone System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile communications</i>
CEPT	<i>Conference European des Post et Telecommunications</i>
MTSO	<i>Mobile Telephone Switching Office</i>
MSC	<i>Mobile Switching Center</i>
FDMA	<i>Frequency Division Multiple Access</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i>
CMS 8800	<i>Sistema Móvil Celular 8800</i>
RBS	<i>Radio Base Station</i>
HLR	<i>Home Location Register</i>
OSS	<i>Operation and Support System</i>
MS	<i>Mobile Station</i>
PSTN	<i>Public Switching Telephone Network</i>
SS7	<i>Sistema de Señalización No. 7</i>
CP	<i>Central Processor</i>
RP	<i>Regional Processor</i>
EMRP	<i>Extended Module Regional Processor</i>
SP	<i>Support Processor</i>
I/O	<i>Input / Output</i>
MCS	<i>Man-Machine Communication Subsystem</i>
MBS	<i>Mobile Base station Subsystem</i>

EIA 553	<i>Electronic Industry Association 553</i>
IS-136	<i>Interim Standard 136</i>
AMI	<i>Alternate Mark Inversion</i>
B8ZS	<i>Bipolar with 8 Zero Substitution</i>
SF	<i>Super Frame</i>
ESF	<i>Extended Super Frame</i>
ETC	<i>External Terminal Circuit</i>
A/D	Análogo a Digital
TRAB	<i>Transmisión Rate Adaptor Borrada</i>
VSELP	<i>Vector Sum Excited Linear Predictive</i>
STR	<i>Signalling Terminal Regional</i>
RITSW	<i>Remote Interface Time Switch</i>
RTT	<i>Remote Transceptor Terminal</i>
ANPC	<i>Antenna Near Part Cabinet</i>
POWD	<i>Power Distribution</i>
TXBP	<i>Transmission Band Pass Filter</i>
RXBP	<i>Reception Band Pass Filter</i>
NC	Normalmente Cerrado
NA	Normalmente Abierto
MDF	<i>Main Distribution Frame</i>
ESN	Número de Serie Electrónico
KHz	Kilohertz
MHz	Megahertz
GHz	Gigahertz
LAN	<i>Local Area Network</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>
D	Confiabilidad de equipos de microonda
TTD	Tiempo Total Disponible
TFS	Tiempo Fuera de Servicio

TES	Tiempo de Servicio en un Período determinado
TMEF	Tiempo Medio de Funcionamiento Entre falla
RSL	<i>Received Signal Level</i>
DC	Corriente Directa
ADC	Convertidor Análogo a Digital
DIP	<i>Dual In-line Package</i>
ALD	<i>Alarm Display Panel</i>
MML	<i>Man Machine Language</i>
dB	Decibel

GLOSARIO

APT	Parte de conmutaciòn del AXE 10 y maneja todas las funciones de conmutaciòn de telecomunicaciones.
APZ	Parte de control del AXE 10; contiene los programas para controlar la operaciòn de la parte de conmutaciòn.
AXE 10	Sistema de conmutaciòn digital multi-aplicaciòn abierto para redes de telecomunicaciones pùblicas, con capacidad de manejar grandes volùmenes de tràfico.
<i>Buffer</i>	Compuerta lògica que proporciona corrientes altas para circuitos con gran abanico de salida.
Convertidor A/D	Dispositivo que convierte una seàal anàloga de entrada en una seàal digital.
Delphi	Ambiente de programaciòn visual orientado a objetos para aplicaciones de ràpido desarrollo.

Desvanecimiento	Atenuación parcial o total de señales transmitidas por medio de microondas.
E1	Trama o segmento en la transmisión que consta de 32 canales de 64 Kbps.
Factor K	Gradiente del índice de refracción que corresponde al radio eficaz de la tierra.
ITU	<i>International Telecommunication Union</i> ; es la organización encargada de crear y organizar estándares internacionales sobre telecomunicaciones.
MODEM	Dispositivo que acepta una corriente en serie de bits como entrada y produce una portadora modulada como salida y viceversa.
Modulación	Se denomina así al proceso seguido para realizar un cambio en una onda. La modulación viene determinada por la alteración de una onda para la transmisión de la misma.
Nivel de Señal Recibido (RSL)	Indica la potencia con que la señal emisora llega al modem receptor.

Optoacoplador	Dispositivo capaz de convertir una señal elèctrica de entrada en señal luminosa modulada y luego volver a convertirla en una señal elèctrica.
Programa	Serie de instrucciones y comandos que al ser ejecutados en el ordenador realizan una aplicaciòn especìfica.
TDMA	Acceso Múltiple por Divisiòn de Tiempo. Este mètodo de acceso es utilizado por el CMS8800.
Telnet	Programa que sirve para establecer una conexiòn en lÌnea con una màquina remota.
Transceptor	Dispositivo capaz de transmitir y recibir seÑales de radiofrecuencia en una estaciòn radio-base.
VoltÌmetro	Aparato que mide la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito y da una respuesta equivalente en voltios.

RESUMEN

Los operadores que prestan el servicio de telefonía móvil, pueden utilizar como medios de comunicación, entre las estaciones base y la central de conmutación, microondas, líneas de cobre, fibra óptica o satélite. Utilizar un enlace de microonda como medio de comunicación, es una alternativa económica y práctica, y la mayoría de operadores en Guatemala lo hace. Los enlaces de microonda se mantienen operativos las 24 horas del día, y para el operador es de suma importancia, que el tiempo fuera de servicio de cada uno de ellos sea el menor posible, dado que esto conlleva pérdidas económicas.

A pesar que antes de instalar un enlace de microonda, se hace un cuidadoso diseño para garantizar su buen funcionamiento y disponibilidad, éstos podrían fallar debido a diferentes circunstancias. Las descargas electroatmosféricas, la lluvia, la variación del voltaje en la red de energía comercial, son factores que pueden hacer que un enlace deje de funcionar.

Para ello se diseña un sistema de monitoreo, capaz de llevar al centro de gestión del operador la información del nivel de señal recibida por uno o varios enlaces. Conocer esta información ayuda al operador a identificar el punto donde se produce la falla. El personal de campo, encargado de resolver el problema, ubica exactamente el punto donde se produce la falla, esto ayuda a que el tiempo de reparación sea menor, y con ello lograr que la disponibilidad del enlace sea la más alta posible.

Para el diseño del sistema, se utiliza el equipo de la estación radio-base TDMA 884, además de un circuito electrónico. La información es transmitida hacia la central de conmutación, aquí se procesa y presenta en forma gráfica.

OBJETIVOS

- **General**

Diseñar un dispositivo electrónico, que permita transmitir la información correspondiente al nivel de señal recibido (RSL) de un modem de microonda en forma digital, desde una estación radio-base TDMA, para luego ser recuperada y presentada en forma gráfica, en el centro de gestión del operador.

- **Específicos**

1. Utilizar la estación radio-base Ericsson TDMA 884 para transmitir información hacia la central de gestión.
2. Crear una herramienta de programa de cómputo capaz de recuperar información que se transmite hacia la central de conmutación en forma de alarma.
3. Crear una nueva categoría de alarmas en el AXE 10, la que sirve para transmitir la información de alarmas del sistema de monitoreo.
4. Conocer los distintos factores que afectan la operación de un enlace de microonda.
5. Estudiar la estructura y el funcionamiento del sistema celular TDMA.

6. Utilizar un codificador de prioridad de tres bits configurado para que haga la función de convertidor análogo a digital.
7. Conocer los puntos más importantes para el diseño de un enlace de microonda.

HIPÓTESIS

- El diseño de un sistema de monitoreo de radio-enlaces, con el que se pretende adquirir información clave en cuanto a localización de fallas, para así poder tener un tiempo de respuesta más corto y reducir el tiempo total de interrupción del servicio, las indemnizaciones y los costos de mantenimiento correctivo.

INTRODUCCIÓN

Una estación radio-base Ericsson 884 es parte del subsistema móvil de estaciones base, del sistema móvil celular CMS 8800. Este subsistema maneja la comunicación entre la central de conmutación (MSC) y las estaciones móviles (MS). El subsistema de estaciones móviles consiste en el programa y equipo localizado tanto en al MSC como en la RBS.

La función principal de una radiobase es transmitir y recibir señales de radiofrecuencia, consecuentemente provee los canales físicos y lógicos dentro de una radiobase.

En el sistema CMS 8800, el MSC controla la actividad de todas las radiobases conectadas a él, esto incluye el monitoreo del equipo y tráfico. Además, brinda al MSC un vistazo actualizado en tiempo real de su parte de radio asignada dentro de la red. El MSC provee también conexiones de voz con la red pública y otras centrales de conmutación de otros operadores en el país.

Las estaciones radio-base son conectadas al MSC por medio de enlaces de transmisión digitales. Estos enlaces llevan información de voz y control entre la radio base y el MSC.

El medio físico de enlace entre las radio-bases y el MSC puede variar, siendo los más comunes: el par trenzado, fibra óptica, microondas y los enlaces satelitales.

Las microondas poseen ventajas sobre otros medios de transmisión que las hacen populares, por ejemplo, su relativo bajo costo.

Contar con una herramienta que permita monitorear a distancia el estado de uno o varios enlaces de microonda, por medio de la medición del RSL, es la idea principal para diseñar este sistema, que ayuda a predecir la localización de posibles fallas para las personas que trabajan en el área de operación y mantenimiento de la red.

El proyecto se divide en dos partes: la parte física, que comprende el circuito electrónico que utiliza el sistema para llegar hasta la estación radio base en forma digital, y la parte lógica, trata todo lo referente a la recuperación y procesamiento de los datos recibidos por la MSC para luego ser presentados en forma gráfica.

La parte física consta de tres bloques. El primero de ellos es un convertidor análogo-digital, el cual se encarga de convertir el valor análogo del RSL de un enlace, a su valor equivalente, en forma digital. El segundo bloque consiste en un sistema de amplificadores colocados a la salida del convertidor análogo-digital. Una serie de opto-acopladores conforman el tercer bloque de nuestro sistema, y se utilizan para aislar eléctricamente cualquier contacto directo que pueda tener nuestro sistema con el enlace de microonda. Además, en este último bloque también se utiliza un sistema de relevadores para llevar la señal del convertidor análogo-digital a la interfaz física de entrada de la radiobase, dado que ésta solamente necesita de un contacto abierto o cerrado.

La parte lógica es el programa utilizado para la recuperación, procesamiento y presentación de la información.

1. EL SISTEMA MÓVIL CELULAR (CMS) ERICSSON 8800

1.1. Historia de la comunicación inalámbrica

Las comunicaciones móviles han tenido un rápido desarrollo desde la invención del radio en el siglo XIX. Las primeras aplicaciones del radio móvil tuvieron relación con los sistemas de navegación aérea y marítima, así como aplicaciones de tipo militar. Debido a las ventajas que proveía este instrumento fue usado como una herramienta de comunicación.

En 1946, el primer sistema de teléfonos instalados en autos se construyó en San Luis, Estados Unidos, el cual utilizaba un sólo transmisor grande colocado en la parte superior de un edificio alto y con un sólo canal para enviar y recibir. Para hablar, el usuario tenía que oprimir un botón que habilitaba el transmisor e inhabilitaba el receptor. Tales sistemas, conocidos como sistemas de “oprimir para hablar”, se instalaron en algunas ciudades desde finales de la década de 1950.

En la década de 1960 se instaló el sistema de teléfonos móviles mejorado (*Improved Mobile Telephone System*, IMTS por sus siglas en inglés). También utilizaba un transmisor de alta potencia (200 watts), en la parte superior de una colina, pero tenía dos frecuencias, una para enviar y otra para recibir. Puesto que toda la comunicación desde los teléfonos móviles entraba por un canal diferente del que recibían los teléfonos emisores, los usuarios móviles no se podían escuchar unos a otros.

IMTS manejaba 23 canales dispersos desde 150 MHz hasta 450 MHz. Debido al número tan pequeño de canales, los usuarios a veces tenían que esperar largo tiempo antes de obtener el tono de marcar. También, debido a la gran potencia del transmisor en la cima de la colina, los sistemas adyacentes tenían que estar alejados varios cientos de kilómetros para evitar la interferencia. Asimismo, debido a su capacidad limitada, el sistema fue desplazado por nuevos sistemas que ofrecían una mayor capacidad y mejoras en la calidad de voz.

La tabla I muestra algunos de los puntos más importantes en la historia de las telecomunicaciones. Se puede observar el rápido desarrollo de este campo en el siglo XX.

Tabla I. Puntos relevantes en la historia de las comunicaciones inalámbricas

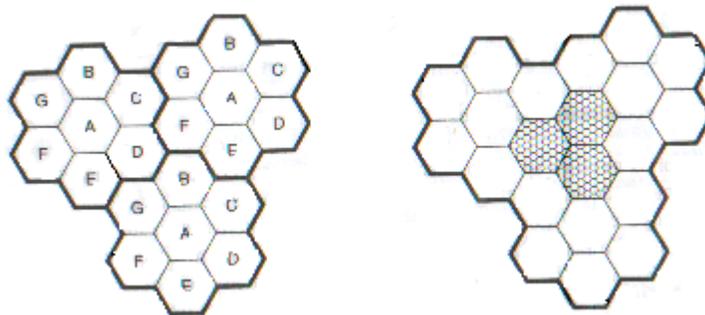
Fecha	Evento
1906	Reginald Fessenden transmitió exitosamente voz humana sobre ondas de radio, anteriormente a esto todas las comunicaciones eran con código morse.
1915	J.A. Fleming a través de la invención del tubo de vacío hizo posible la implementación de radios móviles.
1921	El departamento de Policía de Detroit instala por primera vez un radio móvil. La comunicación fue en un sentido.
1930	Los sistemas móviles constan de 2 trayectorias en AM, utilizando transmisión <i>Half-Duplex</i> (en un sentido) para un canal, para el final de la década se creció de 11 a 40 canales.
1935	Edwin Armstrong inventa FM mejorando la calidad del audio, reduciéndose la potencia necesaria para transmitir.
1947	D.H. Ring al trabajar en los laboratorios Bell, crea el concepto de celular.
1948	Los laboratorios Bell inventaron el transistor y como consecuencia la miniaturización del equipo electrónico.
1949-58	Los sistemas Bell hacen propuestas de los anchos de banda
1964	A&T introduce el Sistema de Telefonía Móvil Mejorada (IMTS)
1969	Los países nórdicos crean el primer grupo de estandarización internacional que se encarga de establecer las áreas de cooperación en telecomunicaciones.
1973	El grupo nórdico de telefonía móvil (NMT) especifica las características para que los móviles se puedan localizar a través de redes, formando las bases para el <i>roaming</i> .
1979	La FCC autoriza la instalación y pruebas del primer sistema experimental de telefonía celular en Estados Unidos.
1982	La Organización de Servicios de Telecomunicaciones Europeas (CEPT) crea GSM.
1983	El sistema de telefonía móvil avanzado (AMPS) inicia el 13 de octubre en Chicago.
1987	TDMA se selecciona como estándar para GSM
1992	D-AMPS es implementado

1.2. El concepto de celular

1.2.1 Sistema Avanzado de Telefonía Móvil (AMPS)

Hubo un gran cambio en las comunicaciones inalámbricas con el sistema avanzado de telefonía móvil (AMPS), inventado por los laboratorios *Bell* e instalado por primera vez en Estados Unidos en 1982. Con AMPS, una región geográfica se divide en celdas, normalmente de 10 a 20 km de diámetro, cada una de las cuales utiliza un conjunto de frecuencias. La idea clave que confiere a AMPS más capacidad que los sistemas anteriores es utilizar celdas relativamente pequeñas, y reutilizar las frecuencias de transmisión en celdas cercanas (pero no adyacentes). Mientras un sistema IMTS de 100 km de alcance puede tener una llamada en cada frecuencia, un sistema AMPS podría tener 10 celdas de 10 km en la misma área con 5 a 10 llamadas en cada frecuencia en celdas muy separadas. Además, al ser las celdas más pequeñas se necesita menor potencia, lo que conduce a dispositivos más pequeños y baratos. Los teléfonos móviles tienen una salida de 0.6 watts; los transmisores en los autos normalmente son de 3 watts, el máximo permitido por la FCC.

Figura 1. Reutilización de frecuencias



La idea de reutilizar frecuencias se ilustra en la figura 1. Las celdas normalmente son casi circulares, pero es más fácil modelarlas como hexágonos. En la figura 1, las celdas son del mismo tamaño y están agrupadas en unidades de 7 celdas. Cada letra indica un grupo de frecuencias. Para cada conjunto de frecuencias hay un área neutral de alrededor de 2 celdas de ancho en la que esa frecuencia no se reutiliza, proporcionando buena separación y baja interferencia.

En un área en la que la cantidad de usuarios ha crecido tanto que el sistema está sobrecargado, la potencia se reduce y las celdas sobrecargadas se dividen en celdas más pequeñas para permitir una mayor reutilización de frecuencias.

En el centro de cada celda está una estación base a la cual transmiten todos los teléfonos dentro de la cobertura de la celda. La estación base consiste en los dispositivos de procesamiento de señal y un transmisor-receptor conectado a una antena. En un sistema pequeño, todas las estaciones base se conectan a un mismo dispositivo llamado MTSO (*Mobile Telephone Switching Office*, oficina de conmutación de telefonía móvil) o MSC (*Mobile Switching Center*, centro de conmutación móvil). En un sistema grande, pueden ser necesarias varias MTSO, todas las cuales se conectan a una MTSO de segundo nivel, y así sucesivamente. Las MTSO están conectadas al menos a una oficina final del sistema telefónico público. Las MTSO se comunican con las estaciones base, con otras MTSO y con la red de telefonía pública mediante una red de conmutación de paquetes.

En cualquier instante, cada teléfono móvil está dentro de la cobertura de una celda específica y bajo el control de la estación base de esa celda.

Cuando un teléfono móvil sale de la cobertura de una celda, su estación base nota que la señal telefónica se desvanece y pregunta a todas las estaciones base circundantes cuánta potencia reciben de ella. A continuación, la estación base transfiere el control del teléfono móvil a la celda que recibe la señal más fuerte, esto es, la celda donde se localiza ahora el teléfono. Se informa entonces al teléfono cuál es su nueva estación base y, si está efectuando una llamada, se le pide que cambie a un nuevo canal (debido a que el anterior no se reutiliza en ninguna celda adyacente). Este proceso se llama “entrega” (*handoff*). La asignación del canal la efectúa la MTSO, que es el centro nervioso del sistema. Las estaciones base realmente son sólo retransmisoras de radio.

1.2.2. Canales

El sistema AMPS emplea 832 canales dúplex, cada uno compuesto por un par de canales *simplex*. Hay 832 canales de transmisión *simplex* desde 824 MHz hasta 849 MHz, y 832 canales de recepción *simplex* desde 869 MHz hasta 894 MHz. Cada uno de estos canales *simplex* es de 30 kHz de ancho; por tanto, AMPS usa FDM para separar los canales.

En la banda de 800 MHz, las ondas de radio son de cerca de 40 cm de largo y viajan en línea recta; son absorbidas por árboles y plantas y rebotan en el suelo y los edificios. Es posible que una señal enviada por un teléfono móvil llegue a la estación base por una trayectoria directa; pero también con un pequeño retardo después de rebotar en el suelo o en un edificio. Esto puede producir un efecto de eco o de distorsión de la señal. A veces, es posible incluso oír una conversación distante que ha rebotado varias veces.

Los 832 canales se dividen en cuatro categorías:

1. Control (base a móvil) para administrar el sistema.
2. Localización (base a móvil) para avisar a usuarios móviles que tienen llamadas.
3. Acceso (bi-direccional) para establecimiento de llamadas y asignación de canales.
4. Datos (bi-direccional) para voz, fax o datos.

Veintiuno de entre todos los canales se reservan para control, y están fijos dentro de un PROM en cada teléfono. Además de los canales utilizados para control, si tomamos en cuenta que las mismas frecuencias no pueden reutilizarse en celdas cercanas, la cantidad real de canales de voz disponibles por celda es mucho menor que 832.

1.3 . Métodos de acceso

El método por el cual una portadora es procesada se conoce como método de acceso. Los métodos de acceso más utilizados son:

- FDMA. Acceso Múltiple por División de Frecuencia
- TDMA. Acceso Múltiple por División de Tiempo
- CDMA. Acceso Múltiple por División de Código

El método FDMA es usado en transmisiones analógicas, mientras que los métodos TDMA y CDMA se usan en transmisiones analógicas y digitales.

1.3.1. FDMA

En los sistemas analógicos convencionales se utiliza FDMA, para permitir múltiples comunicaciones al mismo tiempo sin interferencias. Cada canal es asignado a una banda de frecuencia específica, y para escuchar otro canal, el receptor debe ser sintonizado a otra banda. En realidad son utilizadas dos bandas debido a que la comunicación es dúplex. Las frecuencias de transmisión y recepción están separadas por 45 MHz.

1.3.2. TDMA

La tecnología TDMA comprime las conversaciones (digitales), y las envía cada una al utilizar la señal de radio solamente por un tercio de tiempo. La compresión de la señal de voz es posible debido a que la información digital puede ser reducida de tamaño por ser información binaria (unos y ceros). Debido a esta compresión, la tecnología TDMA tiene 3 veces la capacidad de un sistema analógico que utilice el mismo número de canales.

1.3.3. CDMA

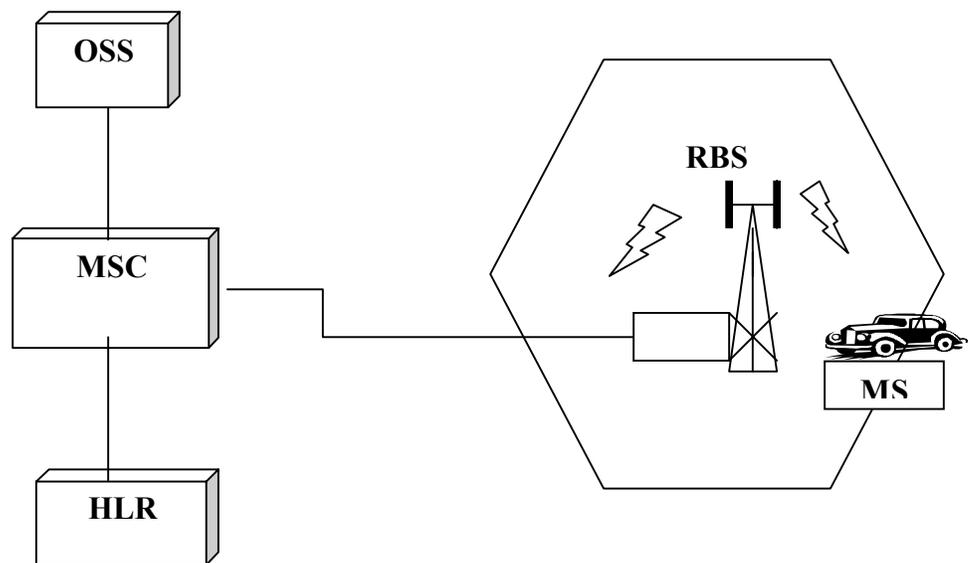
La tecnología CDMA es muy diferente a la tecnología TDMA. La CDMA, después de digitalizar la información la transmite a través de todo el ancho de banda disponible. Varias llamadas son sobrepuestas en el canal, y cada una tiene un código de secuencia único. Al usar la tecnología CDMA, es posible comprimir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

1.4. Arquitectura del Sistema Móvil Celular Ericsson 8800

El Sistema Móvil Celular Ericsson 8800 (CMS 8800) está integrado por los siguientes componentes básicos:

- Centro de Conmutación Móvil (MSC)
- Estaciones Radio Base (RBS)
- Registro de localización de abonados de casa (HLR)
- Sistema de Soporte y Operación (OSS)
- Estaciones Móviles (MS)

Figura No. 2 Componentes del Sistema Móvil Celular Ericsson 8800



Fuente: Manual de Introducción al Sistema Móvil Celular 8800.

1.4.1. Centro de conmutación Móvil (MSC)

El MSC maneja todas las conexiones y desconexiones de llamadas a los teléfonos móviles y, al mismo tiempo, sirve de interfaz entre la red móvil y la Red Conmutada de Telefonía Pública (PSTN).

El MSC está configurado para proporcionar servicios al suscriptor, como:

- Llamada en espera
- Llamada tripartita
- Correo de voz

1.4.1.1. El sistema de conmutación digital AXE 10

El AXE 10 es un producto de conmutación digital multi-aplicación abierto para redes de telecomunicaciones públicas. Este tiene capacidad de procesamiento en tiempo real y puede manejar grandes volúmenes de tráfico, aproximadamente 600,000 abonados.

1.4.1.2. Estructura del sistema AXE

AXE es una central controlada por programa almacenado (SPC), es decir, los programas de software almacenados en una computadora controlan la operación del equipo de conmutación.

1.4.1.3. Jerarquía del AXE

El sistema AXE se divide en dos partes, siendo estas: el APT, que es la parte de conmutación que maneja todas las funciones de conmutación de telecomunicaciones; y el APZ, que es la parte de control que contiene los programas de software requeridos para controlar la operación de la parte de conmutación.

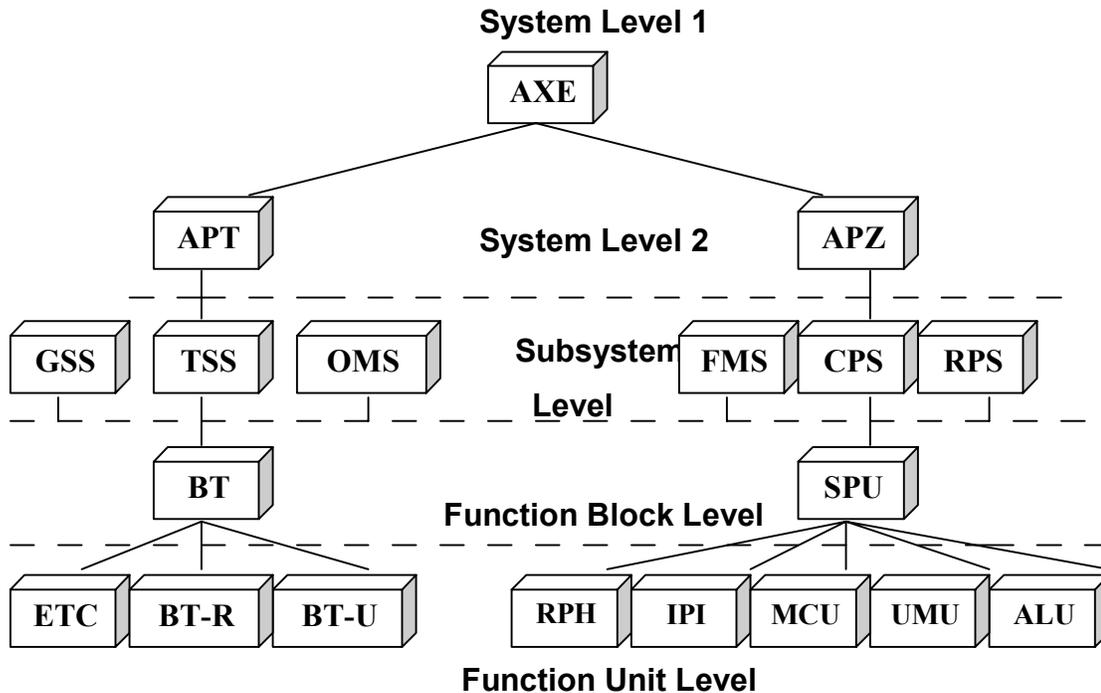
APT y APZ son a su vez divididos en subsistemas, cada uno de los cuales tiene una función específica; además que están diseñados con un alto grado de autonomía y conectados a otros subsistemas vía interfaces estándar.

El nombre de cada subsistema refleja su función; por ejemplo, el subsistema de Troncal y Señalización (TSS) es responsable de la señalización y supervisión de las conexiones a otras centrales.

Cada subsistema está dividido en bloques de funciones. Esta división también es de función relacionada, el nombre del bloque refleja su función. Por ejemplo BT es el bloque de función de Troncal Bi-direccional y maneja la línea de troncal que maneja el tráfico en ambas direcciones entre centrales.

En el nivel funcional más bajo, un bloque de función está dividido en unidades funcionales. Una unidad funcional puede ser *hardware* o *software*.

Figura 3. Estructura del AXE 10



GSS = Group Switch Subsystem
 TSS = Trunk and Signaling Subsystem
 OMS = Operation and Maintenance Subsystem
 FMS = File Management Subsystem
 CPS = Central Processor Subsystem
 RPS = Regional Processor Subsystem
 BT = Bothway Trunk
 SPU = Signaling Processor Unit

ETC = Exchange Terminal Circuit
 BT-R = Bothway Trunk Regional Software
 BT-U = Bothway Trunk Central Software
 RPH = Regional Processor Handler Interface
 IPI = Instructional Processor Interface
 MCU-S = Microprogram Control Unit Signaling
 UMU-S = Updating and Matching Unit Signaling
 ALU-S = Arithmetic Logic Unit Signaling

Fuente: Manual de Introducción al Sistema Móvil Celular 8800.

1.4.1.4. APT, La parte de conmutación del AXE

El APT maneja todas las funciones de conmutación del AXE. Este contiene *hardware* de conmutación el cual maneja las funciones básicas tales como; la conversión de señales analógicas a digitales y concentración de llamadas y conmutación. Contiene también el *software* de manejo de tráfico para las funciones más complejas tales como; la medición estadística de tráfico, enrutamientos y análisis.

Los subsistemas del APT, como se mencionó anteriormente, se pueden combinar en grupos para conjuntar los requerimientos de diferentes líneas de producto y mercados. Algunos de los subsistemas se listan en la tabla II.

Tabla II. Subsistemas del APT en el AXE

DPA	Subsistema de Central Automática	Proporciona acceso directo desde una PABX digital al MSC.
TSS	Subsistema de Señalización y	Proporciona la supervisión y señalización entre centrales
GSS	Subsistema Selector de Grupo	Establece, supervisa y libera las conexiones a través del Selector de Grupo. GSS también proporciona sincronización para el Selector, Central y Red.
ESS	Subsistema de Conmutación	Proporciona múltiples conexiones y mensajes grabados
TCS	Subsistema de Control de Tráfico	Es responsable del establecimiento, supervisión y liberación de las llamadas. Selecciona rutas y analiza los dígitos para el tráfico entrante y saliente.
CHS	Subsistema de Tasación	Proporciona funciones de contabilidad y facturación.
OMS	Subsistema de Operación y Mantenimiento	Proporciona mantenimiento y supervisión a la central
CCS	Subsistema de Señalización por Canal Común	Maneja señales SS7/CCITT7
NMS	Subsistema de Administración de	Maneja la red, estadística y flujo de control de tráfico
STS	Subsistema de medición de Tráfico y Estadístico	Proporciona la recolección de datos y procesamiento para todo tipo de manejo de tráfico

1.4.1.5. APZ, La parte de control del AXE

Con su poderosa capacidad de procesamiento de datos, el APZ proporciona una plataforma confiable de control para el AXE. La operación en la central telefónica coloca los difíciles requerimientos de tiempo real sobre el sistema de control: las llamadas aparecen de una manera irregular, los tiempos de respuesta son muy cortos y las peticiones de llamada en situaciones de sobrecarga deberán de ser manejadas rápida y eficientemente.

La arquitectura APZ está completamente optimizada para el procesamiento de datos sin retardo y sin interrupciones (en tiempo real). El APZ es un sistema de control de proceso distribuido, sin interrupción consistente de 4 diferentes tipos de procesador:

- Un procesador central (CP) duplicado trabajando en modo sincrónico paralelo. El CP ejecuta tareas específicas, el control de programas complejos y tareas de manejo de datos.
- Procesador Regional (RP) duplicado distribuido en modo de carga compartida. Los RP's ejecutan rutinas simples o altamente repetitivas.
- El Procesador Regional de Módulo de Extensión (EMRP) es un tipo de RP usado, por ejemplo, para ejecutar las funciones de conmutación del abonado.
- Procesador de Soporte Distribuido (SP) para el control de las funciones de entrada / salida (I/O) del AXE.

Tanto el APZ como el APT está dividido en subsistemas. Estos son de dos tipos: subsistema de control y subsistema de entrada / salida.

En la tabla III se listan los subsistemas del APZ en el AXE.

Tabla III. Subsistemas del APZ en el AXE

CPS	Subsistema de Procesador Central	Incluye el procesador duplicado y ejecuta las funciones de procesamiento de alto nivel y el manejo de datos.
RPS	Subsistema de Procesador Regional	Incluye los procesadores regionales los cuales ejecutan las tareas de rutinas básicas
MAS	Subsistema de Mantenimiento	Supervisa la operación del CP y toma acciones apropiadas en caso ocurra una falla
DCS	Subsistema de Comunicación de Datos	Proporciona la interfaz física y protocolos de comunicación de datos para la comunicación con el AXE
FMS	Subsistema de Administración de Archivos	Administra los dispositivos de almacenamiento masivo del Axe
MCS	Subsistema de Comunicaciones Hombre-Máquina	Proporciona las funciones para la comunicación entre el personal y el AXE
SPS	Subsistema de Procesador de Soporte	Incluye los procesadores de soporte para la comunicación I/O
DBS	Subsistema de Administración de Base de Datos	Proporciona un sistema de base de datos semi-relacional con extensiones para soportar requerimientos del sistema en tiempo real
OCS	Subsistema de Comunicación Abierto	Proporciona comunicaciones de datos estándar entre las aplicaciones en el AXE y los sistemas de computadoras externas
ACS	Subsistema de Computadora Adjunta	Una plataforma basada en UNIX de AXE diseñada para soportar el Procesador adjunto

1.4.2. Estación Radio Base

1.4.2.1. Características generales de la RBS en el CMS 8800

La RBS 884 Macro forma parte del Subsistema Móvil de estación Base (MBS). Este subsistema controla la comunicación entre el Centro de Conmutación Móvil y las estaciones móviles. El MBS consiste en el *hardware* y *software* colocado tanto en el MSC como en la RBS.

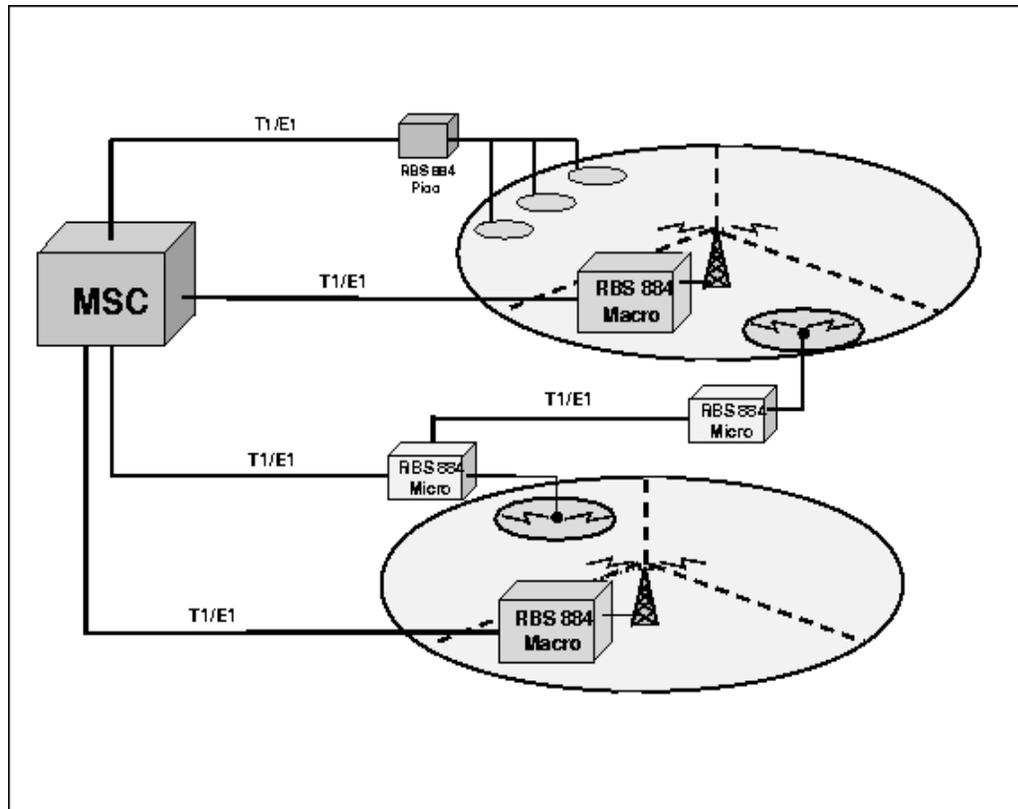
La función principal de la RBS es transmitir y recibir señales de radiofrecuencia y; por lo tanto, proveer los canales físicos y lógicos dentro de la red de radio.

En el Sistema Móvil Celular 8800 el MSC controla la actividad de las radio-bases conectadas a él. Esto incluye el monitoreo del hardware de la RBS (alarmas y otros) y tráfico (calidad de transmisión, proceso de *hand-off*, etc) lo que proporciona al MSC un vistazo en tiempo real del estado de las RBS.

Las estaciones radio base son conectadas al MSC por medio de enlaces de transmisión digitales, que llevan la información de voz y control del suscriptor entre el MSC y la RBS.

En la figura 4 se ilustra un típico Sistema Móvil Celular Ericsson 8800.

Figura 4. Sistema Ericsson CMS 8800



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento de RBS 884 en el CMS 8800.

La RBS 884 es capaz de trabajar en todos los canales de la banda de 800 MHz. Esta banda está dividida en sub-bandas como se indica en la tabla IV.

Tabla IV. Sub-bandas de la banda celular de 800 MHz

Nombre de la banda	Ancho de Bando (MHz)	Número de canales	RX BS (MHz)	TX BS (MHz)
A "	1	33	824 – 825	869 – 870
A	10	333	825 – 835	870 – 880
B	10	333	835 – 845	880 – 890
A '	1.5	50	845 – 846.5	890 – 891.5
B '	2.5	83	846.5 - 849	891.5 – 894

La estación radio base 884 es parte del sistema CMS 8800. Esta funciona para el sistema AMPS EIA 553 (*American Mobile Phone System Electronic Industry Association 553 system*) y para el digital TDMA EIA IS-136 (*Time División Múltiple Access Electronic Industry Association Interim Standard 136 systems*).

Una estación radio base puede soportar una, dos o tres celdas. Una celda es un área definida cubierta por un sistema radiante de antenas. Cada celda tiene un canal de control digital y / o uno análogo. Existe una celda para sitios omni-direccionales y de una a tres celdas para sitios sectorizados.

La RBS 884 está diseñada para control y monitoreo remoto permitiendo el control y ajuste de parámetros importantes como potencia, frecuencia y conmutación de unidades redundantes.

La RBS 884 utiliza la tecnología de combinadores auto-sintonizables para combinar las señales de transmisión de los radios de una celda. Esta tecnología permite el ajuste de frecuencias remoto.

Este tipo de RBS utiliza dos ramas de recepción con diversidad de espacio. Esta propiedad combina las dos entradas de radio frecuencia obtenidas de las dos antenas separadas, y forma una señal de salida balanceada. Al utilizar la diversidad de recepción se mejora el desempeño del enlace desde la estación móvil a la RBS (*Uplink*), al reducir el impacto del desvanecimiento. Esto da como resultado una ganancia teórica de 3 dB.

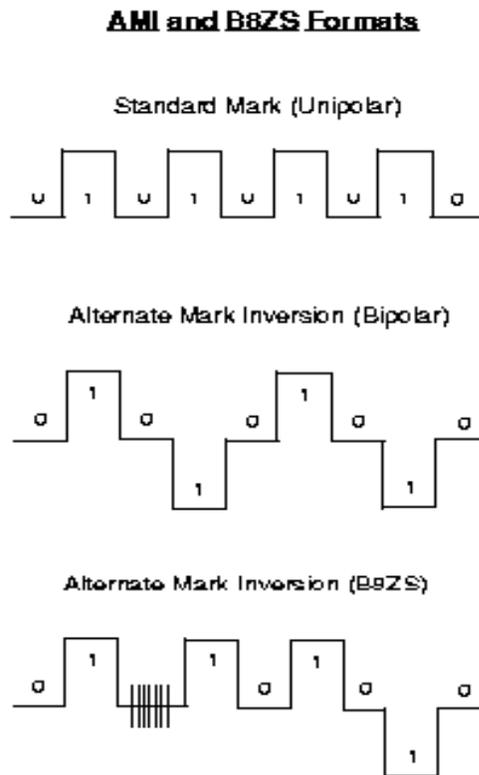
El sistema CMS 8800 soporta el estandarizado codificador de voz IS-136. Estos codificadores de voz están localizados en el MSC, lo que hace más fácil las actualizaciones funcionales y también que se aproveche mejor los enlaces entre la RBS y el MSC.

La transmisión entre el MSC y la RBS es controlada por la red de transporte, caracterizada por sus interfaces predefinidas en el MSC y en la RBS. La RBS 884 puede utilizar interfaces E1 / T1 (24 canales de PCM a 1.544 Mbps T1 ó 32 canales de PCM a 2.048 Mbps E1).

La RBS 884 macro soporta los formatos de transmisión AMI (*Alternate Mark Inversion*) y el B8ZS (*Bipolar with 8 Zero Substitution*). Estos formatos crean una violación bipolar a propósito, así el sistema se puede sincronizar a partir de esta violación. Sin embargo, el B8ZS debe ser utilizado siempre que sea posible. Se puede trabajar con super trama (*Super Frame SF*) y super trama extendida (*Extended Super Frame ESF*).

Anteriormente, la compañía telefónica tomaba el bit menos significativo de la señal de entrada para sincronizar sus equipos; lo cual, con la RBS 884 ya no es utilizado. La figura 5 muestra los estándares de transmisión utilizado por el equipo.

Figura 5. Estándares de transmisión soportados en el CMS 8800



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento de RBS 884 en el CMS 8800.

El uso de codificadores de voz en el MSC incrementa grandemente la eficiencia de transmisión al combinar tres rutas de voz digitales TDMA en una sola ranura de PCM.

1.4.2.2. Estructura de la RBS TDMA Ericsson 884

1.4.2.2.1. Rutas de Voz

Cuando existe una llamada desde la red pública de telefonía hacia la red celular, el audio proveniente de esta es recibido por el MSC y enrutado hacia la RBS correcta por medio de la tarjeta ETC (*External Terminal Circuit*). Si un móvil, en un canal digital, recibe una llamada; esta será enviada primero hacia una tarjeta llamada Adaptador de Razón de Transmisión (TRAB). La tarjeta TRAB convierte la señal del E1/T1 en un formato comprimido utilizado por la codificación de vector suma de excitación lineal predictiva (VSELP), y la combina con otras dos señales de voz que comparten la misma frecuencia. Esta señal combinada es entonces enrutada hacia la tarjeta ETC, la cual transmite las señales hacia la RBS en formato E1/T1.

1.4.2.2.2. Estructura de Control

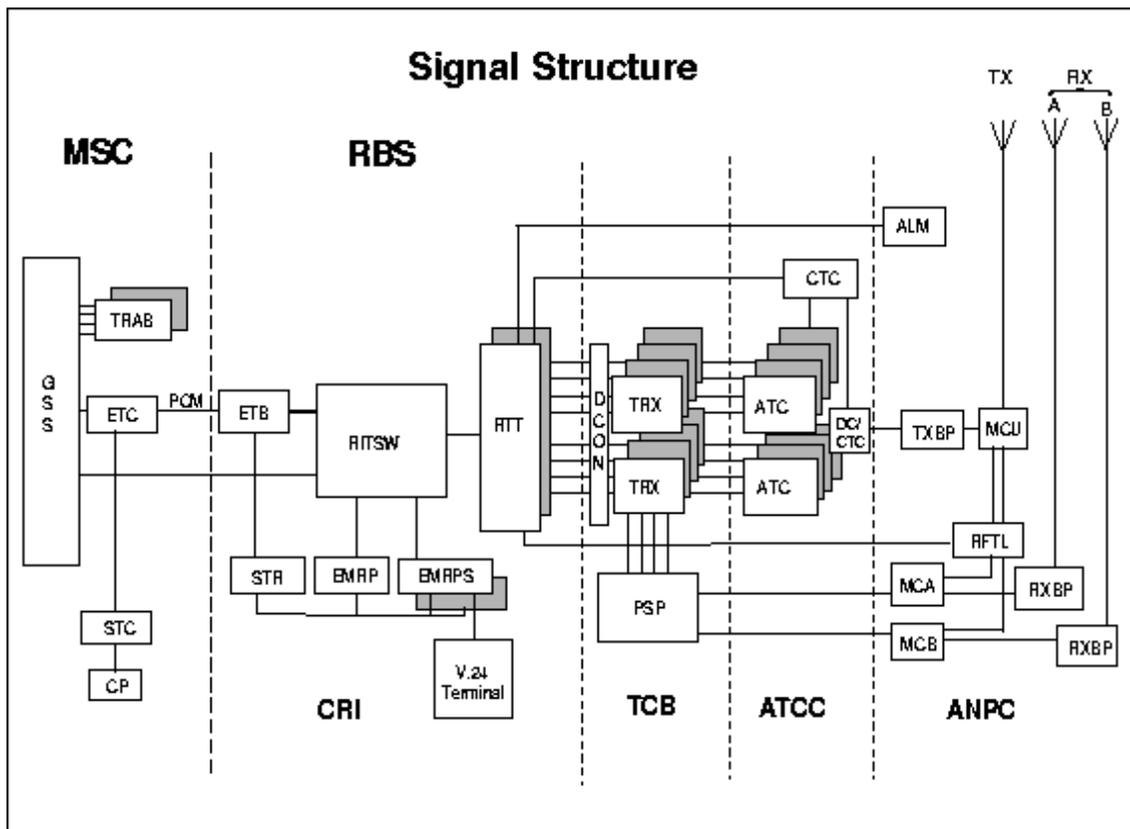
El control de la RBS comienza con el procesador central del MSC (CP). El CP envía la señal de control a la tarjeta Central Terminal de Señalización (STC) que lo convierte en formato de E1/T1; y luego hacia la tarjeta ETC que la coloca en la ranura de tiempo (*time slot*) 9 para un enlace T1 y en la 16 para un enlace E1.

En la RBS, la tarjeta ETB extrae la ranura de tiempo 9 (T1) o 16 (E1), y la envía hacia la tarjeta Regional Terminal de Señalización (STR). La tarjeta STR convierte la información y lo envía hacia el Bus de Procesadores Regionales del Módulo de Extensión (EMRPB). Los Procesadores Regionales del Módulo de Extensión (EMRP) y los Procesadores Regionales del Módulo de Extensión de Voz (EMRPS) son conectados a este bus.

Las tarjetas EMRPS controlan todos los dispositivos dentro de la RBS, mientras que la tarjeta EMRP controla únicamente los dispositivos que se encuentran en el gabinete de control.

Las tarjetas EMRPS ejercen este control al enviar información de control a la tarjeta de Conmutación de Tiempos de Interfaz Remota (RITSW), donde es enrutada hacia los diferentes dispositivos por medio de las tarjetas Terminales Remotas de Transceptores (RTT). La figura 6 muestra la estructura de señal en el sistema CMS 8800.

Figura 6. Estructura de la señal en el CMS 8800



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento de RBS 884 en el CMS 8800.

1.4.2.2.3. Estructura de radiofrecuencia

La señal de salida de los radio transmisores es conectada a unidades combinadoras auto-sintonizables (ATC), las cuales son capaces de combinar hasta 24 señales de radios diferentes para una sola salida. Esta señal de salida es llevada por un filtro pasabanda de transmisión (TXBP) y luego por una unidad acopladora de medición (*MeasCoupler*) hacia la antena transmisora. La *MeasCoupler* actúa como una interfaz hacia la tarjeta de medición de Radiofrecuencia (RFTL), la cual realiza varias pruebas con las señales de RF; como por ejemplo, la medición de la potencia de salida y la potencia reflejada.

En la parte de recepción, las dos entradas de las antenas son llevadas primero a un filtro pasa-banda de recepción (RXBP). Luego estas se conectan a multi-acopladores, en donde son amplificadas para compensar las pérdidas que sufren en los divisores de señal (PSP, *Power Splitters*).

Las salidas de los Multi-acopladores son utilizadas para alimentar a los divisores de señal (PSP), los que distribuyen la señal a los transceptores. Cada transceptor recibe ambas ramas de recepción A y B.

1.4.2.2.4. Interfaces internas

La radiobase 884 ha sido diseñada para simplificar el cableado entre gabinetes.

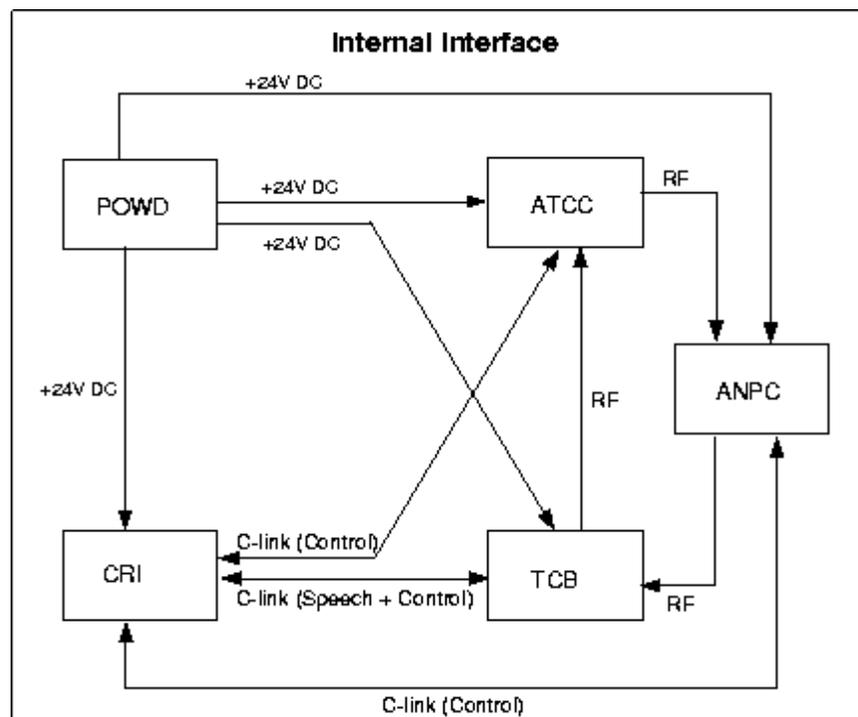
Hay tres interfaces primarias definidas:

- Energía de +24 VDC hacia todos los otros gabinetes desde el gabinete de distribución de energía (POWD).

- *C-links*, que llevan información de voz y/o control entre el gabinete de control y los demás gabinetes.
- Interfaz de Radio Frecuencia entre los gabinetes de transceptores (TCB), combinadores auto-sintonizables (ATC) y gabinetes de antena (ANPC).

La figura 7 muestra las interfaces internas de la RBS 884.

Figura 7. Interfaces internas



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento de RBS 884 en el CMS 8800.

1.4.2.5.5. Interfaces externas

La RBS 884 provee conexión para alarmas externas. Estas alarmas son definidas por las personas que trabajan en la operación y mantenimiento del sistema y son reportadas al MSC. Esta RBS permite transmitir hasta un total de 32 alarmas externas en la tarjeta principal y, si fuese necesario, otras 32 en una tarjeta adicional.

Las alarmas externas son definidas por el operador y se ajustan a sus necesidades de monitoreo. Estas pueden llevar, por ejemplo, información como: alta temperatura en el cuarto de la RBS, fallas de energía, puerta abierta, humedad, etc.

Para reportar alarmas externas, la RBS utiliza sensores de diferentes tipos. La principal característica de estos dispositivos consiste en el cambio de un estado normalmente cerrado (NC) a un estado normalmente abierto (NA), para llevar información hacia la tarjeta de alarmas de la RBS. También puede darse el caso contrario, es decir, que el sensor cambie de un estado normalmente abierto (NA) a uno normalmente cerrado (NC). El estado del sensor puede ser alguno de los dos anteriores, y bastará definir la alarma según el caso que se tenga.

La conexión física de alarmas externas se realiza en un módulo llamado MDF (*Main Distribution Frame*). El MDF consta de 8 regletas, cada una con capacidad para conectar 8 pares de alambre. Existe un cable multipar que se conecta físicamente a la tarjeta de alarmas y posee 32 pares, en las primeras 4 regletas del MDF se conectan 8 pares en cada una.

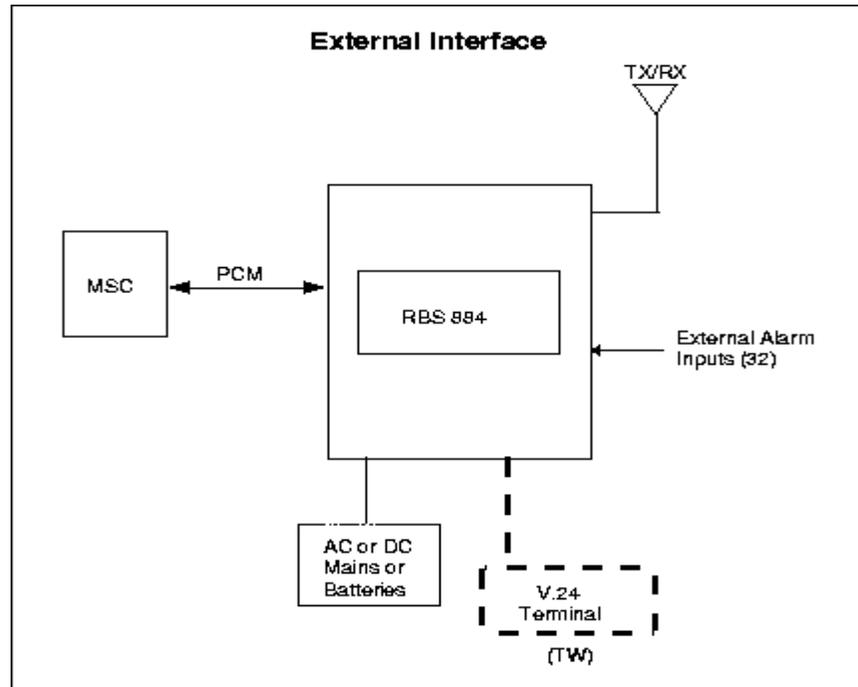
La función de la regleta es formar un circuito cerrado uniendo de forma segura los pares de alambre de los sensores con los de la tarjeta de alarmas. En la parte inferior de la regleta es donde se conectan los pares de alambre provenientes de la tarjeta de alarmas. En la parte superior llegan los pares de alambre conectados al sensor,

A cada uno de estos 32 pares se puede definir una alarma diferente por medio de *software*. De igual forma se puede definir la clase de alarma, su importancia, si el tipo de sensor utilizado es normal abierto (NO) o normalmente cerrado (NC), el nombre de alarma y la RBS en donde se origina, de tal modo que se identifique claramente en donde ocurre.

Precisamente, estas alarmas se convertirán en información que se podrá decodificar en el MSC, y brindará información acerca del nivel de AGC en los enlaces de microonda de una RBS; como se expone en los capítulos 3 y 4.

Existe también una interfaz V.24 colocada en una tarjeta EMRPS que permite que el personal de mantenimiento se comuniquen con el MSC. La figura 8 muestra las interfaces externas de la RBS 884

Figura 8. Interfaces externas



Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento de RBS 884 en el CMS 8800.

- **Localizador de abonados de casa**

El MSC fue originalmente diseñado para ser la interfaz entre la RBS y la PSTN / PLMN para un máximo de 65,000 abonados. El explosivo crecimiento del mercado celular rápidamente mostró las limitaciones del MSC. Los conmutadores de bases de datos se instalaron para incrementar la capacidad de abonados, pero sus limitaciones hicieron necesario adicionar el Localizador de Abonados de Casa (*Home Location Register, HLR*).

El HLR extiende la capacidad de abonados a 600,000 dependiendo del tipo de procesador central usado y la carga de tráfico.

El HLR hace posible usar un nodo de red centralizado para base de datos de los abonados, al reemplazar bases de datos locales y distribuidas. Una de las diferentes ventajas de HLR es que los elementos de red, que se necesiten actualizar con la información relacionada de abonados, serán menos.

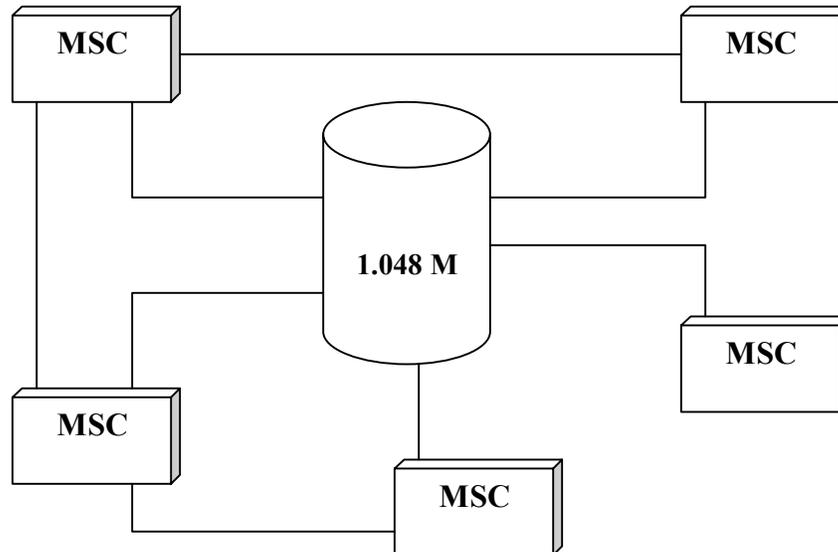
HLR es la base de datos local para cierto número de abonados y contiene todos los datos del abonado móvil tales como: la identidad, servicios suplementarios, servicios de portador y la información necesaria de localización para el enrutamiento de las llamadas entrantes.

Previamente a la introducción del HLR, la información del suscriptor se almacenaba en su "MSC casa". Con la adición del HLR, todos los registros de los suscriptores fueron sacados del MSC y transferidos al HLR. De igual forma, el HLR guardará el número de serie electrónico (ESN); el número de suscriptor (SNB); el perfil del suscriptor (características), ubicación actual y otros datos acerca de los suscriptores. Con una capacidad de hasta 1,048,000 registros de suscriptores, un HLR podrá dar servicio a muchos MSC's. Lo que tiene como resultado desde la perspectiva del MSC; que los suscriptores siempre hagan *roaming* debido a que ya no tienen un "MSC de casa". Cuando una llamada es iniciada o la ubicación del móvil cambia, el HLR es consultado para obtener la información actual del suscriptor y la MSC será responsable del establecimiento y liberación de la llamada.

Con la introducción de AS140, el HLR cambió para incorporar redundancia para parejas de AXE10 configuradas como HLR's. Los HLR's redundantes operan en modo *duplex*, con un HLR activo en operación y otro en espera rápida con un duplicado actualizado de la base de datos. El HLR redundante toma el lugar del HLR activo en caso de falla. Posteriormente a que la falla ha sido corregida, y el HLR ha restaurado su operación, comparará su base de datos contra la base de datos del HLR redundante, actualizará los registros que hayan tenido cambios y procesará las peticiones redundantes de la red que le hayan sido enviadas por el HLR redundante. Después de un período de tiempo establecido por el operador para asegurar que es estadísticamente probable que los datos de los dos HLR han sido puestos en línea uno con otro, el HLR por sí mismo se pondrá disponible para procesar peticiones de la red, y la HLR redundante volverá a su estado original de espera rápida.

Una configuración común de HLR se muestra en la figura 9, en la cual se tiene que el HLR contiene todos los registros para los abonados. Las MSC's ejecutan las funciones de *autoroaming* al usar el HLR. Así la capacidad se extiende a 1,048,000.

Figura 9. Configuración del HLR



Fuente: Manual de Introducción al Sistema Móvil Celular 8800.

1.4.3. Sistema de soporte y operación (OSS)

El OSS está diseñado de acuerdo con los estándares de arquitectura de la Red de Manejo de Telecomunicaciones (TMN). Como un modelo para las funciones genéricas requeridas para operar una red de telecomunicaciones, TMN asegura que OSS ofrece funcionalidad en la supervisión, operación y mantenimiento para una función específica de la red.

El sistema OSS consiste de 3 áreas de producto:

- Productos de soporte y operación (OSP)
- Productos de Planeamiento de Red (NPP)
- Productos de soporte de Negocios (BSP)

El Producto de Soporte y Operación está disponible en 3 paquetes. OSS básico, OSS avanzado y OSS completo. Todos los paquetes incluyen una plataforma que proporciona flexibilidad y funcionalidad para el manejo de la red.

El OSS básico soporta la operación y el mantenimiento básico de la red. Los productos de los que consta este paquete incluyen una interfaz centralizada y soporte a manejo de fallas a la red inalámbrica, así como productos que facilitan la transferencia y administración de archivos.

El OSS avanzado configura y obtiene mediciones del desempeño de la red. Los productos que incluye ayudan a configurar la red de manera óptima, y permite detectar fallas en la red y mide la calidad del sistema.

El OSS completo incluye la funcionalidad de ambos, avanzado y básico a un menor costo.

Los productos de planeamiento de red Incluyen herramientas necesarias para la planificación e ingeniería de la red.

Por último, los productos de soporte de negocios proporcionan acceso para la administración del cliente, detección de fraude y tasación y pueden ser instalados como *Stand Alone* o como parte de un nodo OSS.

Un producto disponible es el Sistema de Detección de Fraudes Celulares (CFDS). CFDS es una herramienta que habilita no solamente la detección de fraudes comunes como la clonación, sino también identifica nuevos tipos de fraudes.

1.4.4. Estaciones móviles (MS)

Las estaciones móviles pueden ser comparadas con una estación de radio alimentada con baterías. Estas se conectan vía señales de radio a una RBS perteneciente a una red de telefonía móvil.

Las estaciones móviles son manufacturadas por un número de fabricantes independientes que diseñan las estaciones móviles y las facilidades implementadas en ellas.

Para ser habilitados y usar CMS 8800, existen nuevos tipos de móviles que se han introducido al mercado llamados móviles de modo dual. Estos trabajan en ambos sistemas análogo y digital.

La potencia máxima de salida es alrededor de 4 *Watt* para las estaciones móviles instaladas en autos y alrededor de 1 *Watt* para los microteléfonos. Todas las estaciones móviles son informadas, mediante el canal de control, que nivel de potencia inicial debe usar. En celdas pequeñas la potencia debe ser menor que en celdas grandes por el re-uso de frecuencias. Debido a que dos celdas que usan las mismas frecuencias en una configuración de celdas pequeñas están muy cerca una de otra, y es más fácil que pueda ocurrir la interferencia co-canal.

Durante la conversación en progreso, la estación móvil puede requerir por la RBS aumentar o disminuir su potencia de salida. Esto porque puede, en un momento liberar la conversación cuando se encuentra fuera de la celda; y en otro, estar muy cerca de la celda. Por las razones anteriores, la estación móvil, puede de manera automática atenuar un máximo de 10 niveles de potencia.

1.5. Establecimiento de llamada en el CMS 8800

El intento de acceso desde una estación móvil, contiene el Número de Identificación Móvil (MIN), Número de Serie Electrónico (ESN) y los dígitos introducidos y es recibido sobre el canal de control.

El mensaje es seguido a la MSC vía el enlace de control.

El E1 llega al Circuito Terminal de Central (ETC) donde el enlace de control se enruta a la Central Terminal de Señalización (STC). El ETC es la interfaz para la comunicación de voz entre los 30 canales del E1 y los 32 canales del grupo del selector. El STC da formato y procesa la señalización entre la RBS y el Procesador Central (CP).

El contenido del mensaje de acceso es seguido al software del MTS donde ocurre lo siguiente:

- El MIN se analiza para determinar si el MS es un abonado local o es visitante.
- El número de serie se verifica contra la lista para asegurar su validez.
- La información de abonado adicional se obtiene desde el software TCS.
- Un canal de voz libre en la celda específica se ajusta.

Una línea bi-direccional móvil (MBLC) verifica la trayectoria de voz para y desde el canal de voz ajustado. Asimismo, un dispositivo codificador de tonos (TCD) genera un tono de 2 kHz. Un tono se envía a través del dispositivo codificador de pulsos y ejecuta la conversión analógica / digital, y posteriormente, se transfiere a través del selector de grupo y se enruta al canal apropiado en el ETC. La señal viaja sobre el E1 a la RBS donde el canal de voz asignado se enlaza con el MSC. Después que la continuidad del enlace de voz se verifica, el canal de voz ordena encender el transmisor.

Las instrucciones para sintonizar el canal de voz se envían a la estación móvil. Los dígitos introducidos se envían al Sistema de Control de Tráfico (TCS) para ser analizados para validar y seleccionar la ruta saliente. Los dígitos también proporcionan información que es seguida al Subsistema de Facturación (CHS) para determinar cómo la llamada deberá ser cargada.

Una vez que el destino es determinado, un canal saliente en el Subsistema de Señalización y Troncal (TSS) será seleccionado. Si la llamada es a otra central, un canal saliente en el TSS se seleccionará. Si la llamada es dentro del MSC, un canal saliente en el MTS se seleccionará.

Una trayectoria en el Subsistema de Conmutación de Grupo (GSS) se reservará para la llamada mientras el estado de la parte llamada se determinan. Si la parte llamada está disponible, el TCS ordena al GSS conectar el enlace.

El TCS proporciona la supervisión de la llamada y ordena al CHS iniciar una grabación de los datos registrados.

El abonado móvil recibirá un tono de control de timbrado proporcionado por la parte de la central de la parte llamada. Cuando la parte llamada contesta, empieza la conversación.

2. ENLACES DE MICROONDA

2.1. Microondas

Se denomina así la porción del espectro electromagnético que cubre las frecuencias entre aproximadamente 3 GHz y 300 GHz (1 GHz = 10^9 Hz), que corresponde a la longitud de onda en vacío entre 10 cm. y 1 mm.

Las microondas exigen un tratamiento particular que no es comparable a ninguno de los métodos de trabajo utilizados en los márgenes de frecuencias con que limita. Estos dos márgenes lo constituyen la radiofrecuencia y el infrarrojo lejano. En radiofrecuencia son útiles los conceptos de circuitos con parámetros localizados debido a que, en general, las longitudes de onda son mucho mayores que las longitudes de los dispositivos. De esta forma puede hablarse de autoinducciones, capacidades, resistencias, etc., ya que no es preciso tener en cuenta la propagación efectiva de la onda en dicho elemento. Por el contrario, en las frecuencias superiores a las de microondas son aplicables los métodos de tipo óptico, en consecuencia a que las longitudes de onda comienzan a ser despreciables frente a las dimensiones de los dispositivos.

El método de análisis más general y ampliamente utilizado en microondas consiste en la utilización del campo electromagnético caracterizado por los vectores (E, B, D Y H en presencia de medios materiales), teniendo en cuenta las ecuaciones de Maxwell, que rigen su comportamiento.

Cabe señalar que las condiciones de contorno metálico son muy frecuentes a estas frecuencias, por ejemplo: el campo E es normal y el campo H tangencial en las proximidades externas de un conductor. No obstante, en las márgenes externas de las microondas frecuentemente se utilizan los métodos de análisis correspondientes al rango continuo del espectro; así: a microondas de frecuencias elevadas son útiles los conceptos de rayo, lente, etc., ampliamente utilizados en óptica, sobre todo cuando la propagación es transversal electromagnética, (TEM, E y B perpendiculares entre sí y a la dirección de propagación) en el espacio libre. Por otro lado, a frecuencias bajas de microondas, colindantes con la radiofrecuencia, es útil la teoría de circuitos con parámetros distribuidos, en la que toma en cuenta la propagación efectiva que va a tener la onda en un elemento cualquiera. Así, un trozo de cable metálico, en baja frecuencia representa un simple corto circuito, que sirve para efectuar una conexión entre elementos al dejar equipotenciales los puntos que une, a alta frecuencia un sistema cuya frecuencia, por efecto peculiar, puede ser no despreciable y cuya autoinducción puede causar una impedancia que sea preciso tomar en cuenta. Por tal motivo, es necesario representar este cable a través de su impedancia (resistencia y autoinducción) por unidad de longitud.

2.2. Transmisión por microondas

Por encima de los 100 MHz las ondas viajan en línea recta y, por tanto, se pueden enfocar en un haz estrecho. Concentrar toda la energía en un haz pequeño con una antena parabólica produce una señal mucho más alta en relación con el ruido; sin embargo, las antenas transmisora y receptora deben estar muy bien alineadas entre sí.

A diferencia de las ondas de radio a frecuencias más bajas, las microondas no atraviesan bien los edificios. Asimismo, aún cuando el haz puede estar bien enfocado en el transmisor, hay cierta divergencia en el espacio. Algunas ondas pueden refractarse en las capas atmosféricas más bajas y tardar un poco más en llegar que las ondas directas.

La comunicación de datos inalámbrica en la forma de microondas es utilizada para transferir voz y datos a larga distancia. Los canales inalámbricos son utilizados para la comunicación digital cuando no es económicamente conveniente la conexión de dos puntos vía cable; además, estos son ampliamente utilizados para interconectar redes locales (LANS) con sus homólogas redes de área amplia (WANS) sobre distancias moderadas y obstáculos como autopistas, lagos, edificios y ríos.

La transmisión por microonda presenta ventajas y desventajas sobre los sistemas de transmisión por conductores metálicos.

2.2.1. Ventajas de un enlace de microondas en comparación con los sistemas de conductores metálicos

- El volumen de inversión es generalmente más reducido.
- La instalación es más rápida y sencilla.
- Conservación generalmente más económica y de actuación rápida
- Puede superarse las irregularidades del terreno.
- La regulación solamente debe aplicarse al equipo, debido a que las características del medio de transmisión son esencialmente constantes en el ancho de banda de trabajo.
- Puede aumentarse la separación entre repetidores, al incrementar la altura de las torres.

2.2.2. Desventajas de un enlace de microondas en comparación con los sistemas de conductores metálicos

- Explotación restringida a tramos con visibilidad directa para los enlaces.
- Necesidad de acceso adecuado a las estaciones repetidoras en las que hay que disponer de energía y acondicionamiento para los equipos y servicios de conservación.
- Las condiciones atmosféricas pueden ocasionar desvanecimientos intensos y desviaciones del haz; lo que implica, utilizar sistemas de diversidad y equipo auxiliar. Esto supone un importante problema de diseño.

2.3. Estructura general de un enlace de microondas

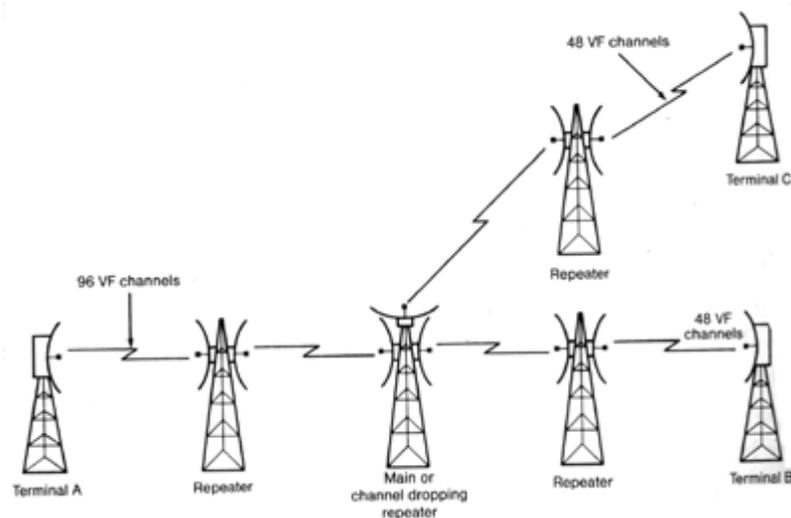
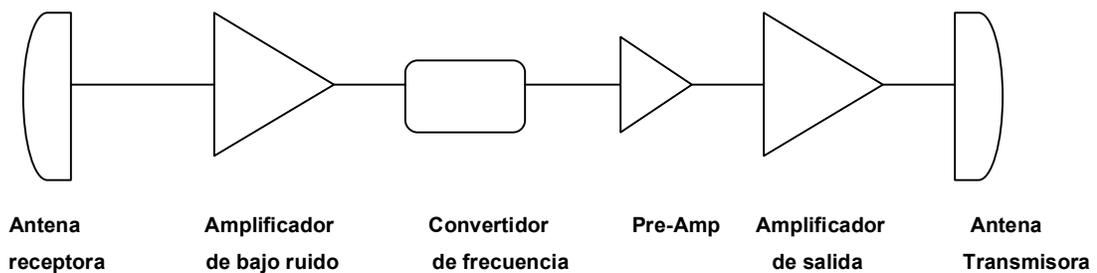
Un enlace vía microondas consiste en tres componentes fundamentales: el transmisor, el receptor y el espacio aéreo por donde las ondas electromagnéticas se desplazarán. El transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir; el espacio aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor y, como es de esperarse, el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

El factor limitante de la propagación de la señal en enlaces de microonda es la distancia que se debe cubrir entre el transmisor y el receptor; además, esta distancia debe ser libre de obstáculos.

Otro aspecto que debe señalarse es que en estos enlaces, el camino entre el receptor y el transmisor debe tener una altura mínima sobre los obstáculos en la vía; para compensar este efecto se utilizan torres para ajustar dichas alturas.

La distancia cubierta por enlaces de microondas puede ser incrementada por el uso de repetidoras, las cuales amplifican y redireccionan la señal. Es importante destacar que los obstáculos de la señal pueden ser salvados a través de reflectores pasivos. La figura 10 muestra como trabaja un repetidor y como se ven los reflectores pasivos.

Figura 10. Repetidores en los enlaces de microondas



Fuente: <http://es.geocities.com/allcircuits5/microondas.com>

Un enlace puede estar constituido por equipos terminales y repetidores intermedios o bien, sólo por equipos terminales. La función de los repetidores es salvar la falta de visibilidad impuesta por la curvatura terrestre y conseguir así enlaces superiores al horizonte óptico. La distancia entre repetidores se llama vano.

Los repetidores pueden ser activos o pasivos; estos últimos también llamados reflectores, debido a que en ellos la señal no obtiene ninguna ganancia para su retransmisión y sólo se limita a cambiar la dirección de la señal al salvar algún obstáculo.

La señal de microondas transmitidas es distorsionada y atenuada mientras viaja desde el transmisor hasta el receptor; estas atenuaciones y distorsiones son causadas por una pérdida de potencia dependiente a la distancia, reflexión y refracción debido a obstáculos y superficies reflectoras, y a pérdidas atmosféricas.

En cada estación, sea esta terminal o repetidor, se requieren dos frecuencias por radiocanal: la frecuencia de emisión y la de recepción.

En una estación repetidora que tiene como mínimo una antena por cada dirección, es necesario que las frecuencias de emisión y recepción estén suficientemente separadas debido a:

- La gran diferencia entre los niveles de las señales emitidas y recibidas, que puede ser de 60 a 90 dB.
- La necesidad de evitar los acoplos entre ambos sentidos de transmisión.
- La directividad insuficiente de las antenas sobre todas las ondas métricas.

Por consiguiente en ondas métricas (30 – 300 MHz) y decimétricas (300 MHz-3 GHz), conviene utilizar cuatro frecuencias (plan de 4 frecuencias). En ondas centimétricas, la directividad es mayor y puede emplearse un plan de 2 frecuencias.

La tabla V muestra un conjunto de frecuencias utilizadas para la comunicación vía microondas:

Tabla V. Algunas frecuencias usadas para la comunicación por microondas.

TX/RX (GHz)	RX/TX (GHz)
2.110	2.130
1.850	1.990
2.160	2.180
2.130	2.150
3.700	4.200
2.180	2.200
5.925	6.425
2.500	2.690
10.700	11.700
6.575	6.875
12.200	12.700

Debido al uso de las frecuencias antes mencionadas algunas de las ventajas son:

- Antenas relativamente pequeñas son efectivas.
- A estas frecuencias las ondas de radio se comportan como ondas de luz; por ello la señal puede ser enfocada al utilizar antenas parabólicas y antenas de embudo. Además pueden ser retransmitidas con reflectores pasivos.
- El ancho de banda, que va de 2 a 24 GHz.

El uso de estas frecuencias también posee desventajas:

- Las ondas diferidas pueden llegar fuera de fase con la onda directa y cancelar así la señal. Este efecto se llama desvanecimiento de trayectoria múltiple y con frecuencia, este es un problema serio que depende del clima y de la frecuencia.
- A casi 8 GHz se presenta un nuevo problema, la absorción del agua. Estas ondas sólo tienen unos centímetros de longitud y la lluvia las absorbe.

2.4. Factores a tomar en cuenta para la transmisión por microondas

Los enlaces se hacen entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía. Esto se debe a que a largas distancias la curvatura natural de la tierra ya es un factor a tomar en cuenta para obtener línea vista entre los equipos transmisor y receptor.

Cualquiera que sea la magnitud del sistema de microondas, para funcionamiento correcto, es necesario que los recorridos entre enlaces tengan una altura libre adecuada para la propagación en toda época del año; además de tomar en cuenta las variaciones de las condiciones atmosféricas de la región.

Para poder calcular las alturas libres debe conocerse la topografía del terreno; así como la altura y ubicación de los obstáculos que puedan existir en el trayecto.

Antes de hacer mediciones en el terreno, es necesario el estudio de los planos topográficos de la zona. Por lo general, el estudio minucioso de los mapas y de los planos facilita las labores, sobre todo en sistemas extensos con gran número de repetidoras y donde existe una gran variedad de rutas posibles. Por proceso de eliminación y de selección ha de llegarse a la escogencia de la ruta más favorable.

Sobre un mapa de la región en escalas del orden de 1:10000, 1: 100000 o 1: 200000, se escogen estaciones separadas de 10 a 50 Km o más.

Una vez escogidos los sitios de ubicación propuestos para las torres de las antenas, y al haberse determinado la elevación del terreno comprendido entre dichos sitios, se prepara un diagrama de perfiles.

En la mayoría de los casos sólo es necesario el perfil de los obstáculos y de sus alrededores donde pueda obstruirse la línea visual.

Las señales de radio-transmisión en las frecuencias de microondas generalmente se propagan en línea recta en la forma de un haz dirigido de un punto a otro. Sin embargo, el haz puede desviarse o curvarse hacia la tierra por efecto de la refracción de las ondas en la atmósfera. La magnitud de la curvatura se ha tenido en cuenta al calcular el factor K, el cual representa el gradiente del índice de refracción y corresponde al radio eficaz de la tierra.

Puede emplearse un perfil de trayecto dibujado sin mostrar la curvatura de la tierra, y con el haz de microondas en línea recta entre las dos antenas. Dicho perfil representa el caso en el cual la curvatura del haz es igual a la del terreno y el radio de la tierra es infinito. Esta es una de las condiciones extremas que debe investigarse al estudiar el efecto de las condiciones atmosféricas anormales sobre la propagación de las microondas.

Sobre el mismo gráfico se dibujan los recorridos del haz para otros posibles valores de K entre ellos el normal que es 4/3. El trazado de las curvas con diversos valores de K se hace con plantillas normalizadas.

2.5. Modulación en microondas

2.5.1. Características de la modulación

El esquema de modulación a utilizar en radio digital debe cumplir con tres características principales de estos equipos de comunicación.

Primera; alta velocidad. La velocidad de datos utilizada hoy día en la comunicación vía radio digital es de 2 Mbps (2.048 Mbps CEPT) hasta 400 Mbps, lo cual complica la realización de la circuitería.

Segunda; eficiencia de la banda de frecuencia. Toma mayor importancia tener una eficiencia del uso del espectro más que una eficiencia de la potencia. Esto se debe a que radio digital utiliza una banda de frecuencias que además de limitada es muy solicitada. Por supuesto, es deseable tener a la vez una buena eficiencia en potencia.

Tercera; propagación. Las transmisiones a través de radio sufren de los efectos de los desvanecimientos. Los efectos de los desvanecimientos planos en el desempeño de un radio digital son considerados como atenuación sin importar el tipo de modulación, aquí basta con tener un suficiente margen contra desvanecimientos planos para contar con la confiabilidad requerida. Por otro lado, cuando se trata de desvanecimientos selectivos en la frecuencia, (también llamados multitrayectoria), el desempeño del radio se ve severamente afectado para los esquemas de modulación de más alto nivel, esto es, entre más niveles de modulación mayor el efecto de los desvanecimientos selectivos. De esta manera, cuando se utilizan los esquemas de modulación altos se debe implementar la tecnología asociada a contrarrestar los efectos de degradación del desempeño del sistema de radio.

2.5.2. Técnicas de modulación

Los esquemas de modulación más atractivos para cumplir con las condiciones mencionadas anteriormente son las modulaciones PSK (Manipulación por Desplazamiento de Fase) y QAM (Modulación de Amplitud en Cuadratura). El número de nivel de modulación de estos esquemas depende de la aplicación.

Los esquemas PSK y QAM tienen una eficiencia de potencia superior a otros tipos de modulación, además de un ancho de banda angosto.

En la demodulación, la técnica más usada es la demodulación coherente, debido a la superioridad de su desempeño en comparación con la demodulación no coherente. La demodulación coherente implica la extracción de la fase de la portadora de la señal recibida. Se han desarrollado una gran variedad de circuitos de recuperación de portadora. La calidad de estos circuitos y los efectos de imprecisión en la recuperación de la fase de la portadora toman una parte muy importante en el comportamiento del sistema.

2.6. Problemas en la propagación de microondas

El gradiente del índice de refracción o factor K que corresponde al radio eficaz de la tierra se define como el grado y la dirección de la curvatura que describe el haz de microondas durante su propagación.

$$K = R' / R_t$$

Donde R_t es el radio real terrestre y R' es el radio de la curvatura ficticia de la tierra. Cualquier variación del índice de refracción provocada por la alteración de las condiciones atmosféricas, se expresa como un cambio del factor K.

En condiciones atmosféricas normales, el valor de K varía desde 1.2 para regiones elevadas y secas (o $4/3$ en zonas mediterráneas), hasta 2 ó 3 para zonas costeras húmedas.

Cuando K se hace infinito, la tierra aparece ante el haz como perfectamente plana, ya que su curvatura tiene exactamente el mismo valor que la terrestre. Si el valor de K disminuye a menos de 1, el haz se curva en forma opuesta a la curvatura terrestre. Este efecto puede obstruir parcialmente al trayecto de transmisión, produciéndose así una difracción.

El valor de la curvatura terrestre para los distintos valores de K se calcula mediante la siguiente fórmula

$$h = d1 * d2 / 1.5 * K \quad \text{donde}$$

h = Cambio de la distancia vertical desde una línea horizontal de referencia, en pies.

d1 = Distancia desde un punto hasta uno de los extremos del trayecto, en millas.

d2 = Distancia desde el mismo punto anterior hasta el otro extremo del trayecto, en millas.

K = Factor del radio eficaz de la tierra.

Con excepción del desvanecimiento por efecto de trayectos múltiples, los desvanecimientos son fácilmente superables mediante la diversidad de espacio, frecuencia o polarización.

Las alteraciones del valor de K desde 1 hasta infinito (rango normal de K), tienen escasa influencia en el nivel de intensidad con que se reciben las señales, cuando el trayecto se ha proyectado en forma adecuada.

Las anomalías de propagación ocurren cuando K es inferior a 1, el trayecto podría quedar obstruido y, por lo tanto; sería vulnerable a los fuertes desvanecimientos provocados por el efecto de trayectos múltiples.

Cuando K forma un valor negativo, el trayecto podría resultar atrapado entre capas atmosféricas y, en consecuencia, sería susceptible a sufrir desvanecimiento total.

2.6.1. Desvanecimiento

El desvanecimiento se debe normalmente a los cambios atmosféricos y a las reflexiones del trayecto de propagación al encontrar superficies terrestres o acuáticas. La intensidad del desvanecimiento aumenta en general con la frecuencia y la longitud de trayecto.

2.6.2. Desvanecimiento Total

Comparativamente, el desvanecimiento total no es común, sin embargo cuando se presenta, sus efectos suelen ser catastróficos, debido a que anulan por completo las señales. En este caso, los métodos tradicionales usados para mejorar la contabilidad de los radioenlaces, tales como: aumento del margen contra el desvanecimiento o la aplicación de diversidad resultan prácticamente ineficaces.

Se considera como desvanecimiento total a cualquier atenuación excesivamente larga de las señales de microondas.

Para describir el desvanecimiento total se utilizan diversos términos, tales como: formación de ductos, atrapamiento del haz, bloqueo o desaparición de las señales, desacople de antena.

El desvanecimiento total se caracteriza por una aguda disminución de densidad atmosférica a medida que aumenta la altura, que es la causante del verdadero desvanecimiento.

Las interrupciones de señal calificadas como catastróficas se producen simultáneamente en ambas direcciones de transmisión y en los dos trayectos de diversidad.

El desvanecimiento total se confunde a menudo con el desvanecimiento por dirección u obstrucción del haz cuando se produce una curvatura inversa, sin embargo, las características de estos dos fenómenos son opuestas. El desvanecimiento total se produce por presencia de una atmósfera superrefractiva, que a veces es invisible, salvo en zonas brumosas. En algunas ocasiones dicha atmósfera resulta visible en forma de niebla, de vapor de agua caliente o niebla que refracta el frente de la onda del haz abajo hasta una superficie acuática o terrena, antes de llegar a la antena receptora. En estos casos, generalmente, ninguna parte de la señal llega a la antena receptora.

Cuando existe una masa de aire frío sobre zonas cálidas y húmedas o sobre regiones acuáticas templadas, la atmósfera circundante tiende a comportarse en forma superrefractiva. Como consecuencia, los trayectos de microondas poco despejados, ubicados en dichas zonas o regiones, se tornan susceptibles a sufrir un desvanecimiento total.

2.7. Sistemas de diversidad en microondas

Cuando se produce desvanecimiento o se varían los equipos de radiocanal normal, su señal correspondiente puede ser transferida a otro de los canales de reversa por medio de un rápido sistema de conmutación. Este sistema da fiabilidad al sistema y se conoce como técnicas de diversidad.

El principio de recepción por diversidad consiste en recibir y analizar varias señales no correlacionales y escoger en cada instante la mejor (sistema de diversidad por conmutación), o en recibir en todo momento una combinación de las distintas señales (sistemas de diversidad en espacio y de diversidad en frecuencia).

Existe un tercer método para reducir al mínimo el tiempo fuera de servicio del sistema por desvanecimiento profundo denominado diversidad de polarización. En este método dos señales procedentes del radiotransmisor se envían simultáneamente por dos antenas separadas, una con polarización horizontal y la otra vertical. La diversidad de polarización resulta útil para la transmisión por onda indirecta en la parte baja del espectro de frecuencias. Por otro lado, este método no da resultados en la transmisión de microondas por onda espacial debido a que generalmente ambas señales polarizadas se desvanecen al mismo tiempo.

2.8. Confiabilidad de los sistemas de microonda

Las normas de seguridad de funcionamiento de los sistemas de microondas han alcanzado gran rigidez. Por ejemplo, se utiliza un 99.98% de confiabilidad general en un sistema patrón de 6000 Km. de longitud, lo que equivale a permitir sólo un máximo de 25 segundos de interrupción del año por cada enlace.

Por enlace se entiende el tramo de transmisión directa entre dos estaciones adyacentes, ya sean terminales o repetidoras, de un sistema de microondas. El enlace comprende los equipos correspondientes de las dos estaciones, como así mismo las antenas y el trayecto de propagación entre ambas.

Las empresas industriales que emplean sistemas de telecomunicaciones también hablan de una confiabilidad media del orden de 99.9999%, es decir, un máximo de 30 segundos de interrupciones por año, en los sistemas de microondas de largo alcance.

Los cálculos estimados y cómputos de interrupciones del servicio por fallas de propagación, emplean procedimientos parcial o totalmente empíricos. Los resultados de dichos cálculos generalmente se dan como tiempo fuera de servicio (TFS) anual por enlace o porcentaje de confiabilidad por enlace.

La confiabilidad de los enlaces de microondas puede darse según fallas de equipo, al aplicar cálculos de probabilidad.

Los resultados de los cálculos de confiabilidad de los equipos de microondas se expresan como disponibilidad (del equipo) por enlace (D).

$$D = TES / TTD$$

Donde TES es el tiempo de servicio dentro de un período determinado y TTD es el tiempo total disponible.

Una aplicación lógica de este método de cálculo es sumar las interrupciones por enlace durante el año causadas por averías del equipo o malas condiciones de propagación.

Con el resultado se obtiene el TFS total que se puede aplicar como cifra de mérito de confiabilidad del enlace.

Ninguno de los parámetros mencionados: tiempo fuera de servicio anualmente, confiabilidad en porcentaje o disponibilidad del equipo, proporciona una dirección adecuada de la seguridad del funcionamiento del equipo en el caso de sistemas superconfiables.

Los cálculos de TES (o tiempo disponible, D) y de TFS de los equipos de microondas siempre descansan en dos factores básicos: el tiempo medio de funcionamiento entre falla (TMEF), el tiempo medio de interrupción hasta el servicio (TMHR).

El TMHR incluye las siguientes demoras:

- Notificación de la falla.
- Viaje hasta el lugar de instalación del equipo averiado.
- Determinación del carácter de la falla y tiempo que realmente se ocupa para efectuar la reparación o el reemplazo necesario.

Por lo tanto el TMHR representa el promedio de tiempo real fuera de servicio debido a fallas.

La conexión entre el TMEF y el TMHR determina la relación de TFS de servicio debido a fallas.

La conexión entre el TMEF y el TMHR determina la relación de TFS (tiempo no disponible o ND)

$$\text{TFS (ND)} = \text{TMHR} / \text{TMEF}$$

$$\text{TES (D)} = 1 - \text{ND}$$

$$\text{TFS anual} = 8760 * (\text{ND}) \text{ horas}$$

El concepto de confiabilidad esta dado por confiabilidad = TES * 100%
En un sistema no redundante:

$$\text{ND} = 5 / 5000 = 0.001 = 0.1\%$$

Para el TMHR se ha tomado como ejemplo un valor de 5 horas que, como se menciona, incluye todo el tiempo que transcurre desde el instante en que se produce una avería hasta que el equipo es reparado y puesto nuevamente en servicio. Asimismo, se supone un TMEF de 5000 horas para cada juego de equipo.

Comprende aproximadamente a un procedimiento de dos fallas por año, fallas reales por que no hay duplicación de equipo.

$$D = 1 - 0.001 = 0.999 = 99.9\%$$

$$\text{TFS anual} = 0.001 * 8760 = 8.76 \text{ horas}$$

En un sistema redundante, se supone que se utilizan dos juegos de equipos, interconectados por conmutadores y detectores automáticos para el traspaso instantáneo del equipo en servicio al de reserva en caso de avería. También se supone

$$\begin{aligned} \text{TMEF} &= 5000 \text{ horas cada juego de equipo y} \\ \text{TMHR} &= 5 \text{ horas para cualquier falla.} \end{aligned}$$

Cualquier falla en un sólo juego de equipo no interrumpe el servicio. La interrupción sólo puede ocurrir si se produce falla en ambos juegos simultáneamente.

Al suponer que las fallas de los dos juegos de equipos del enlace se producen en forma errática e independiente.

$$(\text{TMEF})_{\text{red}} = (\text{TMEF})^2 / \text{TMHR}$$

Luego:

$$(\text{TMEF})_{\text{red}} = (5000)^2 / 5 = 5000000 \text{ horas} = 570 \text{ años}$$

con los valores supuestos, el tiempo medio de funcionamiento entre fallas del enlace (averías reales del sistema) sería de 570 años.

La relación TFS del enlace (D_{red}) está dada por

$$ND_{\text{red}} = \text{TMHR} / (\text{TMEF})_{\text{red}} = (\text{TMHR} / \text{TMEF})^2 = (5 / 5000)^2 = 0.001\%$$

$$D_{\text{red}} = 1 - 0.00001 = 0.9999 = 99.9999\%$$

$$\text{TFS}_{\text{anual}} = 0.000001 * 8760 = 0.00876 \text{ hr} = 32 \text{ seg.}$$

En base a los valores empleados, las características de confiabilidad del equipo de un enlace puede especificarse como 32 segundos de TFS anual. Esta cifra es sólo una abstracción matemática. Como la duración de cualquier avería es indivisible, puede suceder que en 1 año determinado no ocurra ninguna interrupción.

De producirse una falla, esta tendría que ser mucho más prolongada (las 5 horas tomadas como ejemplo).

El tiempo de restablecimiento estipulado en horas tiene que ser acompañando de un valor equivalente de TMEF al calcular en millones de horas (o cientos de años) para obtener una confiabilidad de 99.9999% por enlace.

$$\text{TMEF} = 10^{\wedge} \text{TMHR}$$

Por ejemplo, el tiempo de reparación es de 5 horas, el TMEF debe ser de 5,000,000 de horas = 570 años. Si el tiempo de reparación es de 1 hora, el TMEF debe ser 1,000,000 de horas = 14 años.

El valor de 32 segundos de TFS en la práctica carece de significado efectivo ya que no puede existir en realidad; excepto como una improbable serie de coincidencias. El enlace tendría que funcionar por lo menos durante 570 años para poder verificar el valor de confiabilidad; en dicho período, habrían 569 años sin ninguna falla y 1 año cualquiera con 5 horas de interrupción.

Los parámetros de disponibilidad o confiabilidad sólo tendrían significado como rendimiento medio en un período de unos 10000 años, es decir, en 10000 enlaces.

En la práctica, para el cálculo de confiabilidad se presentan limitaciones impuestas por el hecho de que los sistemas de microondas generalmente deben funcionar con estaciones repetidoras distribuidas en una amplia región geográfica, incluso algunos puntos de difícil acceso. Este problema se agudiza en el caso de sistemas de muy largo alcance en que se necesita con mayor razón una confiabilidad elevada. Por lo tanto, la suposición de que el TMHR será menor de 1 ó 2 horas, no esta de acuerdo con la realidad, incluso, la suposición de un TMHR de 5 horas, puede ser demasiado optimista.

2.9. Cálculo del Nivel de Señal Recibida (RSL) en el diseño de enlaces de microonda.

El nivel de señal recibida, RSL (*Received Signal Level*), por sus siglas en inglés puede ser estimado utilizando la siguiente formula:

$$\text{RSL (dBm)} = P_{\text{out}} - FL_1 + G_1 + G_2 - FL_2 - L_p$$

En donde: P_{out} es la potencia de salida del transmisor (en dBm)

FL_1 es la pérdida en el *feeder* o guía de onda en el lado del transmisor (en dB)

G_1 es la ganancia de la antena transmisora (en dB)

G_2 es la ganancia de la antena receptora (en dB)

FL_2 es la pérdida en el feeder o guía de onda en el lado receptor (en dB)

L_p es la pérdida de la trayectoria, definida por:

$$L_p \text{ (dB)} = 96.6 + 20 \log_{10} F + 20 \log_{10} D$$

donde:

F = Frecuencia en GHz

D = Distancia de la trayectoria en millas

Este diseño de enlace es muy importante para determinar posibles problemas potenciales durante la instalación o puesta en servicio de un enlace. Si se ha calculado el RSL, se puede observar durante la instalación si se ha logrado el valor esperado, de lo contrario se debe hacer las correcciones necesarias para llevar este valor a uno que sea lo más próximo posible al valor esperado.

Por otro lado, calcula en el diseño de enlaces de microonda de igual forma, el margen de desvanecimiento; el cual es la diferencia entre el valor actual del nivel de señal recibida y el valor umbral del radio. Este valor umbral puede variar dependiendo de la marca de radio que se utilice. La diferencia del valor de RSL obtenido, con el valor umbral del radio específico, da como resultado el margen de desvanecimiento.

2.9.1. Puntos de medición del RSL

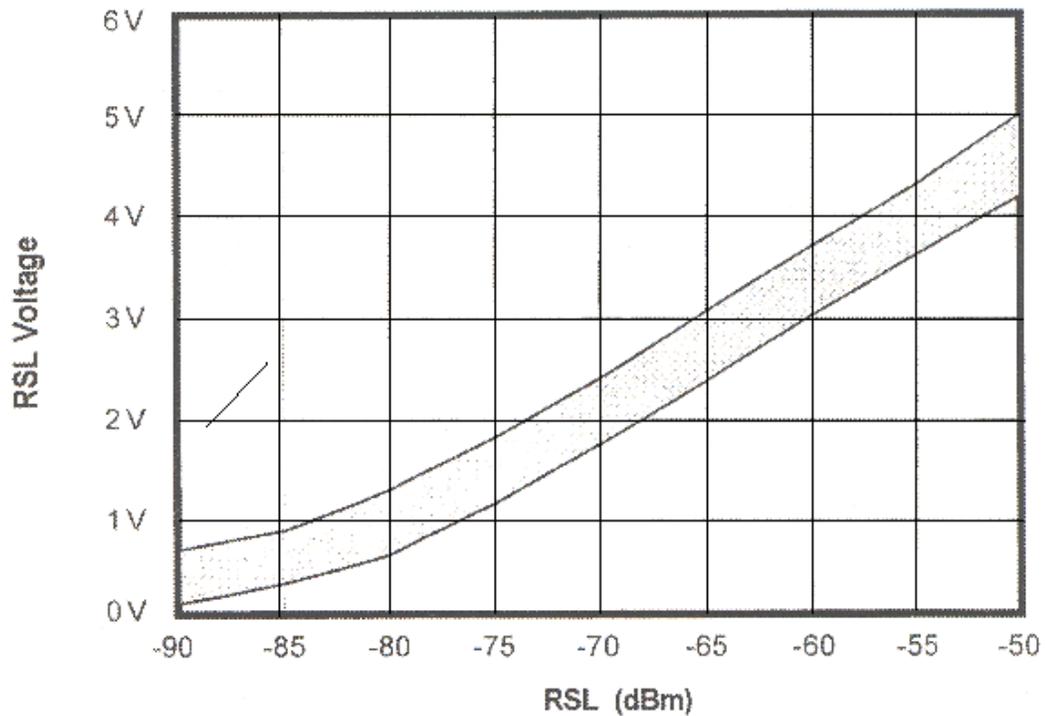
En la mayoría de radios de microonda se localizan puntos de prueba que proporcionan la medición del Nivel de Señal Recibida (RSL). En estos puntos de prueba se puede medir un voltaje DC con un voltímetro (al utilizar un punto de tierra como referencia, que por lo regular viene también como un punto de medición en el radio), este corresponde al nivel de potencia actual de la señal de entrada que se recibe. Estas mediciones son utilizadas durante la instalación, el mantenimiento y la corrección de fallas.

Cuando se instala un enlace de microonda, se procede a alinear las antenas de ambos extremos de manera que en ambos lados se tenga un RSL que permita tener un margen de desvanecimiento lo suficientemente holgado.

La alineación de las antenas debe permitir que el RSL sea llevado al nivel calculado en el diseño del enlace. Si al momento de alinear antenas el valor del RSL se encuentra aproximadamente 20 dB abajo del nivel calculado, entonces es probable que las antenas estén alineadas con un lóbulo lateral de la señal radiada. En este caso, las antenas deben ser giradas formando un arco amplio hasta que el lóbulo principal sea localizado. Otras posibles causas de un bajo nivel de RSL son: obstrucción en la trayectoria, pérdida en el conector, adaptadores, cables de unión (*jumpers*) o diferente polarización de las antenas en cada lado del enlace.

En la figura 11 se muestra una típica relación entre el Nivel de Señal Recibido y su equivalente en voltaje DC que se puede medir con un voltímetro en los puntos de medición del radio.

Figura 11. Valor típico del voltaje versus Nivel de Señal Recibido (RSL)



Typical RSL Voltage versus Received Signal Level (RSL)

Fuente: Manual de instalación y mantenimiento, Western Multiplex, pág. 3-24

Para los ingenieros encargados de la operación y mantenimiento de los enlaces de microonda, el valor del RSL es de gran ayuda, debido a que se puede establecer el origen de las fallas, y tomar acciones correctivas con certeza de qué dispositivos son los que ocasionan el problema.

Este valor de RSL, convertido a un voltaje DC, es la información que se usará para monitorear un enlace de microonda determinado. Se convierte el nivel de voltaje de un valor análogo a uno digital, se transmite hacia la central de conmutación por medio de la tarjeta de alarmas de la radiobase y luego se envía a la central de conmutación para luego decodificarlo y ser procesado y representado en forma gráfica.

3. DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRONICO PARA EL SISTEMA DE MONITOREO

3.1. Diagrama de bloques del circuito electrónico

A continuación se analizan los bloques que constituyen el circuito electrónico que transforma la señal análoga de entrada en una señal digital, que será ingresada a la radiobase.

El circuito consiste principalmente de un convertidor analógico a digital, que es el encargado de realizar la conversión de la señal análoga de entrada en una señal binaria que será transmitida posteriormente; este es el bloque de conversión A/D.

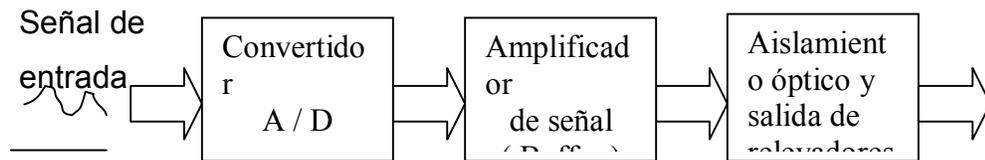
Es necesario amplificar esta señal para que tenga el nivel de voltaje necesario y no genere errores, por medio del bloque de amplificación de señal (*buffers*).

Por último, se encuentra el bloque de aislamiento de señal y salida de relevadores. La función de este bloque es aislar contactos eléctricos y mecánicos del equipo de microonda con el circuito electrónico. Esto evita el riesgo de que alguna descarga eléctrica pueda tener una ruta de entrada directa por medio del circuito electrónico de monitoreo hacia el MODEM de microonda, y este pueda dañarse. Además, en este bloque se activa una serie de relevadores cuyas salidas son conectadas mecánicamente por medio de pares trenzados a la interfaz de entrada de la radio-base (MDF). Al final de este bloque se tiene una señal digital representada por terminales de relevadores

que presentan un estado de circuito abierto (0 lógico) o circuito cerrado (1 lógico).

La figura 12 muestra el diagrama de bloques del circuito electrónico.

Figura 12. Diagrama de bloques del circuito electrónico.



3.2. Convertidor análogo a digital

3.2.1. Teoría sobre la conversión análoga a digital

Muy a menudo es necesario que datos obtenidos de un sistema físico se transformen en una señal digital. Estos datos aparecen normalmente en forma eléctrica analógica. Por ejemplo, una diferencia de temperatura puede ser representada por la salida de un termopar. El esfuerzo de un elemento mecánico se representará por el desequilibrio de un puente medidor de esfuerzos, etc. Por ello se necesita un elemento que convierta esta información analógica en digital, para lo cual se ha inventado un gran número de dispositivos que cumplen tal función.

Un convertidor análogo a digital (ADC) es un circuito que tiene una línea de entrada análoga y n líneas de salida digitales. Este genera el código binario, que es proporcional a la entrada de voltaje análoga. Todos los ADC's requieren al menos un comparador análogo, un elemento que acepte dos entradas análogas de voltaje y produzca una salida digital.

3.2.2. Tipos de convertidores análogo a digital

Diferentes tipos de convertidores análogo a digital han sido desarrollados a través del tiempo. Entre los más populares están, el de rampa o escalera y el de aproximaciones sucesivas.

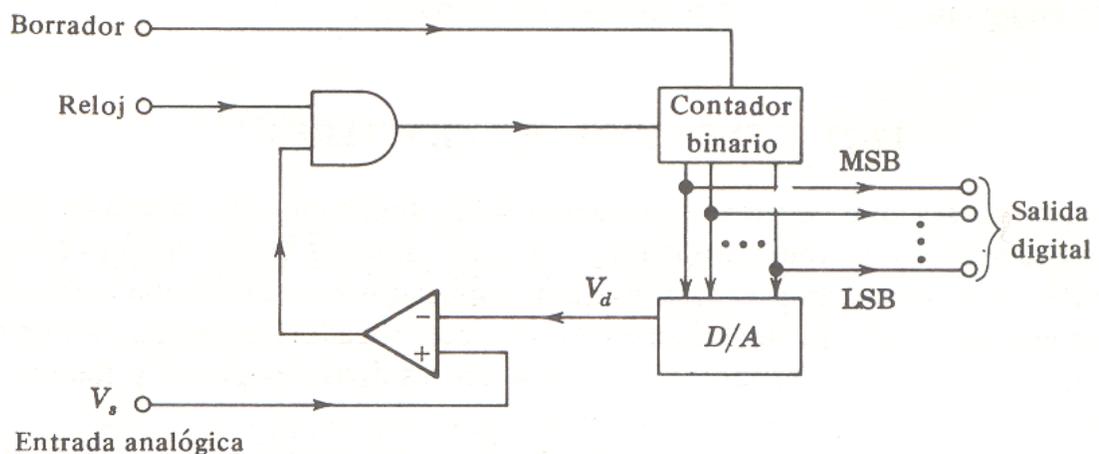
3.2.2.1. Convertidor A/D de rampa o escalera

En este sistema, una secuencia de impulsos igualmente espaciados pasa a través de una puerta que permanece normalmente cerrada, y se abre en el instante en que empieza una rampa lineal. Dicha puerta permanece abierta hasta que la tensión lineal de barrido alcanza el potencial de referencia de un comparador, regulado a un nivel igual a la tensión análoga a convertir. El número de impulsos del tren que pasa por la puerta es, por tanto, proporcional a la tensión análoga. Si esta tensión análoga varía con el tiempo, es evidente que no será posible convertir los datos analógicos continuamente; sino que será necesario tomar los datos análogos por muestreo con ciertos intervalos. El valor máximo de la tensión análoga vendrá representado por un número de impulsos n . Es evidente que n debe hacerse lo más grande que sea posible. Esto es compatible con la necesidad de que el intervalo de tiempo, entre dos impulsos sucesivos, sea mayor que el error del modulador de tiempo.

La frecuencia de aparición de los impulsos es igual, como mínimo, al producto de n por el ritmo de muestreo. Este será mayor debido al tiempo necesario para restablecer el circuito entre dos muestras.

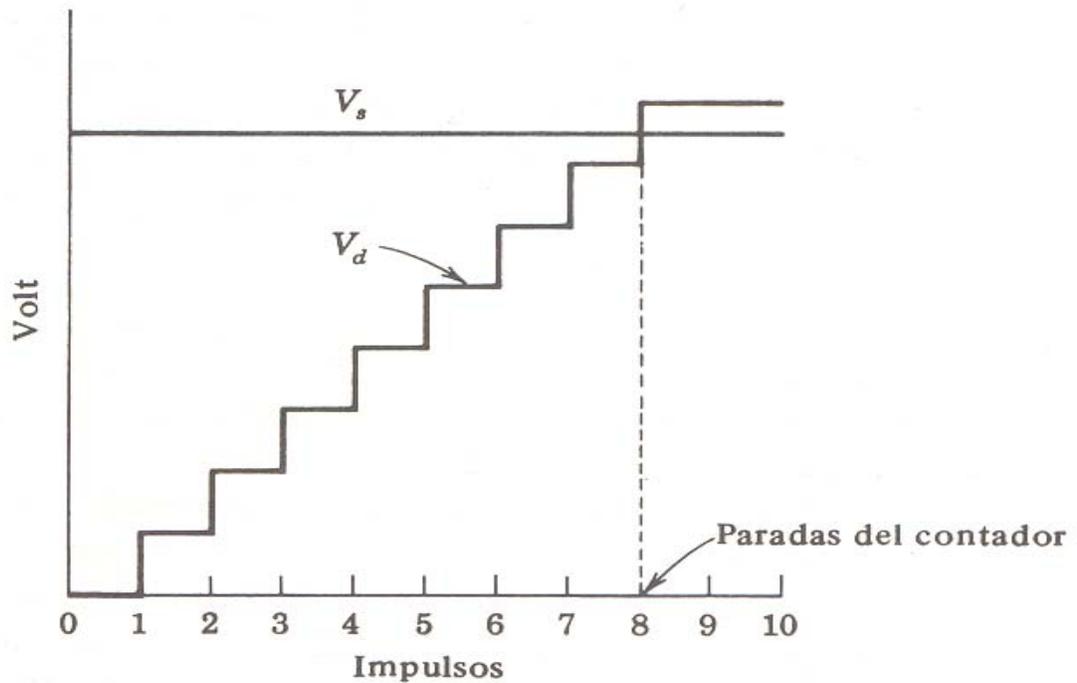
En el convertidor análogo a digital de la figura 13, se emplean los principios comentados anteriormente. Un impulso de borrado lleva el contador a cero. El contador registra, en forma binaria, el número de impulsos de la línea del reloj. El reloj es una fuente de impulsos igualmente espaciados en el tiempo. Como el número de impulsos contados aumenta linealmente con el tiempo, la información binaria que representa esta cuenta se emplea como entrada en un convertidor digital a análogo cuya salida es la de la figura 14. Mientras la entrada análoga V_s sea mayor que V_d , la salida del comparador es alta y la puerta Y está abierta para la transmisión de los impulsos del reloj al contador. Cuando V_d sobrepase a V_s , la salida del comparador cambia al valor inferior, y la puerta Y se cierra. Esto para la cuenta en el momento en que $V_s \approx V_d$, y en el contador puede leerse un dato digital que representa la tensión análoga de entrada.

Figura 13. Convertidor A/D utilizando un contador



Fuente: Millman, C. Halkias, Electrónica Integrada, página 667

Figura 14. Forma de onda en rampa del contador



Fuente: Millman, C. Halkias, Electrónica Integrada, página 667

3.2.2.2. Convertidor A/D por aproximaciones sucesivas

La técnica de las sucesivas aproximaciones es otro método para establecer un convertidor A/D. En lugar de un contador binario como el de la figura 13, se emplea un programador. El programador pone el bit más significativo (MSB) a 1, con todos los demás bits a 0, y el comparador coteja la salida del D/A con la señal análoga. Si la salida de D/A es mayor, el 1 se elimina del bit más significativo y se pasa al inmediato inferior. Si la entrada análoga es mayor, el 1 permanece en su lugar. Posteriormente, se va tanteando un 1 en cada lugar del decodificador D/A, siguiendo el mismo proceso hasta que se obtiene un equivalente binario a la señal análoga.

3.2.3. Circuito de conversión análogo a digital utilizado en el sistema de monitoreo.

Como se menciona anteriormente, existen muchos tipos de convertidores A/D. Los convertidores mencionados en la sección previa se utilizan principalmente en aplicaciones que utilizan 8 bits o más. La cantidad de bits con que cuente el convertidor es el parámetro de precisión en la conversión de la señal análoga.

La aplicación del circuito que se analiza no necesita de un nivel de precisión alto, debido a que la señal de entrada tendrá solamente valores positivos no mayores de 6 voltios, como lo muestra la figura 11. Al utilizar un convertidor de 3 bits con un voltaje de referencia de 6 voltios, se obtiene una resolución de 0.75 voltios. Un valor suficiente para notar los cambios del RSL en el MODEM de microonda. Además, en un sitio puede existir más de un enlace, por lo tanto, es adecuado utilizar el menor número de bits posible para así monitorear más enlaces de microonda.

El convertidor análogo a digital elegido para el circuito es uno del tipo paralelo, el cual también es llamado convertidor simultáneo. El concepto es simple y la velocidad de respuesta es suficiente para la aplicación.

La figura 15 muestra el circuito convertidor análogo a digital. Este utiliza amplificadores operacionales que comparan un voltaje de referencia con la señal análoga de entrada. En la tabla VI se muestra la tabla de la verdad para este circuito.

Figura 15. Circuito convertidor análogo a digital paralelo.

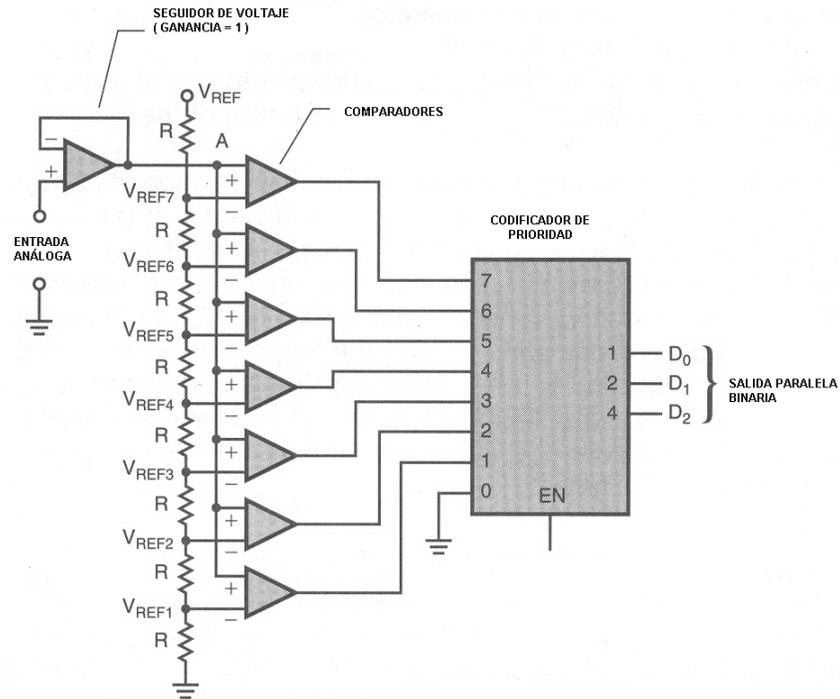


Tabla VI. Tabla de la verdad para el circuito convertidor A-D.

TABLA DE LA VERDAD DEL CIRCUITO AD											
ENTRADA ANÁLOGA	ENTRADA DEL CODIFICADOR DE PRIORIDAD								SALIDA		
	0	1	2	3	4	5	6	7	D0	D1	D2
V	0	1	2	3	4	5	6	7	D0	D1	D2
0	L	L	L	L	L	L	L	L	0	0	0
0.75	L	H	L	L	L	L	L	L	0	0	1
1.5	L	L	H	L	L	L	L	L	0	1	0
2.25	L	L	L	H	L	L	L	L	0	1	1
3	L	L	L	L	H	L	L	L	1	0	0
3.75	L	L	L	L	L	H	L	L	1	0	1
4.5	L	L	L	L	L	L	H	L	1	1	0
5.25	L	L	L	L	L	L	L	H	1	1	1

El voltaje de referencia V_{ref} , determina la resolución del convertidor. En la figura 15, la red de precisión divisora de voltaje formada por las resistencias R , divide el voltaje de referencia en 8 partes iguales. Así, un voltaje de referencia de 6 voltios proporcionará una resolución de 0.75 voltios. Cada valor de V_{ref} es 0.75 voltios mayor al voltaje V_{ref} que está debajo de él.

Los valores para los voltajes de referencia V_{ref} se calculan por medio de un simple divisor de tensión, así con un valor de referencia de 6 voltios tendremos :

$$V_{ref1} = (6) * (R) / [(7)*R + R] = 6 / 8 = 0.75 \text{ volts}$$

$$V_{ref2} = (6) * (2R) / [(6)*R + 2 * R] = 12 / 8 = 1.5 \text{ volts}$$

$$V_{ref3} = (6) * (3R) / [(5)*R + 3 * R] = 18 / 8 = 2.25 \text{ volts}$$

$$V_{ref4} = (6) * (4R) / [(4)*R + 4 * R] = 24 / 8 = 3 \text{ volts}$$

$$V_{ref5} = (6) * (5R) / [(3)*R + 5 * R] = 30 / 8 = 3.75 \text{ volts}$$

$$V_{ref6} = (6) * (6R) / [(2)*R + 6 * R] = 36 / 8 = 4.5 \text{ volts}$$

$$V_{ref7} = (6) * (7R) / [R + 7 * R] = 42 / 8 = 5.25 \text{ volts}$$

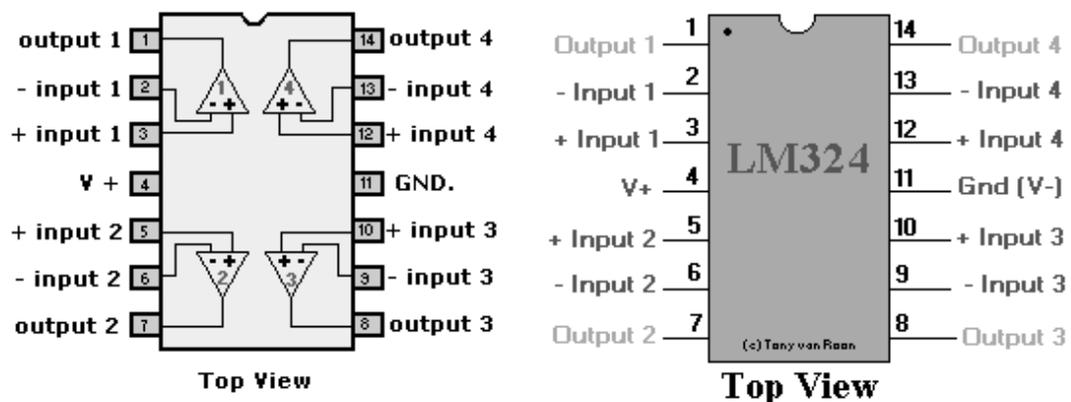
El voltaje análogo de entrada es conectado a un amplificador operacional configurado como seguidor de voltaje, que tiene una ganancia igual a 1; y su salida se conecta a una de las entradas de cada comparador. El voltaje de referencia individual para cada comparador (voltaje de disparo para cada comparador) es definido por la red resistiva divisora de voltaje de precisión. Con un voltaje de referencia de 6 voltios, el comparador 1 conmutará cuando la entrada análoga sea mayor a 0.75 voltios, el comparador 2 conmutará cuando la entrada análoga sea mayor a 1.5 voltios y así sucesivamente en cada uno de los comparadores.

En los comparadores, con una entrada de voltaje más negativa que V_{ref} en la entrada no inversora, el comparador tendrá un nivel lógico bajo en la salida. Cuando la entrada análoga de voltaje en la entrada no inversora es más positiva que V_{ref} , la salida del comparador es un nivel lógico alto.

El comparador que se utiliza en el circuito es el LM324, un dispositivo tipo DIP (*Dual In Line Package*) de 14 pines. Este tipo de comparador tiene una alta ganancia y está diseñado para trabajar con una sola fuente en un amplio rango de voltajes (desde 3 hasta 30 voltios) . Se utiliza 9 comparadores en el circuito; por lo que, es necesario utilizar tres circuitos integrados de este tipo.

La figura 16 muestra el diagrama esquemático y la polarización de pines del ECG987.

Figura 16. Diagrama esquemático y polarización de pines del LM324.



Fuente: <http://www.uoguelph.ca/~antoon/gadgets/lm324.htm>

La salida de cada comparador es conectada a la entrada de un codificador de prioridad, que produce una salida de 3 bits y representa el valor análogo de entrada.

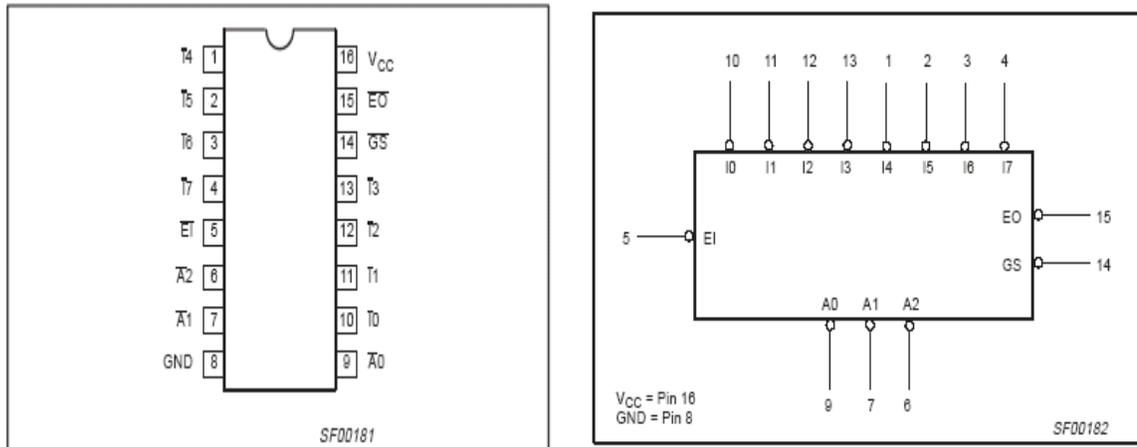
El circuito que se utiliza como codificador es el ECG 74LS148. Este es un codificador de prioridad que acepta datos de 8 entradas que se activan con un nivel de voltaje bajo y provee una representación binaria en sus tres salidas; las cuales también se habilitan con un nivel bajo. A cada entrada se le asigna una prioridad, así cuando dos o más entradas están activas simultáneamente, la entrada con la mayor prioridad es la que se representa en la salida, siendo la línea de entrada I7 la que tiene la mayor prioridad en el circuito.

Un nivel alto en el pin *Enable Input* (EI) forzará todas las salidas a un estado inactivo (nivel alto), y permitirá que nueva información se coloque sin producir información errónea a la salida. Una salida de señal de grupo (GS) y una salida de habilitación (EO) son provistas adicionalmente de las tres salidas de datos.

El pin GS se activa con un nivel bajo cuando cualquiera de las entradas es un nivel bajo; esto indica cuando alguna de las entradas está activa. El pin EO se activa también con nivel bajo cuando todas las entradas tienen un nivel alto. Al utilizar la habilitación de salida EO junto con la habilitación de entrada EI, se puede formar codificadores de prioridad con N entradas.

La figura 17 muestra la configuración de pines y diagrama lógico para el codificador de prioridad ECG 74LS148.

Figura 17. Configuración de pines y diagrama lógico del ECG 74LS148.



Fuente: Hoja de datos de Phillips Semiconductors. Documento 9397-750-05078

Entonces si, por ejemplo, se tiene un voltaje de entrada de 2.3 voltios, los primeros 3 comparadores tienen una salida alta. En el codificador de prioridad las entradas 1, 2 y 3 están activadas, sin embargo, debido a que la entrada 3 es la que tiene prioridad sobre las otras dos, se tiene a la salida el equivalente binario de la entrada 3. Cuando se tenga una entrada de señal con un valor de voltaje de 6 voltios o mayor, todos los comparadores tendrán una salida alta. Esto implica que todas las entradas del codificador de prioridad estarán activadas. Asimismo, como la entrada 7 tiene prioridad sobre cualquiera de las otras entradas, la salida del codificador será el equivalente al número 7, esto es, D0 = alto, D1 = alto y D2 = alto.

3.3. Amplificación de la señal

Por medio del bloque de amplificación de la señal, se logra acoplar la señal obtenida del convertidor analógico digital hacia el bloque de aislamiento óptico, así también, amplificar la señal que entrega el convertidor.

3.3.1. Acoplamiento del circuito

Acoplar dos o más circuitos o sistemas, significa asociarlos en tal forma que una señal pueda ser transferida de uno a otro. Este acoplamiento puede ser desde la salida de una compuerta hacia la entrada de otra compuerta; desde o hacia una línea de datos o registros, o de casi cualquier dispositivo digital a otro. Una aplicación común es acoplar datos desde o hacia un bus. En la mayoría de casos, el código digital usado para la información viaja en paralelo a lo largo del bus en un período de tiempo dado.

El acoplamiento puede abarcar algún tipo de interfaz, es decir, conectar los dispositivos de manera compatible. En el caso de un sistema digital, los niveles de voltaje altos y bajos que son salidas de un sistema acoplador deben proveer márgenes de ruido adecuados con respecto a las especificaciones de niveles altos y bajos de los dispositivos de entrada.

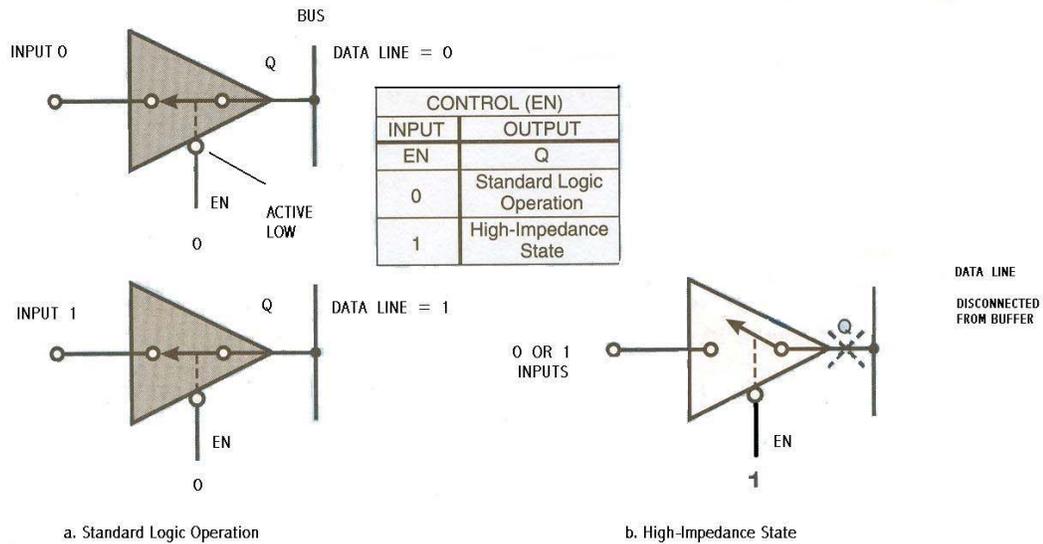
El dispositivo que se utiliza para el acoplamiento del circuito es comúnmente llamado *buffer*. Un *buffer* es un tipo especial de compuerta lógica que puede aislar compuertas convencionales de otros circuitos, y provee corrientes altas para circuitos con carga de corriente alta o con gran abanico de salida.

Un buffer no inversor es un circuito con una única entrada que no altera la señal a la salida: un 1 de entrada, y un 1 a la salida. Es común, también, utilizar buffer inversores, que tienen una salida que complementa la entrada: un 1 a la entrada es un 0 a la salida. Estas compuertas usualmente son construidas con transistores que tienen capacidad de manejo de potencia que permite manejar corrientes un poco más altas que las que maneja un circuito TTL convencional. Estas proveen aislamiento (*buffering*) entre un circuito digital y un bus de datos común, por ello, son también llamadas *conductores de bus* (*bus drivers*). De igual forma, proveen aislamiento para compuertas lógicas convencionales al ser la fuente de corriente requerida por cualquier dispositivo conectado a su salida, sin sobrecargar el dispositivo de entrada. Un tipo de *buffer* muy popular es el de 3 estados.

3.3.2. Buffer de tres estados

Un *buffer* de 3 estados tiene el nivel usual de salida lógica, nivel alto, nivel bajo y también un tercer estado que es llamado de alta impedancia. Este último estado es, simplemente, un circuito abierto entre la circuitería interna del dispositivo de 3 estados y la terminal de salida que es conectada al bus. La figura 18 muestra estos 3 estados cuando el *buffer* es usado como conductor de bus. La terminal EN representa una entrada de control para habilitar / deshabilitar el *buffer* de 3 estados y puede ser activado con un nivel alto o con un nivel bajo. Cuando la terminal EN es activada, el dispositivo opera en la misma manera que un *buffer* convencional. Cuando la terminal EN no es activada, el dispositivo se encuentra en su estado de alta impedancia y la salida es desconectada del resto del circuito. Se dispone de dispositivos de 3 estados tanto para la familia TTL y la CMOS.

Figura 18. Diagrama de un Buffer tri-estado



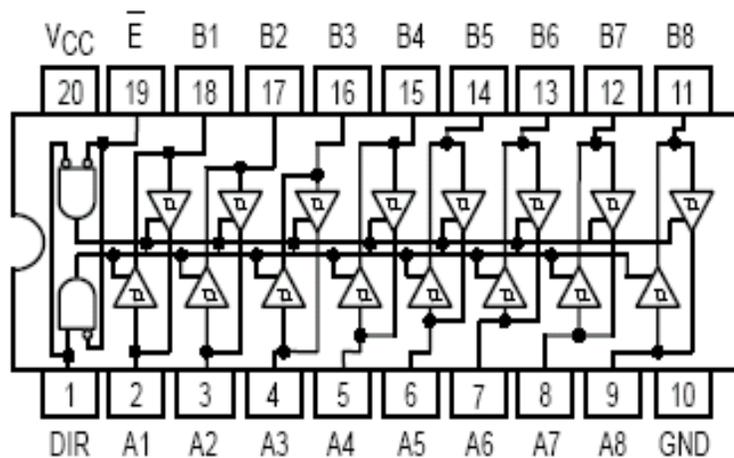
Fuente: Evans Alvis J., **Basic Digital Electronics**, pag. 96

Un bus en un sistema digital puede transportar datos usualmente en dos direcciones. Asimismo, el dispositivo conectado a él puede transmitir datos hacia el bus, recibir datos del bus, o ambas (usualmente no al mismo tiempo). Un dispositivo que transmite datos al bus es llamado *transmisor*, mientras que uno que recibe datos desde el bus es llamada *receptor*. Algunos dispositivos de 3 estados pueden hacer ambas cosas, emitir o recibir al bus. Estos dispositivos bi-direccionales son llamados transceptores (transmisor / receptor).

El dispositivo que se utilizará en el sistema es un bus transceptor octal no inversor de 3 estados, identificado con el código ECG 74LS245. La figura 19 muestra la configuración de sus pines y el diagrama lógico interno. Se observa que los *buffers* están configurados en dos grupos de 8.

Un grupo pasa datos desde el puerto A hacia el puerto B, y el otro pasa datos en la otra dirección; es decir, desde el puerto B hacia el puerto A. Cuando EN es igual a un nivel bajo, las compuertas 1 y 2 son habilitadas. Cuando el control de dirección DIR está en un nivel alto, la salida de la compuerta 1 es 0, y los *buffers* que pasan datos desde el puerto B hacia el puerto A son puestos en el estado de alta impedancia, y son desconectados desde el lado de las terminales del puerto A. Al mismo tiempo, la compuerta 2 produce un 1 como salida, lo que habilita todos los *buffers* que pasan datos desde el puerto A hacia el puerto B. Los datos fluyen desde el puerto A hacia el puerto B. Al cambiar el control de dirección DIR a un nivel bajo, la salida de la compuerta 1 es un 1, los *buffers* que pasan los datos desde el puerto B hacia el puerto A son habilitados; los *buffers* que pasan datos desde el puerto A hacia el puerto B son puestos en el estado de alta impedancia, las terminales desde el lado B del puerto desconectadas, y los datos fluyen desde el puerto B hacia el puerto A. Sólo un grupo de *buffers* se encuentra activo al mismo tiempo, así no pueden ocurrir conflictos.

Figura 19. Diagrama interno del ECG 74LS245

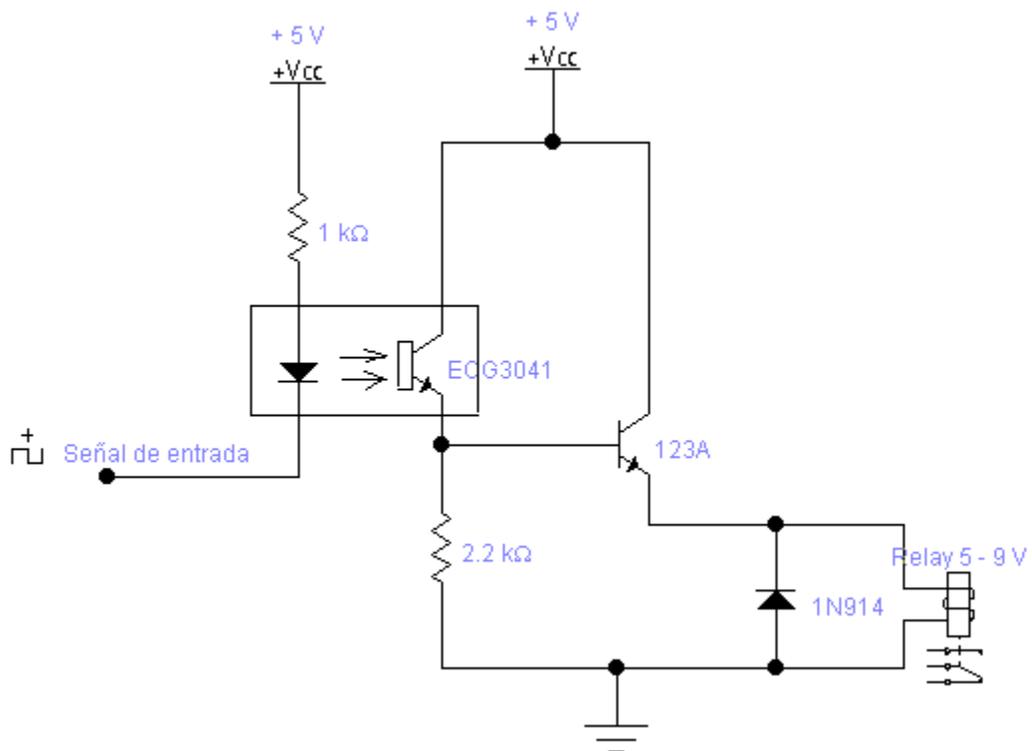


3.4. Bloque de aislamiento óptico y salida de relevadores

Este bloque tiene dos propósitos: el primero es aislar eléctricamente cualquier contacto entre el circuito y el módem de microonda, por medio de un circuito óptico; el segundo, brindar el contacto mecánico que conecta la información obtenida del convertidor a la interfaz de la radiobase por medio de los relevadores.

El circuito a utilizar se muestra en la Figura 20 y se explica a continuación.

Figura 20. Circuito utilizado en el bloque de aislamiento óptico.



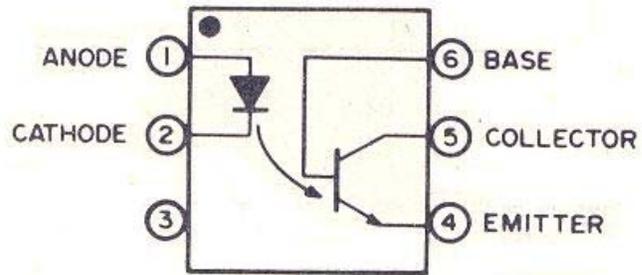
La señal que viene de los amplificadores operacionales se conecta a un optoacoplador. Un optoacoplador tienen la capacidad de convertir una señal eléctrica de entrada en una señal luminosa modulada, y volver a convertirla en una señal eléctrica. La gran ventaja del optoacoplador reside en el aislamiento eléctrico que puede establecerse entre los circuitos de entrada y salida.

Los fotoemisores que se emplean en los optoacopladores son diodos que emiten rayos infrarrojos y los fotoreceptores pueden ser tiristores o transistores. Cuando aparece una tensión sobre los terminales del diodo, este emite un haz de rayos infrarrojo, que transmite a través de una pequeña guía de ondas de plástico o cristal hacia el fotorreceptor. La energía luminosa que incide sobre el fotorreceptor hace que este genere una tensión eléctrica a su salida. Este responde a las señales de entrada que podrían ser pulsos de tensión.

En el circuito se observa como una señal de entrada con un nivel bajo crea una diferencia de potencial entre la fuente y la terminal de entrada. Esto hace que circule corriente sobre el fotodiodo del optoacoplador. Cuando la entrada es alta, no se crea diferencia de potencial entre la fuente de voltaje y la entrada; por lo que, no hay circulación de corriente sobre el fotodiodo, y por lo tanto, no es excitado. El fotodiodo al activarse emite un haz de luz que activará a su vez la base del fototransistor del optoacoplador. Esta es la parte de aislamiento óptico, y como se observa en el circuito, se ha aislado eléctrica y mecánicamente del otro bloque.

El dispositivo que se utiliza para esta parte es el optoacoplador ECG3041. Su diagrama esquemático se muestra en la figura 21.

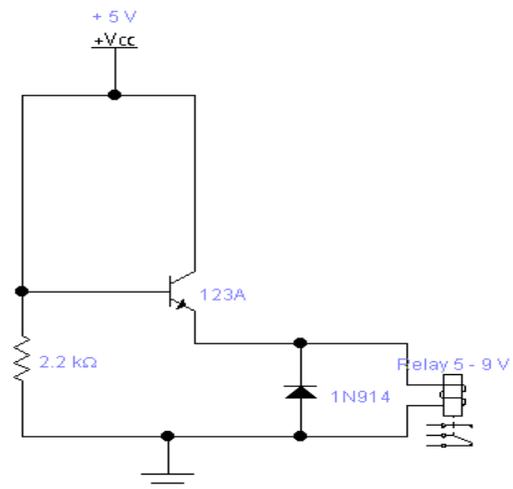
Figura 21. Diagrama esquemático del ECG3041.



Fuente: Guía de Reemplazos ECG, 18 va. Edición. Pág. 1-161.

El fototransistor se activa por medio de la luz del fotodiodo y hace que la corriente circule entre las terminales colector y emisor. Si se analiza por separado este circuito se tiene un circuito parecido al de la figura 22.

Figura 22. Circuito equivalente con fototransistor activado



Este circuito es el equivalente cuando el fototransistor está activado. Su base es excitada por medio de la luz del fotodiodo y las terminales colector-emisor conducen y se asemejan a un cortocircuito. De esta forma la resistencia de 2.2 K polariza la base del transistor 123A, y así fluye la corriente entre colector y emisor que fluirá, también, a través de la bobina del relevador. La corriente que fluye por la bobina del relevador hace que sus contactos cambien de un estado abierto a uno cerrado.

Estos contactos se conectan a la interfaz física de la radio base, el MDF, y será la información que viajará desde la radio base hasta la central de conmutación.

4. RECUPERACION, MANEJO Y PRESENTACION DE LA INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO

4.1. Sistema de alarmas del AXE 10.

El sistema de alarmas consta de todas las funciones involucradas en la recepción, transferencia, indicación y reconocimiento de una alarma.

Esta función es implementada en el Subsistema de Comunicación Hombre-Máquina (MCS) del AXE 10. Si una aplicación necesita iniciar una alarma de operador, entonces una señal de software es enviada al MCS, resultando en el despliegue directo en una terminal de monitoreo y también una indicación audio-visual en un panel de alarmas. La información es almacenada en una lista de alarmas en donde se podrá tener acceso a su información manualmente al ejecutar un comando sobre la terminal de monitoreo.

Para detectar alarmas de seguridad como temperatura del cuarto de la radiobase, puerta abierta, etc., el MCS tiene *hardware* al cual se conectan sensores de alarmas externas. Este *hardware* es rutinariamente consultado vía software. Siempre que se detectan condiciones de alarma, las señales son enviadas a la función de alarmas del operador como se describe en el párrafo anterior.

4.1.1. Estructura de bloques del sistema de alarmas

El sistema de alarmas del AXE 10 se compone de cuatro bloques, que interactúan para llevar a cabo el proceso de despliegue de alarmas.

Los bloques AL y ALA contienen las funciones de alarma dentro del sistema. Las funciones de estos bloques comprenden el almacenamiento de alarmas entrantes en la lista de alarmas, la administración, el cese y los despliegues de alarmas en las terminales de monitoreo (ALA). Estos bloques son parte del MCS.

El bloque ALIM contiene las funciones para definir, remover, bloquear y desbloquear la Unidad de Interfase de Alarmas (ALI).

El bloque ALSA puede administrar hasta 64,000 alarmas externas y también convierte las alarmas provenientes de afuera del sistema (alarmas externas) al mismo formato y las procesa como alarmas internas del sistema.

La tabla VII muestra la información de subclases de alarmas externas.

Tabla VII. Sub-clases de alarmas externas.

Sub-clase	Explicación
Local	La alarma se recibe en el AXE por el bloque de función EXAL2 (incluye hardware)
Transferido	La alarma es transferida internamente dentro del AXE, normalmente desde un Switch Suscriptor Remoto (RSS) Las alarmas externas transferidas son recibidas por el bloque de función EXAL0 (no hardware)

4.1.2. Unidad de interfaz de alarmas.

La Unidad de Interfase de Alarmas (ALI) posee las características siguientes:

- Funciones para supervisar una parada de operación.
- Circuitos para enviar el estado de alarmas a un Centro de Operación y Mantenimiento no computarizado.
- Interfases para la conexión de lámparas de indicación de atención y paneles de despliegue de alarmas.

Una ALI puede estar equipada para enviar el estado de las alarmas (función llamada *Switched Circuit Automatic Network* [SCAN]) , y hasta 8 ALI's pueden ser equipadas con lámparas indicadoras de atención (LID) y paneles de despliegue de alarmas (ALD).

El sistema de alarmas recibe alarmas internas y externas, por medio de la ALI, despliega el estado de la alarma en los paneles de despliegue. La ALI también transfiere el estado de la alarma hacia el centro de operación y mantenimiento a través de la interfase SCAN.

La ALI se comunica con el Procesador Central (CP) emulando una terminal. Están físicamente conectados por una interfase V.24. Las órdenes provenientes del CP hacia la ALI son enviados como despliegues espontáneos, y las órdenes desde la ALI hacia el CP son enviados como comandos.

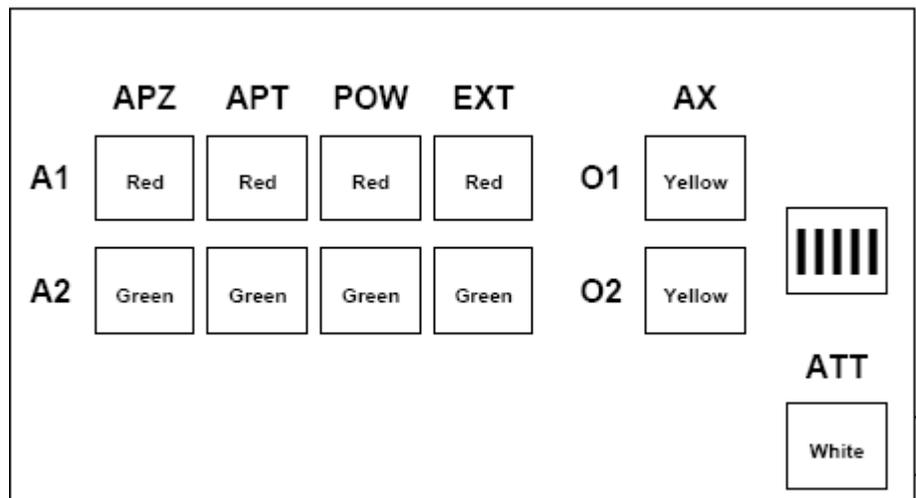
Cuando existe un corte en la operación, o cuando la conexión entre el CP y el programa de supervisión se pierde, la ALI genera una alarma. Después de 2 minutos y medio, la ALI genera una alarma de advertencia al encender la lámpara A2 en el panel de despliegue de alarmas.

4.1.3. Paneles de despliegue de alarmas

La figura 23 muestra un típico panel de control de alarmas (ALD) que se coloca en las oficinas de control y monitoreo. El panel contiene 4 categorías de despliegue: APZ, APT, POW y EXT con lámparas de indicación de alarma A1 y A2 para cada categoría. Las alarmas de observación O1 y O2 se incluyen para toda categoría de alarma. El panel contiene también un timbre, una alarma acústica, un botón pulsador para el reconocimiento de alarmas acústicas, y una lámpara de atención del operador.

El botón pulsador para el reconocimiento inhibe permanentemente las alarmas acústicas para todas las alarmas del panel.

Figura 23. Panel de despliegue de alarmas (ALD)



Fuente: Documento CMS 8800 MSC V7.5 ETSI APZ , Ericsson

4.1.4. Clase de alarmas.

La clase de alarma indica el grado de urgencia asociada con la alarma. Las alarmas que comienzan con A, son generadas por fallas espontáneas, y las alarmas que comienzan con O son generadas por acciones del operador que reducen la confiabilidad de operación o la calidad del servicio del sistema.

En la tabla VIII se indican las clases de alarma y las acciones que se deben tomar para cada clase de alarma.

Tabla VIII. Acciones a tomar dependiendo de la clase de alarma.

Alarma	Acción a tomar
A1 y lámparas encendidas	Acción inmediata , aún fuera del horario normal de trabajo.
A1	Acción inmediata , aún fuera del horario normal de trabajo.
A2	Acción inmediata durante el horario normal de trabajo.
A3	Se debe tomar acción en un Período no mayor de una semana.
O1	Tomar acción tan pronto como sea posible durante el horario normal de trabajo.
O2	Acción a tomar a un horario conveniente

4.1.5. Categoría de alarmas.

La categoría de la alarma indica el tipo de equipo que genera la alarma. El AXE puede manejar hasta 16 categorías de alarma. Estas categorías están agrupadas en categorías de despliegue para su indicación en el panel de despliegue de alarmas o para enrutar los despliegues hacia la organización de mantenimiento correspondiente.

4.1.6. Despliegue de alarmas.

Todas las alarmas sin importar la clase, son almacenadas en una lista de alarmas que puede ser desplegada manualmente por medio de un comando.

La lista de alarmas contiene toda la información acerca de ella, esta información contiene la clase y categoría de la alarma, además 2 palabras clave, que son definidas por el operador y ayudan a identificar el lugar donde ocurre la alarma.

4.2. Recuperación de la información del sistema de monitoreo.

4.2.1. Sistema Hombre-Máquina en el AXE 10.

El sistema Hombre-Máquina consiste generalmente de una computadora personal que permite el acceso hacia la base de datos del MSC para actividades de operación y mantenimiento.

Regularmente se ingresa a la base de datos del MSC al utilizar el programa *Telnet*. Este sirve para establecer una conexión en línea con una máquina remota, en este caso con la base de datos de la MSC.

Una vez establecida la conexión empieza el envío/recepción de mensajes que se despliegan cuando el sistema se encuentra en operación. Los comandos, que el usuario ingresa aquí, son llamados Lenguaje Hombre-Máquina (MML) y permiten la comunicación hacia cualquier punto de la red.

También, en las estaciones radiobase, se define un punto para conexión hacia el MSC, este puede estar en cualquiera de los Procesadores Regionales de Extensión de Módulo.

El sistema AXE 10, utiliza regularmente un *software* desarrollado para el envío de comandos al sistema hombre-máquina llamado WinFIOL (*File On Line*). Con este *software* se realizan las mismas tareas que con el programa *Telnet*, pero este tiene la ventaja de presentar un entorno más amigable para el envío y recepción de mensajes.

4.2.2. Programa para la recuperación y presentación de la información.

El *software* para la recuperación y presentación de la información del sistema de monitoreo consiste en un programa hecho en lenguaje de programación *Delphi*.

Delphi es un entorno de programación orientado a objetos para aplicaciones de desarrollo rápido, con el que se puede crear desde utilidades de propósito general hasta sofisticados programas de acceso de datos.

Cuando se ejecuta, el programa realiza automáticamente las siguientes funciones:

- Inicia una sesión en *Telnet*, al conectarse por medio de sus componentes de red al MSC. Ingresa automáticamente un *password* y *login* que son los códigos de seguridad para el ingreso a la base de datos del MSC.
- Luego de iniciada la sesión, abre una ventana de despliegue de alarmas. Esta ventana muestra el inicio y el cese de todas las alarmas existentes en el MSC, y es aquí donde busca la información para el sistema de monitoreo.
- Por medio de funciones de texto, busca la ausencia o presencia de alarmas de monitoreo que se definen para el sistema.
- Asigna el peso o valor a cada alarma, correspondientes al orden como queremos decodificar la información. En el codificador de 3 bits, el bit 0 es el menos significativo y el bit 2 el más significativo.
- Muestra gráficamente, el nivel actual del RSL del MODEM de microonda. También muestra el valor numérico en voltios.

Existen en el MSC 3 categorías de alarma definidas: la primera se denomina EXT, en esta categoría se reportan todas las alarmas externas, es decir, alarmas que no afectan directamente a elementos de red, sino que pueden afectar su entorno, por ejemplo: alarma por corte de energía comercial, alta temperatura en el salón de la radiobase, puerta abierta, etc. La segunda categoría se denomina APT, y en esta se presentan todas las alarmas correspondientes a la parte de APT del AXE 10.

De igual forma la tercera categoría de alarma se denomina APZ, y en esta se despliegan todas las alarmas correspondientes a la parte de APZ del AXE 10.

Para el sistema de monitoreo se define, por medio de comandos en la base de datos del MSC, una categoría de alarmas especial, la cual se nombra MON (por monitoreo), esto para que las alarmas correspondientes al sistema puedan ser fácilmente identificadas y no causen confusión al operador.

A continuación se presenta el programa en código fuente realizado en Delphi y la explicación de cada una de sus funciones.

```
unit Unit1;
interface
uses
Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
OoMisc, ADTrmEmu, AdPort, AdWnPort, StdCtrls, AdPacket, ExtCtrls, ComCtrls;
type
TForm1 = class(TForm)
ApdWinsockPort1: TApdWinsockPort;
AdTTYEmulator1: TAdTTYEmulator;
ApdDataPacket2: TApdDataPacket;
Edit1: TEdit;
Edit2: TEdit;
Edit3: TEdit;
Label1: TLabel;
Label2: TLabel;
Label3: TLabel;
AdTerminal1: TAdTerminal;
Timer1: TTimer;
Memo1: TMemo;
Label5: TLabel;
Label4: TLabel;
```

```

Label6: TLabel;
ProgressBar1: TProgressBar;
procedure ApdDataPacket2StringPacket(Sender: TObject; Data: String);
procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
procedure Edit1Change(Sender: TObject);
procedure Edit2Change(Sender: TObject);
procedure Edit3Change(Sender: TObject);
Procedure cambio;
private
{ Private declarations }
public
{ Public declarations }
end;

var
Form1: TForm1;
l:integer;
texto:string;
alarma:boolean;
tiempo:integer;
voltaje:integer;
implementation
    {$R *.DFM}
procedure TForm1.ApdDataPacket2StringPacket(Sender: TObject; Data: String);
begin
texto:=data;
memo1.Clear;
memo1.Lines.Add(texto);
label5.Caption:=copy(memo1.Lines[0],11,7);
if copy (memo1.Lines[0],11,7) = 'CEASING' then
begin
alarma:=false;
label4.Caption:='false';
end
else

```

```

begin
alarma:= true;
label4.Caption:='true';
end;
if memo1.Lines[3]='GU01' then
BEGIN
IF alarma then
Begin
if copy (memo1.lines[2],0, 5) = 'BIT 0' then EDIT1.Text:='UNO';
if copy (memo1.lines[2],0, 5) = 'BIT 1' then EDIT2.Text:='UNO';
if copy (memo1.lines[2],0, 5) = 'BIT 2' then EDIT3.Text:='UNO'
end
else
begin
if copy (memo1.lines[2],0, 5) = 'BIT 0' then EDIT1.Text:='CERO';
if copy (memo1.lines[2],0, 5) = 'BIT 1' then EDIT2.Text:='CERO';
if copy (memo1.lines[2],0, 5) = 'BIT 2' then EDIT3.Text:='CERO';
end;
texto:="";
end;
end;

procedure TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
inc (tiempo);
case tiempo of
5 :apdwinsocport1.PutString('PASSWORD'+#13#10);
10 :apdwinsocport1.PutString('LOGIN'+#13#10);
12 :apdwinsocport1.PutString('mml -a'+#13#10#13);
14 : timer1.Enabled:=false;
end
end;

procedure TForm1.Edit1Change(Sender: TObject);

```

```

begin
cambio;
end;

procedure TForm1.Edit2Change(Sender: TObject);
begin
cambio;
end;

procedure TForm1.Edit3Change(Sender: TObject);
begin
cambio;
end;

Procedure TForm1.cambio;
Begin
voltaje:=0;
if Edit1.text='UNO' THEN voltaje:=voltaje+4;
if Edit2.text='UNO' THEN voltaje:=voltaje+2;
if Edit3.text='UNO' THEN voltaje:=voltaje+1;
ProgressBar1.Position:=voltaje;
end;
end.

```

El programa utiliza componentes que permiten la conexión automática a Telnet cuando es ejecutado. El componente *Winsockport* hace que se establezca la conexión por medio de la dirección IP del MSC. Con este componente se envían comandos hacia el MSC por medio de *Telnet*, los primeros en enviarse son el *password* y *login*, necesarios como medida de seguridad, para tener acceso a la red. Luego se ingresa al comando “mml -a”, el cual abre una sesión destinada específicamente a la recepción de alarmas.

Es en esta ventana, en la que con el componente *DataPacket*, que permite manipular texto, se detecta la activación o el cese de las alarmas de monitoreo previamente definidas, que representan los 3 bits del comparador análogo-digital.

El programa consta de 2 procedimientos principales. El primero se utiliza para localizar el texto correspondiente al inicio o cese de alarmas de monitoreo.

El primer procedimiento utiliza el componente *DataPacket*. Este componente es capaz de localizar una palabra o frase dentro de un texto que conste de varias líneas, a partir de una palabra de búsqueda inicial y una palabra de búsqueda final. Los mensajes que se despliegan en la ventana de alarmas y llevan la información de alarmas de cualquier categoría y clase, constan de 6 líneas. La primera línea empieza con el texto "***Alarm", por lo tanto, ésta se define como nuestra palabra de búsqueda inicial, en el componente *DataPacket*. Todo mensaje de alarma, ya sea que esta se inicie o cese, termina con el texto *END*, por ello, ésta es la palabra de búsqueda final. El evento *OnStringPacket* se activa en el componente *DataPacket*, esto para que el procedimiento de búsqueda se realice cada vez que un nuevo paquete de información llega a la ventana de alarmas.

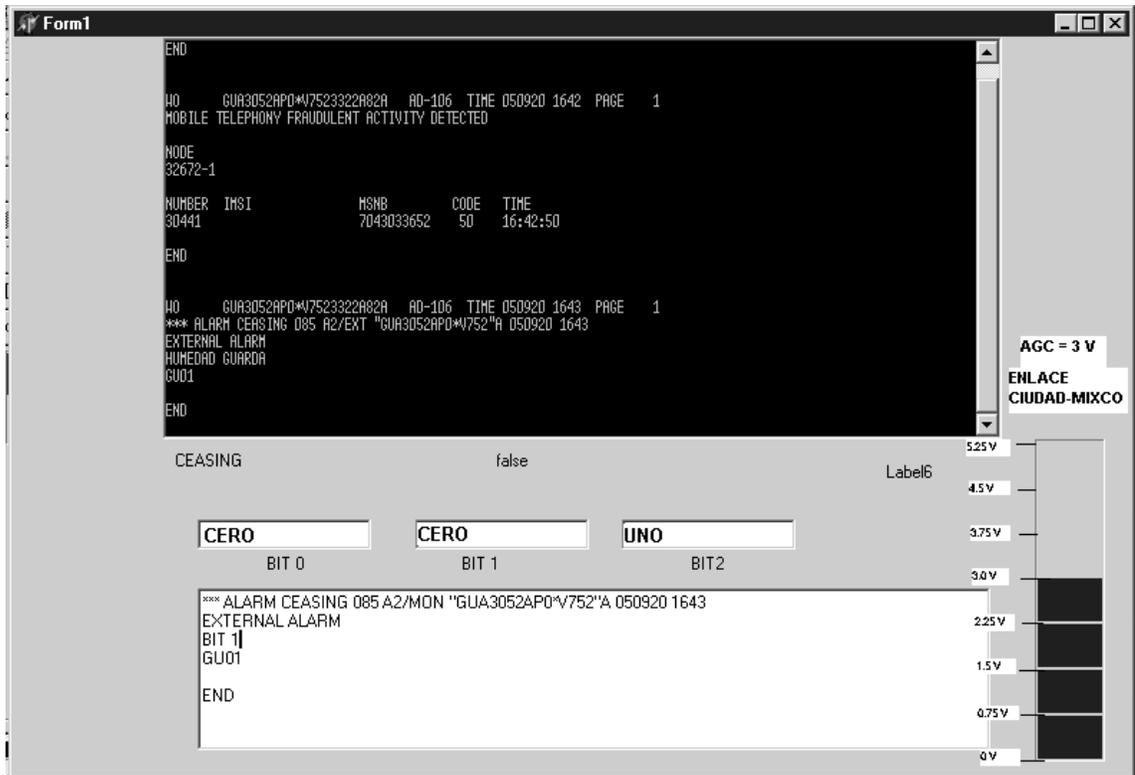
Una vez definidas las 2 palabras de búsqueda y después de hacer que el procedimiento se ejecute para cada paquete de información que llega a la ventana de despliegue de alarmas, se busca dentro del texto que se ha capturado, la palabra *CEASING*, la que indica el cese de una alarma. Si esta palabra se encuentra dentro del texto, entonces se asigna un valor *falso* a la variable *alarma*, de lo contrario su valor será *verdadero*. La variable *alarma* es de tipo Boolean, y solo puede tener los valores *verdadero* o *falso*.

Luego de esto se verifica el texto de la siguiente línea de información de la alarma para verificar que corresponda al sitio que se está monitoreando con el sistema. De ser así se examina la siguiente línea de información para saber si la alarma corresponde al bit 0, al bit 1 o al bit 2 y se compara con la información almacenada en la variable *alarma*. Entonces, si por ejemplo, tenemos por medio de la extracción del texto que la alarma corresponde al bit 2 y el valor de la variable *alarma*, es verdadero, entonces eso indica que la alarma se genera, y se le asigna el valor 1 al bit 2. De lo contrario si el valor de la variable *alarma* es falso, eso indica que la alarma cesa y se le asigna un valor 0 al bit 2. Este procedimiento se hace para cada bit y se obtiene así el valor de cada uno de ellos.

El segundo procedimiento despliega por medio de una barra de progreso, el valor actual del AGC del enlace de microonda. Esto se hace al sumar los valores almacenados en el primer procedimiento. La ponderación de cada bit es 2^n , donde n puede tener los valores 0, 1 y 2. Entonces, por ejemplo, cuando los 3 bits están activos, el bit 0 tiene valor 1 ($2^0 = 1$), el bit 1 tiene valor 2 ($2^1 = 2$) y el bit 2 tiene valor 4 ($2^2 = 4$). La suma de la ponderación de los 3 bits hace el valor total del voltaje, correspondiente al RSL del MODEM de microonda. Este procedimiento hace la función de un convertidor digital-análogo, y devuelve el valor original que transmite el convertidor análogo-digital que se encuentra en el sitio remoto. La barra de progreso, colocada dentro de este procedimiento, muestra gráficamente un valor proporcional correspondiente al RSL, esto es, la suma de las ponderaciones de los bits. Así pues, para un valor 1 en los 3 bits, la barra está llena, y para un valor 0 en los 3 bits la barra está vacía.

La figura 24 muestra la forma como se despliega la información en la computadora personal cuando se ejecuta el programa de monitoreo.

Figura 24. Despliegue de información al ejecutar el programa de monitoreo.



CONCLUSIONES

1. El sistema de monitoreo de RSL en enlaces de microonda, ayuda a encontrar rápidamente la ubicación de posibles fallas y hacer que el tiempo de respuesta del personal de mantenimiento sea el menor posible. Esto conlleva a que los tiempos fuera de servicio del enlace se reduzcan y por consiguiente, las interrupciones que pueda tener el servicio sean más cortas.
2. La estación radiobase Ericsson 884, que forma parte del sistema móvil celular 8800, tiene interfaces de entrada que se utilizan para transmitir información.
3. En un sistema de telefonía móvil, la información que procesan las estaciones radio-base, se transmite hacia la central de conmutación por medio de un medio físico. El medio físico puede ser: el par trenzado, microonda, fibra óptica, satélite.
4. Las descargas electroatmosféricas, fuertes vientos, lluvias, son condiciones climáticas que afectan el buen desempeño de un enlace de microondas.
5. El Nivel de Señal Recibido (RSL), en el modem de un enlace de microonda, corresponde al nivel de potencia actual de la señal de entrada que se recibe. Este valor se presenta como un voltaje DC y sirve para determinar si el otro extremo del enlace transmite, y de ser así, a que potencia.
6. Delphi es un entorno de programación orientado a objetos que tiene varios componentes que facilitan el manejo de texto. Esto constituye una gran

ventaja al trabajar con el programa WinFIOL del CMS 8800 o con *Telnet*, en los que se pueden automatizar varias rutinas de mantenimiento al extraer caracteres alfanuméricos de un texto específico.

7. El codificador de prioridad ECG 74LS148 se configura para trabajar como convertidor análogo a digital al conectar una red de comparación construida con amplificadores operacionales. Al conectar sólo un codificador se obtiene un convertidor A/D de tres bits, sin embargo, estos pueden conectarse en cascada para construir un codificador de n bits de salida.

8. Cuando se monitorea un punto en donde existen varios enlaces de microonda (nodo) se puede utilizar la totalidad de alarmas de la tarjeta secundaria. La tarjeta de alarmas secundaria de la estación radiobase 884 posee 32 espacios para enviar información. Cada uno de estos representa 1 bit, por lo tanto se dispone de 32 bits.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar un convertidor análogo a digital de más bits, da como resultado un valor más cercano del RSL de un enlace de microonda. Se puede utilizar varios codificadores de prioridad conectados en cascada para obtener un convertidor de n bits.
2. Es importante contar con una herramienta para el monitoreo de la red de microonda. En la mayoría de las ocasiones, el mismo fabricante del enlace provee la herramienta para el monitoreo. Si ésta no existiera, el sistema de monitoreo que se explica en este trabajo de tesis es una solución eficaz , y fácil de construir a un bajo costo.
3. Para la implementación del proyecto es necesario contar con un programa capaz de recuperar los datos obtenidos por el convertidor, interpretarlos y presentarlos en forma gráfica, de forma que la persona que monitoree los enlaces identifique fácilmente el sitio o sitios donde ocurren las fallas.
4. Se recomienda la implementación de este tipo de monitoreo sobre todas las radiobases en el sistema de telefonía celular, con el fin de mejorar los tiempos de recuperación de fallas críticas y mantener una radiobase en servicio el mayor tiempo posible.
5. Es conveniente agregar al programa, la base de datos con la información de todos los sitios que se están monitoreando, a fin de que sea él mismo, el

que identifique en dónde ocurren las posibles fallas, y con esto facilitar aún más el trabajo del operador de gestión.

BIBLIOGRAFÍA

1. Taub, Schilling. **Principles of Communication Systems.** 2ª ed.; Singapore: McGraw-Hill, 1986.
2. Evans, Alvin J. . **Basic Digital Electronics.** Chicago, Illinois, E.E.U.U; Master Publishing, 1996.
3. Millman, C. Halkias. **Electrónica Integrada,** 9ª ed., Editorial Hispano-Europea, Barcelona, España; 1995.
4. Tanenbaum, Andrew S.. **Redes de Computadoras,** 3ª ed., México, Prentice Hall, 1997.
5. **Introducción al CMS 8800.** Manual del estudiante, ERICSSON, CIETE, México 1998.
6. M. Morris, Mano. **Diseño Digital.** 2ª ed., México, Prentice Hall Hispanoamericana, 1986.
7. **RBS 884 Series Operation and Maintenance Manual for CMS8800 Version 5.0,** Ericsson, C.I.E.T.E.
8. **RBS 884 Series Operation and Maintenance Manual for CMS 8800 Version 7.5,** Ericsson, C.I.E.T.E.
9. Malvino, Albert Paul. **Principios de Electrónica.** 3ª ed., México, MacGraw Hill, 1992.
10. **Borland Delphi for windows NT.** Guía del usuario. 1997.
11. Mims III, Forrest M.. **Optoelectronics Circuits.** Fort Worth, TX, U.S.A., 1998.
12. **ECG Master Replacement Guide.** 18ª ed., Philips Products.

13. Western Multiplex. **Lynx Installation and Maintenance Manual**. U.S.A. Nov. 1999.
14. Harris Corporation, **Digital Microwave Link Engineering Technical Paper Collection**. Redwood Shores, CA, U.S.A., 2,000.
15. NEC Corporation. **Miscelánea de temas para radio digital microondas PDH y SDH**. NEC de México, S.A. de C.V., 1997.
16. **Microwave Antenas RF Transmission Line Products**. Radio Frequency Systems RFS.
17. Terman, Frederick Emmons. **Ingeniería electrónica y de radio**. 4ta. Edición. Arbo Editores, 1953. 1071 pág.