ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRICA

PROTOCOLOS UTILIZADOS EN TELEFONOS CELULARES ERICSSON Y MOTOROLA COMERCIALIZADOS EN ECUADOR.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

WIGBERTO DAMASCO PICO ALVAREZ

DIRECTOR: Ing. TARQUINO SANCHEZ

Quito, noviembre del 2001

DECLARACIÓN

Yo, Wigberto Damasco Pico Alvarez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Wigberto Damasco Pico Alvarez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Wigberto Damasco Pico Alvarez, bajo mi supervisión.

Ing. TARQUINO SANCHEZ
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a DIOS en su hijo JESÚS, a la Santísima Virgen María madre de Jesús y madre nuestra, a mis padres Salvador y Concepción, a mi hermano y amigo Alejandro Augusto, a mis profesores, a mi esposa Marlenita, y a mi Director de Tesis que me apoyaron para la culminación de esta carrera.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la Comunidad "Jesús es el Señor"

RESUMEN

En esta tesis se hace un análisis de los protocolos de comunicación usados en telefonía celular y que son utilizados en Ecuador, se analiza brevemente la situación actual de la telefonía celular en el Ecuador, y se indica el número de abonados por operadora así como las marcas y modelos de celulares, en particular de las empresas Ericsson y Motorola, y de sus productos que son comercializados en nuestro medio.

La tecnología de la telefonía celular avanza rápidamente, y es por ello que para entender donde estamos actualmente, tenemos que hacer algo de historia de la telefonía celular, cuales son los sistemas que hay, el sistema usado en Ecuador, para luego comenzar el análisis de los protocolos analógicos, digitales y tendencias a futuro así como también las molestias en la salud que pueda causar este servicio.

En lo referente al protocolo de comunicación análogo se analiza el IS-19 con sus características y sus casos de tráfico en donde se analiza el proceso de llamada a un abonado móvil, desde un abonado móvil, como se realiza la liberación de llamadas, el proceso del handoff,

Al pasar al protocolo digital se analiza el IS-54 y el IS-136, que introducen nuevos elementos al sistema, la forma de transmisión es procesada a señales digitales y luego codificadas para evitar perdidas en la transmisión, se analiza el formato de intervalo de tiempo TDMA, con sus características, la supervisión de canal, la alineación de tiempo, regulación de potencia, y el MAHO que es el handoff móvil asistido.

En el análisis del protocolo IS-136 se revisa la estructura de trama IS136, la estructura de la supertrama, y servicios adicionales que este protocolo presta.

El protocolo IS-91 es analizado por sus características de seguridad que presta al realizar procesos de autenticación de parte de la MTSO al móvil, se analiza las autenticaciones durante el registro del móvil, durante la originación móvil y durante la terminación móvil, además la respuesta de prueba única y la actualización de datos secretos compartidos.

Dentro de las posibilidades de uso en el futuro de otros protocolos tenemos el PCS y es por ello que también se la analiza en sus especificaciones, servicios de abonado, su descripción, la estación móvil, el interfaz radio-radio digital y la transmisión de radio digital.

Por ser causa de polémica en la salud de los abonados se menciona algunos temas de reclamo e inconformidad por los riegos a la salud por parte del uso de la telefonía celular, y como han ido estos reclamos generando ordenanzas de telefonía móvil celular.

Por último esta las conclusiones y recomendaciones, en las cuales se destaca la importancia del análisis de los protocolos de comunicación en los diferentes ámbitos de desarrollo de esta tecnología.

CONTENIDO

Pág
GLOSARIO 1
CAPÍTULO 1. PROTOCOLOS UTILIZADOS EN LA TELEFONÍA CELULAR ANALÓGICA 12
1.1 SITUACION ACTUAL DE LA TELEFONIA CELULAR EN EL ECUADOR ...
1.2 LA TELEFONÍA CELULAR 18
1.2.1 CONCEPTOS BÁSICOS USADOS EN TELEFONÍA CELULAR 21
1.2.2 PRINCIPALES ESTÁNDARES 23
1.2.2.1 Sistemas Analógicos .....
1.2.2.2 Sistemas Digitales 24
1.2.3 SISTEMA AMPS USADO EN ECUADOR .....
1.2.3.1 Banda A y Banda B 27
1.2.3.2 Comunicación Analógica 29
1.3 PROTOCOLO IS-19 .....
1.3.1 PARAMETROS UTILIZADOS PARA EL TRAFICO CELULAR 31
1.3.1.1 Canales de radio .....
1.3.1.2 Canales de control 32
1.3.1.3 Canal de voz 33
1.3.1.4 Tono auditivo de supervisión (SAT) .....
1.3.1.5 Tono de señalización (ST) .....
1.3.1.6 Datos .....
1.3.2 CASOS DE TRAFICO 34
1.3.2.1 Supervisión de llamada en el trayecto de radio 35
1.3.2.1.1 Potencia de una señal en la frecuencia de radio(RF) 38
1.3.2.2 Llamada a un abonado móvil 39
1.3.2.3 Llamada desde un abonado móvil 51
1.3.2.4 Liberación de llamada 61
1.3.2.5 Ubicación y Handoff 63
1.3.2.6 Localización 65
1.3.2.6.1 Handoff 67

Pág

1.3.2.7 Registro por la unidad móvil 72
1.3.2.8 Servicios y facilidades de abonado 73
CAPÍTULO 2. PROTOCOLOS UTILIZADOS EN LA TELEFONÍA CELULAR DIGITAL 74
2.1 INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGIA CELULAR DIGITAL .....
2.2 PROTOCOLO IS-54 76
2.2.1 MODIFICACIONES DE LA TÉCNICA DE ACCESO .....
2.2.2 CALIDAD DE TRANSMISIÓN DIGITAL .....
2.2.3 AUMENTO DE CAPACIDAD 78
2.2.4 CODIFICADOR/DECODIFICADOR DE VOZ .....
2.2.5 MULTIPLEXION POR DIVISION DE TIEMPO 80
2.2.6 CONTROL DEL SISTEMA 81
2.2.7 NUEVOS ELEMENTOS DEL SISTEMA .....
2.2.7.1 Modulación .....
2.2.7.2 Estructura del canal de tráfico digital 82
2.2.7.3 Cuestiones de frecuencia .....
2.2.8 PROCESAMIENTO DE SEÑALES 83
2.2.8.1 Señalización de estación base a móvil .....
2.2.8.2 Señalización de estación móvil a base .....
2.2.9 CODIFICADORES DE VOZ 85
2.2.9.1 Codificación de forma de onda - Conversión de analógico a digital 86
2.2.10 FORMATO DE INTERVALO DE TIEMPO TDMA 87
2.2.10.1 Canal de tráfico de transferencia digital (FDTC) 89
2.2.10.2 Canal de tráfico digital revertido (RDTC) 91
2.2.11 MODULADOR DIGITAL 92
2.2.11.1 DQPSK p/4 93
2.2.12 SUPERVISION DE CANAL DIGITAL DE VOZ 94
2.2.12.1 Supervisión de canal .....
2.2.12.2 Alineación de tiempo (TA) 95
2.2.12.3 Regulación de potencia móvil 97
2.2.13 "HANDOFF" MÓVIL ASISTIDO (MAHO) 98

Pág
2.2.13.1 Localización 98
2.2.13.2 Verificación 102
2.3 PROTOCOLO IS-136 107
2.3.1 CANAL DE CONTROL DIGITAL .....
2.3.2 DESARROLLO DE IS553 E IS-91 110
2.3.3 IS553 + IS54B 112
2.3.4 IS553 + IS54B + IS136 .....
2.3.5 ESTRUCTURA DE LA TRAMA IS136 114
2.3.6 ESTRUCTURA DE LA SUPERTRAMA 117
2.3.7 MODO DE INACTIVIDAD .....
2.3.8 SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS) 119
2.3.9 ESTRUCTURA DE CELDA EN CAPAS 120
2.3.10 SEGURIDAD 122
2.4 PROTOCOLO IS-91 .....
2.4.1 INTRODUCCION 123
2.4.2 AUTENTICACION DURANTE EL REGISTRO MÓVIL 124
2.4.3 AUTENTICACION DURANTE LA ORIGINACION MÓVIL 125
2.4.4 AUTENTICACION DURANTE LA TERMINACION MÓVIL 126
2.4.5 RESPUESTA DE PRUEBA UNICA 128
2.4.6 ACTUALIZACION DE DATOS SECRETOS COMPARTIDOS 129
CAPÍTULO 3. PROTOCOLOS QUE SE USARAN EN EL FUTURO EN
TELEFONÍA CELULAR DIGITAL 132
3.1 PROTOCOLO PCS (GSM 1900) .....
3.1.1 INTRODUCCION AL GSM .....
3.1.1.1 Historia del GSM 133
3.1.1.2 Especificaciones del sistema PCS (GSM 1900) 134
3.1.1.2.1 Método de acceso 135
3.1.1.2.2 Banda estrecha y banda ancha .....
3.1.1.2.3 Modulación 136
3.1.1.3 El GSM y sus fases .....
3.1.2 SERVICIOS DE ABONADO EN CME 20 139

Pág

3.1.2.1 Servicios de telefonía 140
3.1.2.2 Servicios de portador 141
3.1.2.3 Servicios complementarios 142
3.1.2.4 Funciones especiales 144
3.1.2.5 Servicios IN móviles 145
3.1.3 DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA 146
3.1.3.1 La red GSM .....
3.1.3.2 Estructura de la red geográfica 150
3.1.4 ESTACION MÓVIL 151
3.1.4.1 Módulo de identidad de abonado (SIM) .....
3.1.4.2 Características de la estación móvil 154
3.1.5 INTERFAZ RADIO-RADIO DIGITAL 155
3.1.5.1 El concepto de canal .....
3.1.5.2 Los canales lógicos 156
3.1.5.3 Correlación de canales lógicos sobre los canales físicos 162
3.1.6 TRANSMISION DE RADIO DIGITAL 165
3.1.6.1 Acceso múltiple por división de tiempo 167
3.1.6.2 Problemas de transmisión 168
3.1.6.3 Solución a los problemas de transmisión 172
3.2 PROBLEMAS CON LA SALUD 187
3.2.1 POLEMICA EN BRUSELAS 188
3.2.2 HAY DOS POSTURAS FRENTE AL TELEFONO CELULAR .....
3.2.3 REGULACION EN PUERTA. 189
3.2.4 JAPON CORRIGE SU CURSO. .....
3.2.5 LIMITAR EL USO. 190
3.2.6 LA RADIACIÓN EN LOS CELULARES. .....
3.2.7 MANTENIMIENTO A LAS ANTENAS DE LAS RADIO BASES. 191
3.2.8 LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN LA SALUD 192
3.2.9 ACCIDENTES DEBIDO AL MAL USO DEL CELULAR. 197
3.2.10 VISTO BUENO A LA ORDENANZA DE TELEFONIA CELULAR MÓVIL.198
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 200

Pág

BIBLIOGRAFÍA..... 203

GLOSARIO

AB	Ráfaga de acceso
AC	Centro de autenticación
ACC	Código de color analógico
ACCH	Canal de control analógico
ACCU	Unidad de conexión AC
ACK	Confirmación
A/D	Analógico digital
ADC	American Digital Cellular
AG	Protector
AGC	Control de ganancia automático
AGCH	Canal de concesión de acceso
CLAVE A	Clave de autenticación
AM	Modulación de Amplitud
AMPS	Sistema telefónico móvil avanzado
AoC	Aviso de cargo
ARCH	Canal de respuesta de acceso
ARM	Modo de respuesta ARQ
ARQ	Solicitud de retransmisión automática
AUTH	Autenticación
AUTHR	Respuesta de autenticación
AVC	Canal de voz analógico
Número-B	Número marcado
Servicio básico	Servicio de ensamblaje/desensamblaje de paquetes
BBX	Conmutador de base de banda
BC	Iniciar continuación
BCCH	Canal de control de transmisión
BCN	Indicador de notificación de cambio de canal de transmisión
BER	Indice de errores binarios

BFU	Unidad de fusibles de la batería
BI	Indicador de inicio
BMI	Estación base, función de interacción y de MSC
BP	Posición de bit
BPC	Canal físico básico
BR	Velocidad binaria
BRI	Libre Ocupado Reservado
BS	Estación base
BSC	Controlador de estación base
BSIC	Código de identidad de estación base
BSMC	Código de manufactura de estación base
BSS	Sistema de estación base
BT	Tipo de ráfaga
BTA	Zona de cambio básica
BTS	Estación de transceptor base
BU	Uso de ráfaga
C/A	Portadora a porción adyacente
CC	Código de país
CCCH	Canales de control común
CCH	Canal de control
CCS	Subsistema de señalización por canal común
CDD	Datos de diseño de celda
CDMA	Acceso múltiple por división de código
CDU	Unidad de combinación y distribución
CDVCC	Código de color de verificación digital codificada
CEF	Filtración por eligibilidad de usuario canditato
CGI	Identidad global de celda
CHS	subsistema de carga
CI	Identidad de celda
CLI	Indicador de la longitud de continuación

CP	Procesador central
CPE	Eco parcial codificado
CPS	Subsistema de procesador central
CRC	Revisión redundante ciclica
CSFP	Fase de supertrama codificada
CSPDN	Redes públicas de datos conmutados por circuito
CTIA	Cellular Telecommunications Industry Association (Asociación de la industria de telecomunicaciones celulares)
CU	Unidad de control
CUG	Grupo cerrados de usuarios
D/A	Digital/analógico
DAMPS	Sistema telefónico móvil digital avanzado
DCC	Código cromático digital
DCCH	Canal de control digital
DCS	Subsistema de comunicación de datos
DMAC	Código de autenticación móvil digital
DQPSK	Modulación por desfase de cuadratura codificada diferencialmente
DTC	Canal de tráfico digital
DTMF	Multifrecuencia de doble tono
DTRM	Módulo de transceptor digital
DTX	Transmisión discontinua
DVCC	Código de color de verificación digital
DXU	Unidad de distribución
E-BCCH	Canal de control de transmisión extendida
EC	Indicador de cambio E-BCCH
ECL	Longitud de ciclo E-BCCH
ECU	Unidad de control de energía
EET	Herramienta de ingeniería de Ericsson
EHI	Indicador del encabezado de extensión

EIA	Electronics IndrustriesAssociation (Asociación de industrias de Electrónica)
EIR	Registro de identificación de equipo
EM	Módulos de extensión
ESN	Número de serie electrónico
ETC	Circuito de terminal de central
ETSI	European Telecommunications Standards Institute (Instituto Europeo de estándares de telecomunicación)
f	Frecuencia
FAC	Código de ensamblaje final
FACCH	Canal de control de asociación rápida
F-BCCH	Canal de cantrol de transmisión rápida
FC	Indicador de cambio F-BCCH
FCC	Federal Communications Commision (Comisión Federal de Comunicaciones)
FCCH	Canal de corrección de frecuencia
FDCCH	Canal de control de transferencia digital
FDM	Multiplexión por división de frecuencia
FDMA	Acceso múltiple por división de frecuencia
FDTC	Canal de tráfico de transferencia digital
FEC	Corrección de error de transferencia
FILLER	Datos de relleno
FM	Modulación en frecuencia
FMS	Subsistema de administración de archivos
FOCC	Canal de control de transferencia
FRNO	Número de trama
FSK	Modulación por desplazamiento de frecuencia
FVC	Canal de transferencia de voz
G	Tiempo de protección
GIWU	Unidad de interconexión GSM

GMSC	Puerta MSC
GMSK	Modulación por desplazamiento de mínimos Gausianos
GOS	Grado de servicio
GP	Período de protección
GSM	Sistema global para comunicaciones móviles
HF	Hipertrama
HFC	Contador de hipertramas
HO	Handover/Handoff
HLR	Registro de ubicación de origen
I	Libre
ID	Identificación
IDT	Tipo de identidad
IE	Elemento de información
IEI	Identificador de elementos de información
IMEI	Identidad de equipo (sistema) internacional móvil
IMSI	Identificación de estación móvil internacional
IN	Red inteligente
IRA	Alfabeto de referencia internacional
IS	Estándar de la industria
ISDN	Red digital de servicios integrados
ISI	Distorsión de señales
Kc	Clave para descifrar
Ki	Clave de identificación del abonado
L2	Capa 2
L3	Capa 3
L3LI	Indicador de longitud de la capa 3
LA	Area de ubicación
LAC	Código de área de ubicación
LAI	Identidad del area de ubicación
LAN	Red de área local

LHS	Subsistema de administración de enlaces
LMT	Terminal de mantenimiento local
LPC	Código de predicción lineal
LSB	Bit menos significativo
LTM	MACA de larga duración
LT_RSS	Intensidad de señal recibida de larga duración
LVM	Monitor de verificación de ubicación
MACA	Asignación de canales asistida por móvil
MAHO	Handoff móvil asistido
MAP	Parte de aplicación móvil
MAS	Subsistema de mantenimiento
MCC	código móvil de país
MCS	Subsistema de comucicación hombre-máquina
MDVC	Canal de voz digital móvil
MEA	Algoritmo de codificación de mensajes
MEK	Clave de codificación de mensajes
MIN	Número de identificación de estación móvil
MM	Correlación de mensajes
MM	Administración de movilidad
MNC	Código de red móvil
MRLQ	Monitoreo de la calidad de enlace de radio
MS	Estación móvil
MSA	Zona de servicio metropolitana
MSB	Bit más significativo
MSC	Centro de conmutación móvil
MSC-H	Origen del centro de conmutación móvil
MSC-V	Centro de conmutación móvil visitado
MSID	Identificación de estación móvil
MSIN	Número de identificación de estación móvil
MSISDN	Número RDSI de estación móvil

MSK	Módulación por cambios de mínimos
MSN	Nodo de servicio móvil
MSRN	Número roaming de estación móvil
MT	Terminación móvil
MTA	Zona de cambio principal
MTS	Sistema de Telefonía móvil
MTSO	Central de conmutación de telefonía móvil
MU	Unidad móvil
MXE	Centro de mensajes
NB	Ráfaga normal
NCC	Código de color nacional
NDC	Código de destino nacional
NEB	Número de ranuras E-BCCH por supertrama
NFB	Número de ranuras F-BCCH por supertrama
NL	Lista de vecinos
NL3M	Cantidad de mensajes en la capa 3
NMSI	Identificación de estación móvil nacional
NMT	Telefono móvil Nordic (Nórdico)
NRS	Número de ranuras reservadas por supertrama
NSB	Número de ranuras S-BCCH por supertrama
OLC	Clase de sobrecarga
OMC	Centro de operaciones y mantenimiento
OMS	Subsistema de operaciones y mantenimiento
OSS	Sistemas de operaciones y asistencia
PAD	Ensamblaje de paquetes
PAID	ID para la asignación de PCH
PCD-D	Dispositivo de código de impulso - digital
PCH	Chanal de aviso
PCON	Continuación de aviso
PCM	Modulación por impulsos codificados

PCS	Servicios de comunicación personal
PDC	Pacific Digital Cellular
PDU	Unidad de datos de protocolo
PE	Eco parcial
PEA	Eco parcial asignado
PF	Trama de aviso
PFC	Clase de trama de aviso
PFM	Modificador de trama de aviso
PFN	Número de trama de aviso
PhLC	Control de capa física
PI	Indicador de interrogación
PIN	Número de identificación personal
PLMN	Red pública del servicio móvil terrestre
PMSID	Identida de estación móvil permanente
PREAM	Preámbulo
PSID	Identificación de sistema privado
PSPDN	Red pública de datos con conmutación de paquetes
PSS	Intensidad de señal procesada
PSU	Unidad de suministro de potencia
PTSN	Red telefónica básica
PUK	Clave personal de desbloqueo
PWR	Potencia
R	Tiempo de rampa
RACH	Canal de control de accesso aleatorio
RAND	Número aleatorio
RBS	Estación base de radio
RCS	Subsistema de control de radio
RDCCH	Canal de control digital revertido
RDTC	Canal de tráfico digital revertido
RECC	Canal de control revertido

RELLENO	Datos de relleno
RF	Frecuencia de radio
R/N	Recibido/No recibido
RP	Procesador regional
RPS	Subsistema del procesador regional
RRX	Receptor de radio
RSA	Zona de servicio rural
RSID	Identificación de sistema residencial
RSS	Potencia de señal recibida
RSVD	Reservado
RTC	Condiciones de reselección
RTT	Terminal de transmisión de radio
RTX	Transceptor de radio
RVC	Canal de voz revertido
RX	Recibir
RXD	Divisor de receptor
RXDA	Amplificador de divisor de receptor
SACCH	Canal de control de asociación lenta
SAP	Punto de acceso a servicio
SAT	Tono auditivo de supervisión
LA S-BCCH	Servicio de mensajes cortos - Canal de control de transmisión
SCC	Código cromático SAT
SCF	Devolución de señal de canal compartido
SCH	Canal de sincronización
SCM	Marca de clase de estación
SDCCH	Canal de control digital independiente
SF	Supertrama
SFP	Fase de supertrama
SID	Identificación del sistema
SIM	Módulo de identidad de abonado

SMS	Servicio de mensajes cortos
SMS-C	Centro de servicio de mensajes cortos
SMSCH	Canal de punto a punto de servicios para mensajes cortos
SMSFC	Contador de tramas SMS
SNB	Número de abonado
SOC	Código del operador del sistema
S/N	Relación señal a ruido
SPACH	SMS, PCH, y ARCH
SPP	Punto de procesamiento de señales
SPS	Subsistema del procesador de reserva
SRES	Respuesta verificada
SS	Sistema de conmutación
SSD	Datos secretos compartidos
SSR	Receptor de potencia de señal
ST	Tono de señalización
ST-7	Terminal de señalización # 7
STC	Central de terminal de señalización
STM	MACA de corta duración
ST_RSS	Intensidad de señal recibida de corta duración
STS	Subsistema de medición de tráfico y estadísticas
SUS	Subsistema de servicios de abonado
SYNC	Sincronización
SYNC+	SYNC adicional para ráfagas RACH
TA	Alineación de tiempo
TAC	Código de aprobación de tipo
TACS	Sistema de comunicaciones de acceso total
TAS	Subsistema de administración
TB	Bits de cola
TCH	Canal de tráfico
TCS	Subsistema de control de tráfico

TDMA	Acceso múltiple por división de tiempo
TG	Grupo de transceptor
TGC	Control del grupo de transceptor
TIA	Telecommunications Industry Association (Asocioación de la industria de telecomunicaciones)
TM	Módulo de temporización
TMOS	Servicios de asistencia para operaciones y administración de telecomunicaciones
TMSI	Identificación de la estación móvil temporal
TRAU	Unidad de adapteción de velocidad y transcodificador
TRH	Manejador del transceptor
TRI	Interfaz remota de transmisión
TRM	Módulo del transceptor
TRS	Subsistema del transceptor
TRU	Unidad de transceptor
TRX	Transceptor
TRXT	Probador del transceptor
TS	Intervalo de tiempo
TSS	Sistema de troncal y señalización
TX	Transmisión
TXCMB	Combinador de transmisores
VAD	Detección de actividad de voz
UGID	Identificación de grupo de usuario
VC	Canal de voz
VLR	Registro de ubicación de visitante
VMSC	Centro de conmutación de servicios móviles visitado
WER	Indice de error de palabras

CAPÍTULO 1.

PROTOCOLOS UTILIZADOS EN LA TELEFONÍA CELULAR ANALÓGICA

1.1 SITUACION ACTUAL DE LA TELEFONÍA CELULAR EN EL ECUADOR

En 1992, con la reforma a la ley de telecomunicaciones, publicada en el Registro Oficial No. 996 del 10 de agosto de 1992, empieza Ecuador a aprovechar los adelantos tecnológicos de las telecomunicaciones, para ello se van reformando algunos artículos y otros se suprimen y sustituyen por otros, es así como ya se menciona lo DEL CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, DE LA SECRETARIA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES Y DE LA SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES, creándose estas entidades, las cuales deberán regular, supervisar, y vigilar el cumplimiento de todas las normas y reglamentos, con las cuales las empresas deben desenvolverse apegadas a la ley.

Establecido este marco legal se empezó a concretar la llegada de la telefonía celular al país, de manera que se adjudica, mediante concesión a las empresas ganadoras del concurso de ofertas, mediante la celebración de la firma de un contrato, luego del cual, las empresas empezarán a instalar sus equipos, y luego de hacerlo en el tiempo determinado en el contrato, se empezará a dar servicio, mediante la asignación de abonados, los cuales, ya tomarán de antemano un plan tarifario.

En 1993 se firman los contratos y las empresas que se hacen cargo de la telefonía celular en Ecuador son Conecel y Otecel. La empresa Conecel maneja el nombre de "PORTA CELULAR" y la empresa Otecel manejaba en sus inicios el nombre de "CELLULAR POWER" , actualmente maneja el nombre de "BELLSOUTH".

En 1994 Conecel inicia sus operaciones y el mismo año con diferencia de meses Otecel también inicia sus operaciones.

Cabe anotar que para que un equipo celular pueda ser utilizado por el usuario, el equipo debe tener el sello de homologación, que es el proceso de verificación de las características técnicas del equipo, las cuales deben estar dentro del rango del estándar internacional. Es por este motivo que el CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones) resuelve:

[1]"Resolución No.418-26-CONATEL-98, 29-JULIO.98 Registro Oficial No.10, 24-AGOSTO-1998 **EL CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES Considerando:** Que es necesario expedir un nuevo reglamento de homologación de equipos terminales de telecomunicaciones, acorde con la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones, publicada en el Registro Oficial N°770 de agosto 30 de 1995. Que los equipos de telecomunicaciones usados dentro del país, deberán promover el desarrollo armónico de los servicios de telecomunicaciones; Que es necesario garantizar el interfuncionamiento de los equipos terminales con las diferentes redes de telecomunicaciones públicas o privadas; Que es imperativo verificar que los equipos terminales cumplan con los parámetros establecidos en los diferentes reglamentos, normas y contratos de los sistemas autorizados a funcionar en el país; y, En uso de las atribuciones que le confieren el artículo innumerado tercero, literal d) de la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones. **Resuelve:** Expedir el "**REGLAMENTO PARA HOMOLOGACIÓN DE EQUIPOS TERMINALES DE TELECOMUNICACIONES**" "

[1] Estracto del Reglamento para Homologación de Equipos Terminales

Las operadoras han ido incrementando sus celdas conforme los abonados van requiriendo más servicio en determinadas áreas geográficas ampliando su cobertura y servicios al usuario, una muestra de como han ido creciendo a nivel de abonados suscritos nos dan los cuadros estadísticos de la Superintendencia de Telecomunicaciones.

En el [2]Cuadro 1.1 se muestra los abonados de las operadoras por año.

FECHA	OTECEL	CONECEL
Dic-94	5.300	13.620
Dic-95	23.800	30.548
Dic-96	23.295	36.484
Dic-97	62.345	64.160
Dic-98	115.154	127.658
Sep-99	171.310	166.070
Dic-99	186.553	196.632
Dic-00	233.733	248.480
Ene-01	239.238	262.647
Feb-01	243.281	273.194
Mar-01	251.065	286.679
Abr-01	258.713	301.873
May-01	269.751	323.981
Jun-01	281.699	350.420
Jul-01	293.923	363.285
Ago-01	308.671	381.738
Sep-01	321.313	401.010

Cuadro N° 1.1 Abonados de dos operadoras en Ecuador desde el inicio del servicio celular

[2] Cuadro proporcionado por la Superintendencia de Telecomunicaciones

Las dos operadoras han comercializado durante este tiempo varias marcas de teléfonos de las cuales las que mayor información dan acerca de sus productos son Ericsson, Motorola y Nokia, en el cuadro 1.2 podemos apreciar los modelos analógicos y en el cuadro 1.3 los digitales, juntamente con los protocolos que utilizan y que los analizaremos.

Es por ello que para que cumplan las especificaciones para el sistema AMPS del protocolo IS 54 la empresa Ericsson fabricó los modelos análogos AH de la serie 200, 600, 700.
Por su parte Motorola fabricó los modelos analógicos Microtac-Elite, Premier, Microtac-Ultralight, Platinum 501, 450; 550, Carryphone, PocketClassic 850, DPC550H Carryphone, MicrotacUltralite, Teletac 200.

Nokia también a fabricado los modelos analógicos el 100, 918, 232, 638 además la base LX-12.

Por parte de Ericsson para el protocolo IS54B se fabrican los modelos DH y DT de la serie 300, como también los modelos DT de la serie 3000.
Para el protocolo IS136 tenemos los modelos DH-318, DH-368, DH388, DH y DF de la serie 600 y KF de la serie 700.
Para el protocolo PCS (GSM 1900) tenemos los modelos CH 337, CF337, CH388, CF388.

Motorola fabrica las bases celulares analógicas Fx2000, Fx2500, Fx1500, que también aceptan el protocolo IS-136 o el IS-54.
Las nuevas bases que funcionan con un protocolo digital son las Fx2500TDMA, y las Fx5000, que funcionan con el protocolo IS-136
Los teléfonos digitales Motorola son el Startac Huracán, el TimePort, Vader, V60t.

Nokia ha fabricado celulares para que también trabajen con el protocolo IS-136, son el 2120, 2160, 5120, 6120, 8260, 8860.

Comunicación	Marca	Modelo	Serie	Protocolo
Analógica	Ericsson	AH	200	IS54
			600	
			700	
	Motorola	Microtac-Elite		
		Premier		
		Microtac-Ultralight		
		Platinum	450	
			501	
			550	
		Carryphone		
		PocketClassic 850		
		DPC550H Carryphone		
		MicrotacUltralite		
		Teletac 200		
		base Fx2000		IS54, IS136
		base Fx2500		
		base Fx1500		
	Nokia	100		IS54
		918		
		232		
		638		
		base LX-12		

Cuadro N° 1.2 Teléfonos móviles celulares analógicos según marca modelo serie y protocolo

Comunicación	Marca	Modelo	Serie	Protocolo
Digital	Ericsson	DH	300	IS54B
		DT	300	
		DT	3000	
		DH	300	IS136
			600	
		DF	300	
			600	
		KF	700	
	Motorola	Startac Huracán		
		Timeport		
		Vader		
		V60t		
	Nokia	2120		
		2160		
		5120		
		6120		
		8260		
		8860		
		3300		

Cuadro N° 1.3 Teléfonos móviles celulares digitales según marca modelo serie y protocolo

1.2 LA TELEFONÍA CELULAR

La telefonía celular se basa en la necesidad de comunicarse de persona a persona, a diferencia de la telefonía convencional, donde la comunicación es con sitios o lugares por ejemplo se escuchaba decir llámame a la oficina o llámame a la casa, con lo cual se puede apreciar que la comunicación es de un sitio a otro. Ahora bien las comunicaciones mediante radio fueron el soporte para hacer de la telefonía celular una realidad, pues estas daban la facilidad de comunicarse con personas en sitios determinados donde no había medios de comunicación, pero sin embargo estaban dentro de la zona de cobertura de radiofrecuencia de la antena transmisora. El problema es que a medida que se alejaba el radio móvil de la antena transmisora, para el radio móvil le era más difícil comunicarse y si lo hacía era a expensas de generar una mayor potencia para que pueda llegar la comunicación, esta mayor potencia radiada podía afectar a la salud de la persona que está utilizando el radio móvil, por lo tanto si por medio de radiofrecuencia se pretendía dar servicio de telefonía, este servicio debía estar garantizando la salud de los usuarios en lo referente a los niveles de potencia, por ello se estandarizó a que haya equipos que den este servicio de telefonía solamente de máximo 3 watt. Si ya se encuentra este limitante entonces a la región de cobertura geográfica se le tenía que limitar en una zona concéntrica a la antena transmisora a la cual se le denominó célula o celda y si se desea abarcar mayor cobertura se lo haría creando más células y como las células son la base de este tipo de telefonía, entonces tomó el nombre de "telefonía celular".

La representación del área geográfica del lóbulo de radiación de una antena transmisora que está ubicado en el centro será un círculo concéntrico cuyo radio será tal que en su periferia se tenga que usar máximo 3watt de potencia para lograr comunicarse con la antena que está en el centro. Dentro de este círculo habrán un infinito número de círculos concéntricos cada uno de ellos corresponderá a una potencia determinada. En la Figura 1.1 se muestra gráficamente el detalle:

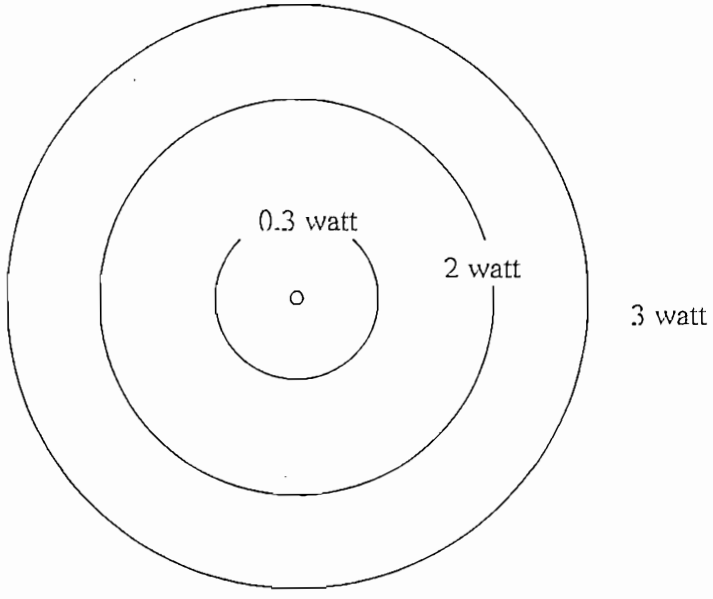


FIG N° 1.1 Lóbulo de una antena isotrópica y potencias requeridas

Si tenemos dos celdas parte de la región geográfica de cobertura de ambas deben estar sobrepuestas. El diagrama se ve en la Figura 1.2

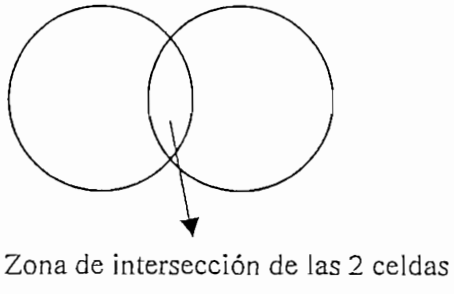


FIG N° 1.2 Zona de intersección entre dos celdas

Se ha establecido que alrededor de una celda pueden estar 6 celdas adyacentes. Como se indica en la Figura 1.3

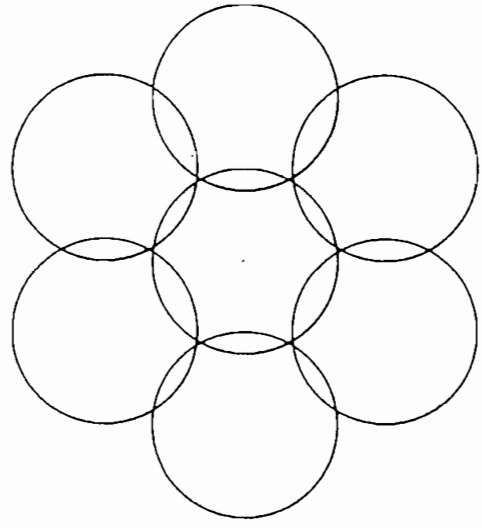


FIG N° 1.3 Celda central con sus seis celdas adyacentes

Como hay estas zonas de intersección entre celdas también se ha normado que se grafique a una celda mediante la representación hexagonal, en la Figura 1.4.

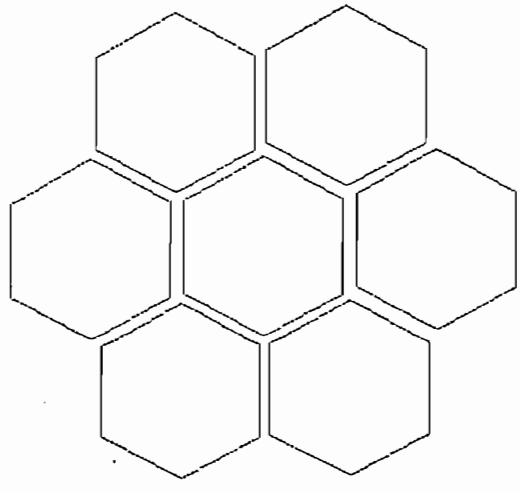


FIG N° 1.4 Representación hexagonal de la celda central con sus seis celdas adyacentes

Entre los tipos de celdas más comunes se encuentra la celda omnidirecional y la celda sectorial que se caracteriza por estar equipada por tres antenas direccionales, cada una cubriendo un sector de 120°.

1.2.1 CONCEPTOS BÁSICOS USADOS EN TELEFONÍA CELULAR

La telefonía celular es la aplicación de las telecomunicaciones en un sistema de radiotelefonía móvil (CMS = Cellular Mobile System) que tiene los siguientes subsistemas:

MS = Mobile Station(Terminal) ó MU = Unidad Móvil.- Es el aparato celular desde donde se va a originar una llamada celular, o que puede recibir una llamada.

BS = Base Station ó RBS = Radio Base Station. - Son las estaciones fijas geográficamente con antenas de radio para transmisión y recepción desde un MS hasta la central telefónica celular.

MSC = Mobile Switching Center ó MTSO = Mobile Telephone Switching Office ó MTS= Mobile Telephone Switching ó MTX = Mobile Telephone Switch. - Es la central telefónica celular ó Central de conmutación telefónica móvil.- Es la interfaz entre el sistema de radio y la red telefónica convencional, por consiguiente conmuta las llamadas hacia y desde los abonados móviles y también provee todas las funciones de señalización para establecer las llamadas.

Los abonados móviles y sus unidades móviles siempre están conectados a la MTSO para fines de facturación, enrutamiento de llamadas, verificación de abonado, etc.

En telefonía convencional mencionaremos dos términos para comprender como la telefonía celular también puede funcionar paralelamente a la telefonía convencional, el diagrama de bloques se ve en la Figura 1.5:

PSTN = Public Switching Telephone Network ó Red Telefónica Básica ó convencional.

PLMN = Public Land Mobile Network

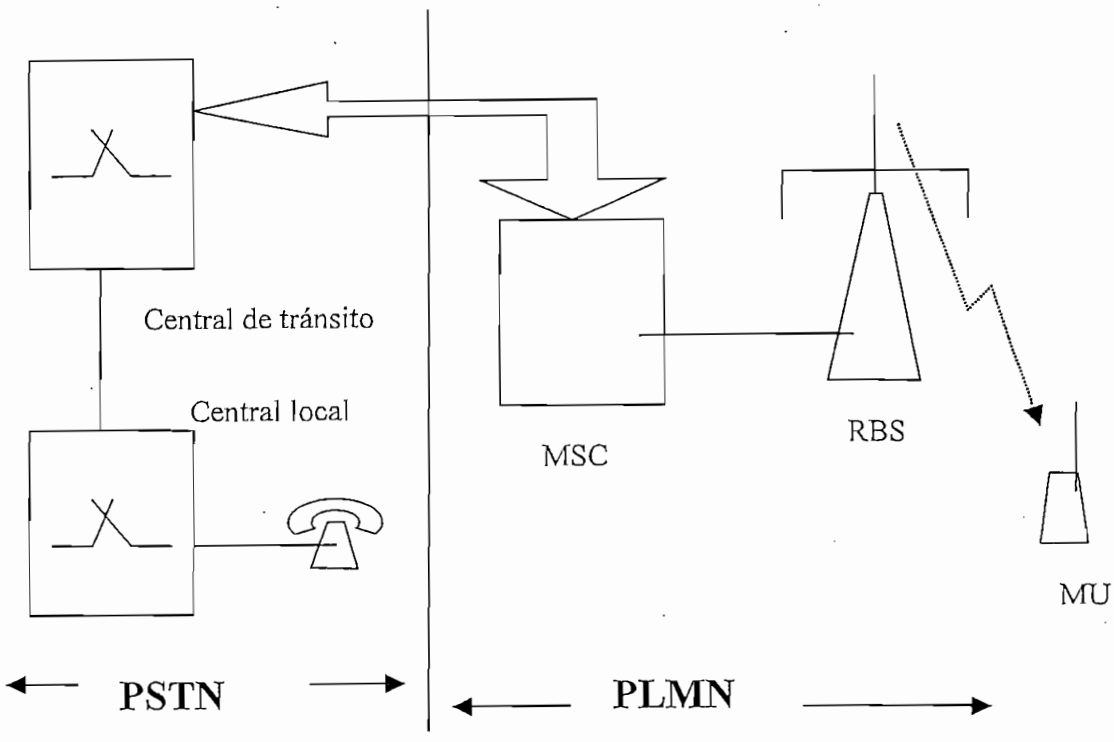


FIG N° 1.5 Redes telefónicas convencional y celular

En telefonía móvil celular se controla la potencia del MU mediante un software muy poderoso, el cual siempre está alimentado por los datos provenientes de los móviles que se encuentran en determinada cobertura de una celda.

Estos datos son actualizados cada tiempo que se precise que el móvil se reporte a la central MTSO, indicando su posición en determinada celda.

Como la MTSO sabe donde se encuentra la MU, entonces puede ordenar que las radio bases procedan a realizar un "Handoff", que es el proceso de cambio de supervisión de una radio base de determinada celda a un MU, hacia la supervisión de otra radio base de una celda vecina al mismo MU, el cual se ha desplazado desde la región de cobertura de la primera celda y ha entrado en la región de cobertura de la celda vecina. Más adelante veremos los parámetros usados para que se realice el procedimiento del "Handoff".

En la estructura de red móvil terrestre publica (PLMN), normalmente, hay varias MTSO o centrales en el sistema celular dentro de una área de servicio metropolitana (MSA). En una área de servicio rural (RSA), en cambio solo haya una, recordando que las MSTO son los interfases funcionales con la red telefónica básica (PSTN).

Cada abonado móvil y la unidad móvil se conectan (con datos) a la MTSO. En el caso típico, ésta es la MTSO de la residencia del abonado. Esta se considera como la central de origen (MSC-H) y el abonado como el abonado propio.
Cuando una unidad móvil entra en otra área de servicio de MTSO, ésta nueva central se considera como una Central visitada (MSC-V) y el abonado como un abonado visitante. Ahora las llamadas se enrutarán hacia esta MSC-V y se conmutarán dentro de ella.

El concepto de la unidad móvil que se mueve de una área de servicio de MTSO a otra se conoce como "Roaming".
Todo tráfico dentro del sistema se considera como proveniente de un abonado itinerante. Si el abonado se identifica como un usuario local, se le aplica la tarifa local de tiempo de transmisión del sistema.
En cambio de una estación base a otra estación base conectada a una MTSO diferente durante una llamada en curso, se conoce como un "handoff" entre centrales y requieren señalización de MTSO a MTSO.

1.2.2 PRINCIPALES ESTÁNDARES

1.2.2.1 Sistemas Analógicos

NMT 450 (Nordic Mobile Telephone) .- Este es un sistema nórdico que trabaja en la banda de los 450 MHz.
NMT 900.- Este es un sistema nórdico que trabaja en la banda de los 900 MHz.
TACS (Total Access Communication Systems) .- Sistema nórdico que fue

adaptado a Inglaterra, que trabaja en la banda de 900MHz.
AMPS.- (Advanced Mobile Phone System).- (Sistema telefónico móvil avanzado).- Sistema que se inició en EEUU, este sistema es el que se usa en Ecuador, trabaja en la banda de 824MHz. a 894 MHz.

1.2.2.2 Sistemas Digitales

D-AMPS.- Es el sistema AMPS digital, trabaja en la banda de 824MHZ. a 894 MHz.
GSM.- Sistema Europeo que trabaja en 900MHz.
PDC.- Sistema Japonés con influencia en el Pacífico, trabaja a 1500MHz.
CDMA.- (Code Division Multiplex Access).- Sistema Europeo que trabaja en la banda de 824MHz. a 894MHz.

1.2.3 SISTEMA AMPS USADO EN ECUADOR

Como el sistema AMPS es el que está siendo utilizado en el Ecuador, me adentraré en este sistema.

Partiendo del supuesto que inicialmente solo se tenía una celda , cuando la necesidad de ampliación celular demanda tener otra celda, requiere la inversión de capital para implementar la nueva celda, y esta antena transmisora deberá trabajar a diferente frecuencia que la primera para que no haya interferencia entre ellas, de igual manera se irá ampliando la cobertura geográfica, alrededor de la primera celda, hasta un máximo de 6 celdas, las cuales deben tener un transmisor con una frecuencia diferente a la frecuencia del transmisor de la celda central.
Esta forma de ir ampliando la cobertura geográfica da la impresión de que se necesita muchas frecuencias, una para cada celda, llegando a agotar el espectro de frecuencias, pero esto no ocurre ya que el sistema telefónico celular reutiliza las frecuencias sin agotar el espectro de frecuencias. En la Figura 1.6 se ve las celdas adyacentes con distintas frecuencias

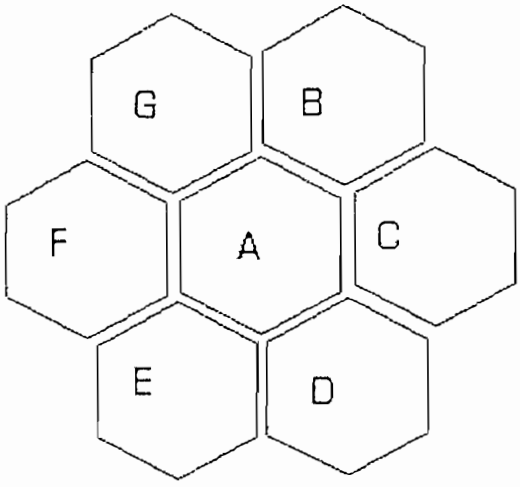


FIG N° 1.6 Configuración de celdas con diferente frecuencia

La frecuencia con la que trabaja la celda A debe ser distinta a las frecuencias con las que están trabajando las celdas vecinas B, C, D, E, F, G, de no ser distintas habría interferencia entre las celdas vecinas.

Se reutiliza la frecuencia valiéndose del mismo esquema en conjunto, formando otro de mayor cobertura geográfica, teniendo la configuración en la Figura 1.7, en esta se puede apreciar que las celdas que tienen la misma letra, están trabajando con la misma frecuencia, pero hay dos celdas vecinas que están entre estas, que están trabajando con diferentes frecuencias.

Teóricamente, la señal que se emite en una celda llegará a la otra con una potencia muy baja que ya no hará interferencia. Además la característica de la telefonía celular de controlar los niveles de potencia por medio de un poderoso software, hace que se escoja señales solo de tal calidad de potencia que esté dentro de los rangos preestablecidos en los niveles normalizados para las potencias.

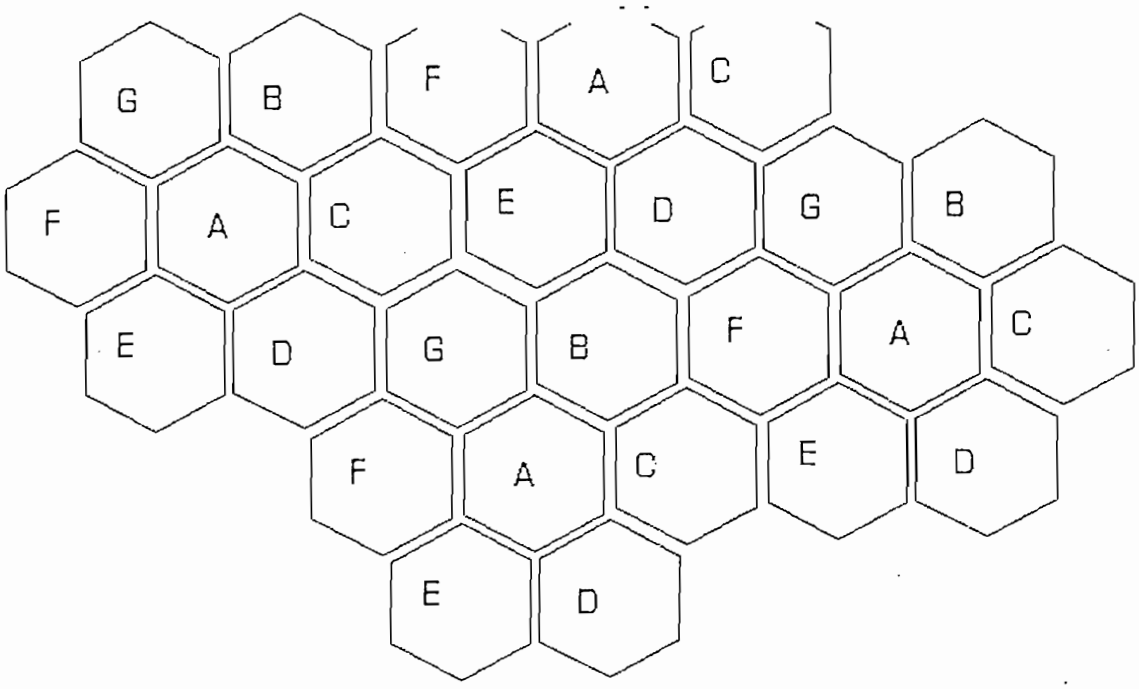


FIG N° 1.7 Configuración de celdas reutilizando las frecuencias

Un sistema de telefonía celular móvil divide al área de servicio en pequeñas áreas de cobertura de radio frecuencia de baja potencia llamadas celdas. Un sistema celular de más o menos modelos continuos de estas celdas, teniendo cada una un radio de 1,6 a 64Km. (típicamente se tiene de 8 a 16 Km).

Dentro de cada celda está un sitio centralizado en la celda con una antena elevada y una edificación. La edificación contiene una estación base con transmisor – receptor y equipo de control adecuado para los canales asignados a esa celda. Todos los sitios de celda dentro de un sistema se conectan ya sea por líneas telefónicas dedicadas convencionales, enlaces de microonda o una combinación de ambas a un sitio de control central llamado controlador central o switch. El switch controla todo el sistema celular y sirve de interfase entre el usuario del teléfono celular y la red telefónica convencional.

Cada sitio de celda opera en un canal de acceso asignado y puede tener cualquier cantidad de páginas y canales de voz asignados.

El espectro de radiofrecuencia celular a sido dividido por el FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) en dos segmentos iguales o bandas, para permitir dos portadoras celulares independientes para coexistir y competir en la misma área de cobertura geográfica. Los permisos se otorgan para un área específica. Estas ya habíamos definido como MSA (área de servicio metropolitana) y RSA (área de servicio rural). Cada banda ocupa la mitad de los canales asignados en el espectro celular. Inicialmente allí estaban 666 canales habilitados a través de todo el espectro celular, pero estos números son expandidos a 832 canales en 1987 y con el NAMPS a 2412 canales en 1991. El NAMPS (Narrowband AMPS = AMPS de banda estrecha) es una versión de AMPS que incorpora alguna tecnología digital que permite al sistema portar casi tres veces las llamadas que con la versión original, aunque usa tecnología digital, se considera todavía analógico, como AMPS y NAMPS operan solo en la banda de los 800 MHz no ofrece muchas características comunes del servicio celular digital tal como correo electrónico y visitas en la Web. El celular digital prometía una masiva expansión, lo que en la actualidad ya es una realidad.

1.2.3.1 Banda A y Banda B

Para garantizar la compatibilidad del ancho nacional, las frecuencias de canales de señal deben ser preasignadas para cada segmento (banda). Las dos bandas y sus canales asignados son definidos como sigue:

Para AMPS de 666 canales:

Canales de la banda A

Canales de control primarios	(21)	: 313 – 333
Canales de voz	(312)	: 001 – 312

Canales de la banda B

Canales de control primarios (21) : 334 – 354
Canales de voz (312) : 355 – 666

Para AMPS de 832 canales en 1987:

De 666 canales se aumentó 166 canales, 83 canales para cada banda, que inicialmente fueron a incrementar los canales de voz de 312 a 395, por lo cual tomó el nombre de "395 AMPS". En las aplicaciones NAMPS cada canal de voz AMPS provee espacio para tres canales de voz NAMPS. Los canales de voz multiplexados de celulares digitales permiten la posibilidad de aumentar así: 395*3=1185, lo cual da origen al nombre "1185 NAMPS" que generalizado puede ser "395 AMPS / 1185 NAMPS". De los 83 canales, 21 fueron escogidos como canales de control secundarios y los 62 canales como canales de voz.

Canales de la banda A

Canales de control primarios (21) : 313 – 333
Canales de control secundarios (21) : 688 – 708
Canales de voz (312) : 001 – 312
(395 AMPS / 1185 NAMPS) : 667 – 716 y 991 – 1023

Canales de la banda B

Canales de control primarios (21) : 334 – 354
Canales de control secundarios (21) : 737 – 757
Canales de voz (312) : 355 – 666 y
(395 AMPS / 1185 NAMPS) : 717 – 799

1.2.3.2 Comunicación Analógica

En América del Norte, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) asignó un espectro de frecuencias a la telefonía celular. Este espectro se concede en calidad de permiso a un proveedor y se identifica ya sea como banda A o banda B. El proveedor de banda A es una compañía dedicada a la telefonía inalámbrica y el proveedor de banda B una compañía dedicada a la telefonía alámbrica tradicional. Cada frecuencia de transmisión (Tx) y recepción (Rx) está separada por 45MHz. , lo que se denomina distancia duplex. Cada asignación de canal está separada por 30KHz.

Cabe anotar que la comunicación analógica está presente en todo instante en el canal de voz, tan solo puede estar distorsionada por ruido, interferencia o simplemente atenuada.

Estos sistemas celulares llegan rápidamente a saturarse por el número creciente de abonados, es por ello que la comunicación digital es la alternativa si bien es cierto que en la telefonía convencional ya es utilizada.

1.3 PROTOCOLO IS-19

Los protocolos IS (Interim Standard = Estándar Provisional)usados en telefonía celular son provisionales por cuanto pueden ser modificados, cambiados y retomados con variaciones e innovaciones.

Es así como Motorola va sacando productos de acuerdo a los protocolos dados para las diferentes regiones y países, por ejemplo, las especificaciones dadas para los modelos M70 y M75 utilizados en parte de Asia y Nueva Zelanda, modelo como FX 2500 y FX1500 para América Latina. Por otro lado, Ericsson también utiliza estos estándares provisionales para sus series AH y AF; luego irán modificando para sacar nuevas versiones de sus productos.

La MTSO constituye un interfaz entre el sistema de radio y la red de telefónica básica. Esta conmuta las llamadas hacia y desde los abonados móviles y también provee todas las funciones de señalización necesarias para establecer las llamadas.

La estación base contiene unidades de canal. Cada una de estas unidades está equipada por un transmisor y un receptor de radio y una unidad de control. La unidad de control se utiliza para cuestiones como la comunicación de datos para la señalización de datos de la MTSO con unidades móviles en el trayecto de radio. La mayoría de las unidades de canal son canales de voz.

En un sistema AMPS, un canal de voz transmite una llamada a la vez. El número de unidades de canal dentro de una estación base dependerá de la cantidad de llamadas simultáneas que ésta debe manejar. Cada estación base se conecta a la MTSO por medio de un enlace analógico, digital o de microondas para transferir señales de voz y datos.

La unidad móvil es un teléfono portátil, montado en un carro o transportable. Una unidad móvil también consta de un transmisor y un receptor de radio y de una unidad lógica con una interfaz de usuario (panel de teclas).

Una vez que se ha establecido una llamada a un abonado móvil, la señal de voz se transmite por el trayecto de radio entre la unidad móvil y una unidad de canal de voz de la estación base, que sirve al usuario móvil. La señal de voz se conmuta a la MTSO de la línea terrestre o parte del destino deseado.

Aún para una llamada entre dos abonados móviles cualquiera, el trayecto de conversación se transmitirá a través de la MTSO.
Si por alguna razón se deteriora la calidad de la transmisión durante una llamada en curso, se puede realizar un cambio automático de celda. El cambio de una llamada en curso de una estación base a otra se denomina "Handoff", como ya se mencionó. La señal de voz se transmitirá desde la MTSO por una nueva conexión de línea de voz mediante una estación base alterna.
Los abonados móviles y sus unidades móviles siempre están conectados a la MTSO para fines de facturación, enrutamiento de llamadas, verificación de abonado.

1.3.1 PARAMETROS UTILIZADOS PARA EL TRAFICO CELULAR

Para la comunicación mediante el protocolo analógico se usan algunos parámetros sin los cuales no se podría iniciar el diálogo entre la central y la unidad móvil, con sus respectivas operaciones de control y almacenamiento de información necesaria.

1.3.1.1 Canales de radio

El canal de radio es un trayecto de radio de transmisión bidireccional entre la estación móvil y la estación base.
La unidad móvil tiene un transceptor (transmisor / receptor) que se sintoniza a un canal de radio a la vez. Sin embargo, mediante el cambio de frecuencia puede cambiar automáticamente los canales y sintonizarse a cualquier canal de radio especificado en el sistema.
Los canales de radio dentro de la misma celda funcionan todos en frecuencias distintas y las celdas vecinas usan frecuencias alternas. Esto tiene la finalidad de evitar que las frecuencias adyacentes se sobrepongan. Se pueden usar los mismos canales de radio en celdas que estén lo suficientemente espaciadas, en

términos geográficos, unas de otras. Esto se denomina reutilización de canal o de frecuencia y permite una gran capacidad de tráfico por unidad de área.

Existen dos tipos de canales celulares:

- Canal de voz (VC)
- Canal de control (CC)

1.3.1.2 Canales de control

Dentro de una celda, normalmente hay un solo canal de control (CC). Cuando una unidad móvil está dentro de una celda y no se encuentra en el modo de conversación, está siempre sintonizada al canal de control de la celda que supervisa un flujo de datos continuo.

El aviso, que es una indicación de llamada para un abonado móvil, se enviará por este canal. Este canal también se denomina canal de aviso.

Cuando un abonado ha marcado un número para hacer una llamada, la unidad móvil envía la información de acceso a la MTSO por el canal de acceso.

Debido que el canal de aviso se usa en una dirección y el canal de acceso en la otra dentro del mismo canal de control, este canal puede llamarse un Canal de aviso y acceso combinado.

Los canales de aviso y acceso se usan para las funciones descritas y para comunicar otra información de identificación.

La unidad móvil, cuando se mueve en un estado libre de una celda a otra, finalmente "perderá " el contacto de radio con el canal de control y tendrá que volver a sintonizarse al CC de la próxima celda.

El cambio o nueva sintonización de un canal de control se realiza mediante la exploración automática de todos los canales de control dentro del sistema celular. Cuando se encuentra un CC de buena calidad de recepción, la unidad móvil permanece sintonizada a ese canal hasta que la calidad se vuelve a deteriorar. De esta manera, las unidades móviles siempre tienen una comunicación de buena calidad con el sistema.

1.3.1.3 Canal de voz

La MTSO seleccionará y tomará un canal de voz (VC) para transmitir la conversación. Esta selección se realiza durante el procedimiento de establecimiento. Al terminar la conversación, el canal de voz queda libre para la siguiente asignación. La MTSO mantiene una lista de todos los canales y de sus estados (libre, ocupado, bloqueado, etc.).
Hay varios canales de voz en cada celda, normalmente entre 5 y 30.
En un canal de voz también se añade otra información fuera de la voz.

1.3.1.4 Tono auditivo de supervisión (SAT)

Este tono se utiliza para supervisar la calidad de la transmisión. El SAT siempre se transmite cuando se ha iniciado el canal de voz y regresa en bucle desde la unidad móvil.
Hay tres frecuencias SAT diferentes y varios códigos de color para impedir la interferencia de canal común.
Este tono SAT inaudible se transmite continuamente durante el modo de conversación.

1.3.1.5 Tono de señalización (ST)

Este tono se envía desde la unidad móvil y se utiliza como señal para el establecimiento de la llamada y durante el "Handoff".

1.3.1.6 Datos

Los datos se envían en ciertas situaciones, como en los "Handoffs".
Se transmiten como una breve interrupción en la conversación denominado " período de silencio y ráfaga ", parcialmente imperceptible. En la Figura 1.8 se muestra la desviación en KHz de los parámetros de los canales de voz y de control.

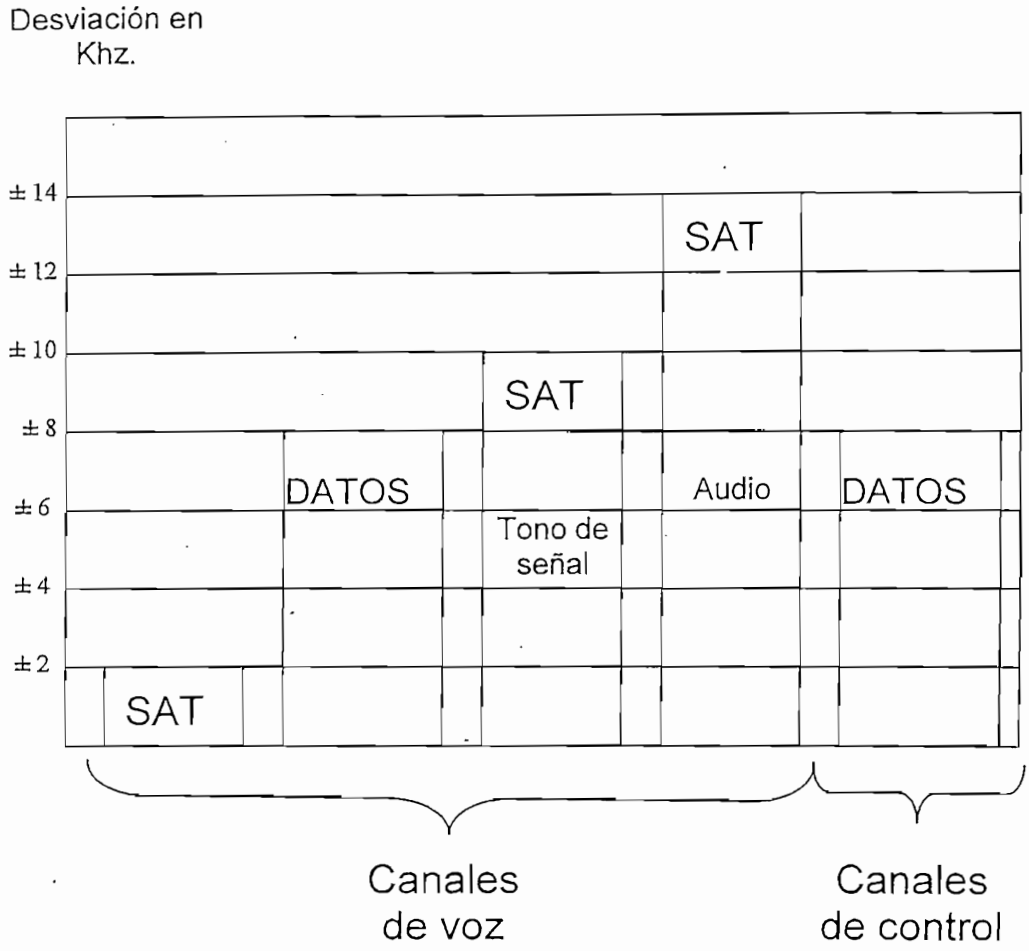


FIG N° 1.8 Desviación en Khz de los parámetros propios de los canales de voz y de los canales de control

1.3.2 CASOS DE TRAFICO

Una vez que se ha tomado en cuenta los parámetros a utilizarse, se procede a determinar como la central y la unidad móvil dialogan en los diferentes casos de tráfico describiendo la manera en que se supervisa una llamada, la llamada hacia y desde un abonado móvil, el "Handoff" y el registro por la unidad móvil.

1.3.2.1 Supervisión de llamada en el trayecto de radio

Durante una llamada en curso, el equipo de canal de voz (Recepción RX y Unidad de control CU) en la estación base está supervisando continuamente la calidad de la transmisión de radio. Se realizan las siguientes verificaciones:

- Relación señal a ruido en la señal auditiva de supervisión (SAT)
- Potencia de la señal en la frecuencia de radio (RF)

Si una de estas verificaciones indica que la calidad de la transmisión es deficiente, normalmente se emprenden medidas para mejorar la señal.

La MTSO inicialmente ordena a cada unidad de canal, cuando la estación base se pone en servicio, para que use uno de los tres SAT que existen. La unidad de canal de voz transmite continuamente este tono, la estación móvil lo recibe y lo devuelve a la estación base. Luego se compara con el ruido recogido en el trayecto de radio.

La unidad de control del canal de voz determina si la calidad es o no aceptable. Para ello se basa en la comparación con los siguientes valores de umbral provistos inicialmente por la MSTO (parámetros iniciados por comando).

- Relación señal a ruido SNH para solicitud del " Handoff "
- Relación señal a ruido SNR para la liberación de la llamada

Gráficamente se tiene la Figura 1.9 donde se puede apreciar en forma esquemática al móvil y a la radio base y el medio de transmisión el aire con sus características que pueden ser de campo abierto, selva, mar, o lo más usual casas en las ciudades, además las señales que van entre el móvil y la radio base, que son el canal de voz full duplex, el tono de supervisión de audio SAT que va desde la radio base y que el móvil le regresa haciendo un lazo hacia la radio base, y además el tono de señal ST que también es utilizado entre el móvil y la radio base.

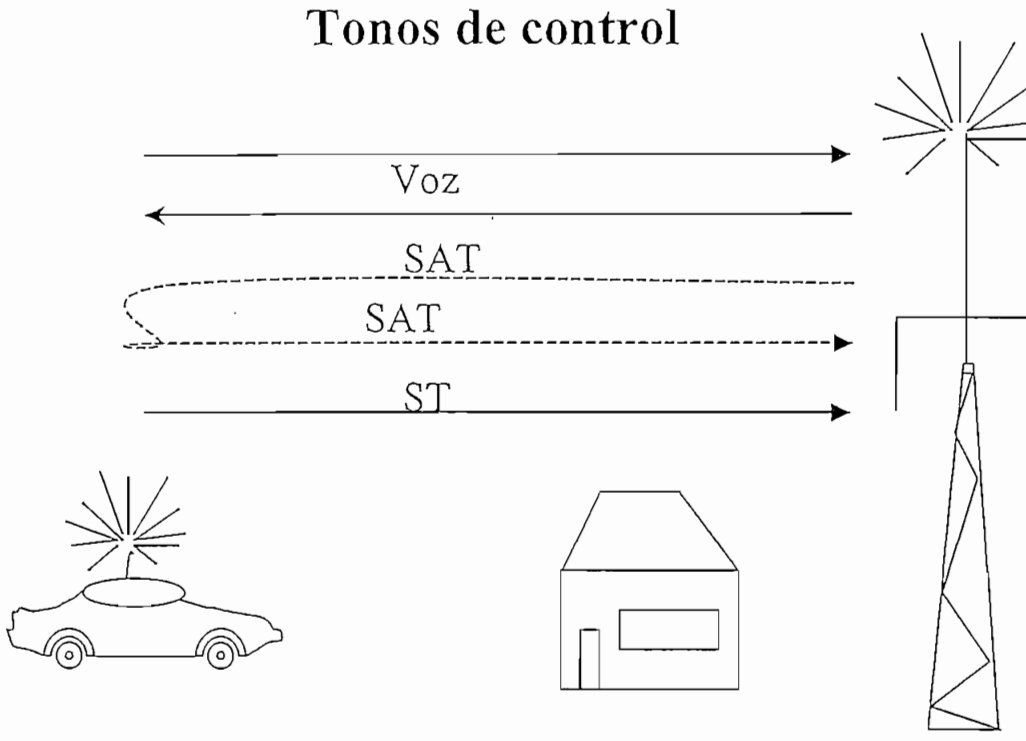


FIG N° 1.9 Tonos de control en un canal de voz, muestra del lazo que realiza el móvil para retornar el SAT a la radio base

Si el resultado está por debajo de SNH, se solicita el "Handoff". En caso que éste no se realice, la calidad de la voz seguirá deteriorándose. Tarde o temprano el resultado llegará al umbral para la liberación de la llamada.

Como se puede distinguir en la Figura 1.10 tenemos la escala de relación señal a ruido adimensional que nos muestra los límites que van a controlar si se pasa la conversación a otra celda o si se libera la llamada.

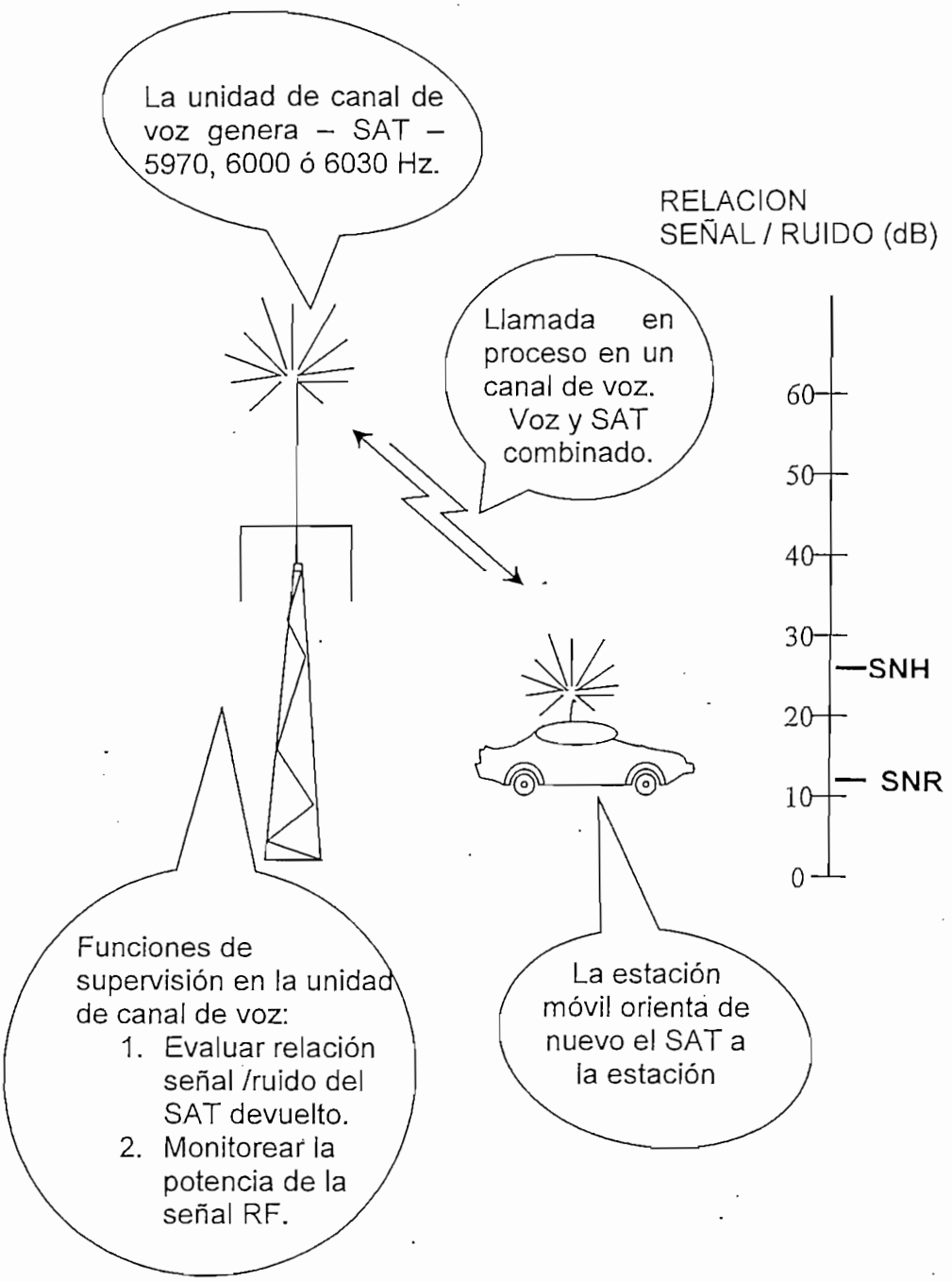


FIG N° 1.10 Escala de los niveles de relación señal a ruido con los limites de handoff y de liberación de llamada, durante una llamada en proceso.

1.3.2.1.1 Potencia de una señal en la frecuencia de radio(RF)

Cada unidad de canal de voz realiza mediciones continuas de la potencia de la señal recibida en su propia frecuencia de radio (frecuencia RX). La unidad de control compara estas mediciones con los valores de umbral (parámetros iniciados por comando almacenados en las unidades de control de cada canal de voz) , así en la Figura 1.11 se especifica la escala adimensional de relación señal / ruido y lo que significa la nomenclatura de los distintos límites que se va ha usar:

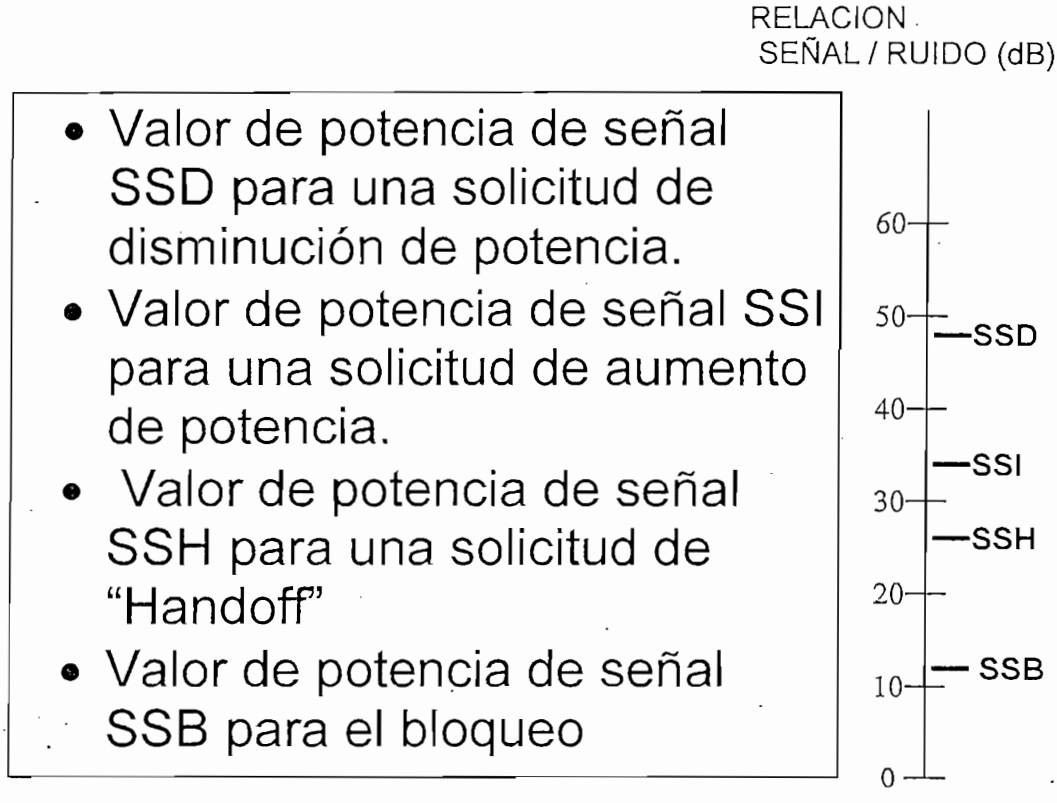


FIG N° 1.11 Escala adimensional de la relación señal / ruido, con los límites para disminución y aumento de potencia y límites de handoff y bloque o liberación de llamada

No es conveniente que las unidades móviles tengan una potencia de salida innecesariamente alta, dado que puede causar alteraciones en otras celdas.

Si la potencia de la señal recibida excede a SSD, se ordena automáticamente a la unidad móvil (por intermedio de la unidad de canal de voz) que disminuya se potencia. Si la potencia de la señal cae por debajo de SSI, se envía la orden de aumentar la potencia. Cuando la potencia del móvil es la más alta posible, pero la potencia de la señal sigue estando por debajo de SSH, se envía una solicitud de "Handoff" a la MTSO, lo que causará el "Handoff" a otra celda.

El valor SSB solo se considera cuando el canal de voz está libre (actualmente no utilizado para conversación). Si la señal recibida supera el nivel SSB, la señal se considerará como una alteración de las frecuencias de canal de voz. Esta alteración puede ser generada por alguna fuente externa o por una unidad móvil que está en estado de conversación por intermedio de otra celda que usa la misma frecuencia. Estas condiciones se denominan interferencia de canal común y de canal adyacente.

Los valores de umbral se fijan mediante comandos para cada celda. Esto significa que todos los canales de voz que sirven a una celda normalmente tienen los mismos valores.

Se puede forzar un "Handoff" si existe una situación de mucho tráfico. Esto se hace aumentando los valores de SSH de la celda actual, a fin de superar los de las celdas vecinas. En una configuración de celdas pequeñas, es importante mantener las unidades móviles dentro de su área óptima de emplazamiento de celda.

1.3.2.2 Llamada a un abonado móvil

La MTSO recibe una llamada a un abonado móvil. Después de realizar todo el análisis necesario, determinando entre otras cosas que el abonado actualmente se encuentra en el área de servicio de la MTSO, se busca el número de unidad móvil

para el aviso en el canal de control. Se avisa a la unidad móvil en todas las celdas dentro del área de servicio de la MTSO o del área en que el móvil se registró por última vez en el sistema. Se recibe una respuesta de aviso por el canal de control y en los monitores de la unidad móvil. Luego la MTSO selecciona el canal de voz, ordenando a la unidad móvil que se sintonice a él. La información sobre la conexión en tránsito se devuelve al lado de origen y se inicia la señal de llamada en la unidad móvil. Cuando el abonado llamado contesta, la conversación comienza.

La Figura 1.12 muestra como es la secuencia de este protocolo en sus primeros pasos, es así como la MTSO una vez que recibe la llamada a un abonado móvil, da una solicitud de aviso codificada con un número hacia la celda que reportó el último registro del móvil, cabe recordar que el móvil automáticamente tiene una rutina de envío de registro hacia la MTSO que recibe la estación base más cercana de donde se encuentra el móvil, por lo tanto la MTSO sabe donde se registro el móvil la última vez.

En la estación base el mensaje de aviso es transmitido sobre el canal de control (C C) y codificado con un nuevo número.

Este aviso llega al móvil por el canal de control, en el caso de la figura es el móvil 111 222 1234, al llegar esta señal el móvil sabe que tiene una llamada desconocida, esta señal no la percibe el usuario, por ello todavía no la identifica, es mas todavía no hay la señal de timbrado.

Dependiendo de los modelos de teléfonos celulares y de las marcas, van a tener distintos modos de inicio del aparato celular, al encender el teléfono se ejecuta un autotest del equipo y el indicador de no servicio aparece en pantalla, luego el teléfono busca el sistema preferido A o B como se haya seleccionado en la programación, luego busca los 21 canales de control, para luego sintonizar a uno de ellos, y continuar con la rutina de encendido dialogando con la radio base y en este caso recibir los pasos previos a la señal de timbrado.

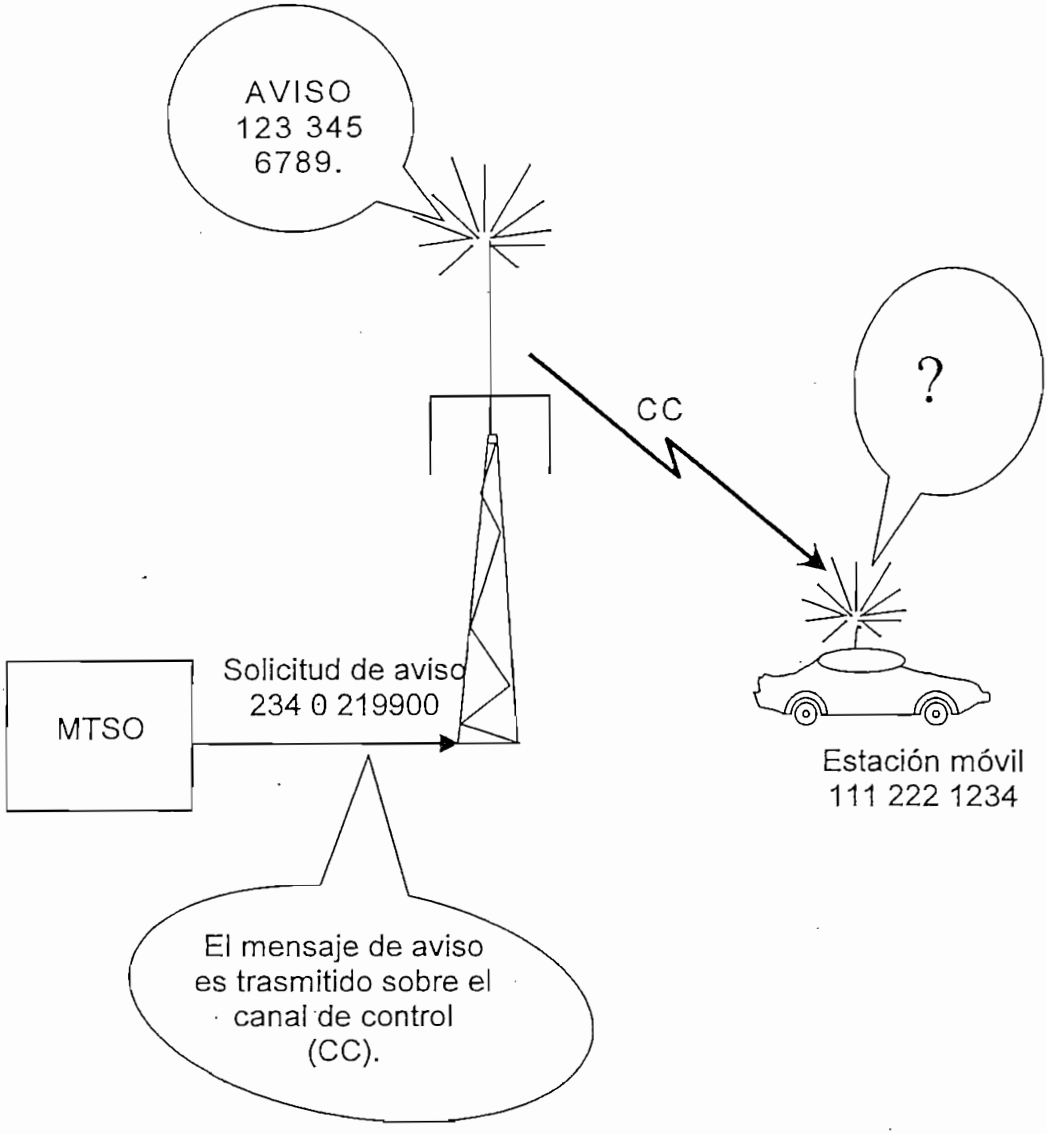


FIG N° 1.12 Procedimiento iniciales en el caso de llamada a un abonado móvil antes del timbrado

Hagamos la suposición que se ha comprado un teléfono celular, normalmente llega en el paquete el cargador, la batería y el teléfono, si tomamos el teléfono se observa que en la etiqueta posterior hay un número identificado como ESN (Electronic Serial Number) que es el número de serie electrónico, este número debe coincidir con el número de ESN correspondiente en la pantalla del equipo

cuando llegamos a esa opción de visualizar el ESN, este número es único para cada equipo y no puede haber otro teléfono celular con este ESN.

Al colocar la batería y encender el teléfono, en la pantalla normalmente va a aparecer "roaming" o "viajero", lo que significa que ha enviado su registro hacia las operadoras, las cuales comparan con sus usuarios en las bases de datos, y al no encontrar que tenga asignado a este ESN un número celular le considera como un viajero, y por ello, al menos por ahora solo le habilitan a que pueda llamar a servicio al cliente de alguna operadora o que pueda realizar llamadas de emergencia como es al 911, no podrá tampoco, por ahora recibir llamadas.

Como segundo paso debe programarse al teléfono, en el supuesto de que se haya contratado el servicio con alguna operadora, y esta ya haya asignado un número celular al teléfono móvil o mejor al ESN del teléfono móvil.

En la Figura 1.13 se supone que la MU a quién se llama ya tiene asignado el número celular, y al recibir el aviso, este envía una respuesta por el canal de control (CC), esta respuesta llega a la radio base y luego esta envía a la MTSO.

Hay que notar que así la operadora asigna un número celular al ESN de la unidad móvil, esta necesita ser programada para que pueda entrar en diálogo con la MTSO, esta programación de la MU (unidad móvil) consta de varios pasos de los cuales los más importantes son el SID(Identificación del sistema) que corresponda a la operadora que nos va a dar el servicio y el número celular asignado al ESN.

Sin por lo menos estos dos parámetros que se debe programar, la MU no podrá comunicarse con la MTSO, más adelante se mostrará que esta programación la realizará la MTSO por aire.

Algunas funciones del móvil celular pueden ser cambiadas por la central, es así como en el caso de la operadora de Porta Celular, el logotipo lo cambian desde la central celular hasta donde esté el equipo sin necesidad de programación previa, de igual manera se realiza en los sistemas privados y residenciales, digamos en un hotel el cual tiene su propio logotipo que lo coloca en los celulares que ingresan al área del hotel.

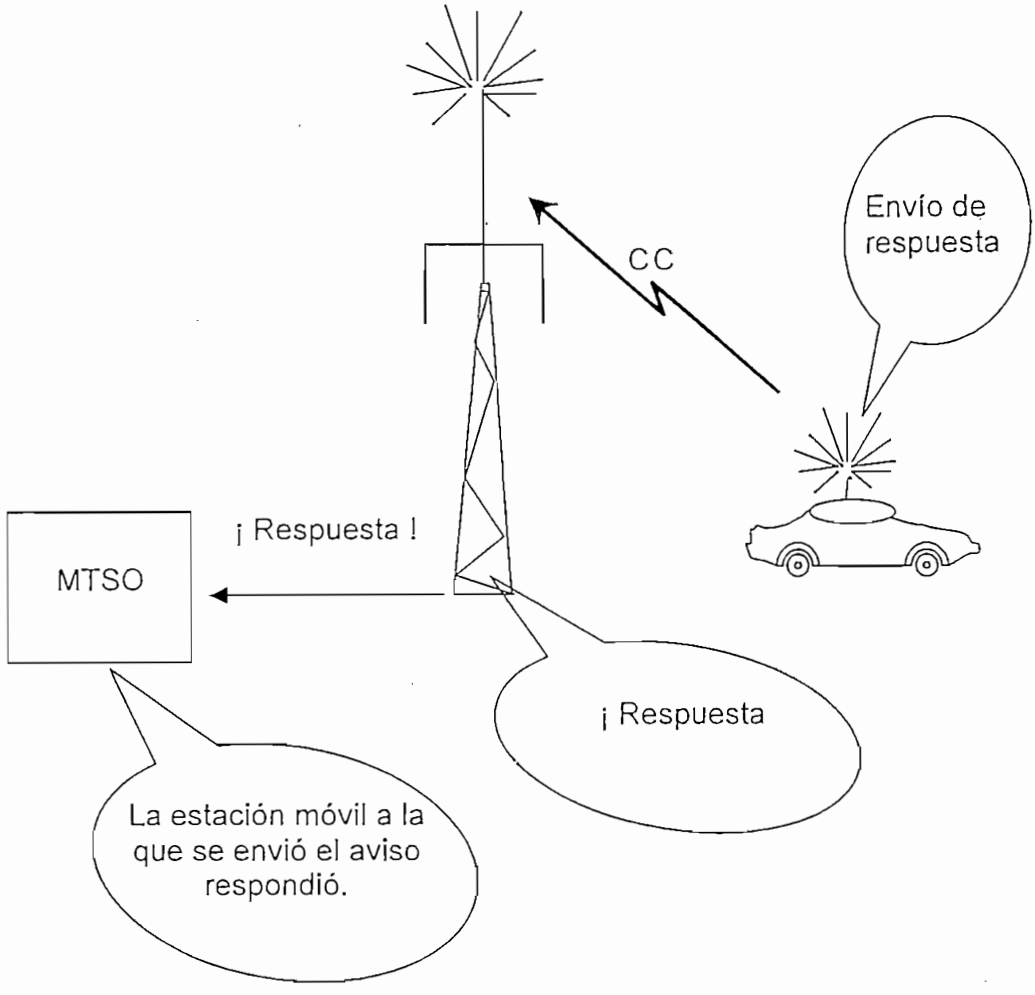


FIG N° 1.13 Caso de llamada a un abonado móvil.- respuesta del móvil

En la Figura 1.14 se continua con la secuencia del protocolo de comunicación cuando una vez que recibe la respuesta del móvil, la MTSO selecciona una unidad de canal de voz libre en la celda para esta llamada entrante. Cabe recordar que hay canales de voz y canales de control, y que en una celda puede haber entre 5 y 30 canales, luego de lo cual la celda estará saturada y tendría que dar como respuesta un tono de ocupado.

Cuando la MTSO está seleccionando un canal de voz libre, también envía la orden a la radio base a que inicie el transmisor del canal de voz , note que hay esta comunicación entre la MTSO y la radio base.

Por otro lado la radio base mantiene comunicación con el móvil por el canal de control.

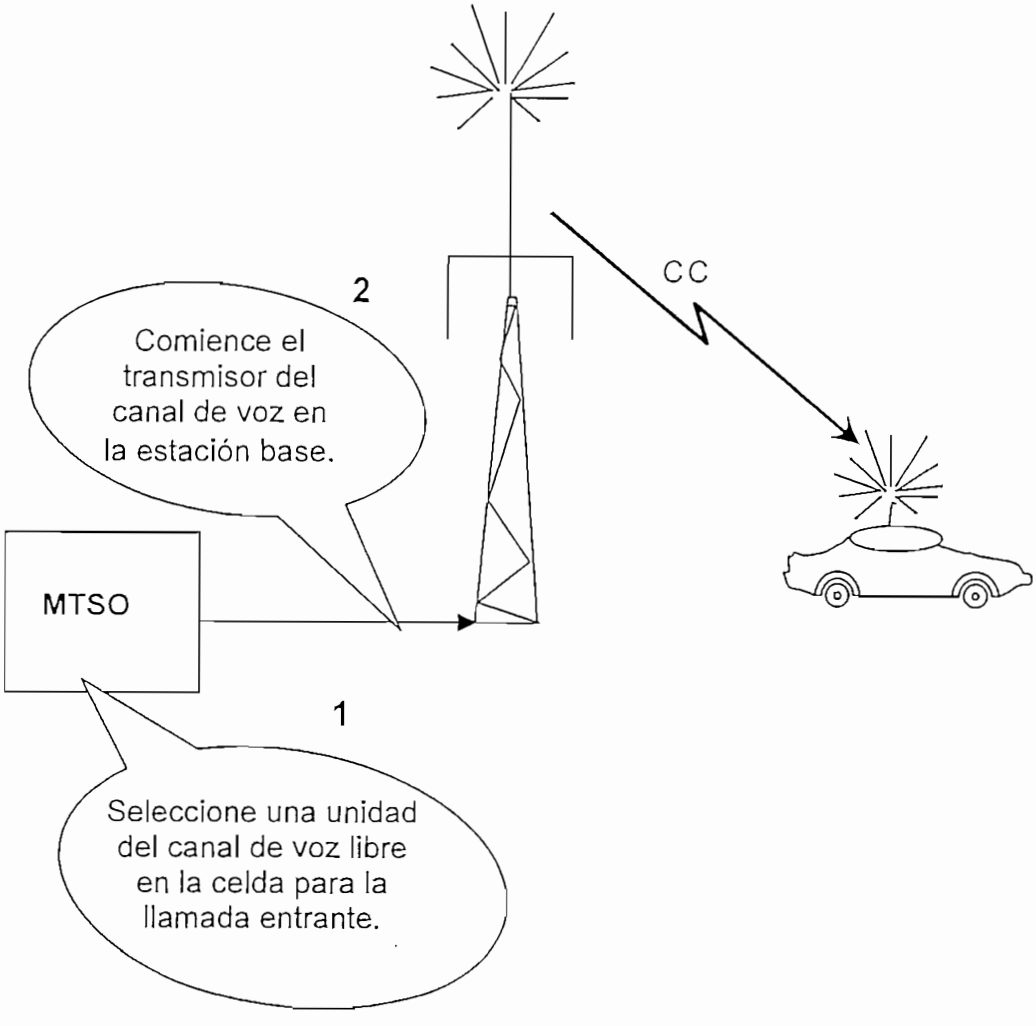


FIG N° 1.14 Caso de llamada a un abonado móvil.- Pasos 1 y 2 de la secuencia total de 15 pasos que conforman este caso.

Cuando la radio base ya ha iniciado el transmisor en el canal de voz que la MTSO seleccionó como libre, esta información llega a la MTSO, la cual da la orden a la radio base de que dirija al elemento móvil al canal de voz seleccionado.

La radio base ordena al móvil a que se sintonice en el canal xxx, y que además este atento al SAT x, este diálogo mantiene la radio base y el móvil por el canal de control, como se ve en la Figura 1.15

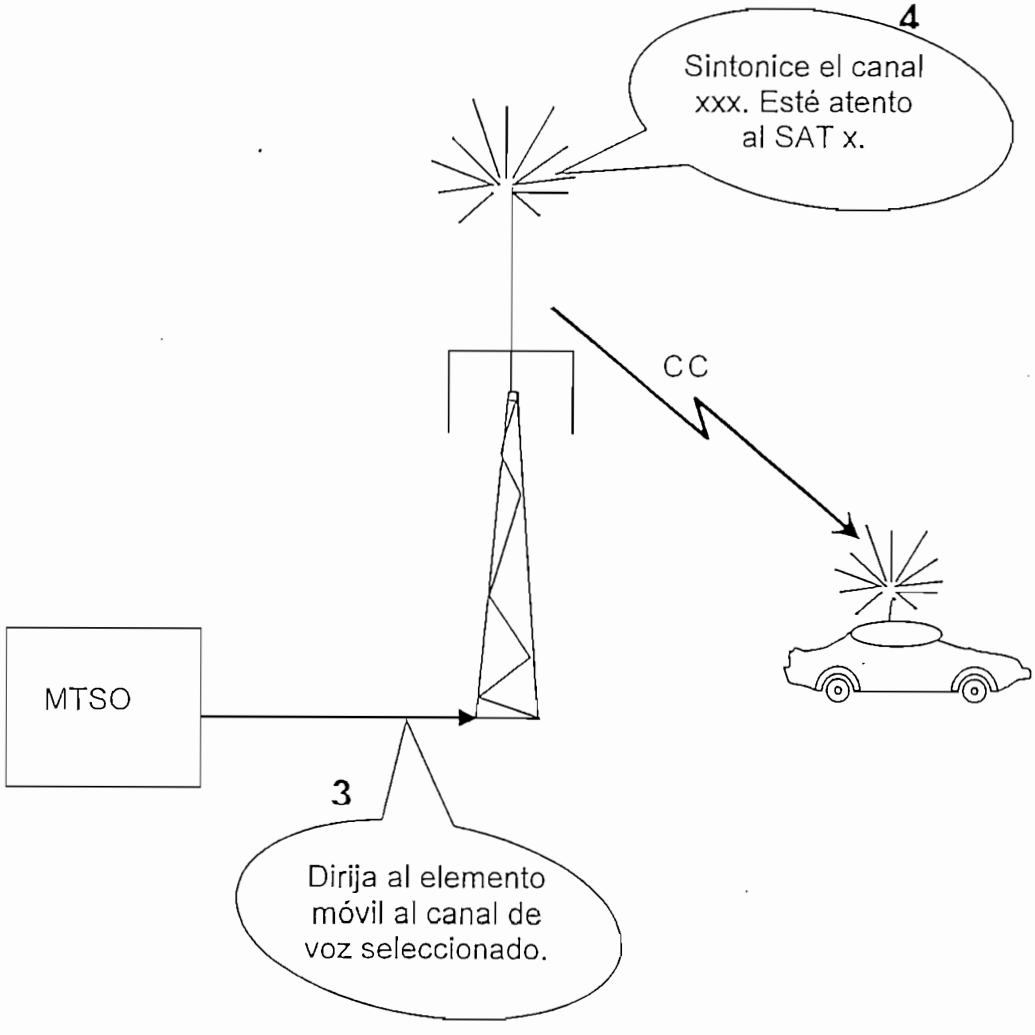


FIG N° 1.15 Caso de llamada a un abonado móvil.- Pasos 3 y 4 de la secuencia total de 15 pasos que conforman este caso.

Por el canal de voz xxx se enviará en tono auditivo de supervisión x SAT x, por ello la radio base primero ordena que se sintonice al canal de voz xxx seleccionado y luego que por allí esté atento al SAT x

Este tono auditivo de supervisión tiene las frecuencias determinadas, y a cada una de estas frecuencias se le asigna un código cromático SAT que es SCC, como se puede ver en el Cuadro 1.4

SAT X (SCC)	Frecuencia del SAT
00	5970 Hz.
01	6000 Hz.
10	6030 Hz.

Cuadro N° 1.4 Tipos de SAT con sus respectivas frecuencias de trabajo

Una vez que el móvil verifica el SAT x está presente en el canal de voz xxx, y esta con la frecuencia correcta, lo pone de regreso hacia la radio base por este mismo canal de voz xxx respectivo.
En la radio base al recibir el SAT x desde el móvil, da a conocer a la MTSO que ya puede iniciar la supervisión de llamada.

En la Figura 1.16 se observa como el móvil verifica el SAT y lo coloca en bucle de retorno, y al llegar este a la radio base se inicia la supervisión de llamada

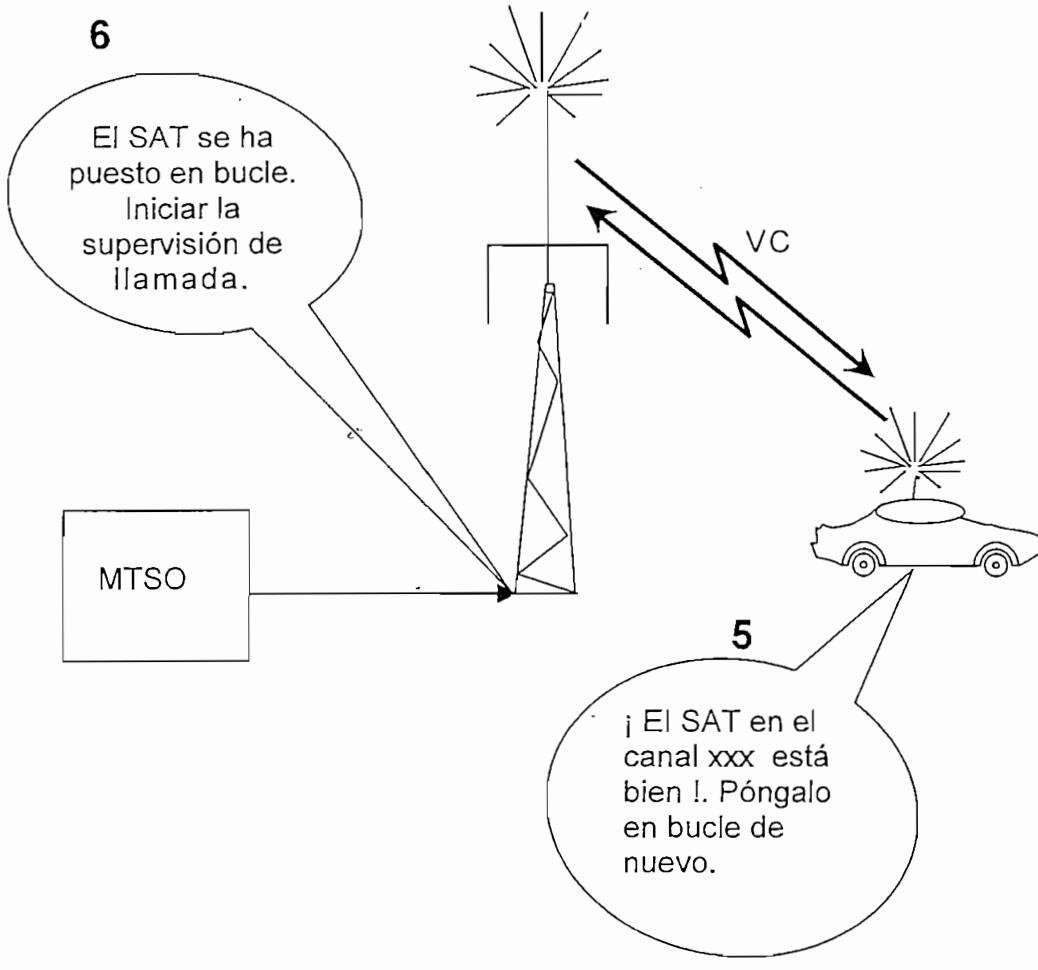


FIG N° 1.16 Caso de llamada a un abonado móvil.- Pasos 5 y 6 de la secuencia total de 15 pasos que conforman este caso.

La MTSO para iniciar la supervisión de llamada, de el comando de enviar orden de alerta al móvil, el cual es transmitido por la radio base hacia el móvil utilizando el mismo canal ve voz xxx respectivo.

El móvil recibe la orden de alerta, activa el tono de señalización e inicia la función de timbrado, en la Figura 1.17 se observa en el paso 7 el envío de la orden de timbrado, que es recibido por el móvil.

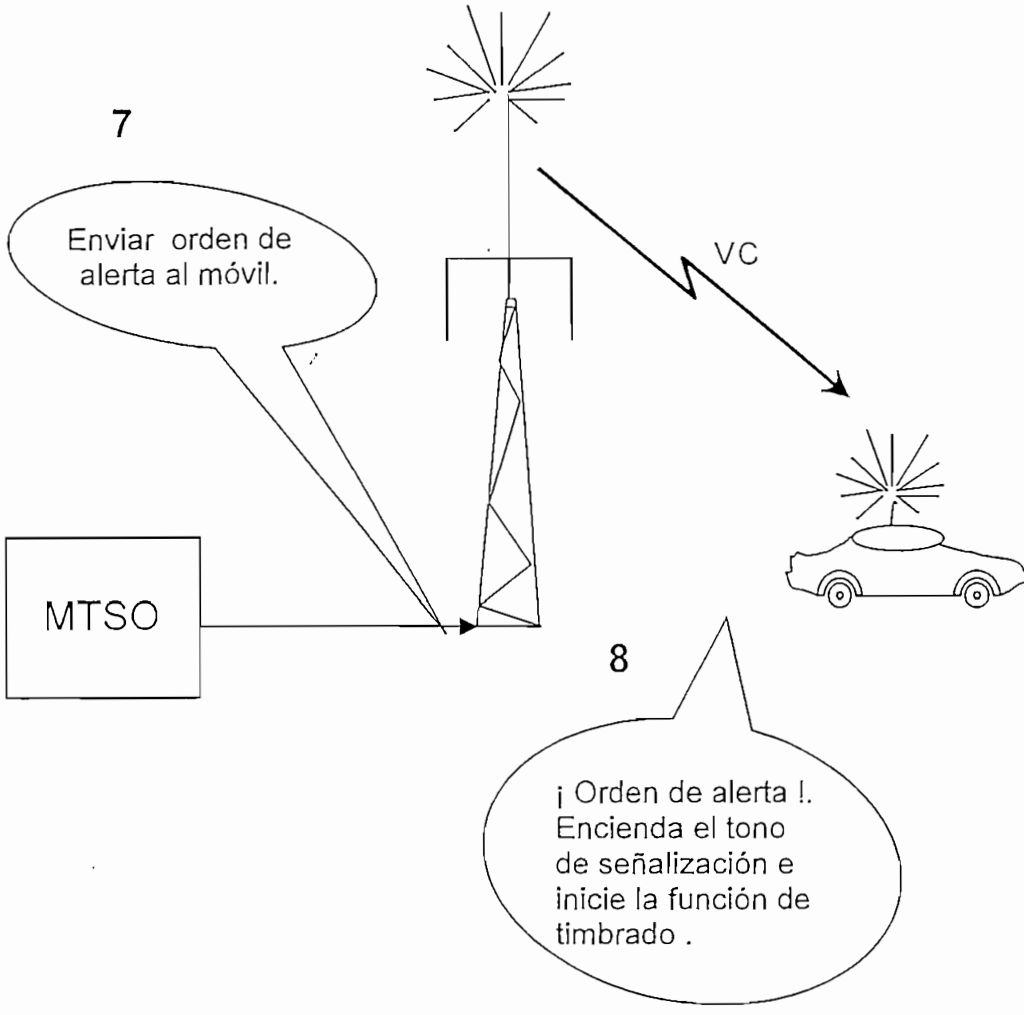


FIG N° 1.17 Caso de llamada a un abonado móvil.- Pasos 7 y 8 de la secuencia total de 15 pasos que conforman este caso.

En el móvil la función del timbrado se puede realizar desde el menú de cada aparato telefónico, digamos para comprobar el timbre del equipo en una demostración o para cambiar de timbre al personalizar las funciones de usuario.

En cambio el tono de señalización ST, es aquel que se está enviando continuamente de regreso a la estación base por el canal de voz xxx respectivo, mientras se escucha el timbrado en el móvil producto del protocolo de

comunicación que estamos analizando, es por eso que en la radio base detecta el tono de supervisón y espera a que el móvil responda, mediante la rutina de espera según cada operadora, como se aprecia en la Figura 1.18.

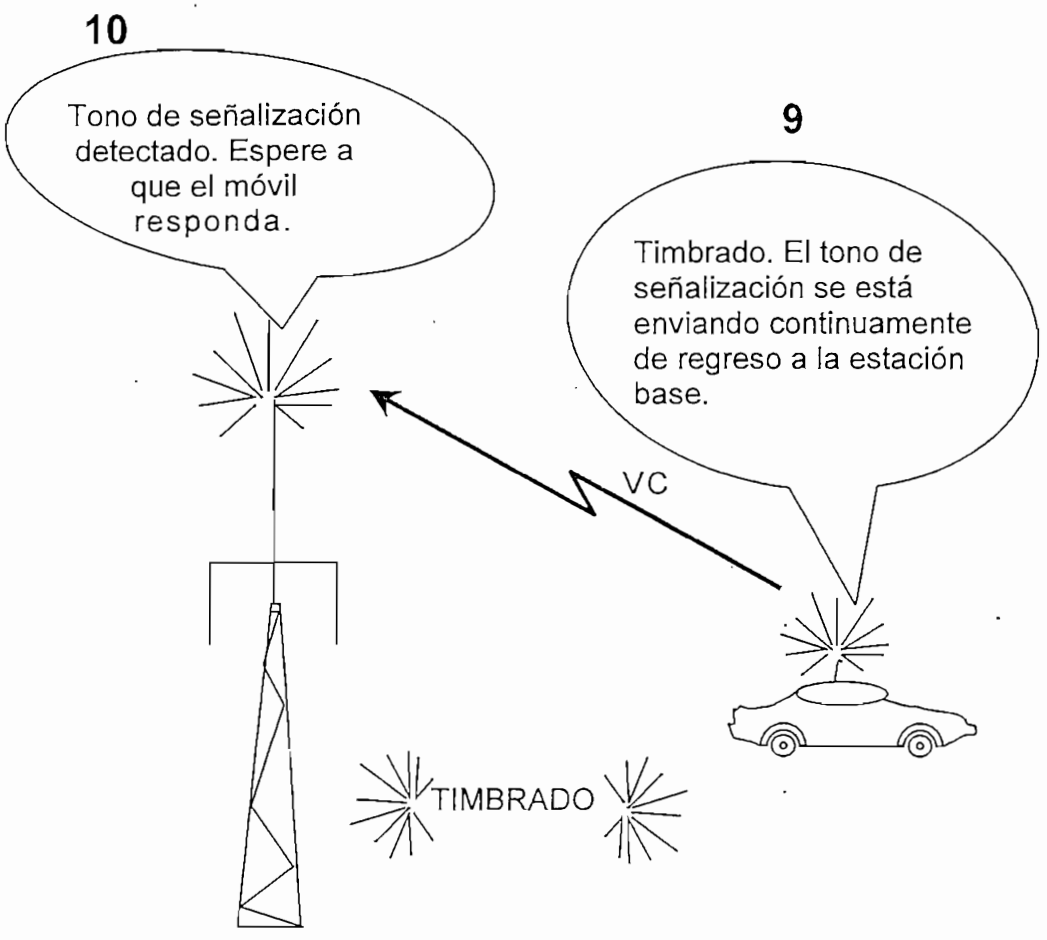


FIG N° 1.18 Caso de llamada a un abonado móvil.- Pasos 9 y 10 de la secuencia total de 15 pasos que conforman este caso.

Una vez que el móvil acepta la llamada, sea levantando el auricular o presionando la tecla SEND, se detiene el envío del tono de señalización, la radio base detecta que el tono de señalización ha desaparecido, y la MTSO ya puede conectar la llamada como se ve en los pasos 11, 12 y 13 de la Figura 1.19

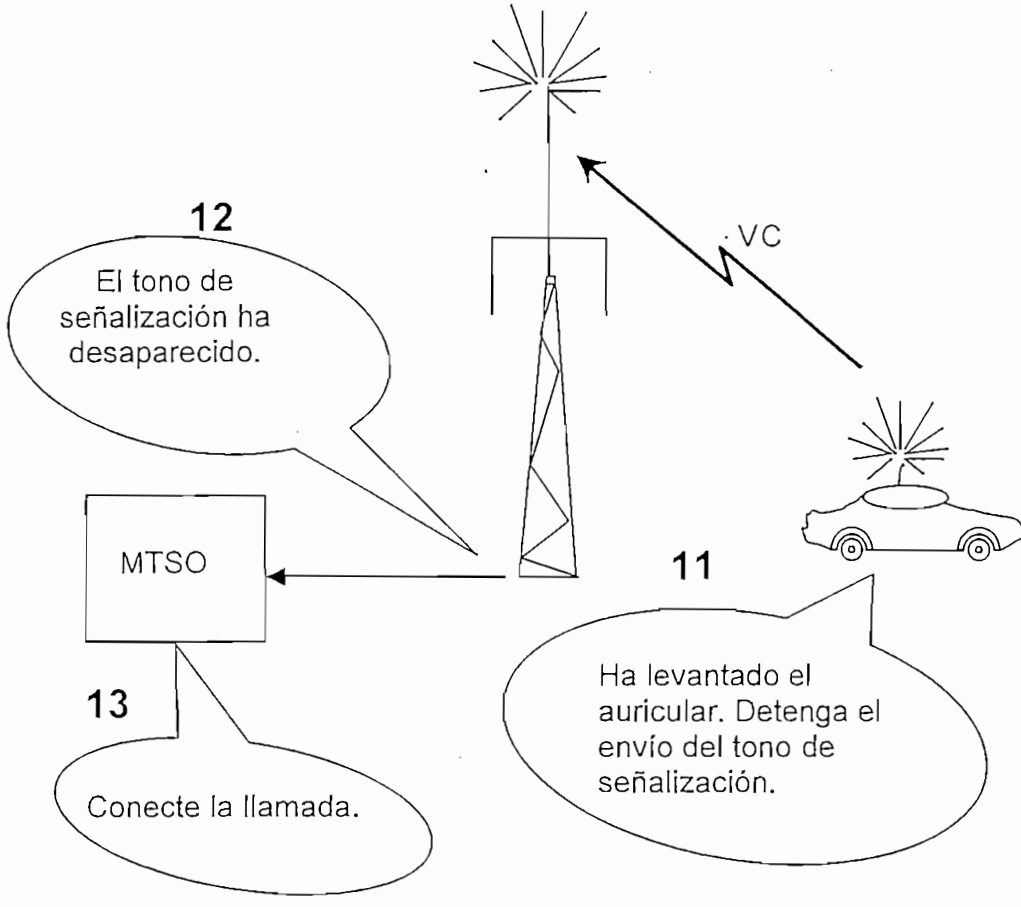


FIG N° 1.19 Caso de llamada a un abonado móvil.- Pasos 11, 12 y 13 de la secuencia total de 15 pasos que conforman este caso.

Una vez que la MTSO conecta la llamada , el móvil entra en conversación por el canal de voz xxx, y la MTSO queda haciendo las funciones respectivas de supervisión de llamada. En la Figura 1.20 se tiene los pasos 14 y 15.

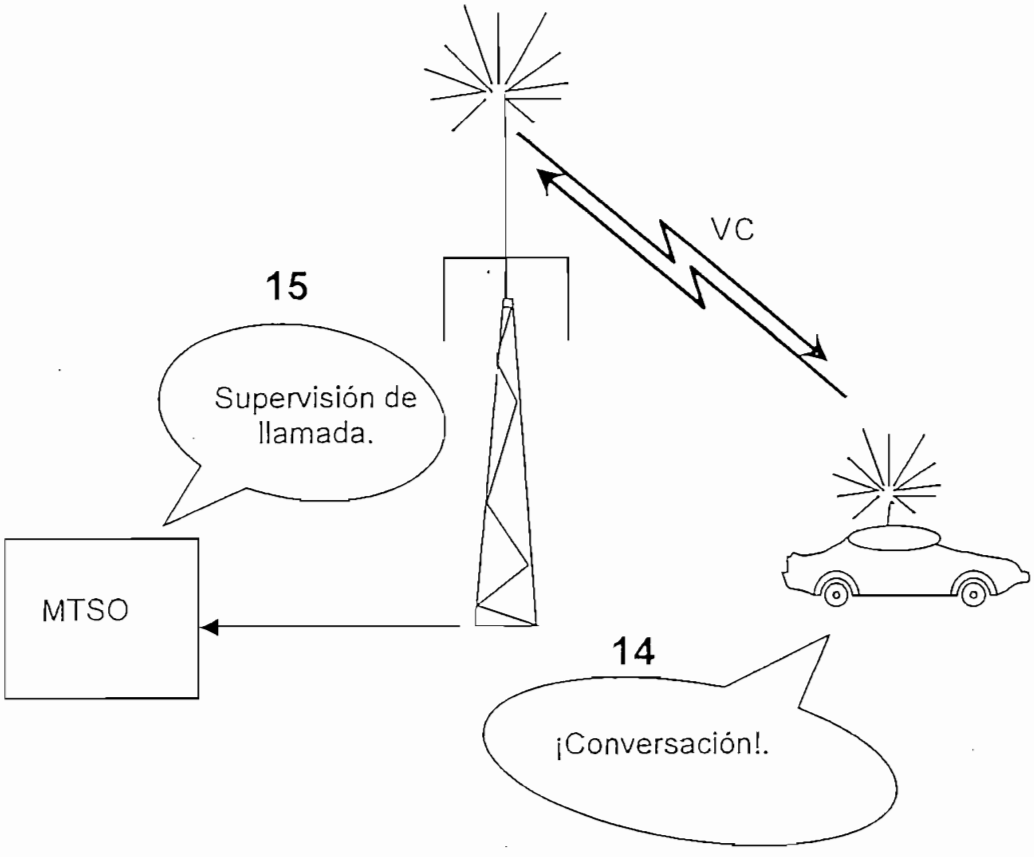


FIG N° 1.20 Caso de llamada a un abonado móvil.- Pasos 14 y 15 de la secuencia total de 15 pasos que conforman este caso.

1.3.2.3 Llamada desde un abonado móvil

La MTSO recibe un intento de llamada desde un abonado móvil por el canal de control de una celda de servicio. La señal de acceso lleva el número de la estación móvil y el número del abonado de destino. Se selecciona un canal de voz y se ordena a la unidad móvil que lo sintonice. Se conecta la ruta de canal de voz en la MTSO y se establece la llamada a la parte de destino. En la Figura 1.21 se observa el detalle.

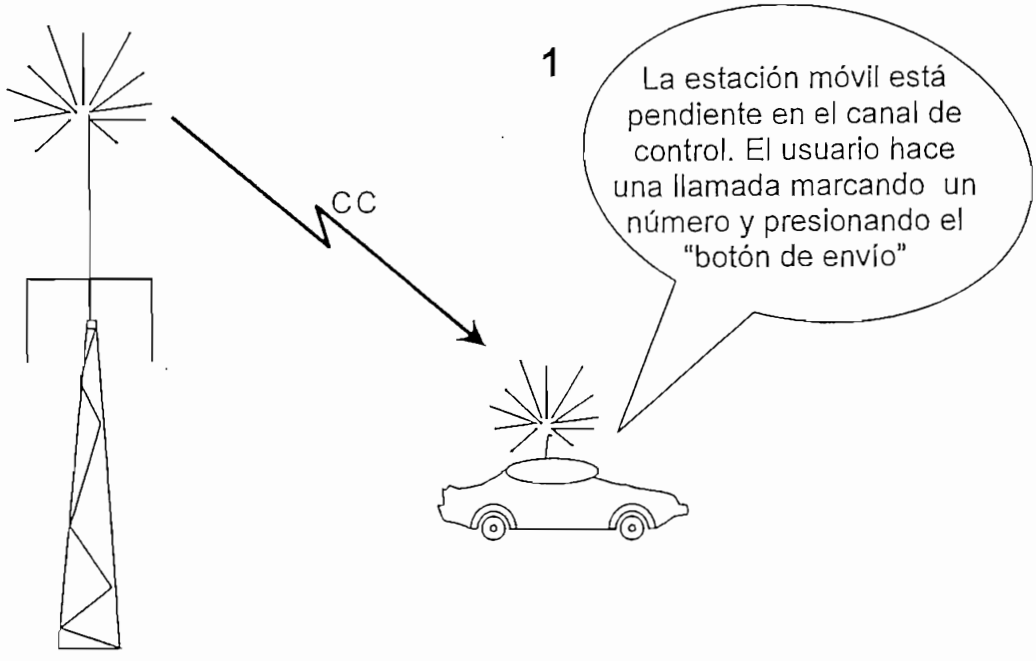


FIG N° 1.21 Caso de llamada desde un abonado móvil.- Pasos 1 de la secuencia total de 17 pasos que conforman este caso.

Una vez que en el móvil se presiona la tecla SEND o tecla de envío, la señal de acceso lleva por el canal de control CC el número de la estación y el número del abonado destino, sin olvidar que el ESN también lo esta enviando periódicamente, al llegar a la radio base, esta empieza una rutina de generación móvil de verificación de validez de abonado, si tiene saldo, o si está autorizado, etc. En la Figura 1.22 se observa los pasos 2 y 3

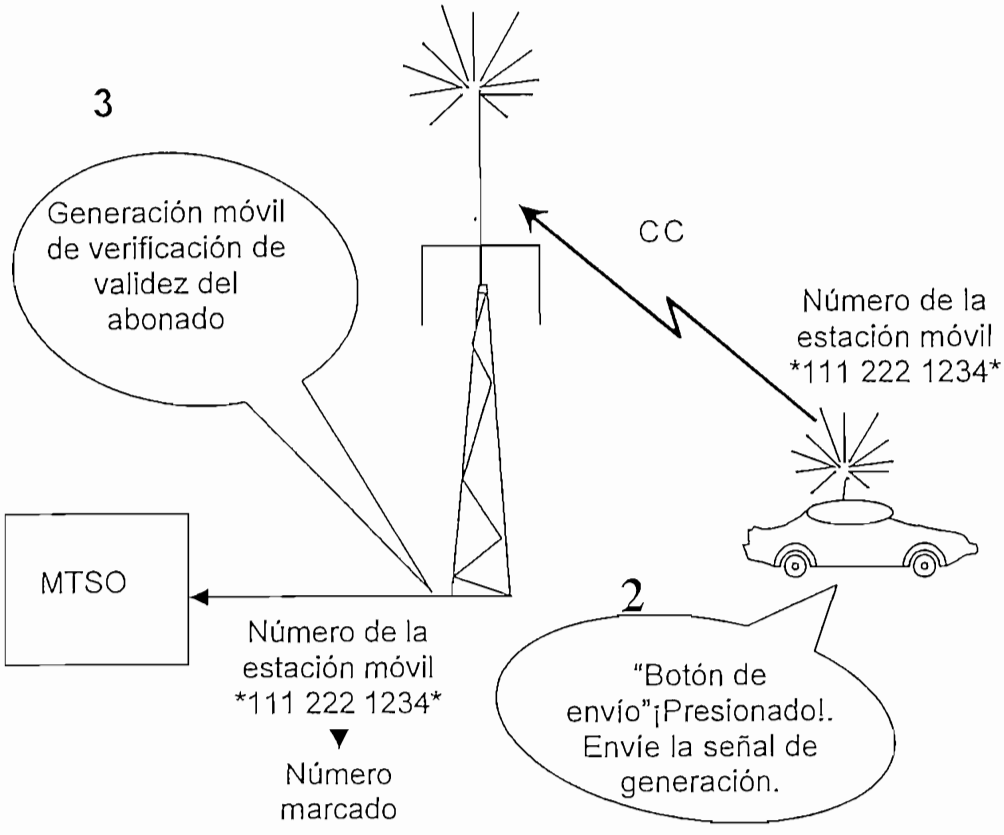


FIG N° 1.22 Caso de llamada desde un abonado móvil.- Pasos 2 y 3 de la secuencia total de 17 pasos que conforman este caso.

Cuando la MTSO confirma la validez del abonado, procede a seleccionar un canal de voz libre para la llamada, a la vez que da la orden de inicio del transmisor de canal de voz seleccionado y también el envío del SAT, notar que hasta ahora la radio base esta comunicada con el móvil por el canal de control. En la Figura 1.23, se observa los pasos 4 y 5

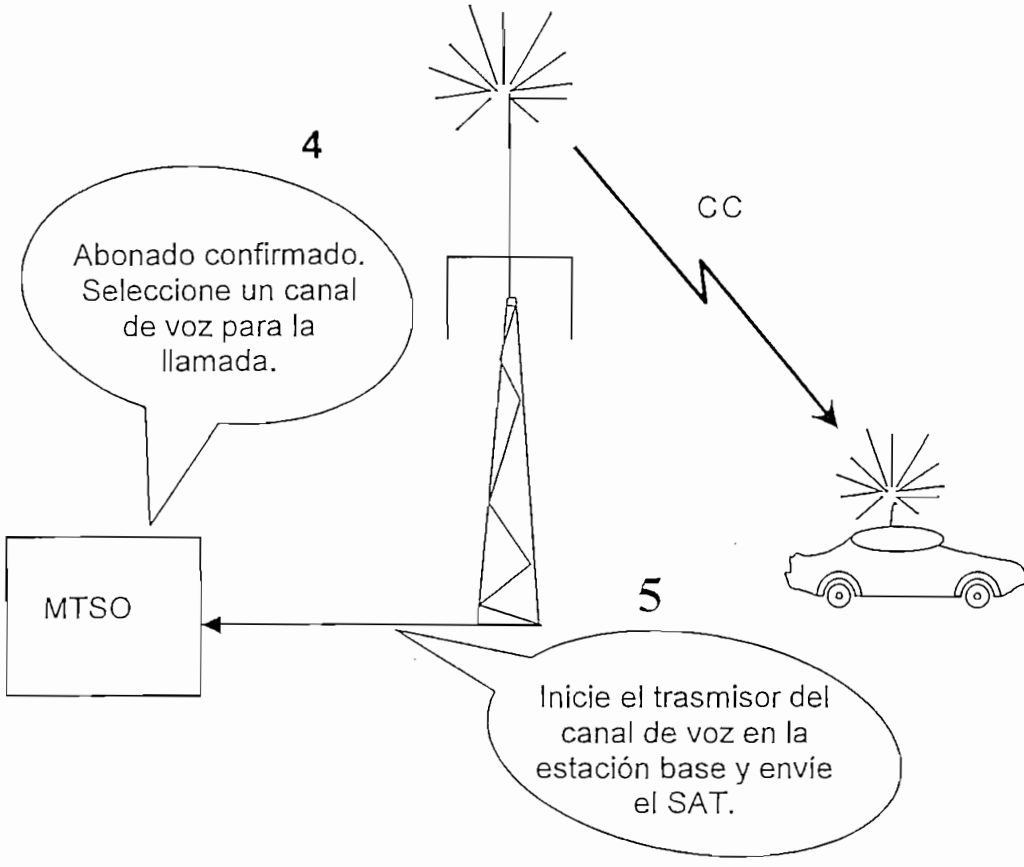


FIG N° 1.23 Caso de llamada desde un abonado móvil.- Pasos 4 y 5 de la secuencia total de 17 pasos que conforman este caso.

La MTSO ordena a la radio base que dirija el móvil al canal de voz seleccionado, y la radio base pide al móvil que se sintonice al canal de voz xxx y que esté atento al SAT x. En la Figura 1.24, se observa los pasos 6 y 7

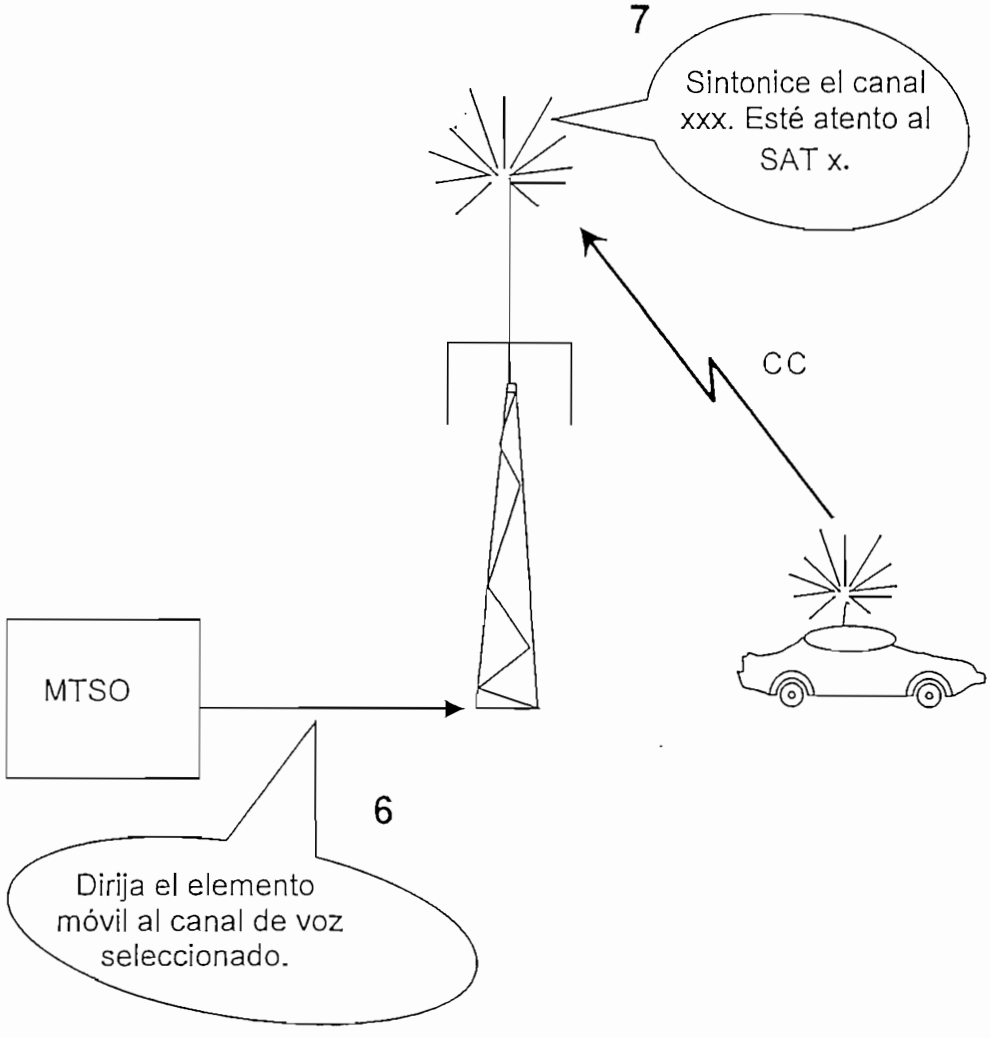


FIG N° 1.24 Caso de llamada desde un abonado móvil.- Pasos 6 y 7 de la secuencia total de 17 pasos que conforman este caso.

El móvil al sintonizar el canal de voz xxx verifica el SAT x, y lo envía de regreso hacia la radio base que al recibirlo, comunica a la MTSO que ha devuelto el SAT, y que continúe. En la Figura 1.25, se observa los pasos 8 y 9

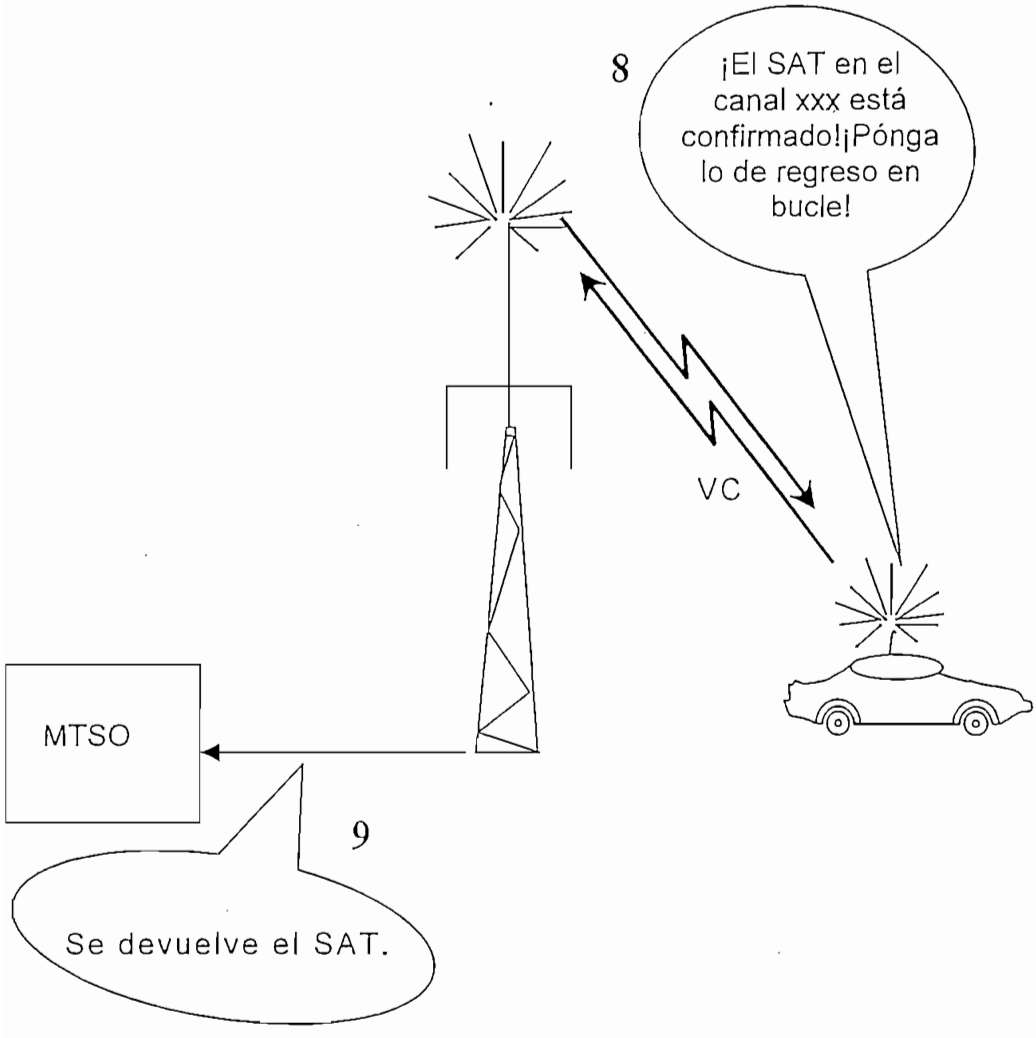


FIG N° 1.25 Caso de llamada desde un abonado móvil.- Pasos 8 y 9 de la secuencia total de 17 pasos que conforman este caso.

La MTSO continua con la rutina, analizando los dígitos marcados en el móvil y recibidos desde la radio base, y se selecciona la ruta al abonado llamado, para su respectiva conexión sea con otro abonado móvil o sea con un abonado de la red telefónica convencional, en la cual puede darse las distintas llamadas, locales, regionales, nacionales o internacionales, de esa manera la configuración de la llamada es iniciada.

La radio base y el móvil mantienen comunicación por el canal de voz xxx y además mantiene el móvil continuamente el bucle que da el retorno del SAT x.

También se debe notar que sin embargo de que hay comunicación entre la radio base y el móvil, todavía no hay el timbrado, solamente el móvil está enviando el SAT x en el bucle creado.

Esta región de origen de la llamada se puede decir que está lista como si fuera una conexión física convencional, por lo tanto está solo esperando a que la MTSO encuentre la ruta hacia el abonado a llamar y al encontrarlo podrá discriminar si el abonado destino está ocupado, está disponible si es un abonado convencional.

Si el abonado destino es un abonado móvil, la MTSO podrá discriminar también si está ocupado, está disponible, o se encuentra fuera del área de servicio, o si el abonado móvil apagó su celular.

Hay que señalar que tanto la telefonía convencional como la celular tienen el servicio de llamada en espera, con lo cual se abre otra de las posibilidades de que se encuentre o no disponible el abonado destino, solamente si este servicio de llamada en espera a sido contratado por el abonado, y este habilitado en ese momento. En la Figura 1.26 se detalla los pasos 10, 11 y 12

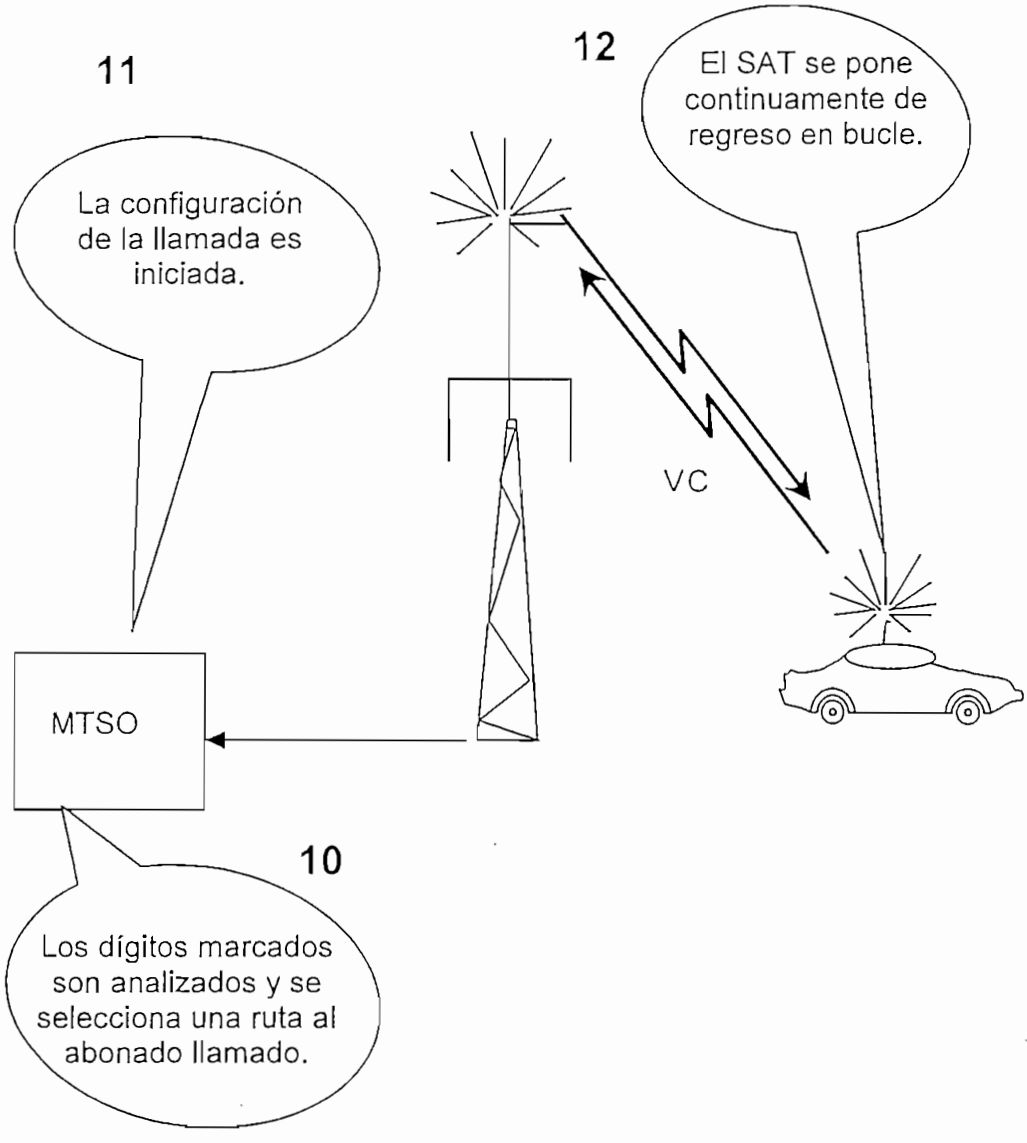


FIG N° 1.26 Caso de llamada desde un abonado móvil.- Pasos 10, 11 y 12 de la secuencia total de 17 pasos que conforman este caso.

Al encontrar al abonado destino, la MTSO genera la función de timbrado, y el tono de control timbrando es enviado hacia el móvil que originó la llamada, por lo que el abonado móvil puede escuchar el tono de control de timbrando, entre tanto que el SAT sigue continuamente de regreso en bucle. Estos pasos 13 y 14 se ve el la Figura 1.27

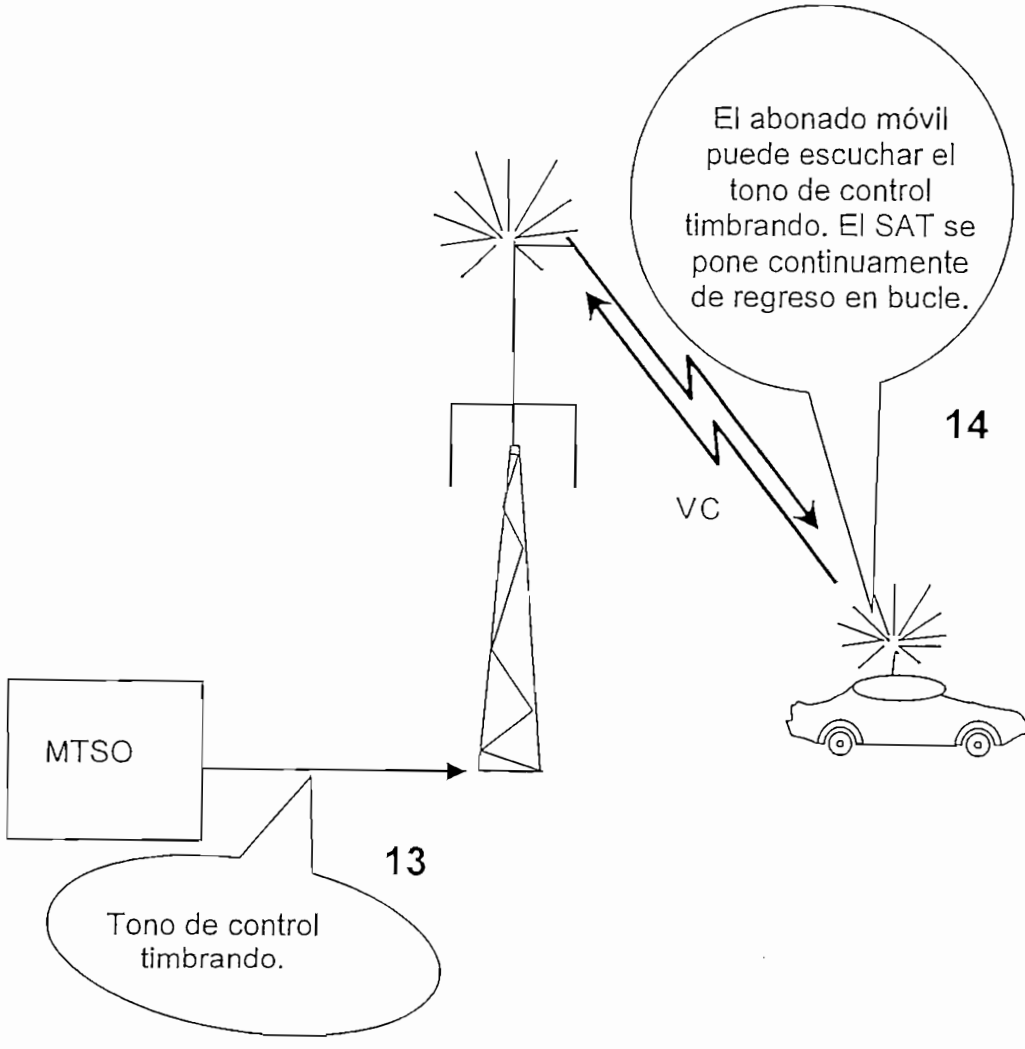


FIG N° 1.27 Caso de llamada desde un abonado móvil.- Pasos 13 y 14 de la secuencia total de 17 pasos que conforman este caso.

Al recibir respuesta el abonado móvil que originó la llamada, entra en conversación, en la cual sigue transmitiéndose el SAT continuamente de regreso en bucle, la radio base sabe también que la conversación se ha dado y la MTSO queda supervisando la llamada. En la Figura 1.28 se detalla los pasos 15, 16 y 17.

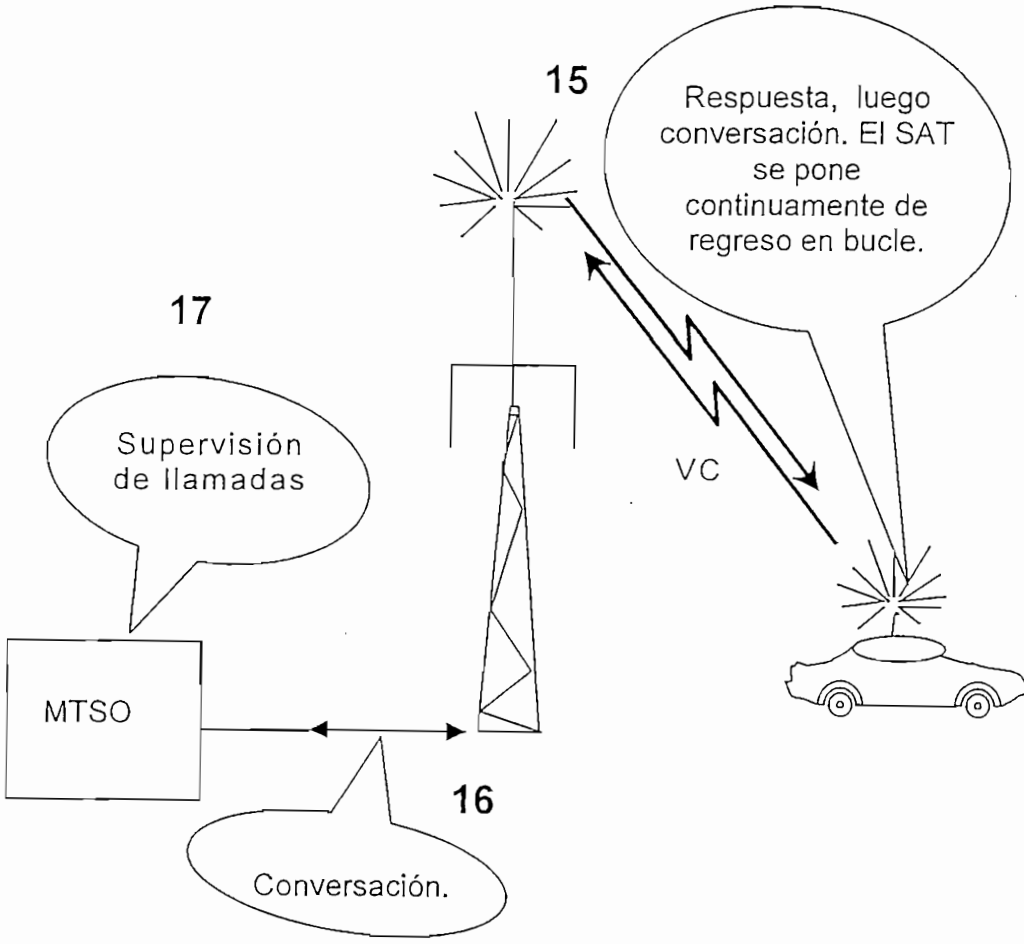


FIG N° 1.28 Caso de llamada desde un abonado móvil.- Pasos 15, 16 y 17 de la secuencia total de 17 pasos que conforman este caso.

1.3.2.4 Liberación de llamada

Estando en conversación, la MTSO está en Supervisión de llamada, luego se cuelga, desde el móvil se pide que envíe el tono de señalización por 1,8 segundos. La BS detecta el tono de señalización, la MTSO da la orden de liberación de la llamada y da la orden de que se apague el transmisor del canal de voz en la estación base. En la Figura 1.29 esta los pasos finales de una conversación e iniciales para la liberación de llamada

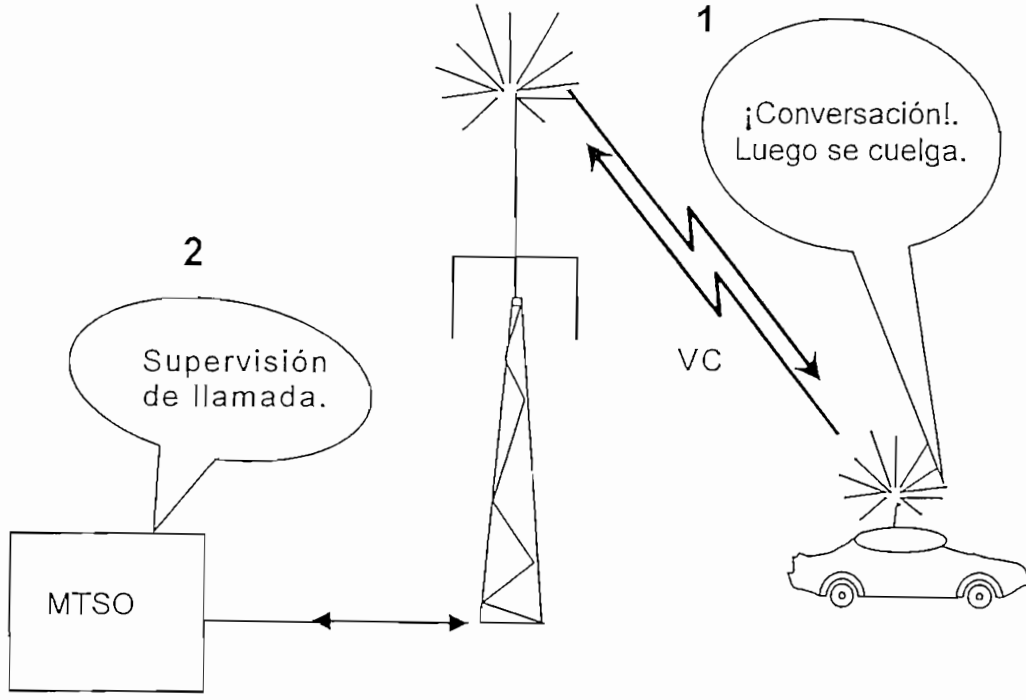


FIG N° 1.29 Caso de liberación de llamada.- Pasos 1 y 2 de la secuencia total de 6 pasos que conforman este caso.

Los fabricantes han previsto además que cuando hay problemas de poca carga de batería el teléfono de antemano empiece la rutina de alerta de carga y además el tiempo determinado para liberar una llamada. Los pasos 3, 4, 5 y 6 se ven el la Figura 1.30

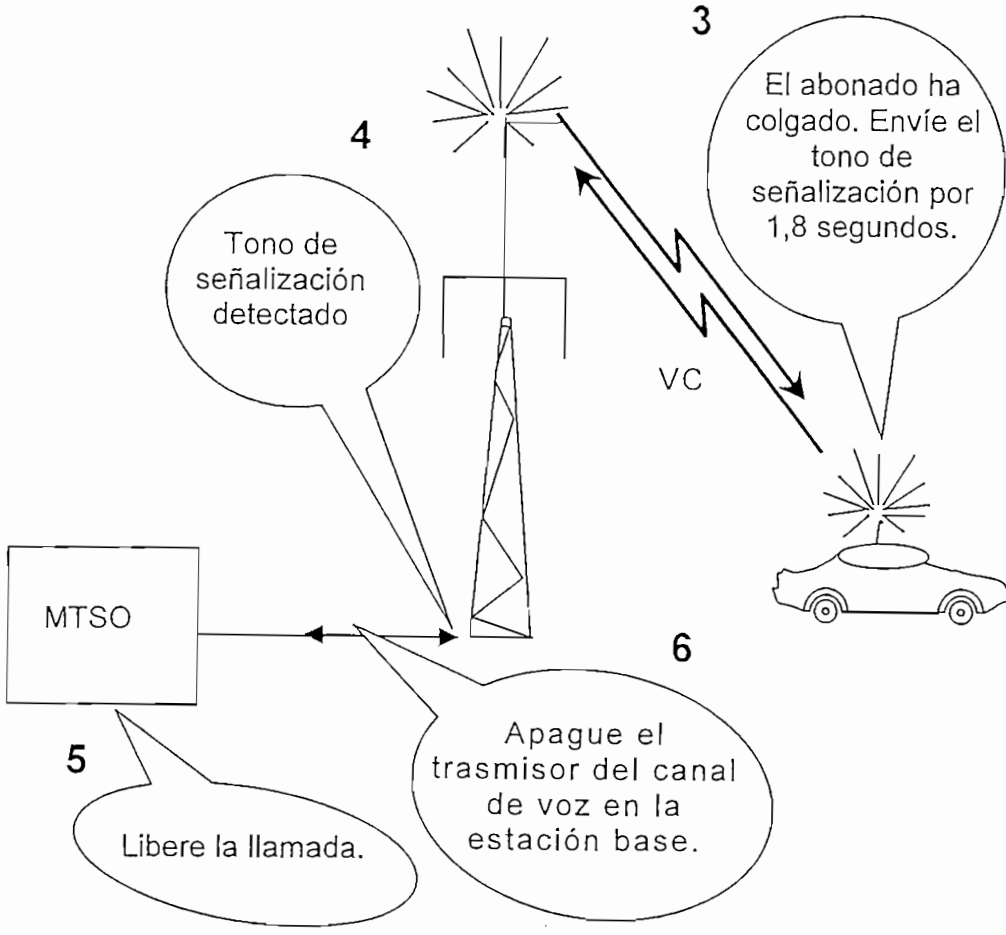


FIG N° 1.30 Caso de liberación de llamada.- Pasos 3, 4, 5 y 6 de la secuencia total de 6 pasos que conforman este caso.

1.3.2.5 Ubicación y Handoff

Si la calidad de transmisión de una llamada cae por debajo del nivel SSH o SNH, la unidad de canal de voz notificará del hecho a la MTSO enviando una solicitud de "Handoff". Este mensaje solicitando este "Handoff" contiene el valor real de la potencia de señal desde la unidad móvil. La solicitud de "Handoff" significa que se debe localizar otra celda con mejor nivel de recepción para que se haga cargo de la transmisión.

Al estar un móvil desplazándose dentro del área geográfica de una celda, esta transmitiendo parámetros que la radio base los evalúa, en este caso con las potencias límites, y más aún si está en conversación, la MTSO prioriza el mantenimiento de la conversación, por tanto analiza la ubicación del móvil y la compara con los valores provenientes de otras celdas vecinas, para tomar la mejor alternativa para que prevalezca la conversación dando así el mejor servicio de comunicación.

Por tanto si un móvil esta manteniendo una conversación por el canal de voz xxx, con su SAT x respectivo, y la radio base al analizar la relación señal a ruido del SAT o el nivel de entrada de RF está por debajo del límite, envía a la MTSO la solicitud de transferencia, además envía la potencia propia de la señal es de x-unidades.

Los límites SSH que es el valor de potencia para una solicitud de handoff y el SNH que es el valor de la relación señala ruido para una solicitud de handoff, son los que son enviados a la MTSO para que pueda compararlos con los valores provenientes de otras celdas vecinas. En la Figura 1.31 se ve los pasos 1, 2 y 3 correspondientes a esta secuencia de Ubicación y Handoff

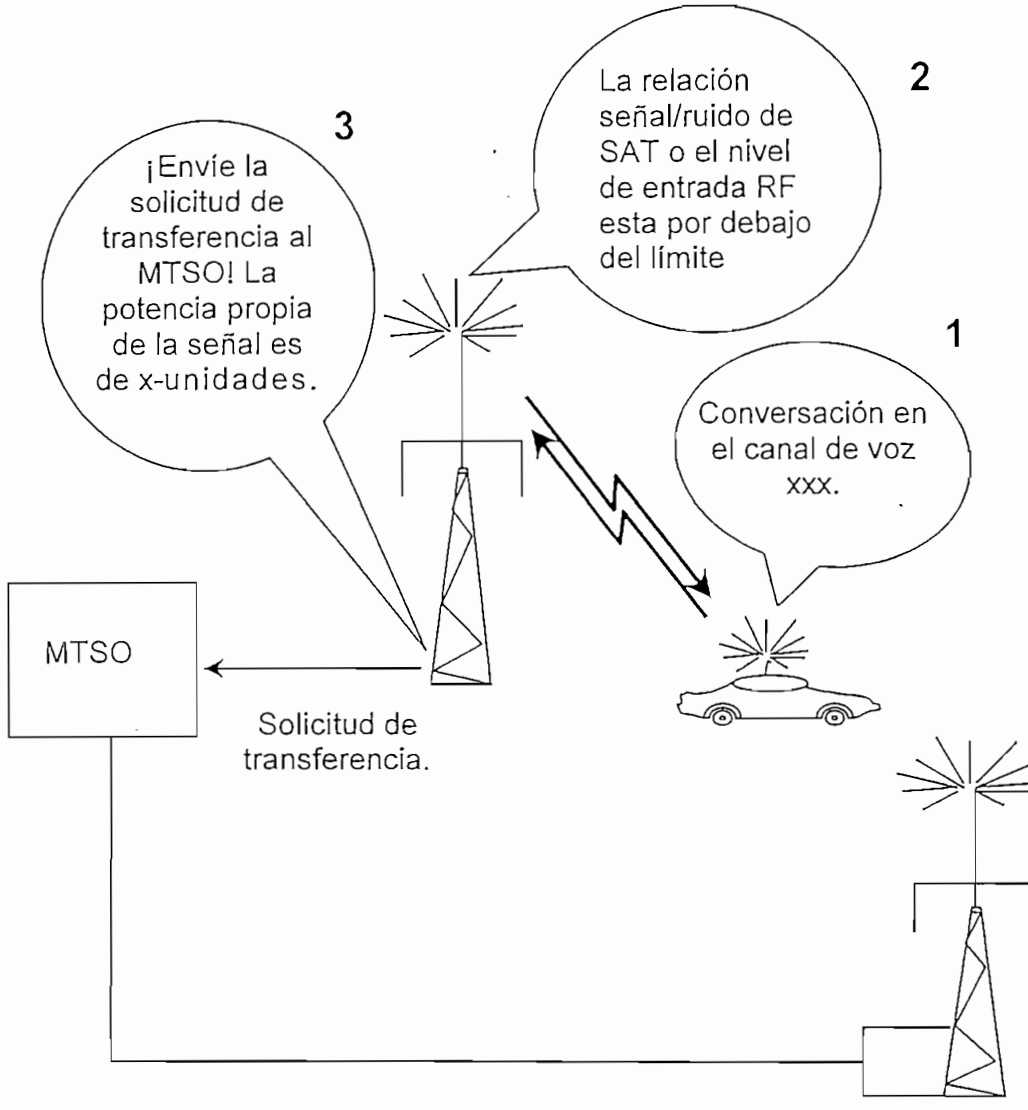


FIG N° 1.31 Caso de Handoff.- Pasos 1,2 y 3 de la secuencia total de 18 pasos que conforman este caso.

1.3.2.6 Localización

Hay un receptor de potencia de señal (SSR) dentro de la estación base, que se utiliza exclusivamente para localizar unidades móviles en el estado de conversación. Este SSR también se puede denominar unidad de localización.

Cada celda siempre está equipada con un receptor de potencia de señal, el que consta de un receptor (RX) y de una unidad de control (CU). El receptor de potencia de señal tiene exactamente el mismo diseño que las unidades de control, pero sin el transmisor. La MTSO también puede ordenar al canal de voz para que funcione como un receptor de potencia de señal. Esto puede ocurrir en situaciones que requieren gran capacidad.

El SSR en cada celda realiza un muestreo cíclico de las mediciones de las radiofrecuencias recibidas. Todas las frecuencias se muestrean, pero únicamente las frecuencias de canal de voz asignadas a las celdas vecinas son de interés para el "Handoff". La información sobre los canales que se deberían tomar en consideración durante el muestreo mencionado anteriormente, es recibida originalmente por la MTSO. Después de cada muestreo cíclico, se actualizan los resultados de la medición en la unidad de control como un valor medio. Cada celda conoce entonces la calidad de transmisión que debería tener cualquier unidad móvil que use en ese momento el canal de voz de una celda vecina.

Si una celda ha solicitado un "Handoff", la MTSO pedirá a las celdas vecinas que envíen los resultados de medición de potencia de señal de la unidad móvil.

Dado que cada celda siempre dispone de los resultados de la potencia de señal, estos se suministrarán a la MTSO, la que buscará el mejor resultado. El criterio para seleccionar una nueva celda es que el mejor resultado debe ser significativamente mejor que el resultado recibido de la celda que pide el "Handoff". Los pasos 4, 5, 6 y 7 se aprecian en la Figura 1.32.

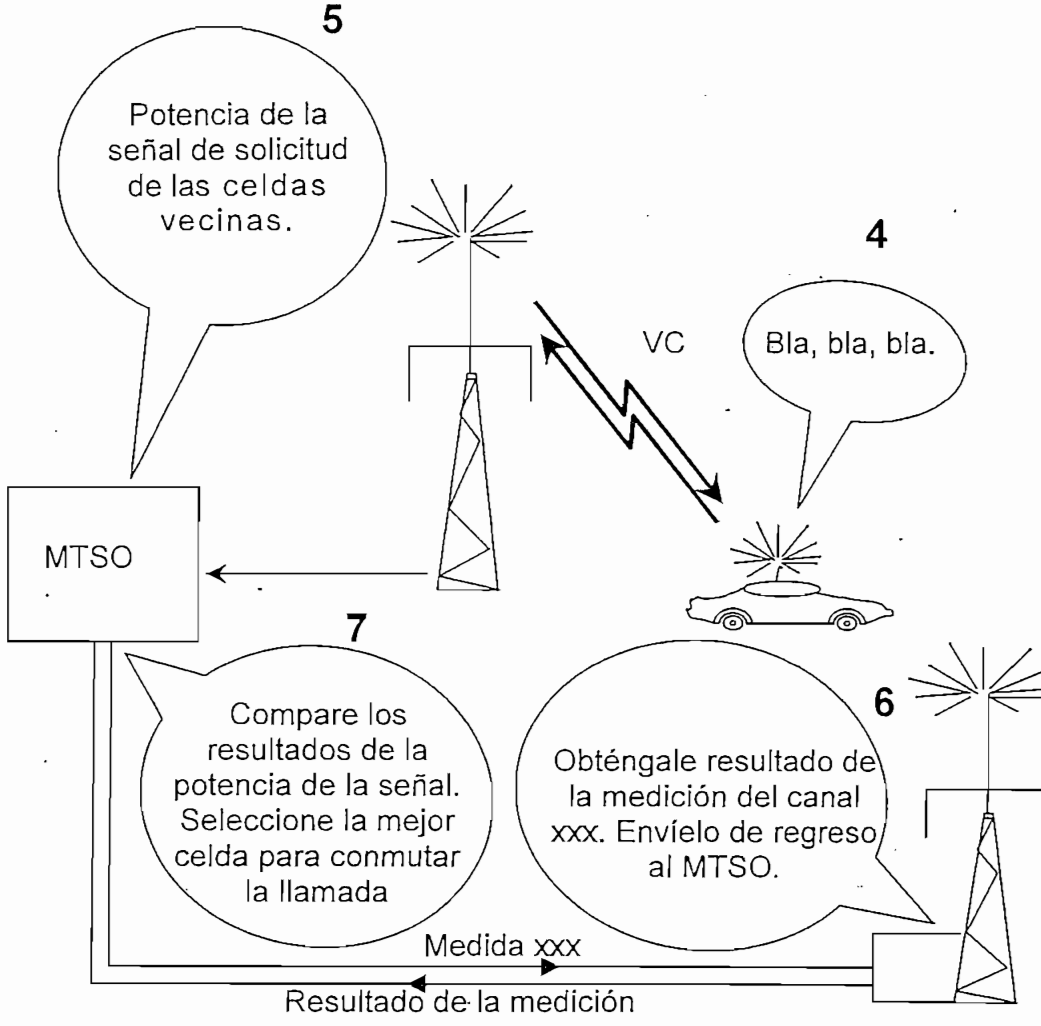


FIG N° 1.32 Caso de Handoff.- Pasos 4,5, 6 y 7 de la secuencia total de 18 pasos que conforman este caso.

La MTSO puede determinar ahora la celda objetivo para conmutar la llamada y después de hacerlo, busca un canal libre en esa celda. Si todos los canales de voz están ocupados en ese momento, se escoge la siguiente "celda mejor", a condición de que también cumpla con el criterio mencionado.

1.3.2.6.1 Handoff

Después de seleccionar el canal de voz, se ordena a la nueva celda que inicie el transmisor. Entonces, a través del canal de voz que se usa actualmente, también se envía una orden a la estación móvil para que se sintonice a este canal de voz seleccionado.

En este mensaje también se proporciona la información sobre el SAT que usa el nuevo canal de voz.

En el gráfico se ilustra el handoff desde el canal de voz xxx al canal de voz yyy, mediante el análisis por parte de la MTSO con el dato proporcionado de potencia o relación señal a ruido proporcionado por la radio base de la celda inicial, que luego compara con las mediciones respectivas de las celdas vecinas en el caso general de seis celdas vecinas, y de ellas tomará la que tenga mejor señal, en el gráfico la celda B, a la cual se le ordena inicializarse en el canal de voz libre yyy con un SAT y .

Una vez que esta inicializado el canal de voz yyy con el SAT y , la MTSO autoriza a que se envié la orden de transferencia a la estación móvil que todavía esta en el canal de voz xxx. En la Figura 1.33 se ve los pasos 8, 9 y 10

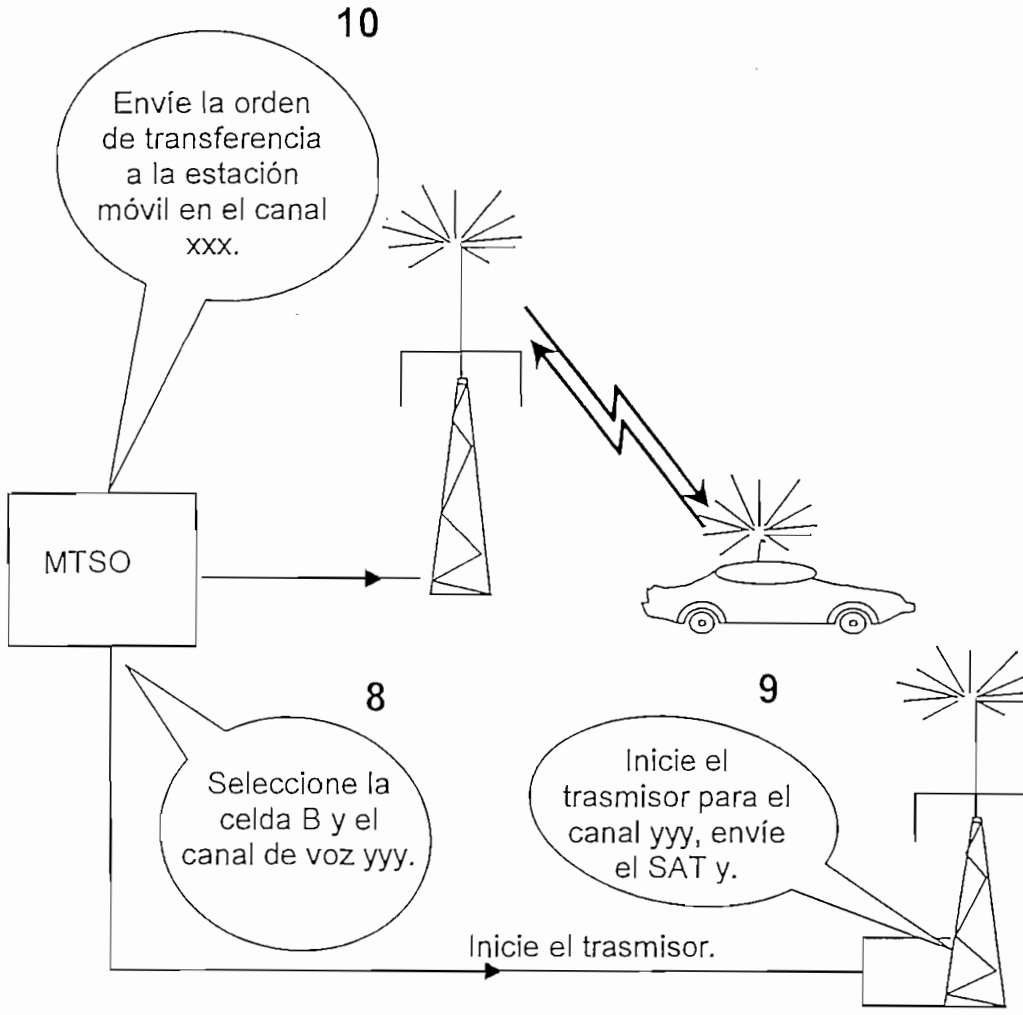


FIG N° 1.33 Caso de Handoff.- Pasos 8,9 y 10 de la secuencia total de 18 pasos que conforman este caso.

La estación móvil envía el tono de señalización (ST), lo que permite la sincronización de la conmutación al nuevo trayecto en la conmutación de grupo dentro de la MTSO, cuando se produce un cambio de canal de voz. La detección de un ST significa que la unidad móvil se sintonizará al nuevo canal. Los pasos 11, 12, 13 y 14 se ven el la Figura 1.34.

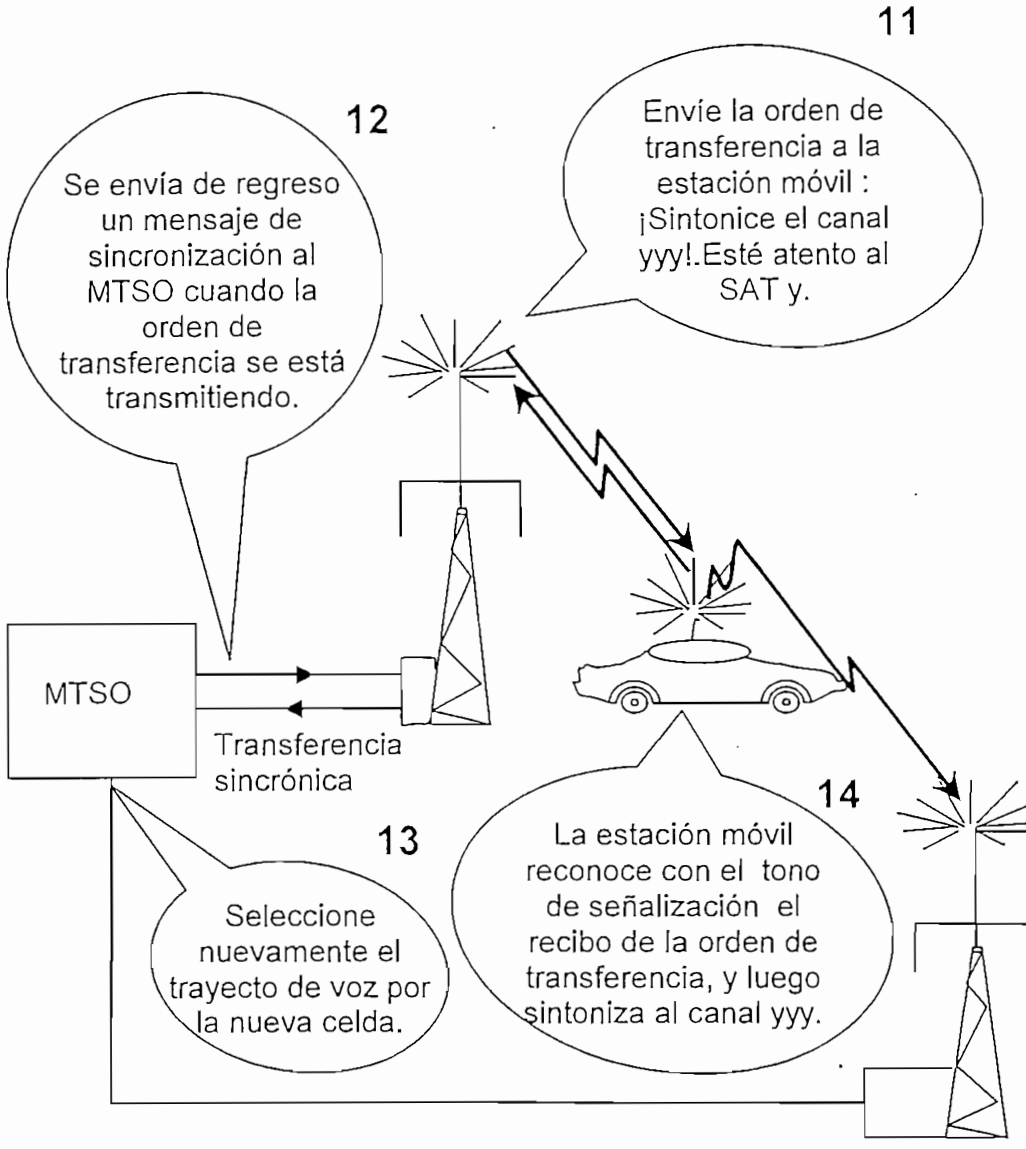


FIG N° 1.34 Caso de Handoff.- Pasos 11,12, 13 y 14 de la secuencia total de 18 pasos que conforman este caso.

Si se verifica la frecuencia del SAT y si corresponde a la esperada, se retorna en bucle. Esto confirma un éxito en el "Handoff".
El canal de voz antiguo se marca como libre en la MTSO y se desconecta su transmisor.

En el gráfico de la Figura 1.35 se aprecia que la estación móvil se sintoniza al canal de voz yyy , verifica el SAT y que está recibiendo y lo coloca en bucle para retornarlo a la radio base B.
La radio base B regresa el SAT y en el canal de voz yyy , indicando de esta manera que la transferencia fue exitosa, esto es lo que se conoce como confirmación de transferencia, que llega a la MTSO.
Por otro lado la radio base inicial envía el mensaje de que no se recibió ninguna portadora en el canal de voz xxx, por lo que informa a la MTSO que el canal está libre.

La radio base detecta el tono de señalización, apague el transmisor para el canal de voz xxx , espere que el portador entrante desaparezca.
En los procesos de handoff la MTSO es la que realiza la rutina de análisis para discriminar a cual de las celdas va a enviar la conversación que solicito el handoff, como se vio este análisis lo hace la MTSO juntando dados de las celdas vecinas, hasta que la confirmación de la transferencia sea exitosa, ahora si no es un móvil, sino son varios móviles que al mismo tiempo necesitan y solicitan un handoff, esto hará que la central MTSO tienda a saturarse, es por ello que los fabricantes de unidades móviles para los usuarios, han fabricado los teléfonos celulares con tecnología de transmisión digital, y con dispositivos que liberarán, aliviando a la central MTSO del Handoff mediante el análisis de celdas vecinas por medio del móvil, lo que dan el nombre de handoff asistido.

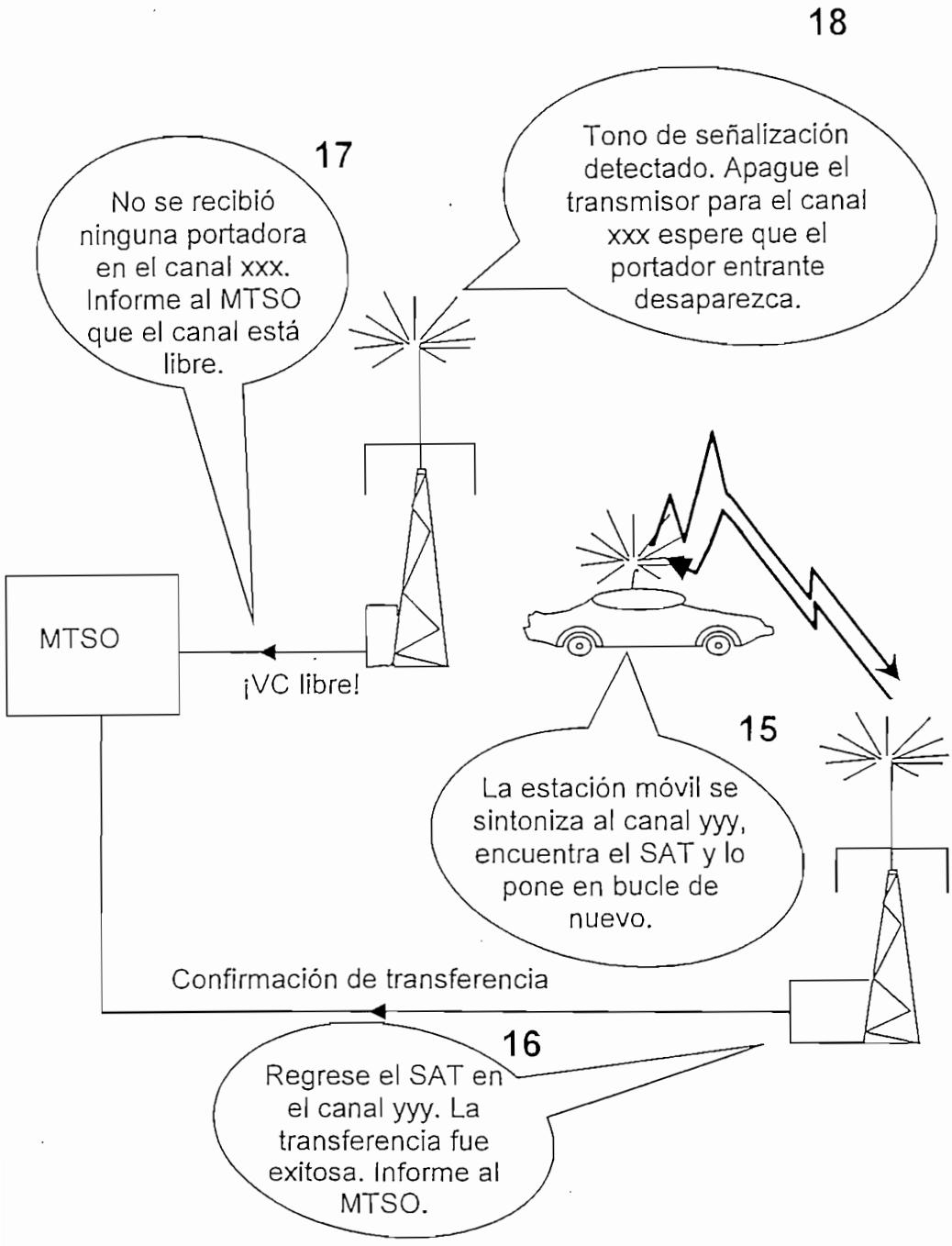


FIG N° 1.35 Caso de Handoff.- Pasos 15,16,17 y 18 de la secuencia total de 18 pasos que conforman este caso.

1.3.2.7 Registro por la unidad móvil

La unidad móvil genera un registro enviando una solicitud de acceso por el canal de control. Una llamada desde una unidad móvil se considera un registro, pero normalmente, el acceso de registro lo realiza la estación móvil sin intervención alguna del abonado. En la Figura 1.36 se grafica la corta secuencia.

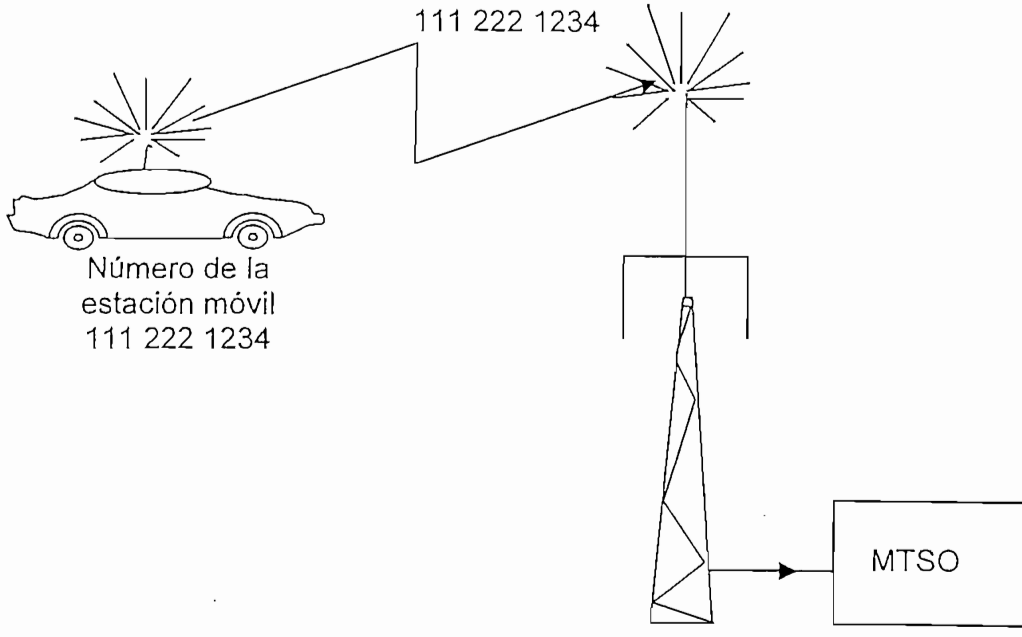


FIG N° 1.36 Registro de la unidad móvil

La MTSO ordena un registro forzado para mantener una lista activa de los abonados para el enrutamiento de los mensajes y para la localización de una unidad móvil en un sistema grande.

1.3.2.8 Servicios y facilidades de abonado

Una de las exigencias más importantes que se le hace a un sistema celular es que los abonados, sin importar sus movimientos dentro de la red, deben contar con un servicio telefónico móvil sin restricciones si se le compara con el servicio de PTSN corriente. El abonado móvil entonces podría usar el teléfono móvil del mismo modo que el circuito terrestre corriente, en lo que se refiere a procedimientos de llamada, además de tener también acceso a los servicios de abonado.

Cualquier servicio de abonado se implementa en el software de la MTSO y se pone a disposición de los abonados por intermedio de las portadoras de servicio.

Algunos están incluidos en las unidades móviles y se llaman facilidades de abonado o características del teléfono. Estos pueden incluir memoria de marcación abreviada, indicador de llamada durante la ausencia, indicador de mensaje en espera, operación sin manos, selección de tono de alerta y modos de restricción de llamada.

Las portadoras telefónicas pueden ofrecer características como correo de voz, reenvío automático, llamada en espera, llamada de conferencia y servicios de llamada especializados.

CAPÍTULO 2.

PROTOCOLOS UTILIZADOS EN LA TELEFONÍA CELULAR DIGITAL

2.1 INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGIA CELULAR DIGITAL

En 1988, entre los operadores de telefonía celular surgió la inquietud de que pronto se toparían con una "pared de capacidad" debido al limitado espectro de radio y al explosivo aumento de los abonados, y se temía que no habría capacidad para añadir nuevos abonados a su sistema.

En respuesta a esta preocupación, la Cellular Telecomunications Industry Association (CTIA) redactó un documento de Requisitos de rendimientos de usuario (UPR) que describía una nueva generación de equipos celulares con capacidad suficiente para satisfacer las crecientes necesidades de la industria celular. Los UPR no especificaban una tecnología analógica o digital; únicamente determinaban los requisitos de capacidad del sistema y la necesidad de nuevas funciones.

Durante el año siguiente, se realizaron análisis y demostraciones técnicas. En el otoño de 1989, la CTIA aprobó la implementación del Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) como la técnica de acceso de preferencia para la próxima generación de equipos celulares. Se redactaron tres nuevos estándares, conocidos como American Digital Cellular (ADC):

IS-54 Compatibilidad de estación móvil de modo dual con estación base.

IS-55 Estándares mínimos de rendimiento recomendados para estaciones móviles de modo dual a 800MHz.

IS-56 Estándares mínimos de rendimiento recomendados para estaciones base a 800MHz que respaldan a estaciones móviles de modo dual.

Al mismo tiempo, se estaban creando diversos sistemas celulares digitales de radio en todo el mundo. En éstos se incluye el Sistema global para comunicaciones móviles (GSM, conocido anteriormente como Grupo especial móvil) y Pacific Digital Cellular (PDC). Hay muchas similitudes entre los sistemas ADC, GSM y PDC, aunque unicamente el GSM fue proyectado para superponerse al sistema analógico existente (no permite ninguna interacción con el sistema existente). El ADC y el PDC están diseñados para coexistir e interactuar con el sistema analógico existente, permitiendo su introducción más natural y progresiva en el mercado.

La tecnología celular digital usa canales de transmisión digital y ha surgido de la estructura analógica existente. Si bien los canales de transmisión digital son físicamente diferentes de su antecesor analógico, su operación funcional es muy similar. Una estación móvil de modo dual consiste de una unidad transceptor analógico y digital en una sola unidad.

Comparadas con las redes analógicas, las redes de comunicación digital tienen muchas ventajas técnicas, como por ejemplo:

- Facilidad de señalización
- Integración de transmisión y conmutación
- Capacidades de regeneración de señales
- Posibilidades del monitoreo del desempeño
- Capacidad de operación en relaciones bajas de interfaz a señal/ruido
- Codificación
- Mejoras de capacidad

2.2 PROTOCOLO IS-54

El sistema celular digital está diseñado para cumplir con los objetivos CTIA UPR mediante:

- El uso del mismo canal analógico de control
- El mantenimiento o aumento de la calidad de transmisión de la voz
- La provisión de una expansión rentable de la capacidad del sistema.
- El mantenimiento de un control coordinado del sistema analógico/digital

2.2.1 MODIFICACIONES DE LA TÉCNICA DE ACCESO

Un requisito clave de la nueva tecnología era la compatibilidad con el sistema cellular EIA-553 existente, a la vez que el aumento de la capacidad del sistema y una mejora en los servicios. Debido a esto se usan los canales de control analógicos existentes para las asignaciones de canales de voz analógicos y digitales. Se ocupa un bit de reserva en la estructura de los canales de control tanto de transferencia como de reversión, para indicar si el sistema móvil tiene capacidad digital. Un sistema de este tipo preferirá lo digital durante la asignación de canales para un móvil de modo dual. Si no se dispone de un canal digital, se asignará un canal analógico.

2.2.2 CALIDAD DE TRANSMISIÓN DIGITAL

Cuando una señal pasa a través de un medio de transmisión, se añade distorsión y ruido. Se puede aumentar la resistencia de una señal digital a la distorsión procesándola de la siguiente manera:

Regeneración de la señal.- Se usa para superar la adición de distorsión y de ruido generando una nueva señal. En la Figura 2.1 se grafica los pasos de la regeneración

REGENERACIÓN DE UNA SEÑAL

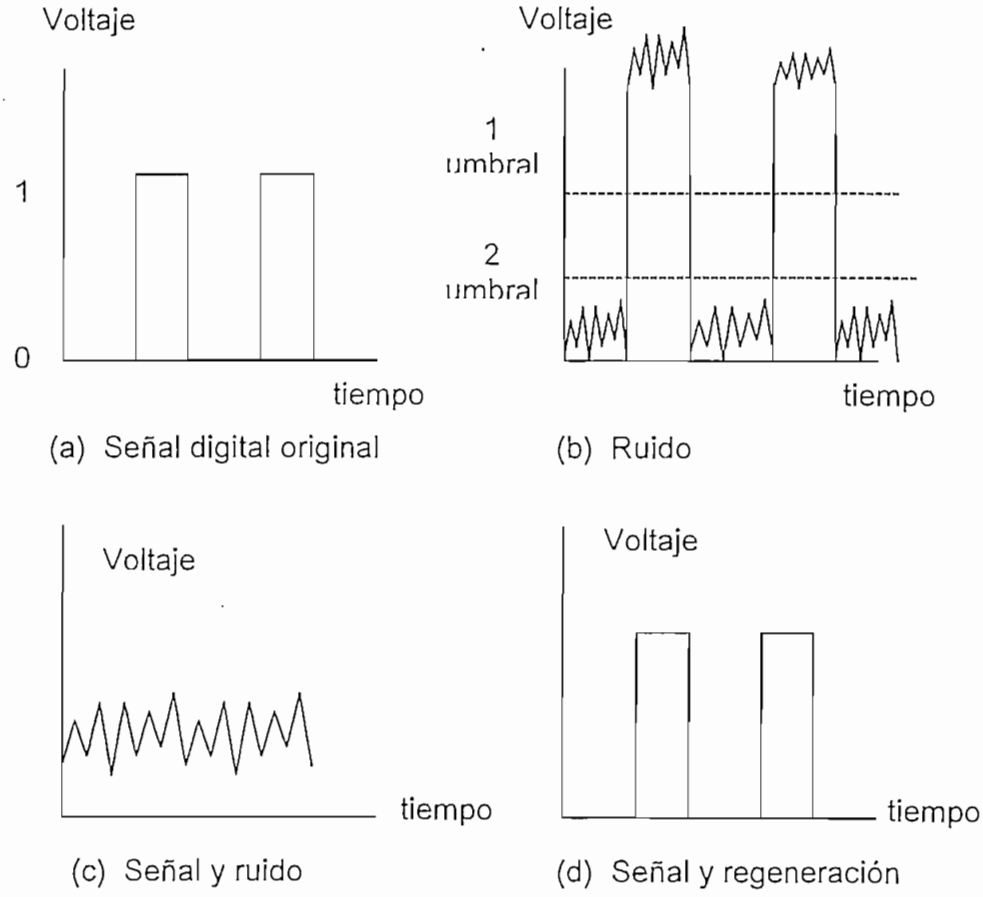


FIG N° 2.1 Regeneración de una señal digital

(a) Señal digital original

(b) Ruido

(c) Señal y ruido

(d) Señal de regeneración

Detección de errores.- Se usa para determinar si el deterioro del canal ha excedido la tolerancia de la distorsión

Corrección de errores.- Proporciona datos redundantes para corregir los bit en que se detectan errores.

2.2.3 AUMENTO DE CAPACIDAD

El objetivo principal de la tecnología celular digital es permitir la expansión rentable de la capacidad del sistema celular analógico existente. Antes de la introducción de la tecnología digital, la única técnica disponible para aumentar la capacidad de un sistema era reducir el tamaño de las celdas. Esto se denomina división de celdas. En un sistema digital, se logra usando un codificador/decodificador de voz de baja velocidad binaria, el que realiza la compresión de los datos y comparte el tiempo de los canales de RF digitales. En el momento actual, tres abonados digitales tienen cabida en el mismo espectro que un solo abonado analógico. Incluidos los efectos de un enlazamiento eficiente, el resultado es un incremento de 3.7 veces la capacidad total del sistema analógico actual. Se proveen otras mejoras al estándar IS-54, hasta lograr que la capacidad total aumente en 12-15 veces la de los actuales sistemas analógicos.

2.2.4 CODIFICADOR/DECODIFICADOR DE VOZ

La red telefónica terrestre emplea la Modulación por impulsos codificados (PCM) compandida (comprimida y expandida) de 64kbs para la transmisión digital de señales de voz. La transmisión de tres canales de 64kbs requeriría 192kbs, lo que no es muy eficaz desde el punto de vista del espectro. Para aumentar la eficacia de la transmisión para el sistema de celular digital, se debe reducir la velocidad (de transferencia) de los datos. Esto se logra con el uso de un codificador/decodificador digital de voz que elimina la redundancia en la forma de

onda de la señal de voz. El codificador/decodificador digital de voz reduce la entrada de datos de 64kbs a 7.95kbs, comprimiendo cada señal de voz de 20ms en una ráfaga de datos de 6.67ms. En la Figura 2.2 se aprecia la señal de audio con su correspondiente codificación en una ráfaga

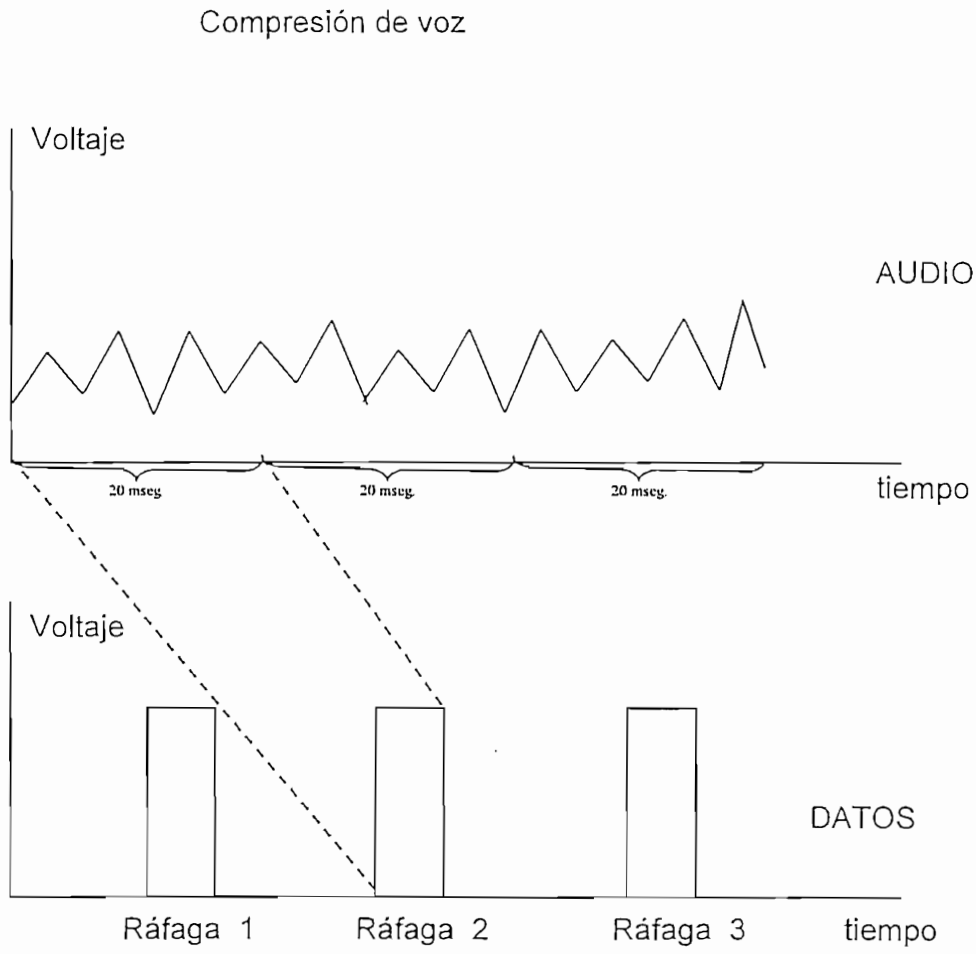


FIG N° 2.2 Compresión de voz, cada 20mseg es comprimida en una ráfaga de datos de 6.67mseg

2.2.5 MULTIPLEXION POR DIVISION DE TIEMPO

Los sistemas celulares analógicos usan técnicas de multiplexión por división de frecuencia (FDM). En éstas, el ancho de banda se restringe a un único usuario. La Multiplexión por división de tiempo permite que múltiples estaciones móviles compartan el mismo canal de RF al dividir el ancho de banda en intervalos de tiempo. La estación base sincroniza las transmisiones de las estaciones móviles, de modo que cada estación móvil transmite únicamente en su intervalo de tiempo específico. En el gráfico de la Figura 2.3 se muestra que tres móviles dialogan con la central en su intervalo de tiempo correspondiente.

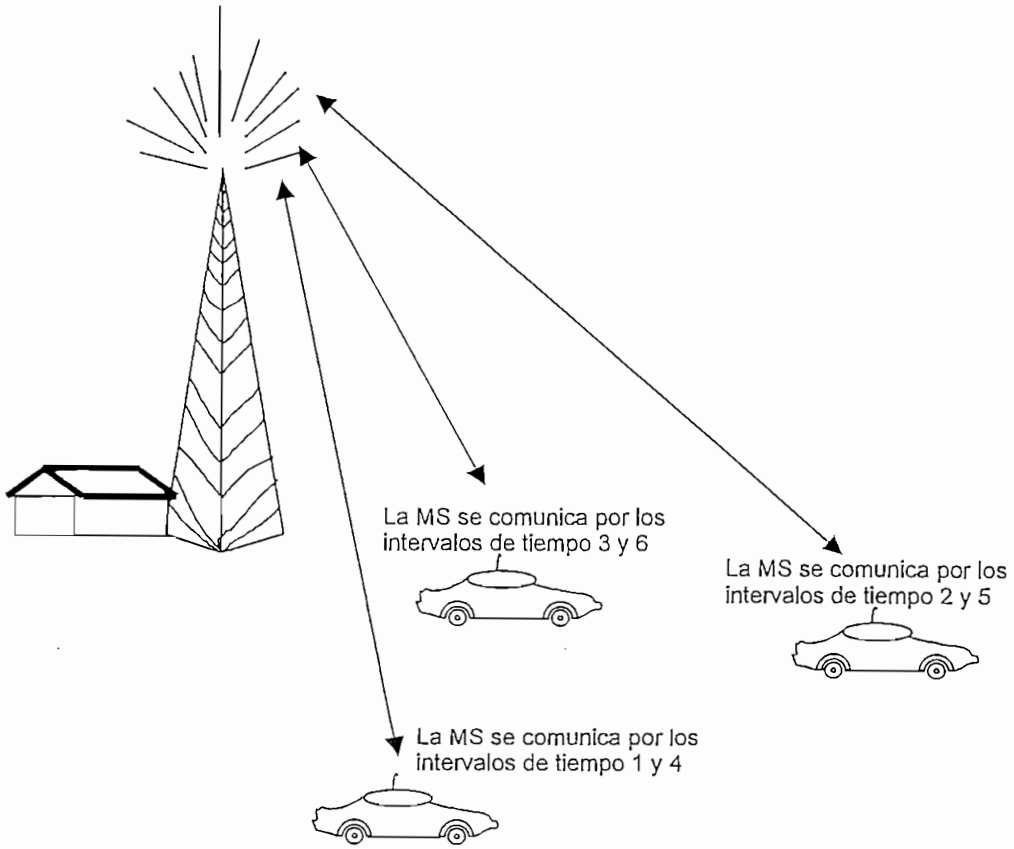


FIG N° 2.3 Tres móviles multiplexados en el tiempo dialogan con la Central MTSO

2.2.6 CONTROL DEL SISTEMA

La MTSO coordina los "Handoffs" manteniendo la transmisión de voz cuando una estación móvil pasa de una celda a otra. El Handoff móvil asistido (MAHO), una función opcional del estándar IS-54, aumenta la calidad de la voz del "Handoff" y reduce los requisitos de procesamiento de llamadas en la MTSO. Para contar con esta función, es necesario tener estaciones móviles de modo dual. En un sistema que utiliza la MAHO, la estación base de servicio pide a la estación móvil de modo dual que mida la potencia de la señal en las celdas adyacentes. Las mediciones se comunican a la estación base para las eventuales decisiones de "Handoff". Esto reduce los requisitos de señalización dentro del sistema.

2.2.7 NUEVOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

La selección de la tecnología TDMA introduce nuevos conceptos en los aspectos de modulación, estructura de canales y frecuencia para las unidades móviles.

2.2.7.1 Modulación

El sistema celular digital emplea tres tipos de modulación:

Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK).- Transfiere la información de señalización de control por canales de voz analógicos y de control.

Modulación de frecuencia (FM).- Transfiere la voz por canales de voz analógicos.
Modulación por desplazamiento de fase de cuadratura codificada diferencialmente p/4 (DQPSK).- Transfiere la voz codificada e información de control por canales de tráfico digital.

2.2.7.2 Estructura del canal de tráfico digital

Los canales de tráfico digital manejan la transmisión de voz codificada y de información de señalización de control entre un Módulo de transceptor digital (DTRM) y una estación móvil de modo dual. Cada canal RF se divide en seis intervalos de tiempo. Los intervalos se agrupan para formar una trama. Hay dos clasificaciones para los DTC:

Velocidad total.- Utiliza dos intervalos de tiempo espaciados uniformemente para cada usuario.

Velocidad Media.- Utiliza un intervalo de tiempo para cada usuario. Estos canales están actualmente en desarrollo.

2.2.7.3 Cuestiones de frecuencia

La coexistencia de los sistemas analógico y digitales plantea varios desafíos a la optimización del desempeño de los sistemas. Los parámetros básicos asociados con la RF que afectan la implementación y el desempeño del sistema digital son:

- Portadora a ruido (C/N).- Se relaciona con la sensibilidad de recepción.
- Interferencia de canal común (C/I).
- Interferencia de canal adyacente (C/A).
- Portadora a reflexión (C/R).- Se relaciona con la dispersión temporal.
- Demora debida a la distancia.- Estación móvil a estación base.

Para evitar o mejorar los casos de interferencia enumerados más arriba, se recomienda dividir la banda de frecuencia en dos subpartes (sub-bandas). Los canales analógicos se asignarían a una sub-banda y los digitales a la otra. Hay dos ventajas importantes en la división del espectro:

- Se restringe la interferencia a un límite
- Ofrece la opción de generar diferentes esquemas de reutilización para analógico y digital.

2.2.8 PROCESAMIENTO DE SEÑALES

El procesamiento de señales tiene lugar tanto en el móvil como en el Módulo de transceptor digital (DTRM) en la estación base. En el diagrama de bloque de la Figura 2.4 se tiene el procesamiento de la señal.

2.2.8.1 Señalización de estación base a móvil

La señal PCM de 64 Kbs se recibe desde la MTSO. La voz entonces se codifica para comprimir la velocidad binaria y así utilizar el ancho de banda de manera más eficiente. El canal codifica la voz y la información de señalización para reducir los efectos de errores del canal. Luego, la voz y la información de control se formatean en intervalos de tiempo. Se modula la secuencia de datos para producir una señal de frecuencia de radio (RF) que se transmitirá por la interfaz aérea al móvil. Entonces se demodula la señal RF recibida para producir una secuencia de datos que se puede decodificar en voz analógica.

2.2.8.2 Señalización de estación móvil a base

La voz analógica se convierte en ráfaga de datos digitales y se introduce en el codificador de voz. Entonces el canal codifica la voz y la información de señalización codificadas para reducir los efectos de errores del canal. Luego se formatea la información de voz y de control en intervalos de tiempo. Se modula una secuencia de datos para producir una señal RF que se transmitirá por la interfaz aérea a la estación base. Entonces se demodula la señal RF recibida para producir una secuencia de datos que se puede decodificar en una señal PCM de 64 Kbs que será transferida a la MTSO.

PROCESAMIENTO DE SEÑAL

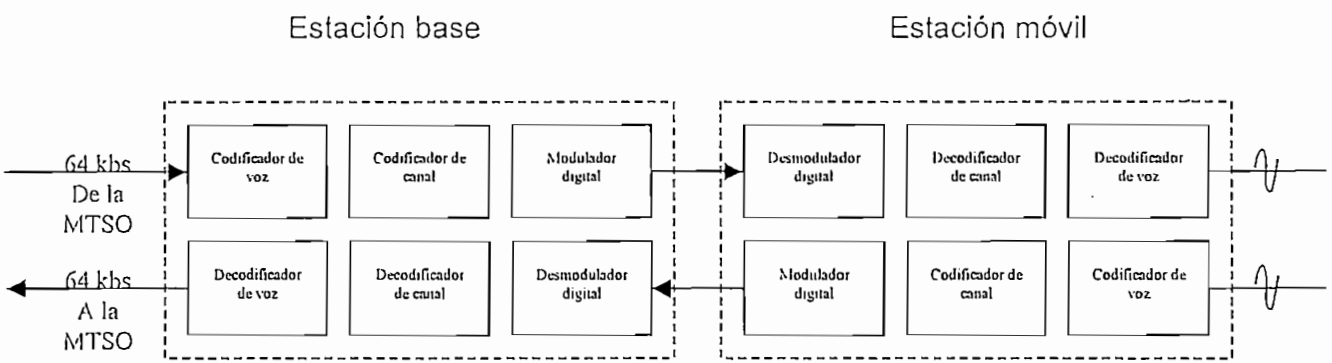


FIG N° 2.4 Diagrama de bloques del procesamiento de señal en la estación móvil y en la estación base

2.2.9 CODIFICADORES DE VOZ

Cuando una persona habla, las cuerdas vocales proveen la fuente de sonido y el tracto vocal funciona como filtro. Los codificadores inteligentes separan los componentes de voz en sus partes originales, modelando el tracto vocal. Hay tres tipos básicos de codificadores de voz:

Vocodificadores.- Produce una voz comprensible, pero de sonido sintético. Requiere una velocidad binaria baja a expensas del reconocimiento de la voz. Las velocidades binarias oscilan entre 5 y sólo 1 kbs.

Codificador de forma de onda.- Produce una alta calidad de voz, pero requiere de una velocidad binaria mucho más alta. Esta oscila entre 16 y 64 Kbs.

Codificador híbrido.- Combina la tecnología de los vocodificadores y de los codificadores de forma de onda. Las velocidades binarias comienzan en 2Kbs; la calidad de voz mejora a medida que aumenta la velocidad binaria. El algoritmo de codificación de voz especificado en el estándar IS-54B usa la Codificación lineal predecible activada por código (CELP), un tipo de codificador híbrido que usa libros de código.

La codificación de bloques también es usada en telefonía celular. En este tipo de codificación, la secuencia de datos a transmitir se divide en bloques de bits que se introducen juntos en el codificador. La salida es otro bloque de bits que ya contiene redundancia. La operación realizada suele ser una operación lineal, la cual entonces puede expresarse de forma matricial.

Otros tipos de codificadores usados son el VSELP que es Vector Sum-code Excited Linear Predictive, un codificador predictor de excitación lineal de suma de vectores.

Mencionaremos el código Linear Predictive Coding (LPC) código de predicción lineal, desarrollado por Motorola

Los circuitos integrados codificadores son utilizados en la fabricación de las unidades móviles, con sus respectivas características del fabricante.

El gráfico de la Figura 2.5 compara tres de estos codificadores

Codificadores de voz

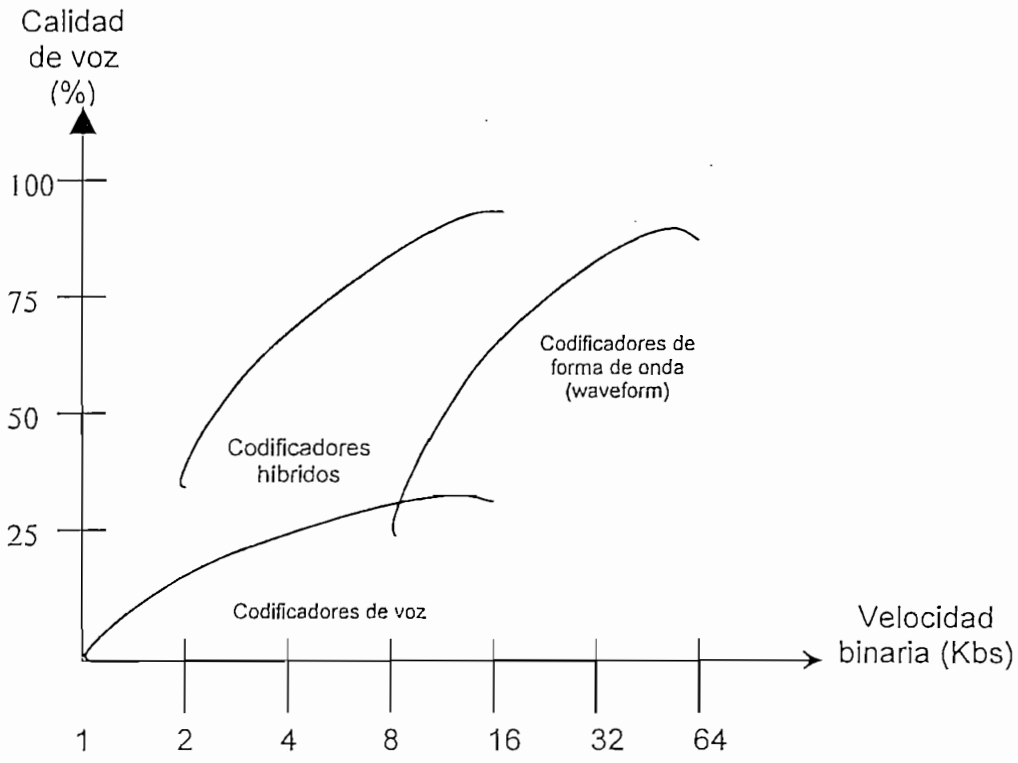


FIG N° 2.5 Curvas de porcentaje de calidad de voz de distintos codificadores en función de la velocidad binaria

2.2.9.1 Codificación de forma de onda - Conversión de analógico a digital

La señal de voz analógica original se convierte a un formato PCM uniforme antes de introducirla en el codificador de voz. La conversión produce una velocidad binaria de 64Kbs por canal. En el diagrama de bloques de la Figura 2.6 se indica la codificación en la forma de onda. Se requieren los siguientes pasos para la conversión:

Muestreo.- Toma de valores instantáneos de la señal analógica a intervalos de tiempo uniformes. La velocidad de muestreo, según el teorema de Nyquist, es de 8000 muestras/segundo.

Cuantificación.- Medición de la amplitud de cada muestra en una escala de 256 niveles.

Codificación.- Codificación de cada valor cuantizado en una palabra de 8 bits.

FIG N° 2.6 Diagrama de bloques de la codificación de una señal analógica en digital

2.2.10 FORMATO DE INTERVALO DE TIEMPO TDMA

Cada trama consta de 1944bits (972 símbolos), divididos en 6 intervalos de tiempo de igual tamaño. Por lo tanto, cada intervalo de tiempo contiene 324 bits (162 símbolos). En la Figura 2.7 se tiene la estructura de una trama TDMA

La longitud de una trama para cada canal TDMA RF es de 40 milisegundos (25 tramas/segundo), 6.67 milisegundos para cada intervalo de tiempo.

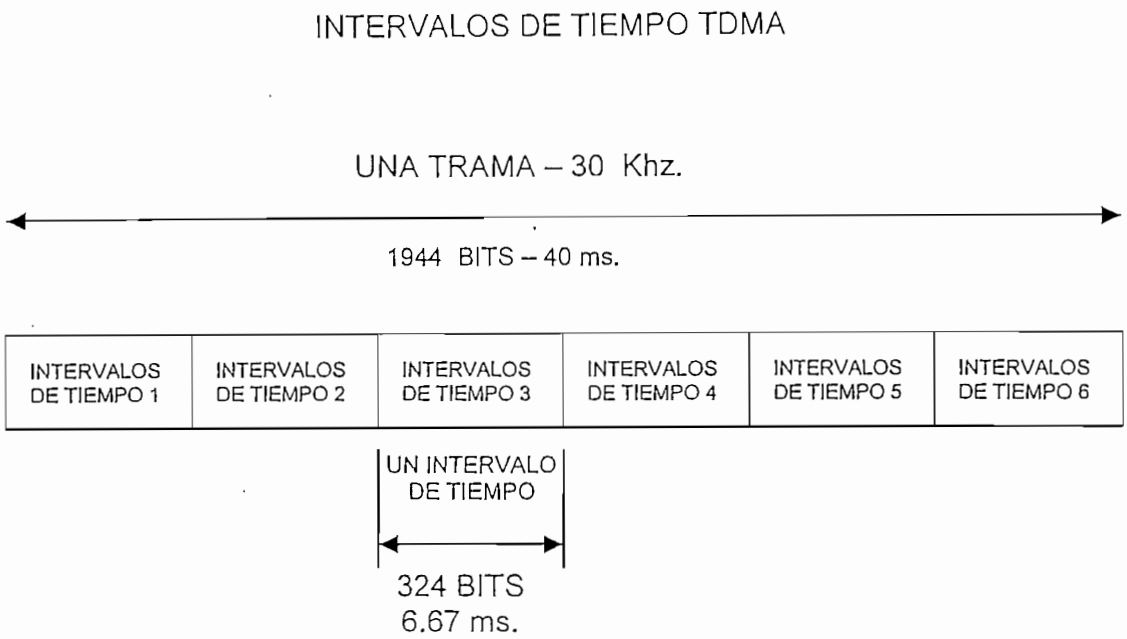


FIG N° 2.7 Intervalos de tiempo que conforman una trama TDMA

En la trama los intervalos de tiempo pueden ser usados por cualquier información proveniente de distinto móvil, pero también la estructura de la trama TDMA va a tener ciertos parámetros de clasificación, teniendo la trama de velocidad total y la trama de media velocidad.

Los canales de tráfico digital de velocidad total utilizan dos intervalos de tiempo de una trama, espaciados uniformemente
(1 y 4, 2 y 5, 3 y 6). Los Canales de tráfico digital de media velocidad utilizarán un intervalo de tiempo de la trama.

En el gráfico de la Figura 2.8 se indica la distribución de los canales de tráfico digital usando velocidad total o media velocidad.

UTILIZACIÓN DEL CANAL DE TRAFICO DIGITAL

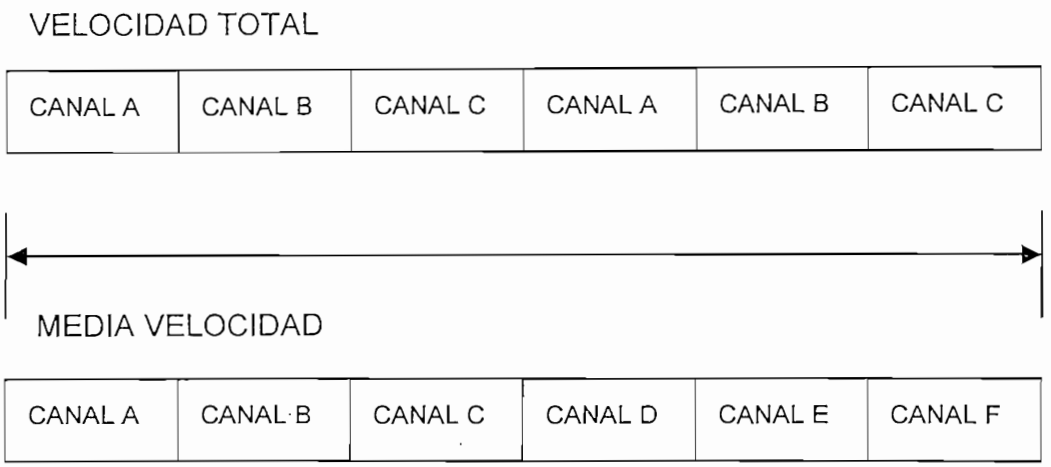


FIG N° 2.8 Distribución de canales en una trama según el canal de trafico digital de velocidad total o media velocidad

Los 324 bits dentro de cada intervalo de tiempo se asignan a funciones concretas. Con la suma de 64 bits para los parámetros de los intervalos de tiempo e información de control, la velocidad binaria por cada usuario sube a 16.2 Kbs.

2.2.10.1 Canal de tráfico de transferencia digital (FDTC)

En el gráfico de la Figura 2.9 se observa una radio base enviando información hacia el móvil, por esto la flecha hacia la derecha apunta al móvil que va a recibir esta información. Esta información de 324 bits con un formato determinado, envía la base por el canal de tráfico de transferencia digital FDTC.

El formato de intervalo de tiempo del FDTC contiene los siguientes campos de datos.

FORMATO DE INTERVALO DE TIEMPO FDTC

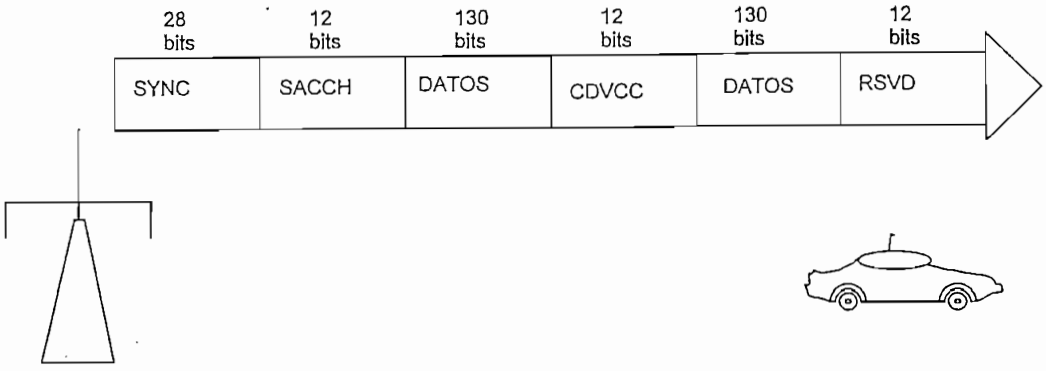


FIG N° 2.9 Campos de datos que contiene el canal FDTC que envía la base hacia el móvil

SYNC.- Sincronización (28 bits).- Se usa para la sincronización e identificación de los intervalos de tiempo.

SACCH.- Canal de control asociado lento (12 bits).- Se usa para proveer información de señalización continua. Se envía simultáneamente con la información de usuario.

DATA.- Información de usuario o Canal de control de asociación rápida (260 bits).- Se usa para transferir voz codificada (información de usuario) o señalización de silencio y ráfaga (FACCH). No se puede enviar simultáneamente información de usuario y FACCH.

CDVCC.- Código de color de verificación digital(DVCC) codificada (12 bits).- Se usa para distinguir el canal designado de los canales comunes. Análogo a SAT en

los canales analógicos. Hay 256 valores DVCC representados por 8 bits y se añaden 4 bits de protección. El sistema no permite un valor de cero.

RSVD.- Reservados (12 bits).- Todos los bits están fijados en cero.

2.2.10.2 Canal de tráfico digital revertido (RDTC)

En el gráfico de la Figura 2.10 se observa una radio base que es la que va a recibir información desde el móvil, es por esto que la flecha hacia la izquierda apunta a la radio base que es la que va a recibir esta información. Esta información de 324 bits con un formato determinado, recibe la radio base por el canal de tráfico de transferencia digital RDTC.
El formato de intervalo de tiempo del RDTC contiene los siguiente campos de datos:

FORMATO DE INTERVALO DE TIEMPO RDTC

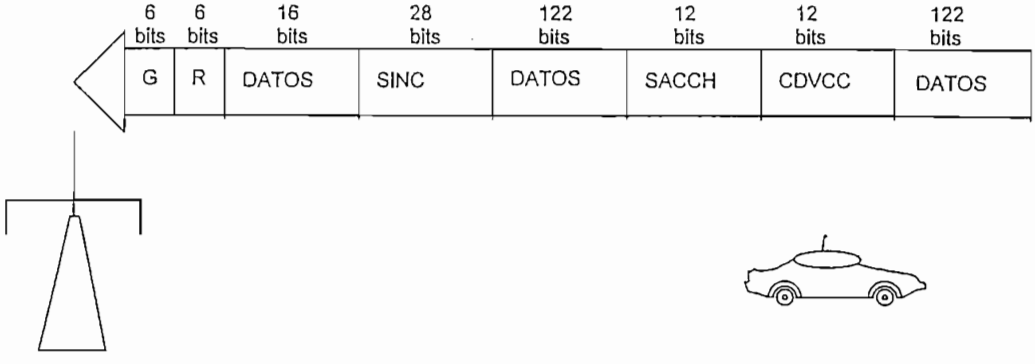


FIG N° 2.10 Campos de datos que contiene el canal RDTC que envía el móvil hacia la base.

G.- Tiempo de protección (6bits).- Se usa para propósitos de temporización, para amortiguar las ráfagas que están fuera de alineación.

R.- Tiempo de rampa (6bits).- Se usa como una memoria intermedia para permitir la activación del móvil antes de la transmisión.

DATOS.- Información de usuario o Canal de control de asociación rápida (260 bits).- Se usa para transferir voz codificada (información de usuario) o señalización de silencio y ráfaga (FACCH). No se puede enviar simultáneamente información de usuario y FACCH.

SINC.- Sincronización (28 bits).- Se usa para la sincronización e identificación de los intervalos de tiempo.

SACCH.- Canal de control asociado lento (12 bits).- Se usa para proveer información de señalización continua. Se envía simultáneamente con la información de usuario.

CDVCC.- Código de color de verificación digital(DVCC) codificada (12 bits).- Se usa para distinguir el canal designado de los canales comunes. Análogo a SAT en los canales analógicos. Hay 256 valores DVCC representados por 8 bits y se añaden 4 bits de protección. El sistema no permite un valor de cero.

La compensación entre la temporización revertida y de transferencia, sin aplicar ningún avance de tiempo, es de 414 bits (un intervalo de tiempo más 90 bits).

2.2.11 MODULADOR DIGITAL

El Generador de forma de onda multiplexa los tres intervalos de tiempo en un flujo de bits de 48.6Kbs. Los bits binarios se transforman en dos formas de onda

continuas, I (en fase) y Q (cuadratura, 90° fuera de fase). Las señales I y Q se introducen al Modulador digital.

2.2.11.1 DQPSK p/4

Se usa un método de modulación de envoltura no constante, DQSPK, para transmitir los 48.6 Kbs dentro del ancho de banda de 30Khz. Una desventaja de usar el método DQPSK es que plantea requisitos rigurosos a la linealidad del amplificador eléctrico. El prefijo p/4 indica que se ha agregado un desplazamiento de fase de 45° a la modulación de cada símbolo (2bits), con el propósito de reducir estos requisitos de linealidad. La Figura 2.11 nos da los desfases de la modulación digital.

MODULACIÓN DIGITAL

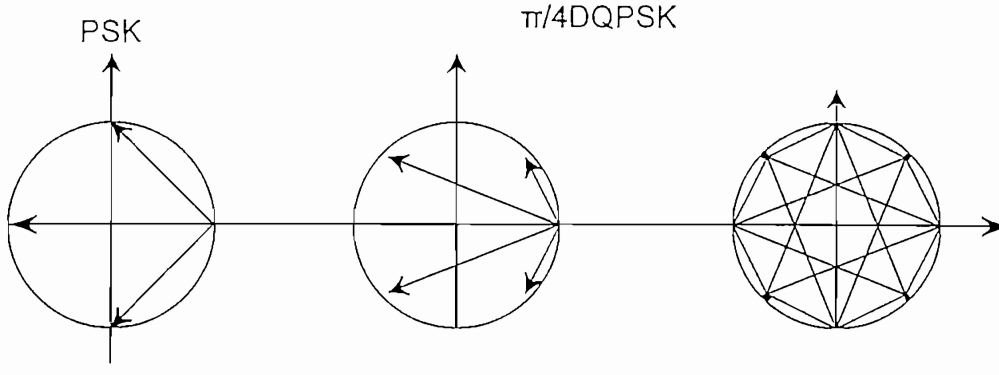


FIG N° 2.11 Desfase que ocurre en la modulación digital

La información se codifica diferencialmente con símbolos transmitidos como cambios de fase en lugar de fases absolutas. Hay cuatro posibles desplazamientos de fase:

00 - Avance de 45°

01 - Avance de 135°

10 - Retardo de 45°

11 - Retardo de 135°

2.2.12 SUPERVISION DE CANAL DIGITAL DE VOZ

El sistema realiza la supervisión automáticamente, no por un comando manual. La Supervisión de canal protege al sistema contra fallas y descubre una funcionalidad reducida. El mensaje Control de capa física (PhLC) supervisa la conexión de radio entre la estación base y el móvil. Esto permite la iniciación o cambios en los parámetros de la Alineación de tiempo y Regulación de Potencia.

2.2.12.1 Supervisión de canal

La función Supervisión de canal monitorea y mantiene la información de estado pertinente para el estado actual del Canal digital de voz móvil (MDVC). La Supervisión de canal está activa cuando el dispositivo está desbloqueado.
Hay dos tipos de supervisión:

Supervisión libre

La Supervisión libre se cumple cuando el MDVC no se toma para una llamada en curso. La función determina continuamente si el MDVC es apropiado para transportar tráfico. La evaluación, que se realiza una vez por segundo, se basa en

la potencia de la señal de interferencia recibida. El canal libre puede estar en los siguientes estados:

Libre.- El MDVC es apropiado para el tráfico.

Perturbado.- El MDVC no es apropiado para el tráfico; la interferencia excede el nivel de umbral SSB. En cuanto desaparezca la alteración, el MDVC regresará al estado libre.

Supervisión ocupada

La Supervisión ocupada se realiza cuando el MDVC se toma para una llamada en curso. La función verifica que la conexión de radio establecida es aceptable y descubre la pérdida de un móvil.

2.2.12.2 Alineación de tiempo (TA)

La función Alineación de tiempo controla la transmisión de ráfagas de intervalos de tiempo desde el móvil. Esta se regula avanzando o retardando la ráfaga, para que llegue al receptor de la estación base en la relación de tiempo correcta respecto a otras transmisiones de ráfagas de intervalos de tiempo.

El parámetro TA permite el avance o retardo de la ráfaga de transmisión del móvil en unidades de 1/2 símbolos. El rango de control es de 30 unidades (15 símbolos), lo que corresponde a una distancia de aproximadamente 57 millas (92 Km) desde la estación base.

La alineación de tiempo empieza a funcionar automáticamente cuando se activa el MDVC. El valor inicial se fija en cero y se transfiere al móvil por el FACCH en el mensaje de LC. La llegada simultánea de potencia desde dos transmisores móviles diferentes en el receptor de la estación base causa un error. Se producirá

una superposición al comienzo o al final de un intervalo de tiempo, causando errores en ambas señales. El error se filtra y se compara con un valor de umbral. Si el valor de este error filtrado excede el umbral, se calcula un nuevo valor de alineación de tiempo, el cual se envía al móvil. Al recibir un mensaje de TA, la estación móvil cambia su temporización en un solo ajuste. Si no se recibe una confirmación del móvil, se repite el mensaje. Gráficamente está en la Figura 2.12

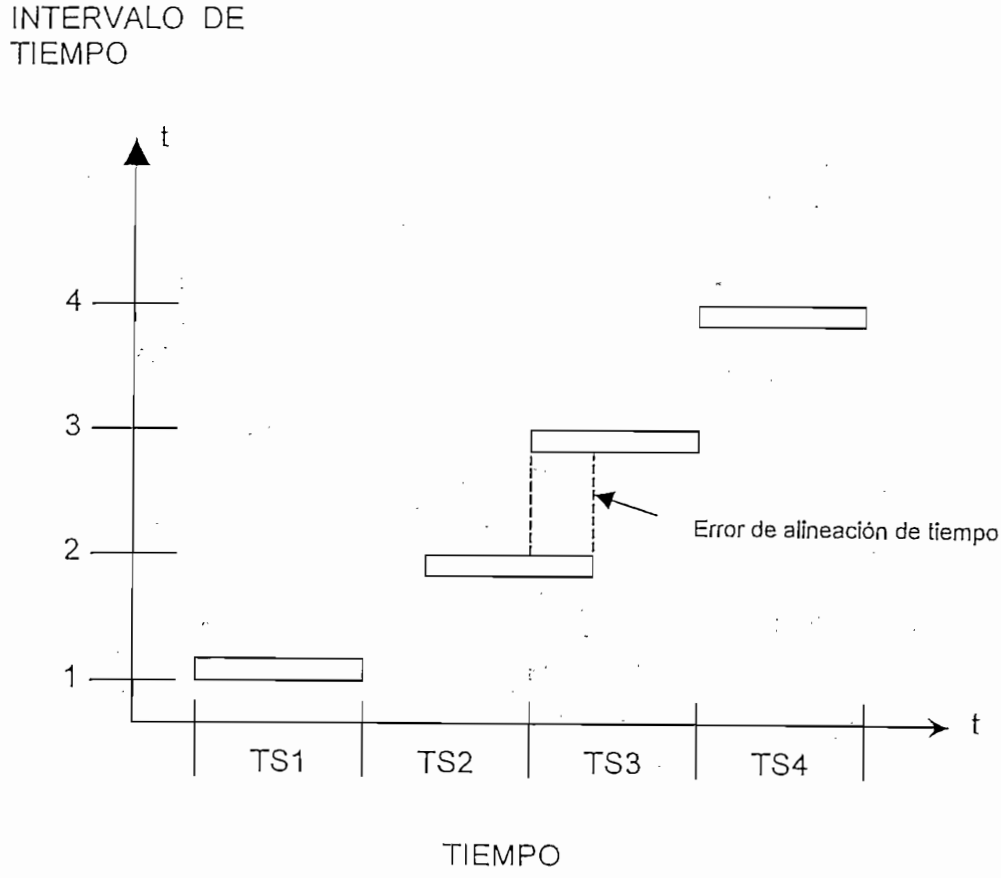


FIG N° 2.12 Gráfico de un error de alineación de tiempo que ocurre en el móvil 2 que envía su ráfaga TS2 y que la radio base compara con los recibidos en el tiempo 1, y 3 de otros móviles o del mismo móvil.

2.2.12.3 Regulación de potencia móvil

La función Regulación de potencia móvil controla y vigila la potencia de transmisión del móvil. Se debe mantener una calidad aceptable en el enlace ascendente (hacia el satélite), a la vez que se minimiza su impacto sobre la interferencia del sistema.

La función comienza cuando el móvil confirma el mensaje de PhLC de inicio en un nuevo DVC. Una vez por segundo, se hará una evaluación del cambio de potencia. Se detiene cuando se libera la llamada o se completa un " Handoff ". La función se basa en la potencia de la señal medida en el RDTC. Los valores filtrados se introducen en un algoritmo de regulación utilizando los siguientes parámetros:

PLVM.- Nivel de potencia máximo para canales de voz

PLV.- Nivel inicial de potencia para canales de voz

SSI.- Incremento de potencia de señal

SSD.- Disminución de potencia de señal

Cuando la potencia de la señal filtrada está fuera de un rango definido, a través del mensaje de PhLC se envía un nuevo valor para el nivel de potencia al móvil. El valor se calcula para que produzca una nueva potencia esperada de señal en la mitad del rango deseado. Esto depende de la Marca de clase de estación móvil, la potencia máxima que se permite en la celda y de si es posible moverse en la dirección deseada. La Marca de clase de estación móvil IV está disponible para móviles de modo dual. En la Figura 2.13 se ve el envío y la confirmación del mensaje PhLC.

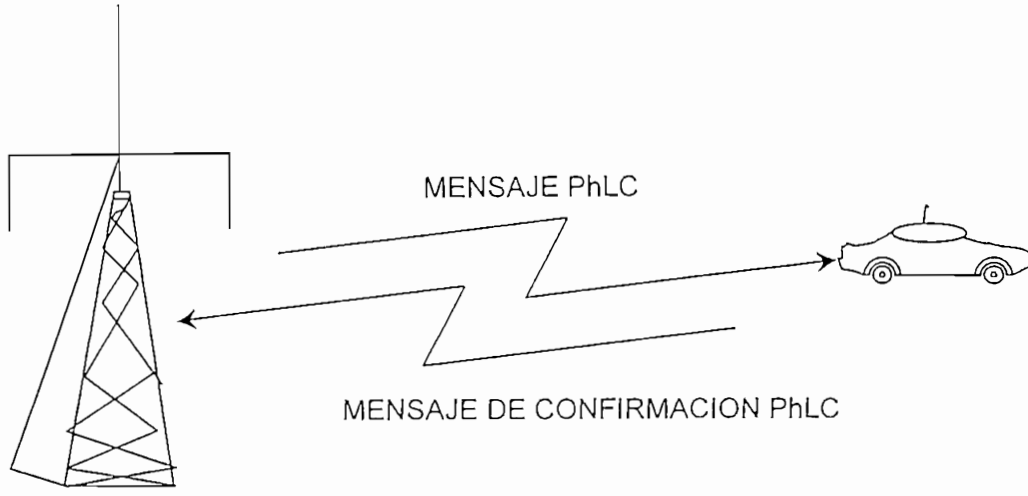


FIG N° 2.13 Mensaje de control de capa física PhLC envía la radio base y espera la confirmación para variar los niveles de potencia de ser necesario.

2.2.13 "HANDOFF" MÓVIL ASISTIDO (MAHO)

El Handoff móvil asistido (MAHO) es una función en la cual el móvil de modo dual, en el modo digital, asiste al proceso de "Handoff". El móvil toma mediciones de la calidad de la señal en el canal de tráfico de transferencia actual y en los canales de medición de transferencias (canales de control) de las celdas vecinas. Las mediciones se transfieren a la estación base para su evaluación. Esto reduce el procesamiento que realiza la MTSO.

2.2.13.1 Localización

La función de localización determina el tipo de "Handoff" que puede ocurrir y la lista de celdas candidatas. La estación base supervisa la ruta de radio utilizando un algoritmo de localización de modo digital que se basa en:

- Potencia de la señal
- Indice de errores binarios
- Pérdida de ruta de propagación (diferencia entre el nivel de potencia transmitida y la potencia de señal recibida).

La estación base inicia la función de localización enviando la Orden de medición por el FDTC. La orden identifica hasta doce canales RF, los que el móvil debe medir. En la Figura 2.14 se grafica la orden y la confirmación de la medición.

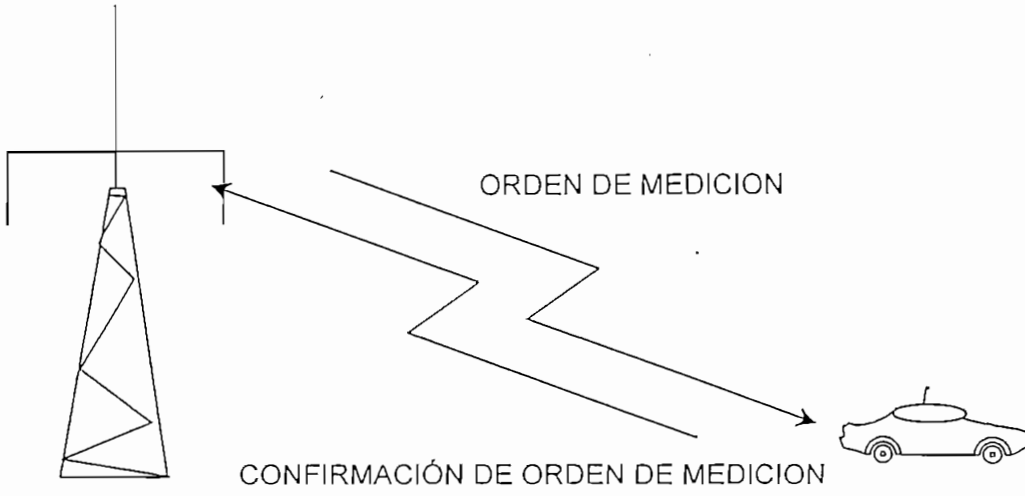


FIG N° 2.14 Orden de medición envía la radio base y espera la confirmación para que el móvil inicie las mediciones identificando hasta 12 canales de RF.

Al recibir este mensaje, el móvil contesta con el mensaje Confirmación de orden de medición en el RDTC.

El móvil empieza las mediciones en el DTC en uso y en los canales RF en la secuencia especificada por la Orden de medición. Se miden la Potencia de señal recibida (RSS) y el índice de errores binarios (BER) en el DTC en uso. En los

demás canales se mide la RSS. El móvil informa las mediciones en el Mensaje de calidad de canal por el RDTC. En la Figura 2.15 se grafica las mediciones realizadas por el móvil en dos celdas Y y Z cercanas para compararlas con la celda X que envió la orden de medición.

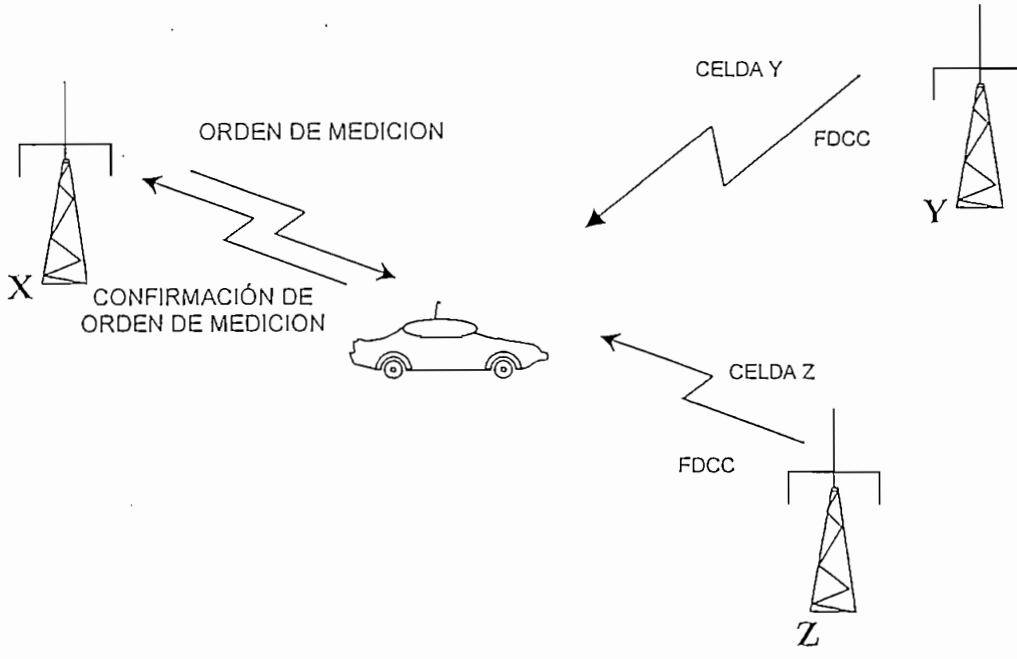


FIG N° 2.15 Móvil inicia las mediciones en las celdas Y y Z después de recibir la orden de la celda X

El móvil repite la secuencia hasta que por el FDTC recibe la Orden de parada de medición desde la estación base.

En el gráfico de la Figura 2.16 se muestra que la radio base envía la información de detener la orden de medición, a lo que el móvil debe contestar con una confirmación de haber recibido este envío

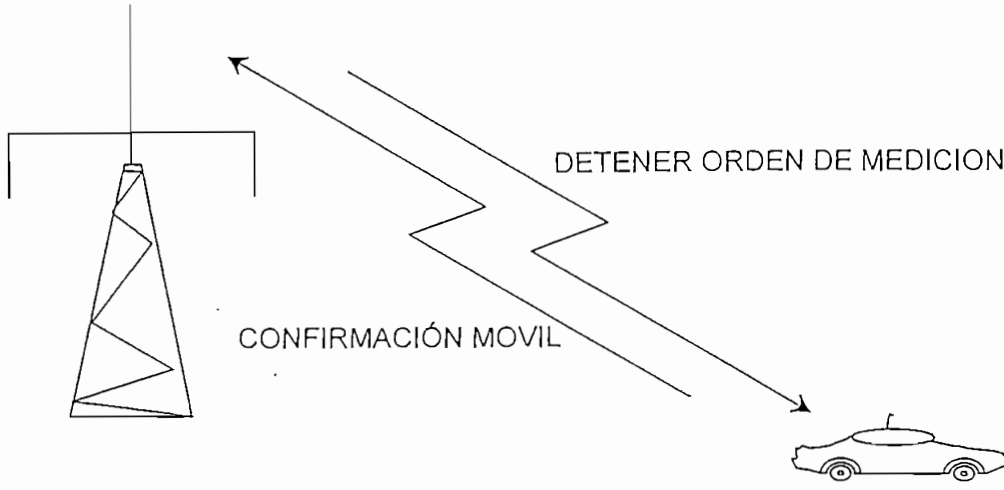


FIG N° 2.16 Radio base envía mensaje de detener orden de medición, y el móvil confirma este envío

El móvil contesta con el mensaje Confirmación de móvil por el RDTC.

La estación base evalúa las mediciones de calidad del canal a partir de la pérdida de ruta de propagación y móvil obtenidos desde la MTSO. Compara los cálculos para su propio canal y para cada canal especificado. Se genera una lista de candidatos; si el canal que ocupa el primer lugar en la lista no es el canal actual, se envía una Solicitud de " Handoff " a la MTSO.

En el gráfico de la Figura 2.17 se observa que mientras se mantiene la comunicación por el canal de tráfico digital DTC actual, la radio base envía la solicitud de transferencia a la central MTSO, para que a su vez esta procese esta solicitud.

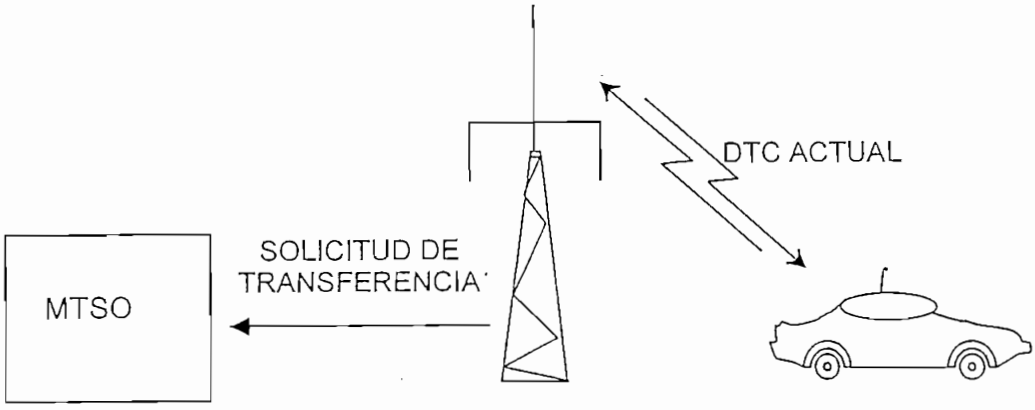


FIG N° 2.17 La radio base hace la solicitud de transferencia, mientras continua la comunicación con el móvil por el canal de tráfico digital DTC.

La solicitud de "Handoff" contiene lo siguiente:

- Número de celdas candidatas (máximo = 6)
- Lista de candidatos
- Motivo de "Handoff"
- Nivel de potencia utilizado
- Pérdida de ruta en el DTC en uso

2.2.13.2 Verificación

La función Verificación confirma la presencia del móvil en la celda objetivo. Si la celda objetivo no tiene un Monitor de verificación de ubicación (LVM) o éste experimenta congestión, el "Handoff" aún continuará. Se recomienda que cada celda vecina de una celda equipada digitalmente tenga un LVM. Si hay un LVM redundante, el primario procesará las dos primeras solicitudes simultáneas y el redundante manejará la tercera y la cuarta. Si ocurren más de cuatro solicitudes simultáneas, se usará la cola de espera. Una celda puede tener hasta tres LVM, los que pueden procesar seis solicitudes simultáneas.

El móvil se ordena según el más alto nivel de potencia permitido, en base al PLVM y al SCM del móvil.

La MTSO envía una Solicitud de verificación al LVM en la celda objetivo, como se ve en la Figura 2.18. La solicitud contiene lo siguiente:

- Número de solicitud
- Número de canal RF
- Velocidad
- Indicador de intervalo de tiempo
- DVCC

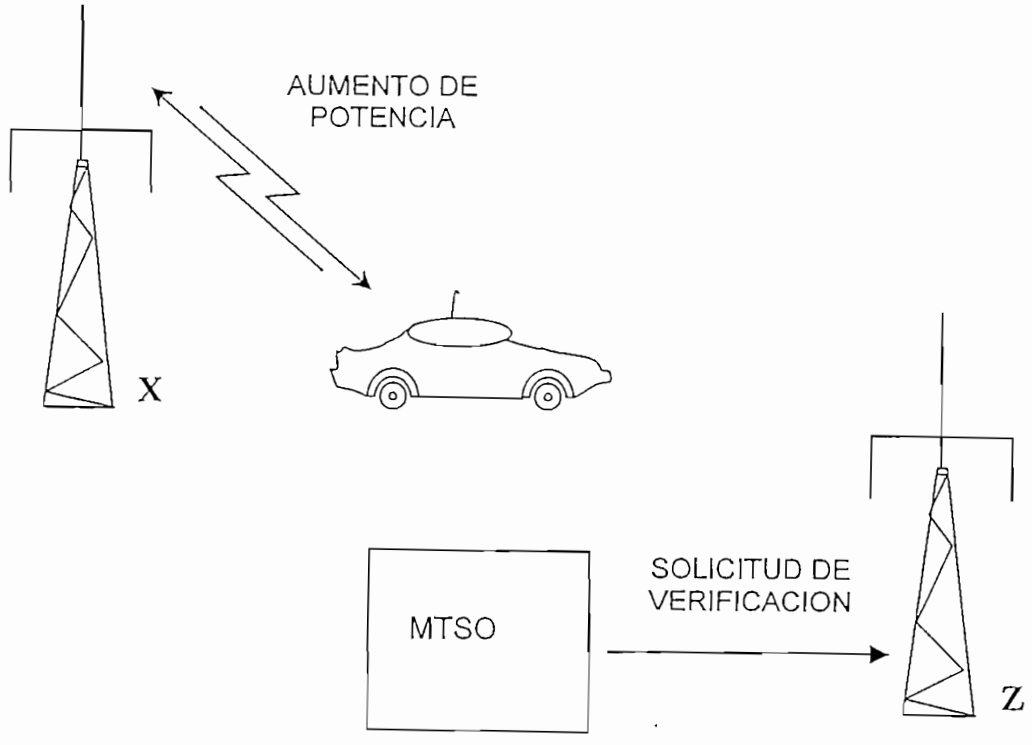


FIG N° 2.18 La central MTSO envía una solicitud de verificación a la celda elegida para la transferencia, la celda X todavía mantiene comunicación con el móvil

El LVM se sintoniza al canal indicado y se sincroniza con el intervalo de tiempo. Se mide y se evalúa la siguiente información:

- DVCC decodificado
- Potencia de señal recibida (utiliza SSMIN como umbral)
- Calidad de la ráfaga recibida.

El LVM envía un Mensaje de resultado a la MTSO, en la Figura 2.19 se ve estas posiciones de celdas, el Mensaje contiene lo siguiente:

- Número de la Solicitud de verificación
- Código del Resultado de verificación
- Potencia media de señal recibida de la ráfaga con el DVCC correcto.

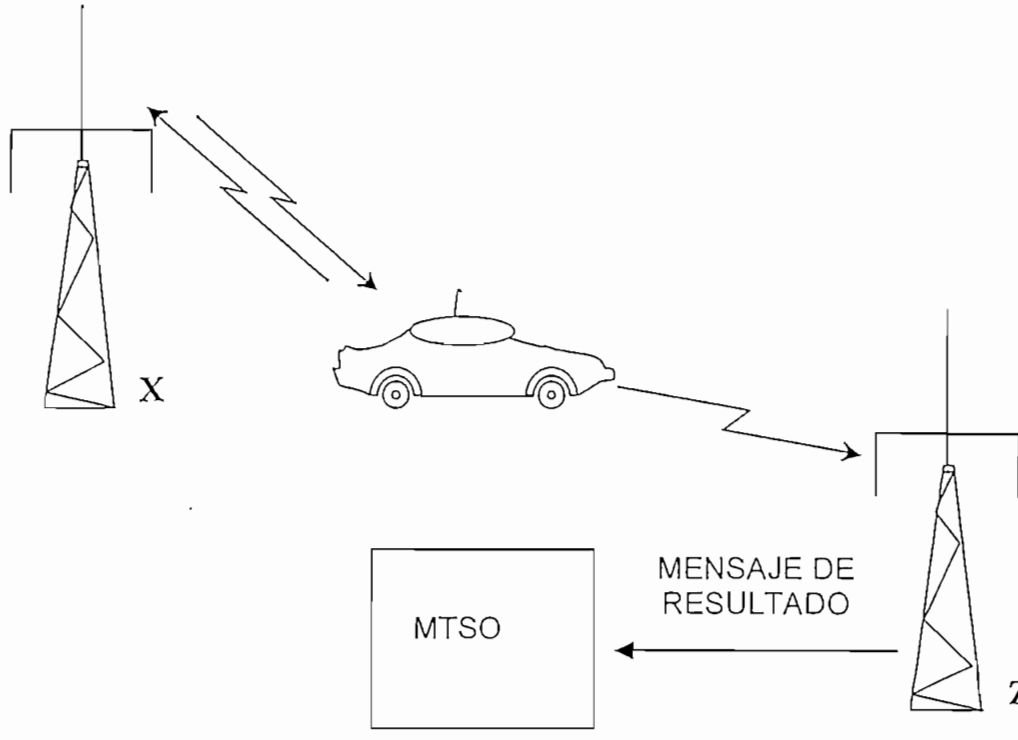


FIG N° 2.19 La central MTSO recibe el mensaje del resultado desde la celda elegida, en este caso la celda Z

- Calidad media de ráfaga de las ráfagas con el DVCC correcto.

Si la verificación falla, se seleccionará la próxima celda objetivo para la verificación. Puede haber un máximo de cinco reselecciones.

1.- La MTSO selecciona y toma un DTC libre (DTC-Z) en la celda de candidatos que ocupa el primer lugar en la lista.

En la Figura 2.20 tenemos la secuencia de cuatro pasos para que la primera celda candidato este iniciada en su canal para recibir luego de la orden de transferencia, así como también la celda actual está lista para dar la orden de transferencia y luego liberar a la radio base

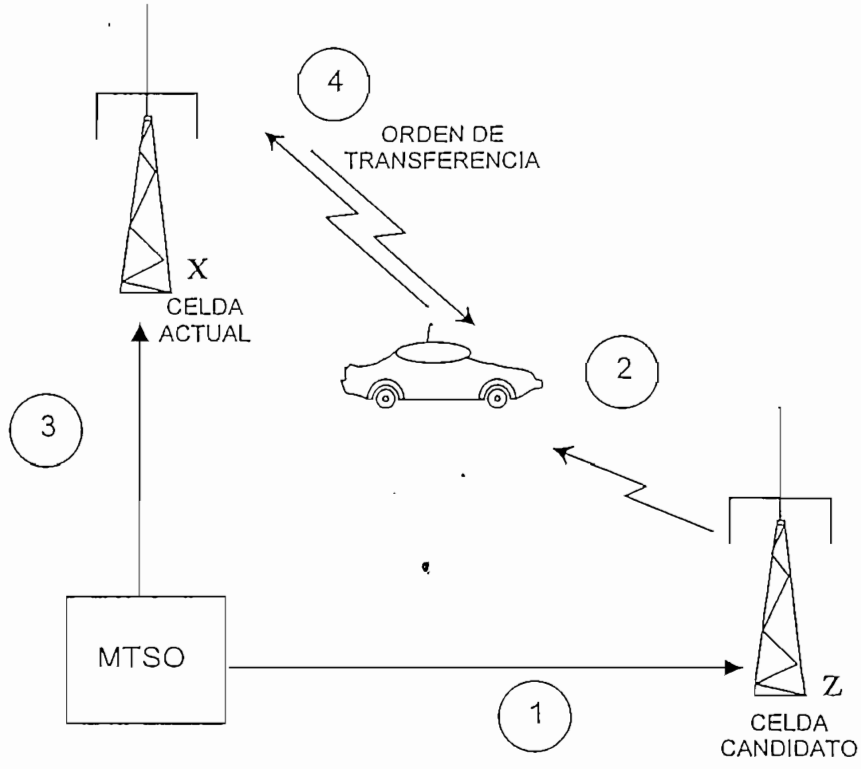


FIG N° 2.20 Secuencia para transferir la comunicación del móvil hacia otra celda elegida, los pasos 1, 2, 3 y 4

En el gráfico de la Figura 2.21 se tiene el resto de la secuencia que completa el handoff asistido

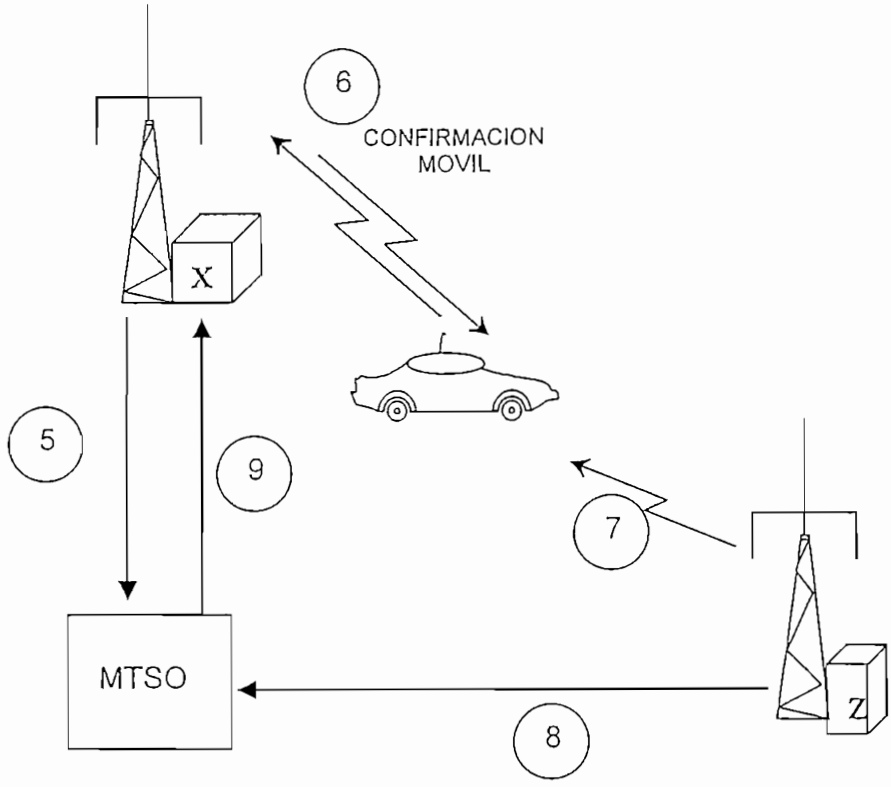


FIG N° 2.21 Secuencia para transferir la comunicación del móvil hacia otra celda elegida, los pasos 5, 6, 7, 8 y 9

2.- La MTSO ordena al DTC-Z que empiece a transmitir por el canal Z y DVCC Z.

3.- La MTSO ordena al DTC (DTC-X) en uso que envíe la Orden de "Handoff" al móvil

4.- La Orden de "Handoff" contiene lo siguiente:

- Número del nuevo canal
- Intervalo de tiempo
- DMAC

- Indicador de ráfaga abreviado
- Velocidad (total o media)
- DVCC
- Alineación de tiempo

5.- El DTC-X informa a la MTSO que la Orden de "Handoff" se remitió al móvil por el FDTC.

6.- El móvil confirma la recepción de la orden enviando un mensaje Confirmación de móvil por el RDTC.

7.- El móvil se sintoniza al DTC-Z, se sincroniza con el intervalo de tiempo, detecta el DVCC-Z y continúa la conversación.

8.- El DTC-Z informa a la MTSO que el "Handoff" se realizó sin problemas.

9.- La MTSO ordena que el DTC-X deje de transmitir y vuelva al estado libre.

2.3 PROTOCOLO IS-136

Este protocolo también tiene las características de ser digital con las innovaciones o variantes según los fabricantes, aquí ya se dispone del canal de control digital, ya no solo de canales de voz digitales.

2.3.1 CANAL DE CONTROL DIGITAL

El DCC o Canal de control digital es una mejora del TDMA celular, que permitirá que un proveedor celular añada mayores características y seguridad al usuario final.
IS136, que es el término correcto, es el requisito de las normas TIA para esta tecnología.

Las portadoras que han adoptado D-AMPS han descubierto la necesidad de más y mejores funciones para venderlas al usuario o consumidor final. Con el avance mundial de los nuevos sistemas PCS, el DCC permitirá que las portadoras actuales tengan un margen competitivo. Las nuevas funciones respaldadas por IS136 son:

- SMS o servicio de mensajes cortos, que proveerá el servicio de aviso alfanumérico. Posteriores revisiones de la norma permitirán características de SMS adicionales, como la programación aérea.
- Respaldo Microcell, que significa una mayor cobertura sin cambios importantes a la infraestructura del sistema.
- Capacidad de datos y fax
- El respaldo por separado de la Identificación de sistema privado (PSIDS) y de la identificación de sistema residencial (RSIDS).
- Más modos de inactividad y aumento en la vida útil de las baterías para las terminales.

En un sistema AMPS estándar, usamos un espectro de 832, divididos en secciones A y B. Hay 21 canales de control dedicado en cada sección y el resto se utiliza para voz.

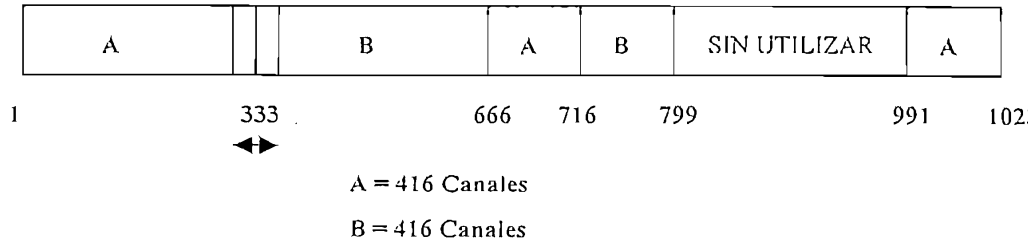
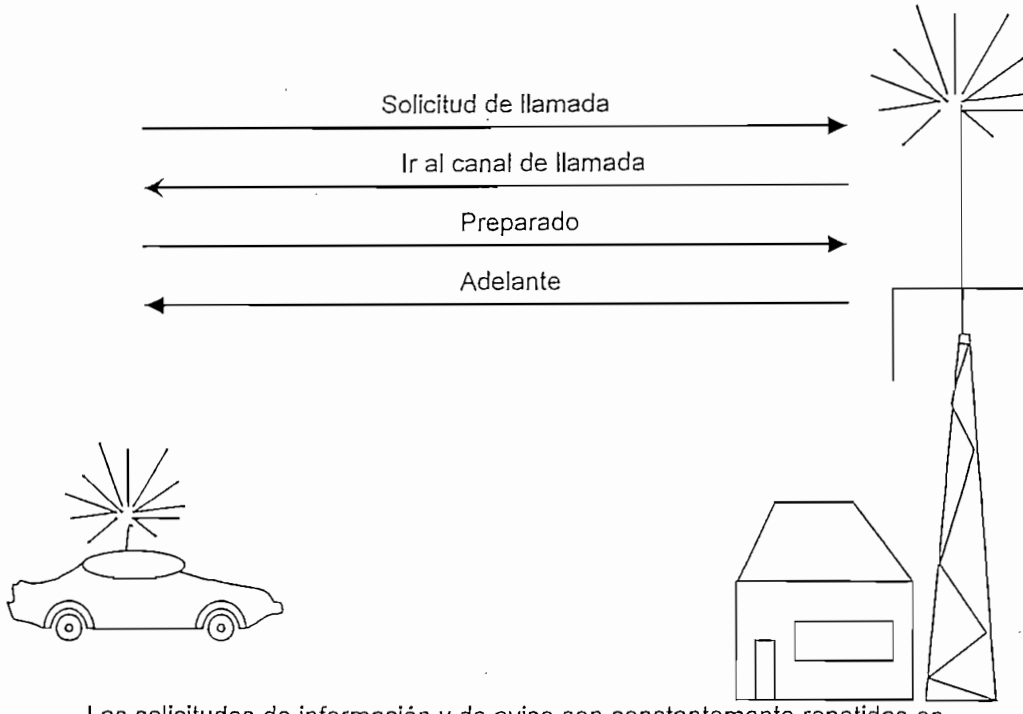


FIG N° 2.22 Canales usados en AMPS para las bandas A y B

Una estación móvil monitorea constantemente un canal de control. La unidad móvil realiza entonces una petición de llamada en el canal de control revertido. El móvil recibe entonces la asignación del canal y comienza la conversación.



Las solicitudes de información y de aviso son constantemente repetidas en un flujo continuo de datos en el canal de control.

FIG N° 2.23 Secuencia básica de comunicación entre el móvil y la radio base

Las peticiones de información y aviso se repiten constantemente en un flujo continuo de datos en el canal de control.

Cuando está recibiendo una llamada, la unidad móvil monitorea constantemente uno de los canales de control. Si se descubre un aviso en el mensaje enviado, se envía una confirmación de aviso en el canal de control revertido.

La unidad móvil recibe entonces la asignación de canal y comienza la conversación.

INFORMACIÓN DEL CANAL DE CONTROL ANALOGICO

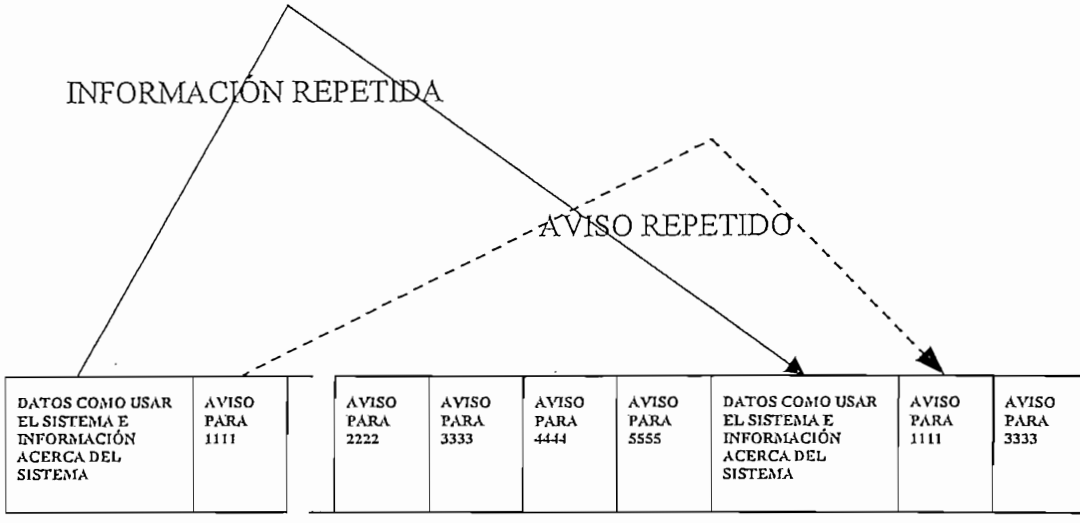


FIG N° 2.24 Información del canal de control analógico en el cual se coloca informaciones y avisos repetidos

2.3.2 DESARROLLO DE IS553 E IS-91

El sistema AMPS utiliza un canal de control analógico y se asigna a un canal de voz analógico.

En el gráfico de la Figura 2.25 se observa el sistema AMPS analógico, con sus troncales de voz entrelazadas a la red telefónica básica PTSN, además se puede ver que desde la central móvil parten las troncales de voz y troncales de datos hacia las radio bases que son las que se comunicaran con los móviles que están en su área de cobertura geográfica.

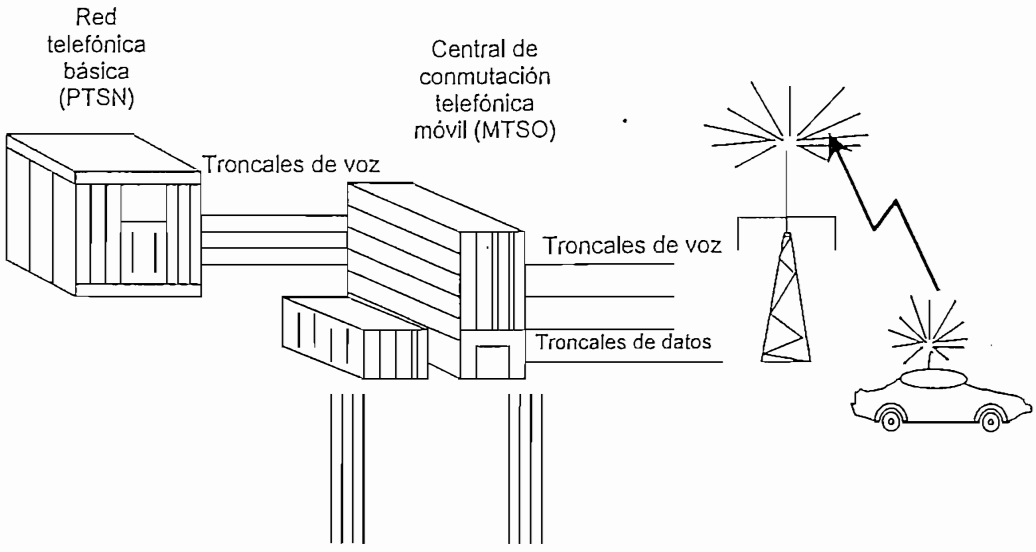


FIG N° 2.25 Sistema AMPS analógico

En la Figura 2.26 se ve el sistema AMPS con sus canales analógicos

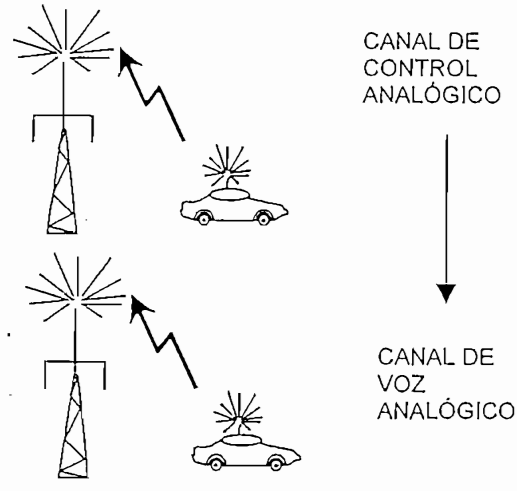


FIG N° 2.26 Canales de control y de voz de un sistema AMPS analógico

2.3.3 IS553 + IS54B

El sistema AMPS utiliza un canal de control analógico y se asigna a un canal de voz analógico o a un canal de tráfico digital. En la Figura 2.27 se grafica ambas posibilidades.

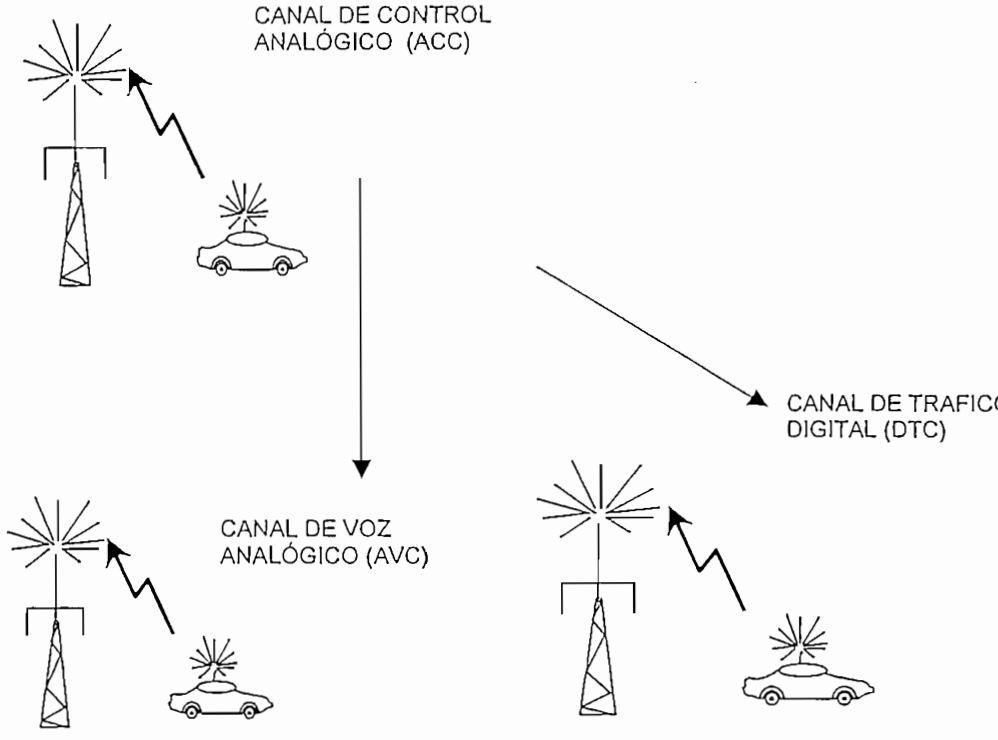


FIG N° 2.27 Asignación a un canal de voz analógico o a un canal de tráfico digital, cuando utiliza un canal de control analógico

2.3.4 IS553 + IS54B + IS136

El sistema AMPS utiliza un canal de control analógico y un canal de control digital. Estos canales se pueden asignar a un canal de voz analógico o a un canal de tráfico digital y usar cualquier combinación de los cuatro. En la Figura 2.28 se ve las combinaciones

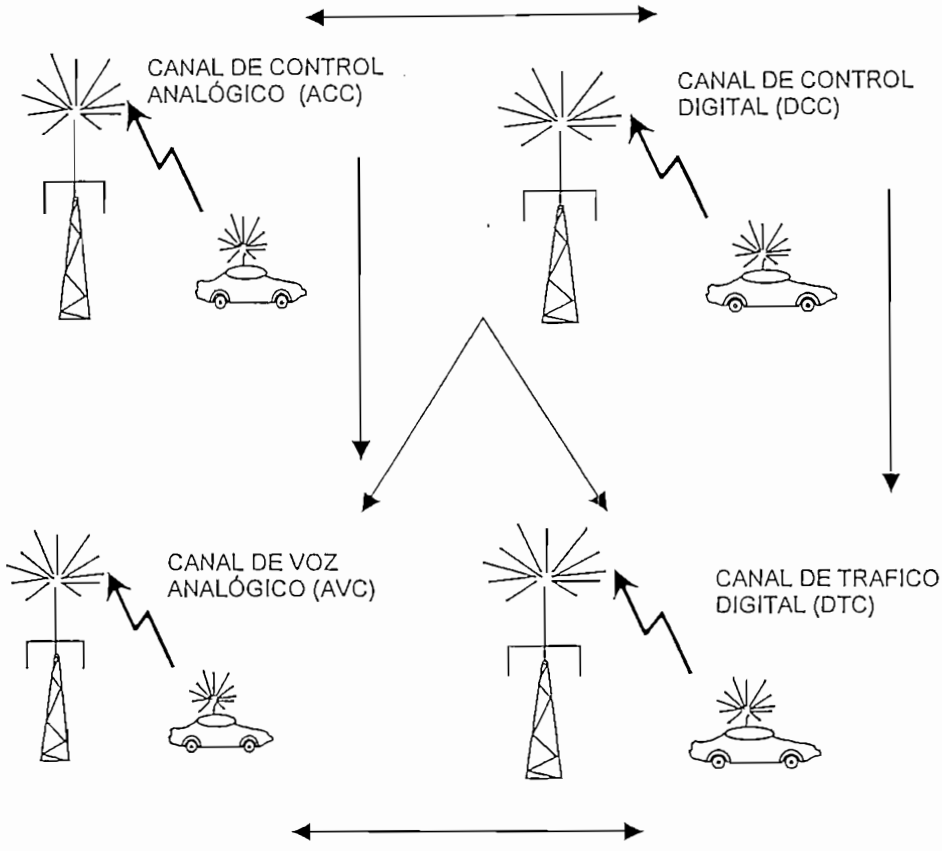


FIG N° 2.28 Combinaciones con los canales de control y de voz, analógicos y digitales

Una vez que se establece un DCC en un sistema, este canal también se puede usar para hacer un "Handoff" a un canal de control digital PCS de 1900MHz,si está disponible.

Los canales de control digital pueden existir dondequiera en el espectro y se diseñan para sobreponerse a los sistemas AMPS existentes. Se provee flexibilidad máxima al no tener canales de control "exclusivos". También se puede desplegar el DCC en cualquier lugar del mundo que tenga un sistema de 800MHz.

La localización de un DCC en el sistema se puede lograr proporcionando un indicador en el ACC.

Ahora se puede desarrollar móviles inteligentes que contienen técnicas de exploración patentadas. La portadora celular puede proveer bloques de probabilidad en el DCC.
En el DCC existen más de 2000 variables de canal de control comparado con apenas 230 en ACC. Por esta razón, el tiempo de exploración y bloqueo puede aumentar ligeramente.

2.3.5 ESTRUCTURA DE LA TRAMA IS136

La estructura de trama de DCC proporciona a la unidad móvil la posibilidad de ejercer modos de super inactividad. En la Figura 2.29 se ve la estructura de la Trama IS136 , y de la Supertrama.

La Trama TDMA tiene 40mseg y en base a esta se va conformando la Supertrama (SF) que tiene 640mseg, también se nota que los canales que conforman la Trama contribuyen su F-BCCH (canal de control de transmisión rápida) y con su E-BCCH (canal de control de transmisión extendida) u otros canales compatibles con el formato de Trama.

- 32 intervalos consecutivos conforman la supertrama.
  - 2 supertrama equivalen a una hipertrama.

En la Figura 2.30 se ve la conformación de la Hipertrama

Cuando se usa una hipertrama, una unidad móvil sólo necesita activarse cada 1.28 segundos para recuperar avisos o información. Si se usan bloques de probabilidad, el largo del ciclo de activación se puede duplicar o aun triplicar.

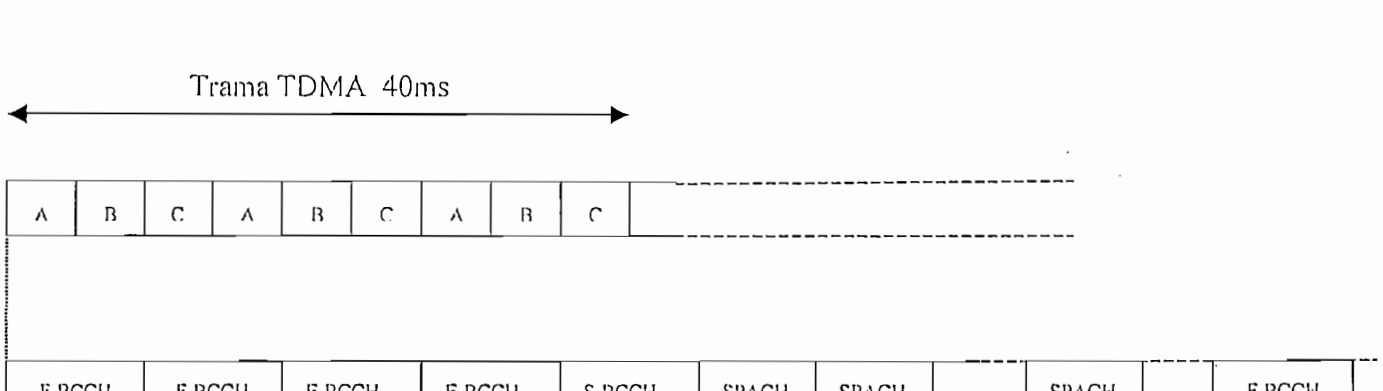


FIG N° 2.29 Estructura de la Trama IS136 y conformación de la Supertrama

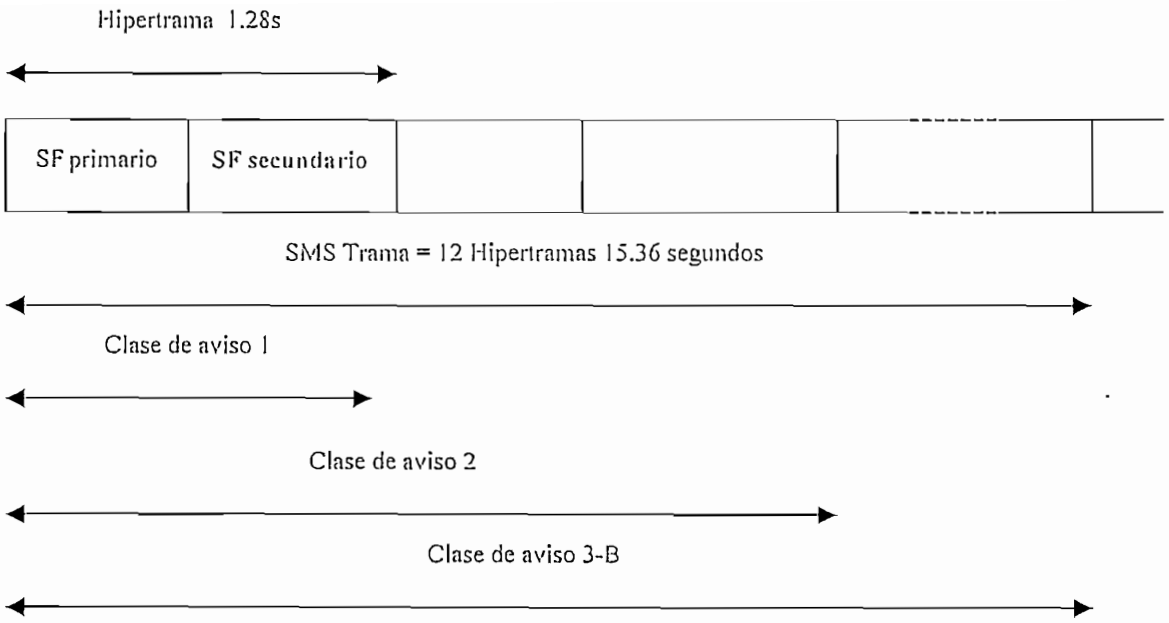


FIG N° 2.30 Teniendo la Supertrama se puede conformar la Hipertrama
Dos Supertramas equivalen a una Hipertrama

2.3.6 ESTRUCTURA DE LA SUPERTRAMA

Una supertrama se puede describir como una mezcla lógica de intervalos consecutivos de TDMA. En la Figura 2.31 se ve sus componentes.

La supertrama proporciona al DCC la posibilidad de avisar a 5 móviles con sólo una ráfaga. Esto se denomina aviso en grupo.

La unidad móvil recibe, alinea e interpreta las tramas consecutivas.

Se utilizan las primeras 2 tramas, FBCCH, para la información necesaria como identificación y ubicación del sistema, etc.

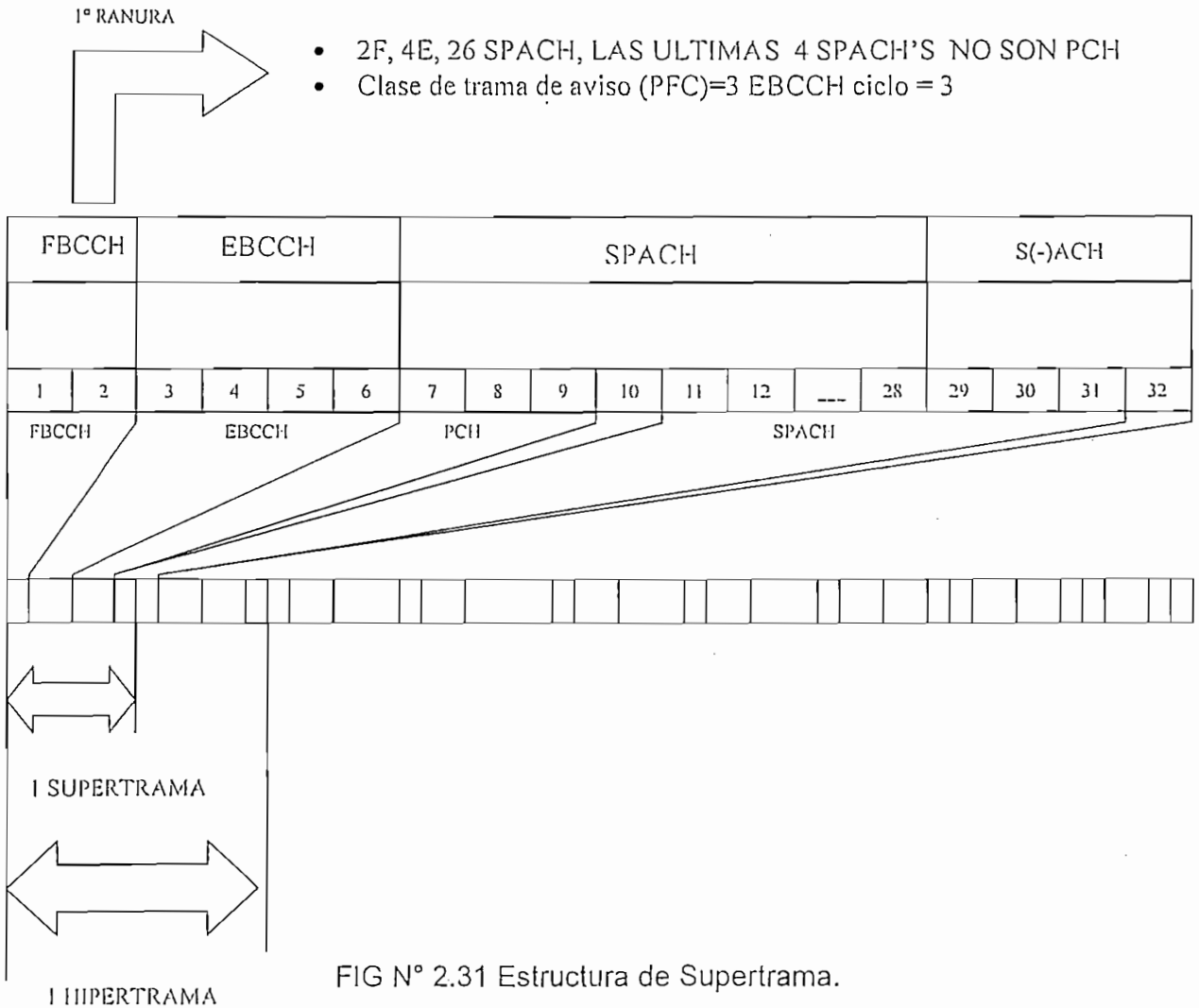
Las próximas 4, EBCCH, contienen las listas conlindantes de canales alternos o deseados.

Todas las demás tramas se utilizan para enviar avisos de datos y se dividen entre los demás usuarios mediante una asignación de intervalo.

2.3.7 MODO DE INACTIVIDAD

- A diferencia del ACC, cuando se implementa DCC, las unidades móviles no tienen que escuchar constantemente la información adicional de control.
- Cuando pasa la información, hay 4 bits por cada una para recibir protección en el ACC. Sólo se necesitan 2 bits de protección en DCC por cada uno, disminuyendo el tiempo de exploración.
- El DCC toma 32 tramas (192 intervalos) y los duplica, generando una hipertrama. La estación base repite constantemente las hipertramas, que transmite continuamente.
- A la estación móvil se le asigna una Clase de trama de aviso (PFC) y un número específico de intervalo para que los use.
- La unidad móvil solo necesita activarse para dirigirse a ese intervalo específico.
- Los mensajes se pueden enviar entonces punto a punto por el DCC, sin usar un canal de voz.

ESTRUCTURA DE SUPERTRAMA



- 2F, 4E, 26 SPACH, LAS ULTIMAS 4 SPACH'S NO SON PCH
- Clase de trama de aviso (PFC)=3 EBCCH ciclo = 3

FIG N° 2.31 Estructura de Supertrama.

- Si se están enviando mensajes que hacen que el usuario se desplace del intervalo asignado, se fija un indicador para que el usuario busque un intervalo alternativo para los avisos.
-También se pueden enviar parámetros de transmisión para decirle a la unidad móvil que sea más o menos sensible en lo que concierne al muestreo adicional, etc.

2.3.8 SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS)

Se ha implementado infraestructura para enviar primero mensajes de texto al móvil. Luego se implementarán los mensajes desde el móvil, en la Figura 2.32.
Los mensajes pueden surgir desde casi cualquier centro de mensajes y se ha establecido un nuevo enlace que conecta directamente desde el centro a la MTSO. Esto tiene usos infinitos y muy rápidos.

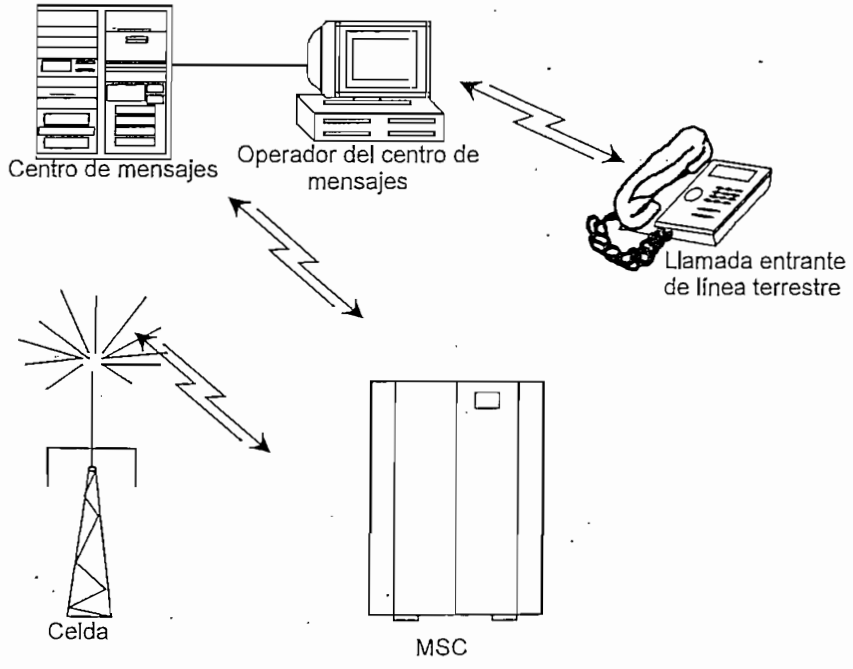


FIG N° 2.32 Servicio de Mensajes Cortos, con su centro de mensajes, operador, línea convencional y ruta hacia la central MTSO y de aquí a la radio base

2.3.9 ESTRUCTURA DE CELDA EN CAPAS

- Las celdas se pueden superponer de una manera jerárquica.
- Esta estructura de superposición permite el despliegue de sistemas públicos, privados y residenciales (SID, PSID, RSID). En la Figura 2.33 se ve esta estructura del sistema

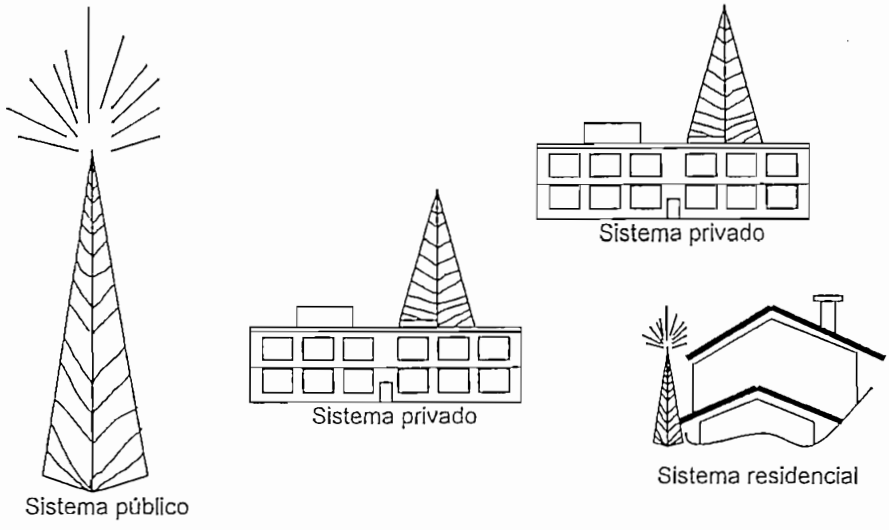


FIG N° 2.33 Estructura del sistema telefónico celular en capas

- La unidad móvil puede determinar ahora SIDS de prioridad según los códigos de identificación de los sistemas.
- Todos los sistemas separados mirarán hacia el Registro de ubicación de origen (HLR) en busca de la información de registro de los usuarios. Esto simplificará el roaming continuo y sin problemas.
- Los sistemas privados y residenciales podrán comprar bloques de tiempo de transmisión del proveedor básico y se mantendrán bajo una disposición en "paraguas" que indicará todos los sistemas alternos disponibles.

- Se ha desarrollado la señalización DCC para ampliarse fácilmente a aplicaciones futuras y no quedar restringido dentro de un formato.
- IS-36 proporciona una fácil expansión de nuevos servicios y mensajes.
  - Cuando se agregan mensajes nuevos o individuales al flujo, se pueden asignar bits nuevos justo cuando se produce un cambio.

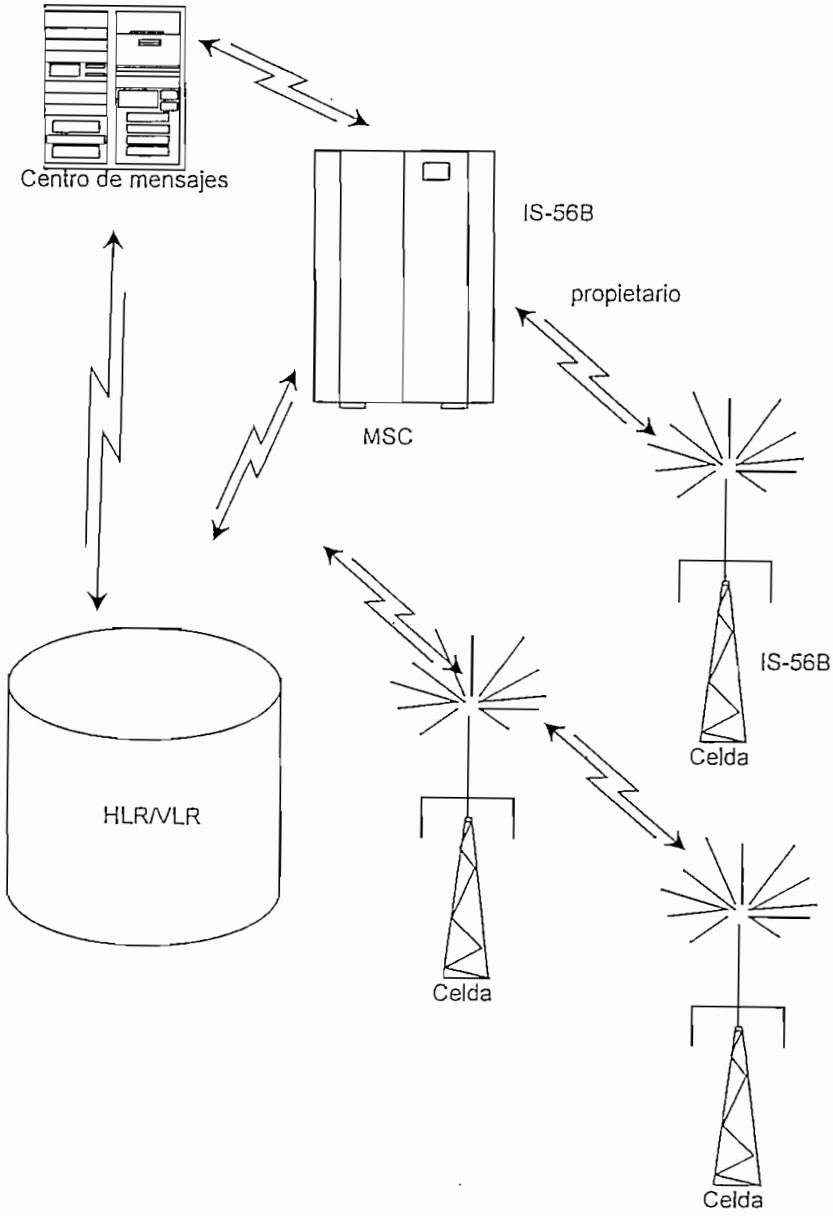


FIG N° 2.34 Estructura de seguridad con el centro de HLR (Registro de ubicación de origen), dentro de la red móvil

2.3.10 SEGURIDAD

En la Figura 2.34 se ve la estructura de seguridad. Además de la autenticación (IS-91), el DCC permite una capa de seguridad adicional. Asignando una TMSI o una IMSI, no será necesario enviar MIN o ESN para que los dispositivos de "olfateo" las detecten.
Después del registro inicial, se asignará una ID de Estación móvil provisional (TMSI) al móvil.

La TMSI es pequeña (32 bits) y la portadora puede reasignarla constantemente.
Debido a la naturaleza pequeña de la TMSI, se puede avisar a 5 usuarios simultáneamente en 1 intervalo de tiempo.
Una ID de Estación móvil internacional (IMSI) es un MIN de 50 bits que incluye un código de país, que se conecta directamente al HLR. Esta IMSI permitirá el roaming internacional automático.

2.4 PROTOCOLO IS-91

Este protocolo es diseñado para dar seguridad a los usuarios de la telefonía celular, ya que los radio piratas intervienen en la comunicación y más aún perjudican al usuario en los minutos de tiempo aire disponibles por el usuario, por lo tanto este protocolo da algunos parámetros para que tanto la central como el móvil sean el único camino de comunicación sin cabida para ramales fraudulentos.

Este proceso implica que la central vea al móvil como un conjunto de parámetros propios, los cuales irán modificándose según rutinas de la MTSO, es por ello si un móvil entra a un laboratorio a reparación y si se le reemplaza un circuito, van a variar los parámetros almacenados en la MTSO y habrá que reiniciar el proceso para que la MTSO vuelva a almacenar los nuevos parámetros.

2.4.1 INTRODUCCION

La autenticación es un proceso IS-54B en el cual se intercambia información entre una estación base y un móvil, para confirmar la identidad del móvil. Este proceso impide el uso de móviles restringidos o robados y de abonados no autorizados (radio piratas). Los móviles fabricados antes de incorporar la especificación IS-54B en la producción no se ven afectados.

Se asigna una clave A de 64 bits a cada móvil. Los 64 bits de información se almacenan en la memoria de identificación y seguridad permanente del móvil y también en el Registro de ubicación de origen/Centro de autenticación. Con fines de seguridad, la Clave A nunca se envía por la interfaz aérea, más bien se usa en el algoritmo de Autenticación celular y codificación de voz (CAVE) para generar datos secretos compartidos (SSD).

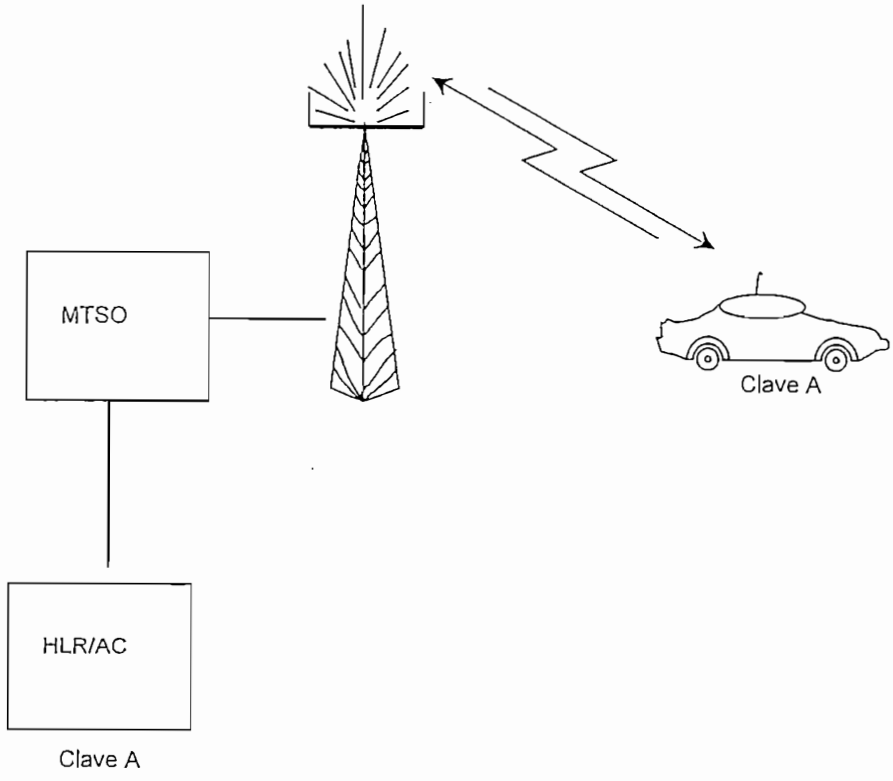


FIG N° 2.35 Sistema móvil de seguridad con el HLR (Registro de ubicación de origen)/AC (Centro de Autenticación).

Los datos secretos compartidos (SSD) constituyen un patrón de 128 bits almacenados en la memoria semipermanente del móvil. Constan de dos cantidades de 64 bits, SSD_A y SSD_B. El SSD_A se utiliza para fines de autenticación y el SS_B se utiliza para la privacidad de voz y la confidencialidad de mensajes. Se puede generar un nuevo valor de cantidades SSD en el móvil cuando se envía una Orden de actualización de SSD.

2.4.2 AUTENTICACION DURANTE EL REGISTRO MOVIL

Cuando el móvil intenta registrarse y el elemento de información AUTH en el SPOM se fija en 1, se ejecutan los siguientes pasos de autenticación mostrados en la Figura 2.36 .

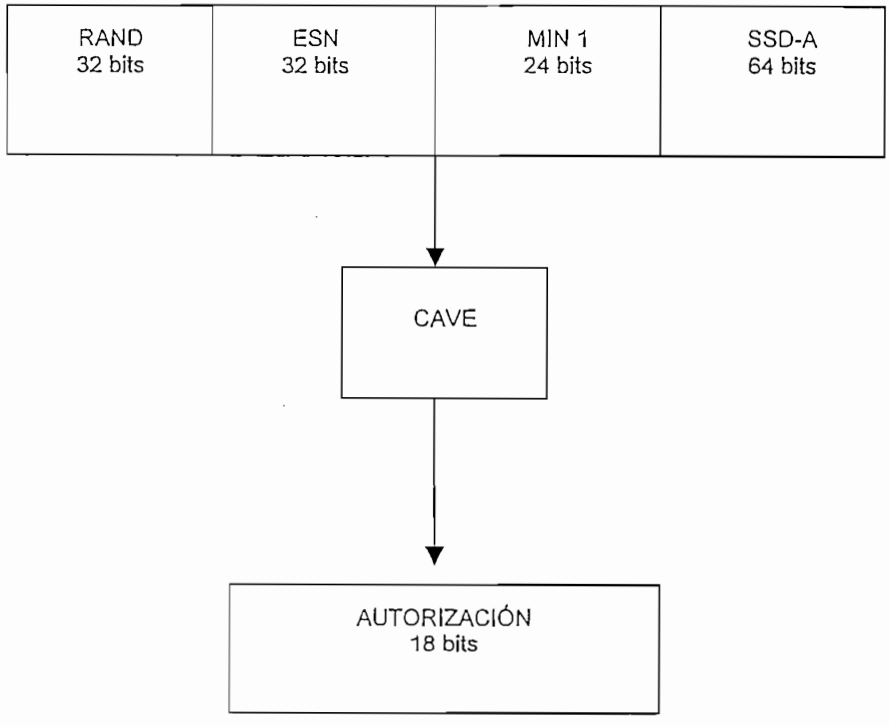


FIG N° 2.36 Proceso de autenticación durante el registro del móvil

(1) El móvil inicializa el algoritmo CAVE.

(2) El algoritmo se ejecuta y AUTHR se fija en la salida de 18 bits.

(3) El móvil envía la **Palabra de autenticación** (que contiene AUTHR, RANDC y COUNT) en el RECC a la estación base.

(4) La estación base calcula AUTHR utilizando SSD_A generado por la HLR/CA.

(5) Se comparten los valores recibidos. Si corresponden, el registro tiene éxito. Si falla alguna de las comparaciones, la estación base puede iniciar la **Respuesta de prueba única** o el procedimiento de **Actualización de SSD.**

2.4.3 AUTENTICACION DURANTE LA ORIGINACION MOVIL

Cuando el móvil intenta originar una llamada y el elemento de información AUTH en el SPOM está establecido en 1, se ejecutan los siguientes pasos de autenticación mostrados en la Figura 2.37

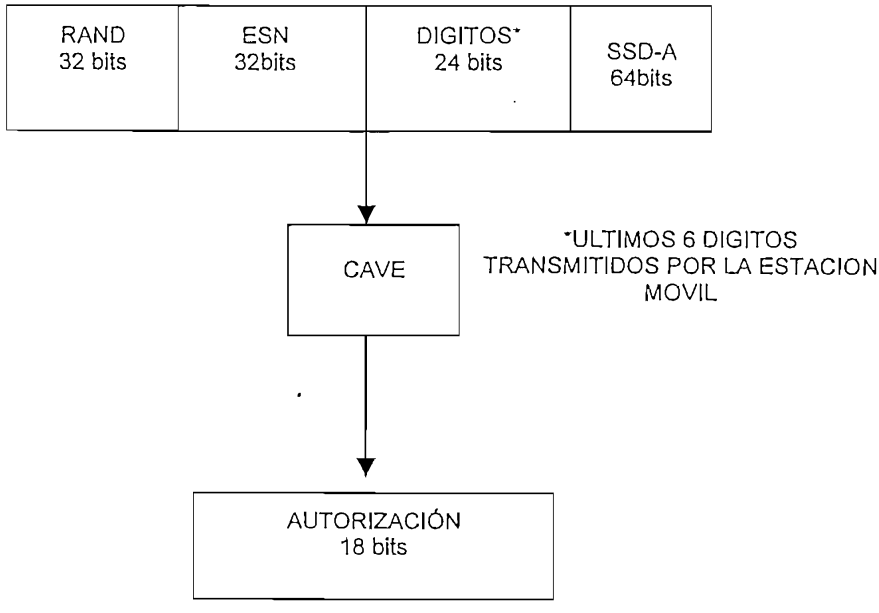


FIG N° 2.37 Proceso de autenticación durante la originación móvil

(1) El móvil inicializa el algoritmo CAVE

(2) El algoritmo se ejecuta y AUTHR se fija en la salida de 18 bits.

(3) El móvil envía la **Palabra de autenticación** (que contiene AUTHR, RANDC y COUNT) en el RECC a la estación base.

(4) La estación base calcula AUTHR utilizando SSD_A generado por la HLR/CA.

(5) Se comparan los valores recibidos; si corresponden, se inicia el establecimiento de la llamada. Una vez asignado a un DT o a un VC, la estación base puede emitir un **Mensaje de actualización de parámetros** para actualizar el parámetro de historial de las llamadas del móvil. Si falla alguna de las comparaciones, la estación base puede negar el servicio, iniciar la **Respuesta de prueba única** o el procedimiento de **Actualización de SSD.**

En el bloque superior están los parámetros que el teléfono utiliza para ejecutar el algoritmo CAVE, y resultado de este proceso se genera la palabra de autenticación que el móvil envía, esta palabra es almacenada para comparar con el resultado obtenido de calcular AUTHR utilizando el SSD_A generado por el centro de Autenticación, y finalizará con la autorización.

2.4.4 AUTENTICACION DURANTE LA TERMINACION MOVIL

Cuando se produce una correspondencia de aviso y el elemento de información AUTH en el SPOM se fija en 1, se ejecutan los siguientes pasos de autenticación.

En la Figura 2.38 se gráfica la secuencia correspondiente, de inicialización, de ejecución del algoritmo, la fijación en la salida, el envío por parte del móvil, el cálculo de la estación base, y la comparación de los valores recibidos, para luego iniciar el establecimiento de la llamada, con los correspondientes mensajes de actualización de parámetros y almacenarlo en el historial de llamadas en el móvil.

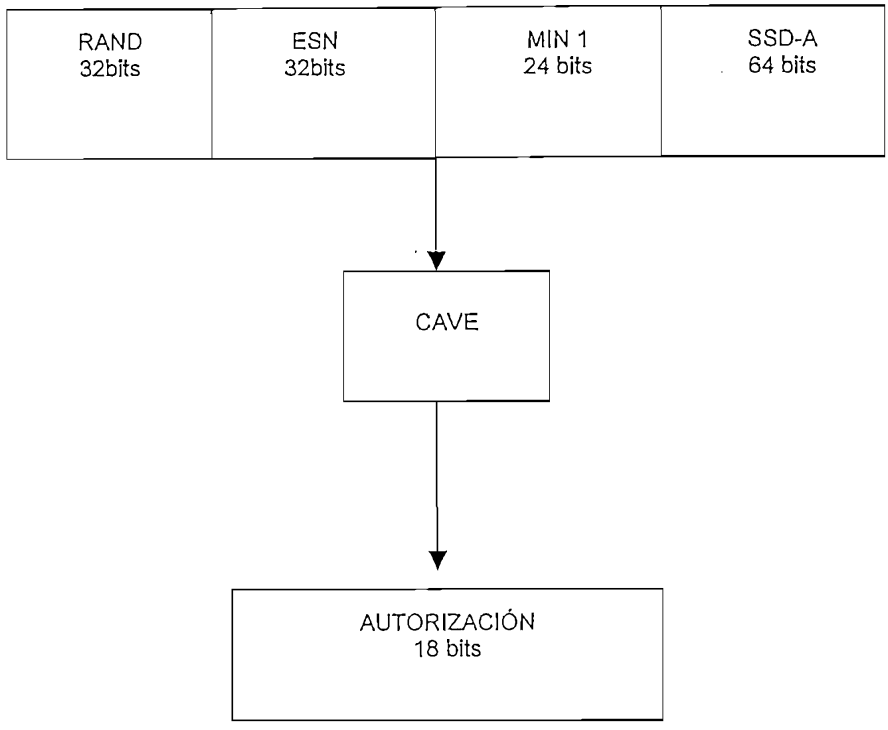


FIG N° 2.38 Proceso de autenticación durante la terminación móvil

(1) El móvil inicializa el algoritmo CAVE

(2) El algoritmo se ejecuta y AUTHR se fija en la salida de 18 bits.

(3) El móvil envía la **Palabra de autenticación** (que contiene AUTHR, RANDC y COUNT) en el RECC a la estación base.

(4) La estación base calcula AUTHR utilizando SSD_A generado por la HLR/CA.

(5) Se comparan los valores recibidos; si corresponden, se inicia el establecimiento de la llamada. Una vez asignado a un DT o a un VC, la estación base puede emitir un **Mensaje de actualización de parámetros** para actualizar el parámetro de historial de las llamadas del móvil. Si falla alguna de las comparaciones, la estación base puede negar el servicio, iniciar la **Respuesta de prueba única** o el procedimiento de **Actualización de SSD.**

2.4.5 RESPUESTA DE PRUEBA UNICA

La estación base inicia este procedimiento que se puede procesar en cualquier combinación de canal de control, tráfico y/o voz. En la Figura 2.39 se ve sus componentes.

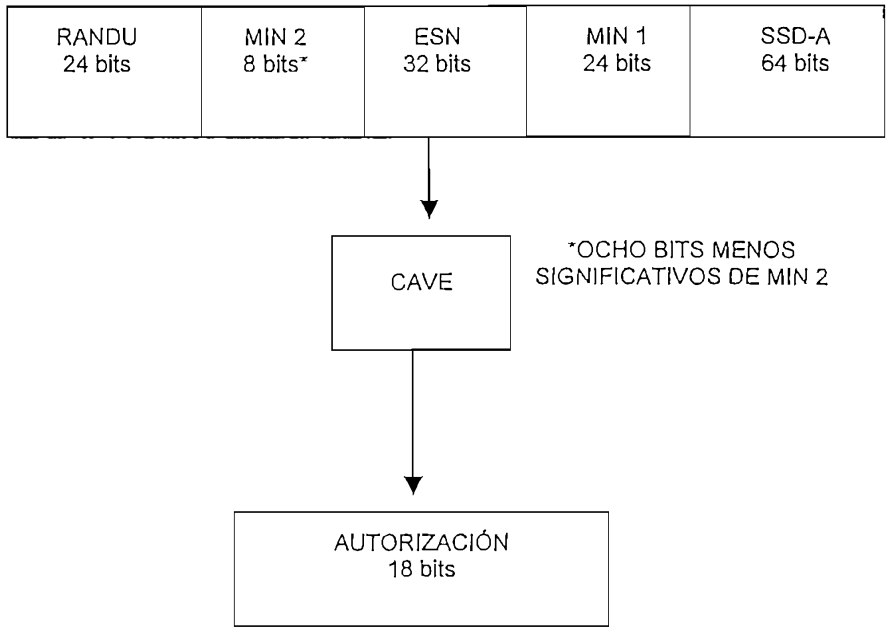


FIG N° 2.39 Proceso de autenticación de respuesta de prueba única

(1) La estación base envía una **Orden de prueba única** al móvil por el FOCC, el FDTC, o el FVC. La orden contiene un patrón aleatorio de 24 bits, generado por la estación base, denominado RANDU.

(2) El móvil recibe la orden e inicializa el algoritmo CAVE

(3) El algoritmo se ejecuta y AUTHU se fija en la salida de 18 bits.

(4) El móvil envía la **confirmación de orden de prueba única** a la estación base en el RECC, RDTC o RVC.

(5) La estación base calcula AUTHU utilizando SSD_A generado por la HLR/CA.
(6) Los valores recibidos se comparan entre si y si falla la comparación, la estación base puede negar nuevos intentos de acceso, desconectar la llamada en curso o iniciar la **Actualización de SSD.**

2.4.6 ACTUALIZACION DE DATOS SECRETOS COMPARTIDOS

La actualización de los Datos secretos compartidos implica la aplicación del algoritmo CAVE, inicializando con información específica del móvil, datos aleatorios y la Clave A del móvil.
Este proceso también tiene la secuencia de actualización orden que envía la radio base , para que el móvil lo inicialice, al ejecutarse se obtienen los nuevos valores.
Con estos nuevos valores se realiza una prueba por parte de la radio base, en base a números generados por el móvil y por la radio base. Con ellos se llega al resultado que almacenará la radio base, la cual da un mensaje de confirmación de prueba, en la Figura 2.40 se tiene:

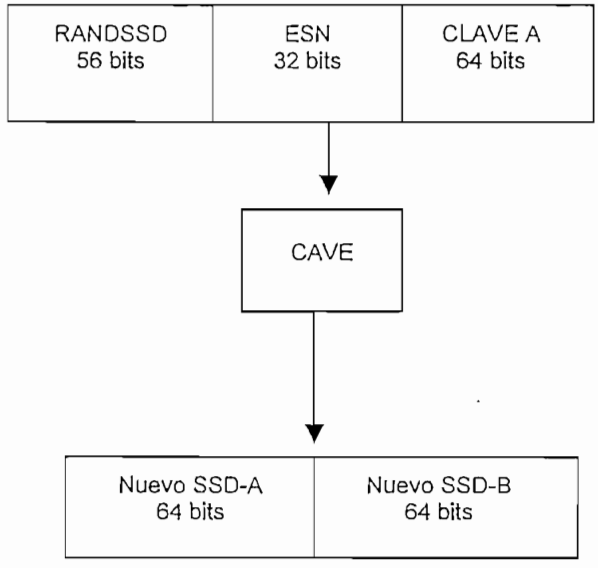


FIG N° 2.40 Proceso de autenticación en la actualización de datos secretos compartidos.

(1) La estación base envía una **Orden de actualización de SSD** al móvil en el FOCC, FDTC, o FVC. La orden contiene RANDSSD, un número aleatorio de 56 bits que también utiliza la HLR/CA para hacer cálculos.

(2) Luego de recibir la orden, el móvil inicializa el algoritmo CAVE.

(3) El algoritmo se ejecuta teniendo como resultado SSD_A_NEW y SSD_B_NEW contiene los 64 bits más importantes y SSD_B_NEW contiene los 64 bits menos significativos del algoritmo.

(4) El móvil envía una **Orden de prueba de estación base** a la estación base en el RECC, el RDTC o el RVC. La orden contiene RANDBS, un número aleatorio de 32 bits seleccionado por el móvil.

(5) Luego de recibir la orden, la estación base inicializa el algoritmo CAVE. Para el cálculo se utiliza SSD_A_NEW de la HLR/CA y RANDBS del móvil.

(6) Se ejecuta el algoritmo teniendo como resultado AUTHBS, la salida de 18 bits.

(7) La estación base incluye AUTHBS en el mensaje de **Confirmación de orden de prueba de estación base** enviado al móvil en el FOCC, FDTC, o FVC.

(8) El móvil también reinicia el algoritmo CAVE, teniendo como resultado AUTHBS. En la Figura 2.41 está los parámetros que intervienen

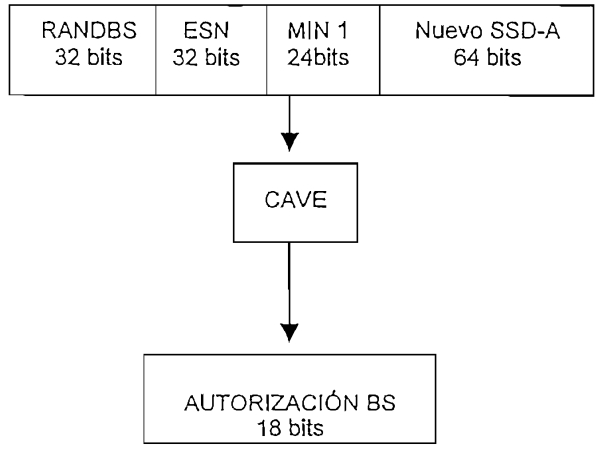


FIG N° 2.41 Proceso de autenticación para el cálculo del AUTHBS

(9) Luego de recibir la confirmación de la estación base, el móvil compara los valores.
(10) El móvil envía un mensaje de Confirmación de orden de actualización de los SSD a la estación base en el RECC, RDTC o RVC. El mensaje señala el éxito o el fracaso de la actualización. Si hay éxito, SSD_A y SSD_B se fijan en el SSD_A_NEW y SSD_B_NEW. De lo contrario descartan los valores NEW.

La característica de autenticación es usada por las empresas operadoras del servicio celular principalmente para sus abonados que tienen un plan tarifario establecido, en cambio el servicio prepago, el cual funciona mediante la asignación de un código secreto que el abonado obtiene de la tarjeta que compra, raspando una zona para que permita visualizar este código, luego se procederá a marcar al número asignado para cargar la tarjeta y cuando le pidan el código deberá digitar ese código de la tarjeta con lo cual quedan habilitados los minutos en su cuenta prepago. Una vez que los gasta, el abonado comprará otra tarjeta y volverá a realizar el mismo procedimiento.
Los abonados con planes tarifarios ya establecidos son los que más fácilmente pueden ser victimas de los radio piratas al consumirles los minutos asignados, puesto que su consumo es debitado de su cuenta bancaria o tarjeta de crédito, por ello la autenticación la hacen principalmente a estos abonados.

CAPÍTULO 3

PROTOCOLOS QUE SE USARAN EN EL FUTURO EN TELEFONÍA CELULAR DIGITAL

3.1 PROTOCOLO PCS (GSM 1900)

Este protocolo todavía no se aplica en Ecuador, pero la tendencia a mantener un solo sistema de comunicación celular hará que también dentro de un futuro no muy lejano tengamos este servicio, el cual tiene algunas diferencias con el que actualmente tenemos.

3.1.1 INTRODUCCION AL GSM

El Sistema Global para comunicaciones Móviles (GSM) es una tecnología extensa, en rápida expansión y exitosa. Hace menos de cinco años, solamente unas cuantas decenas de compañías trabajaban con GSM. Cada una de estas compañías contaba con unos cuantos expertos GSM que traían consigo los conocimientos adquiridos en los comités del Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI) que diseñaron la especificación GSM. Actualmente existen cientos de compañías que trabajan con GSM y miles de expertos en GSM. GSM ya no es la tecnología de punta. Es la tecnología cotidiana, que puede ser entendida tanto por el técnico de servicio como por los miembros de los comités del ETSI.

3.1.1.1 Historia del GSM

Las telecomunicaciones celulares son una de las aplicaciones de telecomunicaciones de crecimiento más rápido y más exigentes de la historia. Hoy en día, representan un porcentaje significativo y en constante aumento de todas las nuevas subscripciones telefónicas en todo el mundo. En muchos casos, las soluciones celulares compiten exitosamente con las redes inalámbricas tradicionales y con los teléfonos inalámbricos. A largo plazo, los sistemas celulares que usan tecnología digital se convertirán en el método universal de telecomunicación.

En 1982 se estableció un grupo de normalización para el Sistema global para comunicación móvil - GSM, a fin de formular las especificaciones para un sistema de radio celular móvil pan europeo a 900Mhz.

Estas especificaciones se ampliaron posteriormente para incluir también una interfaz aérea para el rango de frecuencias de 1900Mhz, el sistema de comunicación digital PCS(GSM 1900).

El uso de transmisión de radio digital y de los algoritmos de "Handoff" avanzados entre celdas de radio en las redes GSM permite aprovechar mucho mejor la frecuencia que en los sistemas celulares analógicos, aumentando así el número de abonados a los cuales se puede servir. Debido a que el GSM funciona bajo un estándar común, los abonados celulares también podrán usar sus teléfonos en toda el área de servicio del GSM. El uso fuera del área es completamente automático entre y dentro de todas las áreas cubiertas por los sistemas GSM.

Además del uso automático fuera del área, el GSM ofrece nuevos servicios de usuario, como comunicación de datos a alta velocidad, facsímil y servicio de mensajes cortos. Las especificaciones técnicas del GSM están diseñadas para funcionar conjuntamente con los otros estándares.

Ericsson está diseñando sistemas de radio celular desde fines de los años setenta y ofrece productos de red para todos los estándares principales, como por ejemplo NMT 450, NMT 900, TACS, AMPS, AMPS digital y el estándar PDC. Para Ericsson, el concepto de sistemas abiertos y de interfaces estandarizadas es fundamental para el desarrollo de nuevos productos de telecomunicación.

Por lo tanto, un paso obvio para Ericsson para emprender el diseño de un sistema telefónico móvil digital GSM tan pronto como las especificaciones técnicas alcanzaron el nivel de estabilidad necesario.

GSM se está convirtiendo realmente en el Sistema GLOBAL para Comunicaciones Móviles. Desde hace mucho tiempo era evidente que GSM sería utilizado en toda Europa. Ahora, muchos países alrededor del mundo, han seleccionado GSM. GSM se ha convertido en el estándar Pan-Asiático y se utilizará en muchos países de Sudamérica.

Es por esto que en Ecuador habrá esta tendencia a que la telefonía celular opte por este protocolo de comunicación.

3.1.1.2 Especificaciones del sistema PCS (GSM 1900)

Banda de frecuencia	Enlace ascendente: 1850 MHz
	Enlace descendente: 1930 MHz
Distancia duplex	80MHz
Separación de portadora	200KHz
Modulación	GMSK
Velocidad de transmisión	270kbit/s
Método de acceso	TDMA

Codificador de voz	LPC13 kbit/s
Diversidad	Intercalación
	Salto de frecuencia
	Ecualización adaptable

Las primeras decisiones que debió tomar el grupo GSM una vez acordado el diseño de un sistema digital fueron, principalmente, el método de acceso y el ancho de banda.

3.1.1.2.1 Método de acceso

El sistema GSM digital usa el TDMA- Acceso Múltiple por división de tiempo, donde cada portadora se divide en ocho intervalos de tiempo. La estación móvil envía y recibe en el mismo intervalo de tiempo. Esto significa que se pueden llevar a cabo ocho conversaciones simultáneas por el mismo canal de radio.

3.1.1.2.2 Banda estrecha y banda ancha

La especificación GSM optó por la banda TDMA estrecha. ¿ Por qué se rechazó la alternativa de banda ancha ? A continuación se describen, de manera resumida, algunas de las desventajas de la banda ancha en comparación con la banda estrecha.

Planificación de frecuencia inflexible.- Cada emplazamiento puede usar el mismo conjunto de canales de radio proporcionando una planificación sencilla para cada operador. Esto reduce los costos iniciales por sitio, pero fija un límite a la expansión de las redes.

Estaciones base sobredimensionadas en áreas rurales.- Debido al ancho de banda, hay muchos canales por portadora, ocasionando un alto costo por canal de

tráfico en áreas menos densas, donde puede no haber tanta necesidad de canales.

Alto de potencia máximo en los transmisores que por el procesamiento de señales rápidas más complejo hace que esto origine un menor nivel de confiabilidad en la transmisión y un mayor consumo de energía.

3.1.1.2.3 Modulación

El método de modulación escogido.- Modulación por desplazamiento de mínimos Gaussianos.- Es la modulación de vanguardia para las señales digitales.

3.1.1.3 El GSM y sus fases

Originalmente, este sistema se consideraba "exclusivamente europeo", es decir, una versión única con una ruta fija hacia el futuro. Pero a fines de los 1980's, la comunidad GSM comprendió que no era posible concluir a tiempo la gama completa de servicios y funciones del GSM originalmente planificada. Así nació la fase 1, con un conjunto limitado de servicios y funciones.
El objetivo era completar el resto de las funciones dentro de un plazo de dos años (en la fase 2).

Con la fase 1, las especificaciones GSM quedaron cerradas para futuras modificaciones o mejoras. El estándar de la fase 1 no es solo la plataforma para el futuro desarrollo del GSM, sino que además contiene una variedad de servicios y funciones.

El GSM ofrece funciones tales como el uso internacional fuera del área, tarjetas SIM, cifrado, servicio de mensajes cortos y servicios de datos de hasta 9.6kbit/s. Más importante todavía es el hecho de que el GSM cuenta con un mayor potencial en lo que concierne a funciones y servicios.

También implica capacidad, conformidad con la ISDN(RDSI), servicios específicos para red, innovaciones de terminal y mecanismos incorporados para futuras mejoras.

En la fase 1 y la fase 2 hay una fase 1.5 que se relaciona con el cifrado por la interfaz aérea.

El estándar de la fase 2 ya ofrece múltiples algoritmos de cifrado.

Al crear esta fase 2, fue necesario asegurar una interacción adecuada entre los equipos de la fase 1 y fase 2. Esto se denomina compatibilidad entre todas las fases.

El estándar de la fase 2 abarca un conjunto de servicios y funciones mucho mayores que la fase 1, como la banda de frecuencia ampliada para las especificaciones PCS (GSM 1900). En la Figura 3.1 de ve las fases.

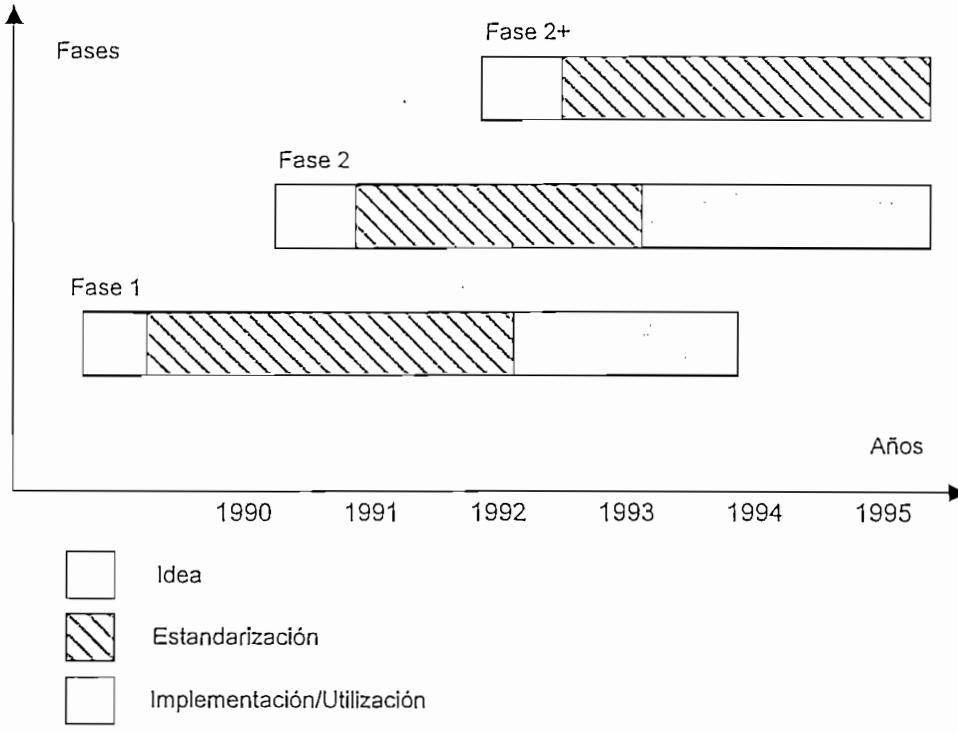


FIG N° 3.1 Fases de la evolución del sistema GSM

La mayor parte de los nuevos servicios se encuentran en la categoría de Servicios complementarios. Además de Restricción de llamadas y Transferencia de llamadas, hay entre otros:

- Identificación de línea origen y de destino.- Visualización del número de origen y de destino.
- Prevención de la visualización del número de origen y de destino.
- Llamada en espera y retención de llamadas.- Indicación de una llamada entrante durante la conversación y la posibilidad de cambiarse a ella sin desconectar la primera línea.
- LLamada multipartita de hasta seis participantes.

Los SIM (Módulos de identidad de abonado) de la fase 1 contienen toda la información de control de la red necesaria, mientras que los SIM de la fase 2 incluyen una gran cantidad de funciones adicionales, como:

- Identificador de idioma e idioma preferido.- para mensajes de red en la visualización.
- Información de mecanismos de tarifación, almacenamiento, control y seguridad.
- Marcación de número fijo
- Segundo código PIN
- Almacenamiento de información complementaria de control de servicio.
- Control mejorado de parámetros de Servicio de mensajes cortos.

Los grupos de normalización ya han iniciado el proceso hacia un futuro posterior a la fase 2, - el programa de la fase 2+. Este abarca:

- Funciones para negocios
- Mejoras generales de las redes públicas.
- Mejoras específicas del GSM
- Creación de variantes del GSM

- Redes virtuales privadas
- Acceso de DECT (Estándar para teléfonos inalámbricos celulares) a la infraestructura del GSM
- Número de abonado múltiple

Las escalas de prioridad y tiempo de las nuevas características y funciones dependen principalmente de las empresas que operan el PCS y de sus fabricantes y también de los avances en las áreas relacionadas.

3.1.2 SERVICIOS DE ABONADO EN CME 20

El objetivo fundamental de un sistema telefónico móvil es proveer comunicación hacia y desde los abonados móviles. El PCS(GSM 1900) ofrece esta comunicación proporcionando distintos servicios de telecomunicación básicos.

Estos servicios se pueden dividir en Servicios de telefonía y Servicios de portador. Un teleservicio ofrece al abonado compatibilidad total, incluyendo el equipo terminal necesario para comunicarse con otro abonado. El servicio de portador dispone de la capacidad necesaria para transmitir señales apropiadas entre dos puntos de acceso al proporcionar una interfaz a la red.

Los servicios de telecomunicación básicos del PSC(GSM 1900) aumentan gracias a varios servicios complementarios definidos por GSM, como la transferencia de llamada, la restricción de llamadas, etc.

El diseño del GSM también permite que los operadores diferencien sus servicios de los servicios de sus competidores usando los innovadores servicios de Ericsson o incluso los servicios de cliente. Además, permite definir nuevos servicios personalizados, que se entregan a los usuarios finales dentro de un plazo de conexión breve.

Para poder usar o activar un determinado servicio, es necesario subscribirse a él. Algunos de estos servicios están disponibles para todo el mundo y se denominan servicios básicos. A los servicios complementarios es necesario subscribirse.

3.1.2.1 Servicios de telefonía

Telefonía normal.- Este servicio (comunicación de voz bidireccional), que ofrece la posibilidad de realizar y recibir llamadas de abonados fijos y móviles en todo el mundo, es por supuesto el más básico ofrecido por el PCS(GSM 1900).

DTMF.- Multifrecuencia de tono doble.- Es un esquema de señalización de tono utilizado a menudo con distintos propósitos de control a través de la red telefónica, como el control remoto de un contestador automático. El GSM respalda plenamente la DTMF de origen.

Llamadas de emergencia.- Es posible hacer llamadas de emergencia desde un móvil aún sin una suscripción válida.

Facsímil grupo 3.- El GSM respalda este servicio. Debido a que las máquinas de fax normales están diseñadas para conectarse a un teléfono que usa señales analógicas, el sistema GSM usa un convertidor de fax especial conectado a la central. Esto permite que un fax conectado al GSM se comunique con cualquier fax analógico de la red fija.

Servicio de mensajes cortos.- SMS.- Esta es una función muy útil de la red GSM. Se puede enviar un mensaje que consta de un máximo de 160 caracteres alfanuméricos hacia y desde una estación móvil.

Si la estación móvil está desconectada o ha salido del área de cobertura, el mensaje se almacena en un centro de servicio de mensajes cortos. El abonado

puede escuchar el mensaje una vez que vuelve a conectar el móvil o regresa al área de cobertura de la red. Esta función asegura que el mensaje sea recibido.

Transmisión de celda.- Esta facilidad es una variación del servicio de mensajes cortos. Se puede transmitir un mensaje con un máximo de 93 caracteres a todos los móviles dentro de un área geográfica determinada. Los usos más típicos son las advertencias de congestión de tráfico y los informes sobre accidentes.

Correo de voz.- Este servicio es en realidad un contestador automático dentro de la red, pero controlado por el abonado. Las llamadas se pueden enviar a esta casilla de correo de voz y luego el abonado las puede verificar mediante un código de seguridad personal.

Correo de fax.- Con este servicio, el abonado puede recibir mensajes de fax en cualquier máquina de fax. Estos mensajes se almacenan en un centro de servicio, desde donde el abonado puede recuperarlos en el número de fax deseado mediante un código de seguridad personal.

3.1.2.2 Servicios de portador

El GSM ofrece una amplia variedad de estos servicios. Se respaldan velocidades asíncronas y sincrónicas de transmisión de datos de hasta 9.6kbit/s. La unidad de interfuncionamiento del GSM respalda todos los servicios de datos que ofrece el sistema.

Tráfico a la PTSN(Red telefónica básica).- El tráfico de datos aplicable a la PTSN corresponderá a las llamadas de módem.

Tráfico a la ISDN(RDSI Red Digital de servicios integrados).- Los terminales de la ISDN(RDSI) disponen de todo el conjunto de servicios de comunicación de datos. También se dispone de información digital sin restricciones, esto es, se transfiere información digital neta sin necesidad de módem.

Tráfico a las PSPDN(Redes públicas de datos con conmutación de paquetes).- Los Servicios de paquetes respaldan datos sincrónicos a velocidades de 1200, 2400, 4800 y 9600 kbit/s. En este caso(el sincrónico), se puede conectar un terminal de modo de paquete directamente a la estación móvil.

Servicio PAD.- Ensamblaje /desensamblaje de paquetes básico.- El acceso desde una estación móvil a una red con conmutación de paquetes es posible mediante la facilidad de PAD. En ambos casos, se respaldan velocidades asíncronas entre 300 y 9600 kbit/s.

Tráfico a las CSPDN(Redes públicas de datos con conmutación de circuitos).- Se puede llegar a alcanzar una CSPDN mediante la PTSN o ISDN(RDSI), pero dependerá de que esté aprovisionado el interfuncionamiento entre la CSPDN y las redes de tránsito.

3.1.2.3 Servicios complementarios

El GSM respalda un conjunto integral de servicios complementarios, que pueden completar y modificar tanto los teleservicios como los servicios de portador.

Transferencia de llamadas.- Estos servicios le dan al abonado la habilidad de transferir llamadas entrantes a otro número.

Restricción de llamadas salientes.- El abonado puede activar o desactivar este servicio desde la unidad móvil.

- Restricción de todas las llamadas salientes.
- Restricción de todas las llamadas salientes internacionales.
- Restricción de todas las llamadas salientes internacionales, salvo aquellas dirigidas a la PLMN de origen.

Restricción de llamadas entrantes.- Esta función permite que el abonado impida la entrada de llamadas.
- Restricción de todas las llamadas entrantes.
- Restricción de llamadas entrantes que estén fuera de la PLMN de origen.

Aviso de cargo (AoC).- Este servicio proporciona una estimación de los cargos por llamada al abonado móvil. Hay dos tipos: AoC (información), que ofrece una estimación de la factura al abonado y el AoC(tarifación), que se puede usar con propósitos de tarifación.
El aviso de cargo para las llamadas de datos se proporciona sobre la base de mediciones de tiempo.

Retención de llamadas.- Este servicio complementario permite que el abonado interrumpa una llamada en curso y vuelva a establecerla con posterioridad.

Llamada en espera.- Este servicio permite que el abonado móvil sea notificado de una llamada entrante durante una conversación. El abonado entonces puede contestar, rechazar o ignorar la llamada entrante. La llamada en espera puede aplicarse a todos los servicios de telecomunicación de GSM utilizando una conexión con conmutación de circuito, salvo a las llamadas de emergencia.

Servicio multipartita.- Este servicio permite que el abonado móvil establezca una conversación multipartita, es decir, una conversación simultánea entre tres a seis abonados.

Presentación/restricción de identificación de línea de origen.- Estos servicios complementarios presentan el número de la parte de origen a la parte destino. La restricción anula esta visualización.

Presentación/restricción de identificación de línea conectada.- Estos servicios complementarios presentan el número de la parte conectada (de destino) a la

parte de origen. La restricción permite que la parte conectada restrinja esta visualización. La restricción igualmente anula la visualización.

Grupo de usuario cerrado (CUG).- Este servicio permite que los abonados conectados a la PLMN/ISDN (RDSI), y eventualmente a otras redes, formen grupos hacia y desde los cuales se restringe el acceso. Los miembros de un CUG específico se pueden comunicar entre ellos, pero generalmente no con usuarios fuera de este grupo.

3.1.2.4 Funciones especiales

Las funciones innovadoras de Ericsson ofrecen un nivel de servicio que supera los estándares de las redes básicas de GSM. Estas funciones se perfeccionan constantemente, a medida que aumenta la competencia y las necesidades de los clientes.

Número personal único.- Esta función permite disponer la transferencia de llamadas en otras redes cuando el móvil no se ubica en la red GSM. Su objetivo es poder ubicar al abonado con un sólo número de abonado, aunque el abonado tenga subscripciones de distintas redes.

Numeración doble.- Esta función permite que el abonado tenga conectados dos números de abonado diferentes a la misma suscripción y al mismo equipo móvil. Se pueden conectar cuentas diferentes, por ejemplo una cuenta comercial y una cuenta privada, a los distintos números de abonado.

Informe detallado de llamada inmediata.- Esta función también se denomina facturación directa. Se usa para facturar a un tercero por el uso de un teléfono que puede ser arrendado o en otros casos en los que sea necesario contar de inmediato con datos sobre la llamada.

3.1.2.5 Servicios IN móviles

Una manera flexible y conveniente de proveer más servicios es usar las técnicas de Red inteligente (IN) utilizando el Nodo de servicio móvil de Ericsson, MSN. Esto permite ofrecer servicios altamente personalizados con tiempos de conexión muy breves, lo que permite que los operadores de PCS diferencien sus ofertas de productos de las ofertas de sus competidores y reaccionen rápidamente ante las nuevas necesidades de los usuarios.

Servicio de cobro revertido automático.- Este servicio permite que los abonados al servicio permitan que otros usuarios celulares los llamen sin costo alguno. El costo de las llamadas se cargará al abonado. El destino de la llamada se puede ubicar en la red fija o celular.

Llamada con tarjeta de crédito.- Este servicio permite que el usuario cargue el costo de una llamada a una tarjeta de crédito.

Cuando el usuario llame al número de acceso de llamada con tarjeta de crédito, se conectará y se pedirá el número de la tarjeta de crédito, se conectará y un número de identidad personal (PIN). Una vez aceptados, el usuario puede marcar el número deseado.

Filtración de llamada de origen.- Los abonados a este servicio pueden especificar ciertos números y series de números a los que no se puede llamar usando esta suscripción. Es posible que la filtración se active sólo en ciertas horas, fechas y días de la semana. Esta es una variante de la restricción de llamadas salientes, pero en base a cada número(o serie de números).

Filtración de llamadas de destino.- Este servicio es lo contrario que la filtración de llamadas salientes. El usuario puede especificar los números o series de números

que pueden entrar a la suscripción. Se pueden aplicar restricciones diferentes en horas diferentes. Es una variante de la restricción de llamadas entrantes, pero más orientada al abonado específico.

Servicios dependientes de la ubicación.- Estos servicios usan la ubicación del abonado. Por ejemplo, siempre se puede acceder a información metereológica y de tráfico mediante códigos cortos y se usa la ubicación del abonado para proveer la información deseada. Otro ejemplo podría ser un número único a una cadena de restaurantes, donde la ubicación se usa para desviar la llamada a la sucursal más cercana de esta cadena.

3.1.3 DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA

3.1.3.1 La red GSM

El GSM básicamente se divide en el Sistema de Conmutación (SS) y el Sistema de estación base (BSS).

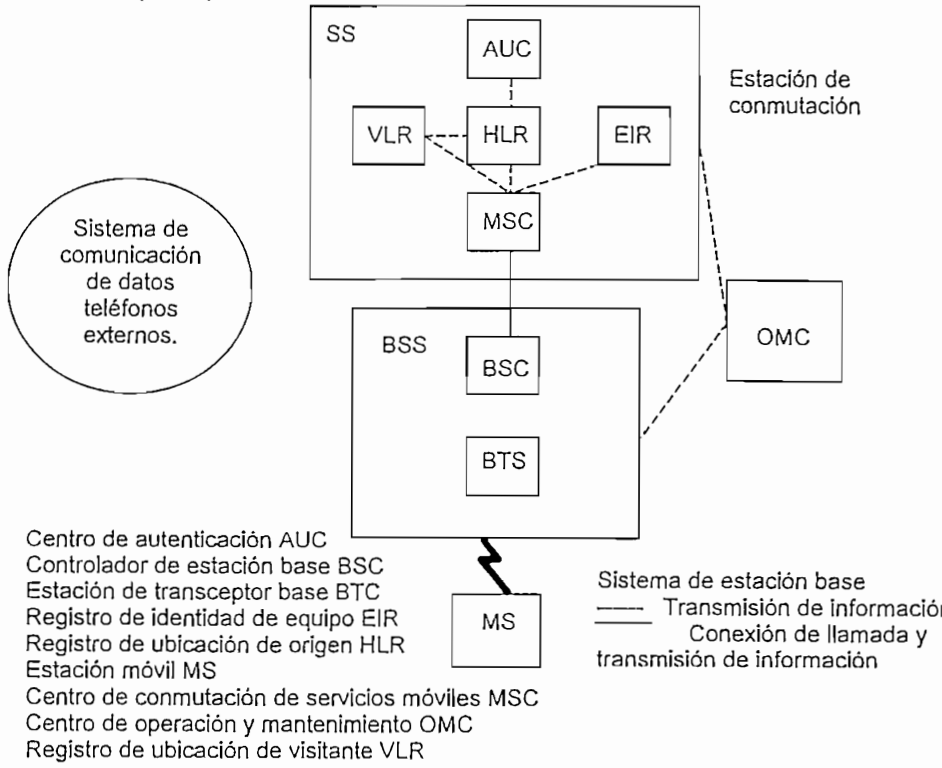


FIG N° 3.2 La Red GSM

Cada uno de estos sistemas contiene varias unidades funcionales del sistema. Las unidades funcionales se implementan en distintos equipos (hardware).

El Sistema de conmutación (SS) incluye las siguientes unidades funcionales:
- Centro de conmutación de servicios móviles (MSC)
- Registro de ubicación de visitante (VLR)
- Registro de ubicación de origen (HLR)
- Centro de autenticación (AUC)
- Registre de identidad de equipo (EIR)

El Sistema de estación base (BSS) incluye lo siguiente:
- Controlador de estación base (BSC)
- Estación de transceptor base (BTS)

Celdas.- El sistema se establece como una red de celdas de radio vecinas, que en conjunto proporcionan una cobertura completa del "Área de servicio".

Estación de transceptor base.- Cada celda tiene una Estación de transceptor base (BTS) que funciona en un conjunto de canales de radio. Estos canales difieren de los canales usados en las celdas vecinas para evitar interferencias.

Controlador de estación base.- Un controlador de estación base (BSC) controla a un grupo de BST. El BSC controla funciones como el "Handoff" y el control de la alimentación.

Centro de conmutación de servicios móviles.- Este Centro (MSC) sirve a varios Controladores de estación base y controla las llamadas hacia y desde otros sistemas de telefonía y de comunicación de datos, como la Red telefónica básica (PTSN), la Red digital de servicios integrados (ISDN-RDSI), la Red pública del servicio móvil terrestre (PLMN), las Redes públicas de datos y eventualmente distintas redes privadas.

Bases de datos .- Las unidades mencionadas anteriormente están todas involucradas en la transmisión de conexiones de voz entre una Unidad móvil (MU) y, por ejemplo, un abonado en la PTSN, la red fija. Si no fuera por la posibilidad de hacer llamadas a una MU, no se necesitaría más equipo. El problema surge cuando se desea hacer una llamada que termine en una MU. El originador nunca sabe el lugar donde se encuentra la MU de destino. A causa de esto, es necesario contar con varias bases de datos en la red para seguir el rastro a la MU.

Entre estas bases de datos, la más importante es el Registro de ubicación de origen (HLR). Cuando alguien compra una suscripción de uno de los operadores de GSM, será registrado en el HLR de ese operador. El HLR contiene información sobre los abonados, como servicios complementarios y parámetros de autenticación. Más aún, tendrá información sobre la ubicación de la MU, es decir, el área en que en ese momento está ubicada la MU. Esta información cambia a medida que la MU se mueve. La MU enviará información de su ubicación a su HLR, facilitando el medio para recibir una llamada.

Una unidad denominada Centro de autenticación (AUC) está conectada al HLR. La función del AUC es entregar parámetros de autenticación y claves de cifrado al HLR, los que se utilizan por motivos de seguridad.

El Registro de ubicación del visitante (VLR) es una base de datos que contiene información sobre todas las MU que actualmente se encuentran en el área del MSC. Tan pronto como una MU entra en una nueva área de MSC, el VLR conectado a ese MSC solicitará datos sobre la MU al HLR. Al mismo tiempo, se le informará al HLR sobre el área del MSC donde está ubicada la MU. Si posteriormente la MU desea hacer una llamada, el VLR tendrá toda la información necesaria para establecer la llamada, sin tener que interrogar al HLR cada vez. El VLR se puede considerar como un HLR distribuido. Además, este también contendrá información más exacta sobre la ubicación de la MU en el área del MSC.

Central Internacional .- Si alguien en la red fija (PTSN) desea hacer una llamada a un abonado GSM, la central en la PTSN conectará la llamada a una central internacional, lo que a menudo se realizará en una MSC. Esta MSC se conocerá como la MSC internacional (GMSC). Puede ser cualquiera de las MSC de la red GSM (probablemente la mayoría de ellas). La GMSC deberá encontrar la ubicación de la MU buscada.

Esto se puede lograr interrogando al HLR donde está registrada la MU. El HLR contestará con la dirección del área actual de MSC, entonces el VLR sabrá con más detalles dónde está ubicada la Unidad móvil; entonces se puede conmutar la llamada.

Estación móvil.- En el GSM hay una diferencia entre el equipo físico y la suscripción. La unidad móvil es un equipo que se puede instalar en un vehículo o sostener en la mano. En el GSM, hay una pequeña unidad denominada Módulo de identidad del abonado (SIM), que es una identidad física autónoma, una tarjeta IC, también denominada tarjeta inteligente. Juntos, el SIM y el equipo móvil, conforman la unidad móvil. Sin el SIM, la MU no puede obtener acceso a la red GSM, salvo para tráfico de emergencia. Dado que la tarjeta SIM está conectada a la suscripción y no a la MU, el abonado puede utilizar otra MU además de la suya. Esto constituye un problema en el caso de MU robadas, ya que no sirve de nada restringir la suscripción si alguien roba el equipo. Se necesita una base de datos que contenga la identidad exclusiva del hardware del equipo, el Registro de identificación del equipo (EIR). Este Registro está conectado a la MSC por un enlace de señalización, lo que permite que la MSC verifique la validez del equipo.

Una MU de un tipo no aprobado también se puede restringir de este modo. Recuerde que la autenticación de la suscripción se lleva a cabo por parámetros desde el AUC.

Clases de unidad móvil	
Clase 1	1 vatio
Clase 2	25 vatios
Clase 3	2 vatios
Clase 4	no definido
Clase 5	no definido

3.1.3.2 Estructura de la red geográfica

Cada red telefónica necesita cierta estructura para enrutar llamadas entrantes a la central adecuada y finalmente al abonado de destino. En una red móvil, esta estructura cobra gran importancia debido a la movilidad de todos sus abonados.

Especificaciones del FCC.- La FCC ha especificado cuatro áreas y bloques de frecuencia con distintas dimensiones con el fin de dividir las regiones y establecer una estructura de red.

El desglose de las áreas es:

- Área de intercambio principal (MTA)
    - 51 regiones
    - 2 permisos para cada región
- Área de intercambio básica (BTA)
    - 493 regiones
    - 4 permisos por cada región

- Bloque de frecuencia A,B,C - Espectro total de 90mhz
- Bloque de frecuencia D,E,F - Espectro total de 30mhz

3.1.4 ESTACION MÓVIL

3.1.4.1 Módulo de identidad de abonado (SIM)

Las estaciones móviles se pueden operar sólo si existe un SIM válido (salvo en las llamadas de emergencia, cuando la operación se permite de todas maneras). La MU debe contener una función de seguridad para la autenticación de la identidad del abonado, es decir, una clave de autenticación secreta y un algoritmo criptográfico.

El SIM proporciona el almacenamiento de tres tipos de información relacionada con el abonado:

- Datos determinados durante la fase administrativa (antes de vender la suscripción), esto es, IMSI, clave de autenticación de abonado (Ki), clase de control de acceso.
- Datos provisionales de la red, esto es, TMSI, LAI, kc, PLMN prohibidas.
- Datos relacionados con el servicio, por ejemplo, preferencia de idioma, aviso de cargo.

Características.- Se especifican dos tipos físicos de SIM. Estos son "SIM ID-1" y "SIM enchufable". La interfaz lógica y eléctrica es idéntica para ambos tipos de SIM.

SIM ID-1.- El formato y la disposición cumplen con las normas ISO para las tarjetas IC. Un ejemplo lo constituyen la mayoría de las tarjetas de crédito.

SIM enchufable.- Este SIM es más pequeño que el SIM ID-1, con el propósito de ser instalado en forma semipermanente en el equipo móvil.

Características de seguridad.- Los aspectos de seguridad del GSM determinan diversos atributos que debe respaldar al SIM. Estos atributos de seguridad son:

- Algoritmo de autenticación, A3
- Clave de autenticación de abonado, Ki
- Algoritmo de generación de clave para descifrar, A8
- Clave para descifrar, kc
- Control del acceso a los datos almacenados y funciones desempeñadas en el SIM

Datos de abonado almacenados en el equipo móvil.- Después de la extracción del SIM o de la desactivación de la MU, se debe suprimir toda la información relacionada con el abonado transferida al ME durante la operación. Ejemplos de tal información son los códigos PIN (Número de identificación personal) y PUK (Clave personal de desbloqueo).

Administración del PIN.- El SIM debe poder manejar un Número de identificación personal (PIN), incluso si nunca se va a usar. El PIN consta de 4 a 8 dígitos (sólo numéricos).

El activador del servicio carga un PIN inicial en el momento de la suscripción. Posteriormente, el usuario puede cambiar el PIN y su extensión cuantas veces lo desee. El usuario podrá decidir si usar o no la función PIN utilizando una función adecuada del SIM denominada función de invalidación del PIN. Esta invalidación es efectiva hasta que el usuario rehabilita específicamente la verificación del PIN.

Una persona autorizada para ello por el operador de la red puede inhibir esta función de invalidación del PIN en el momento de la suscripción, es decir, el abonado no puede decidir si inhibir o no la función de invalidación y está obligado a usar el PIN.
Si se introduce un PIN incorrecto, el usuario recibe una indicación. El SIM se bloquea después de tres intentos consecutivos incorrectos, incluso si el SIM se retiró entre los intentos o la MU se desconectó.

Bloqueo/desbloqueo del SIM.- El bloqueo de un SIM lo pone en un estado que prohíbe las operaciones de red GSM. El desbloqueo puede realizarse bajo el control de una clave personal de desbloqueo, PUK.
La clave PUK es sólo numérica, con 8 dígitos. Si se introduce un dígito incorrecto, el usuario recibe una indicación. El SIM se bloquea después de 10 entradas consecutivas incorrectas, incluso si el SIM se retiró entre los intentos o la MU se desconectó.

Requisitos para el almacenamiento de información del SIM.- El SIM contiene elementos de información para las operaciones de red GSM. Estos elementos pueden tener relación con el abonado móvil, los servicios GSM y la información relacionada con la PLMN, por ejemplo, el selector de PLMN.

Los requisitos de almacenamiento se pueden dividir en almacenamiento obligatorio y opcional.

Almacenamiento obligatorio.- El SIM debe proporcionar capacidad de almacenamiento para lo siguiente:
- Información administrativa: indica el modo de operación del SIM, por ejemplo, normal, aprobación del tipo.
- Identificación de tarjeta IC: un número que identifica exclusivamente al SIM y al emisor de la tarjeta.
- Tabla de servicios del SIM: indica los servicios opcionales que proporciona el SIM.
- Identidad de abonado móvil internacional (IMSI).
- Información de ubicación: comprende TMSI, LAI, valor actual del temporizador de actualización de ubicación periódica y el estado de actualización de la ubicación.
- Clave de desciframiento y número de secuencia de la clave de desciframiento.
- Información de BCCH: lista de frecuencias de portadora que se usará para la selección de celda.
- PLMN prohibidas.

- Preferencia de idioma: los idiomas preferidos por el abonado en la ventana de visualización.

La información de ubicación, la clave de desciframiento y el Número de secuencia de clave de desciframiento se actualizan después de cada terminación de llamada y después de la desconexión correcta de la MU.

Además, el SIM debe poder administrar y proporcionar almacenamiento de acuerdo con los requisitos de seguridad:
- PIN
- Indicador de PIN habilitado / inhabilitado
- Contador de errores PIN
- PUK
- Contador de errores PUK
- Clave de autenticación de abonado, Ki

3.1.4.2 Características de la estación móvil

Una característica de MU se define como un equipo o función que se relaciona directamente con la operación de la MU. Basado en esto, se puede distinguir tres categorías de características: básicas, complementarias y adicionales.

Requisitos para implementar las características de MU.- Las características de la MU se clasifican como obligatorias u opcionales. Las características obligatorias se pueden implementar siempre y cuando sean pertinentes para el tipo de MU. La implementación de las características opcionales se deja al criterio de los fabricantes. Para todas las características actuales y futuras de la MU, los fabricantes son responsables de asegurar que no entrarán en conflicto con la interfaz aérea ni causarán interferencias en la red o en cualquier otra MU o en su propia MU.

3.1.5 INTERFAZ RADIO-RADIO DIGITAL

La interfaz de radio es el nombre general de la conexión entre el móvil (MU) y la estación de transceptor base (BTS). Esta interfaz utiliza el concepto TDMA, con una trama de TDMA por cada frecuencia de portadora. Cada trama consta de ocho intervalos de tiempo (TS). La dirección desde la BTS hacia la MU se define como el enlace descendente y la dirección opuesta como el enlace ascendente.

3.1.5.1 El concepto de canal

Canal físico.- Un intervalo de tiempo de una trama TDMA en una portadora se denomina canal físico. Se podría comparar con un canal en un sistema FDMA, donde cada usuario está conectado al sistema mediante una de varias frecuencias. Por consiguiente, hay ocho canales físicos por cada portadora en el GSM, canales 0-7 (intervalos de tiempo 0-7). La información enviada durante un TS se denomina ráfaga. En la Figura 3.3 el esquema de los 8 canales.

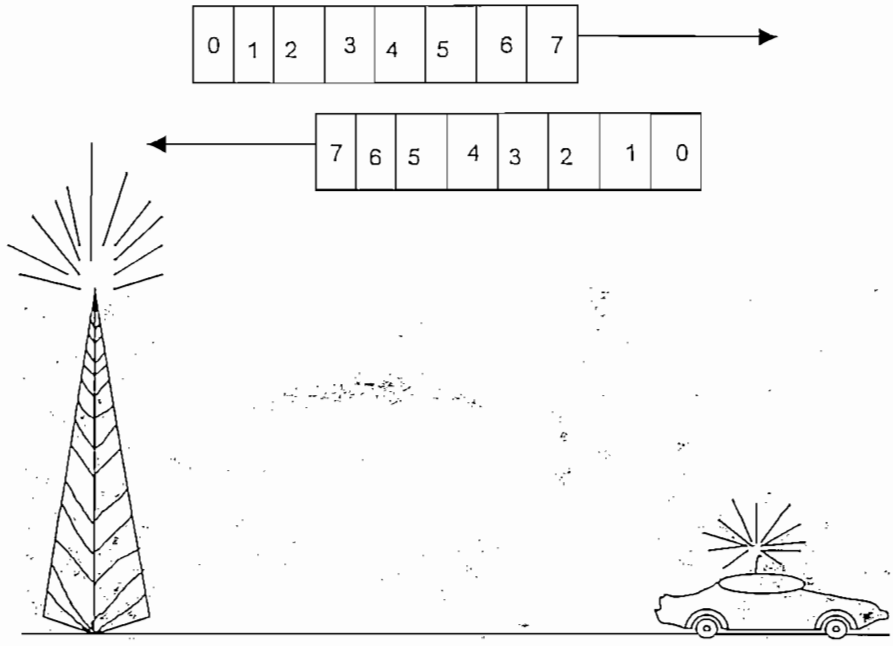


FIG N° 3.3 Red GSM con ocho canales físicos con una de varias frecuencias, numerados del 0 al 7.

Canal lógico.- Se necesita transmitir una variedad de información entre la BTS y la MU, por ejemplo, datos de usuario y señalización de control. Dependiendo del tipo de información transmitida, nos referimos a diferentes canales lógicos. Estos canales lógicas están correlacionados con los canales físicos. Por ejemplo, la voz se envía por el canal lógico denominado "Canal de tráfico" asignado a cierto canal físico, durante la transmisión, por ejemplo, el canal 6 (TS 6). Los canales lógicos se dividen en dos grupos - canales de control y canales de tráfico.

3.1.5.2 Los canales lógicos

Veamos cómo se usan estos canales en la comunicación entre la MU y la RBS.

Canales de control.- Primero se activa la MU y ésta busca una RBS para conectarse. Esto se hace explorando toda la banda de frecuencia o utilizando una lista que contiene las portadoras BCCH designadas para este operador. Cuando la MU ha encontrado la portadora más potente, debe descubrir si es una portadora BCCH. Una portadora BCCH es la frecuencia usada al transmitir los canales de control.

Canales de transmisión, BCH

Canales de corrección de frecuencia.- En el Canal de corrección de frecuencia, FCCH, se transmite una señal de onda sinusoidal. Esto tiene dos objetivos; uno es asegurarse de que esta es la portadora BCCH, el otro es permitir que la MU se sincronice a la frecuencia. El FCCH se transmite en el enlace descendente, punto a multipunto.

Canal de sincronización.- El próximo paso para la MU es sincronizarse a la estructura dentro de esta celda en particular y también asegurarse de que la estación base escogida sea una estación base GSM. Escuchando el canal de sincronización (SCH), la MU recibe la información sobre la estructura de trama

TDMA en esta celda (el número de trama TDMA) y también el Código de identidad de estación base (BSIC), de la estación base escogida. Sólo se puede descodificar el BSIC si la estación base pertenece a la red GSM. Se transmite el SCH por el enlace descendente, punto a multipunto.

Canal de control de transmisión.- La última información que debe recibir la MU antes de salir del área, esperar la llegada de llamadas o hacer llamadas, es cierta información general respecto a la celda. Esta información se transmite por el Canal de control de transmisión (BCCH) y entre otras cosas, incluye la identidad del área de ubicación (LAI), la máxima potencia de salida permitida en la celda y las portadoras BCCH para las celdas vecinas en las cuales la MU realizará mediciones. El BCCH se transmite en el enlace descendente, punto a multipunto.

Ahora la MU se sintoniza a una estación base y se sincroniza con la estructura de trama en esta celda. Las estaciones base no están sintonizadas entre ellas, de modo que cada vez que la MU se cambia de celda, es necesario fijar el FCHH, el SCH y el BCCH.

Canales de control común, CCCH

Canal de aviso.- Cada cierto tiempo, la MU escuchará el canal de aviso (PCH) para ver si la red desea entrar en contacto. El motivo podría ser una llamada entrante o un Mensaje entrante corto. La información del PCH es un mensaje de aviso e incluye el número de identidad de la MU (IMSI) o un número provisional (TMSI). El PCH se transmite por el enlace descendente, de punto a punto.

Canal de acceso aleatorio.- Si la MU se encuentra escuchando el PCH, se dará cuenta de que se le está enviando un aviso enviando un aviso. La MU contesta, solicitando un canal de señalización, en el canal de acceso aleatorio (RACH). El RACH también se puede utilizar si la MU desea ponerse en contacto con la red,

por ejemplo, cuando se establece una llamada. El RACH se transmite en el enlace ascendente (hacia el satélite), de punto a punto.

Canal de concesión de acceso.- La red asigna un canal de señalización (el Canal de control digital independiente, SDCCH). Esta asignación se lleva a cabo por el Canal de concesión de acceso, (AGCH). El AGCH se transmite por el enlace descendente (desde el satélite), de punto a punto.

Canales de control dedicados, DCCH

Canal de control dedicado independiente.- La MU (como también la BTS) se conmuta al canal de señalización asignado - el Canal de control dedicado independiente, (SDCHH). El establecimiento de la llamada se lleva a cabo en el SDCCH al igual que la transmisión de los mensajes de texto (mensajes cortos y transmisión de celda). El SDCCH se transmite tanto en el enlace ascendente como descendente, de punto a punto.

Cuando se establece la llamada, se le indica a la MU que busque un canal de tráfico, TCH, definido por la portadora y el intervalo de tiempo.

Canal de control de asociación lenta.- Dentro de ciertos intervalos en el SDCCH, y también en el canal de tráfico, se transmite información en el Canal de control de asociación lenta (SACCH). En el enlace ascendente, la MU envía mediciones promedio de su propia estación base (calidad e intensidad de la señal) y de las estaciones bases circundantes (intensidad de la señal). En el enlace descendente la MU recibe información sobre la potencia de transmisión a usar y también sobre el desfase de sincronización. El SACHH se transmite tanto en el enlace ascendente como en el descendente, de punto a punto.

Canal de control de asociación rápida.- Si durante la conversación se debe realizar un "Handoff" de súbito, se utiliza el canal de control de asociación rápida

(FACCH). El FACCH funciona en el modo de apropiación, es decir que cada segmento de voz de 20ms se intercambia por información de señalización necesaria para el "Handoff". El abonado no nota la interrupción en la conversación ya que el codificador de voz repite el último bloque de voz.

Canales de tráfico, TCH.- Los canales de tráfico son de dos tipos - de velocidad total o media. Hoy en día sólo se utilizan los TCH de velocidad total.
En el futuro, una vez se hayan diseñados codificadores de voz de velocidad media que tengan una calidad aceptable, es posible que se utilicen los TCH de velocidad media. Un TCH de velocidad total ocupa un canal físico (un TS en una portadora), mientras que dos de velocidad media pueden compartir uno.

Ráfaga.- Al formato de la información transmitido durante un intervalo de tiempo en la trama de TDMA se le denomina ráfaga. Existen cinco tipos diferentes de ráfaga.
- Ráfaga normal
- Ráfaga de corrección de frecuencia
- Ráfaga de sincronización
- Ráfaga de acceso
- Ráfaga ficticia

Ráfaga normal.- Las ráfagas se utilizan para llevar información en los TCH y en los canales de control BCCH, PCH, AGCH, SDCCH, SACCH y FACCH. En la Figura 3.4 se tiene:

Ráfaga normal

TB 3 bits	Bits codificados 57 bits	1 bit	Secuencia de entrenamiento 26 bits	1 bit	Bits codificados 57 bits	TB 3 bits

148 bits

FIG N° 3.4 Ráfaga normal en la red GSM.

- Bits codificados se trata de 57 bits de datos o voz codificados más un bit de "apropiación" que indica si la ráfaga ha sido apropiada, o si había señalización FACCH o no.
- La secuencia de entrenamiento consiste en un patrón binario conocido que utiliza el ecualizador para crear un modelo de canal. El motivo por el cual se coloca la secuencia de prueba en el medio es porque el canal cambia constantemente. De esta forma, hay mayores posibilidades de que los canales no sean muy diferentes al afectar la secuencia de prueba comparándolo a cuando los bits de información se vieron afectados. Si se coloca la secuencia de entrenamiento al comienzo de la ráfaga, el modo de canal que se crea puede no ser válido para los bits al final de la ráfaga.
- Los bits de cola (TB) son siempre (0,0,0). Estos le ayudan al ecualizador, que necesita un patrón binario de inicio y de final, es decir, que el algoritmo utilizado en el ecualizador necesita de un punto de inicio y de parada.
- Ya que el intervalo de tiempo dura 0.57ms, éste tiene campo para 156.25 bits, aunque la ráfaga contiene sólo 148 bits. El resto de espacio, 8.25 bits, queda vacío y se denomina período de protección. Como hay un límite de ocho usuarios por portadora, usando diferentes intervalos de tiempo, es necesario asegurarse de que no se sobrepongan el uno sobre el otro durante la transmisión. Puede haber dificultades para sincronizar las ráfagas con exactitud (sin período de protección GP) ya que las unidades móviles están en movimiento durante la llamada, ocasionando que las ráfagas de los diferentes móviles se "deslicen" ligeramente en relación a las unas con las otras. El GP le permite al transmisor sobreponer las ráfagas dentro de los límites especificados por las recomendaciones GSM.

Ráfaga de acceso.- Esta ráfaga se utiliza para conseguir acceso aleatorio y tiene un período de protección más extenso que permite la transmisión de ráfagas desde un móvil, que desconoce el desfase de sincronización en el primer acceso (o después del "Handoff" a una nueva BTS). El móvil puede estar lejos de la BTS, lo cual significa que la ráfaga inicial llega tarde y debido a que no hay un desfase

de sincronización en la primera ráfaga, ésta debe ser más corta para evitar que se traslape sobre la ráfaga en el siguiente intervalo de tiempo.

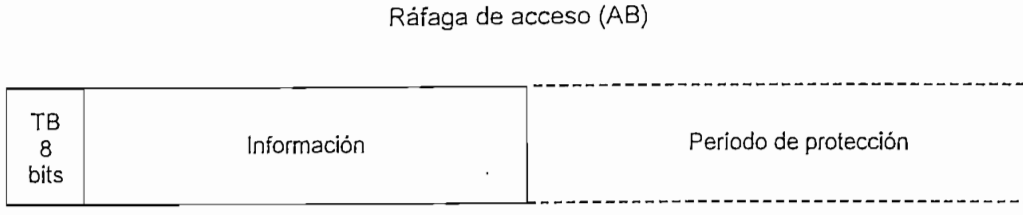


FIG N° 3.5 Ráfaga de acceso (AB) en una red GSM

Ráfaga ficticia.- Esta ráfaga se envía desde la BTS en ciertas ocasiones. No tiene ningún tipo de información. El formato es el mismo que para las ráfagas normales, con los bits codificados e intercambiados por bits mezclados con un patrón binario específico.

Relación entre la trama de TDMA y la ráfaga.- En la Figura 3.6 se ve la relación.

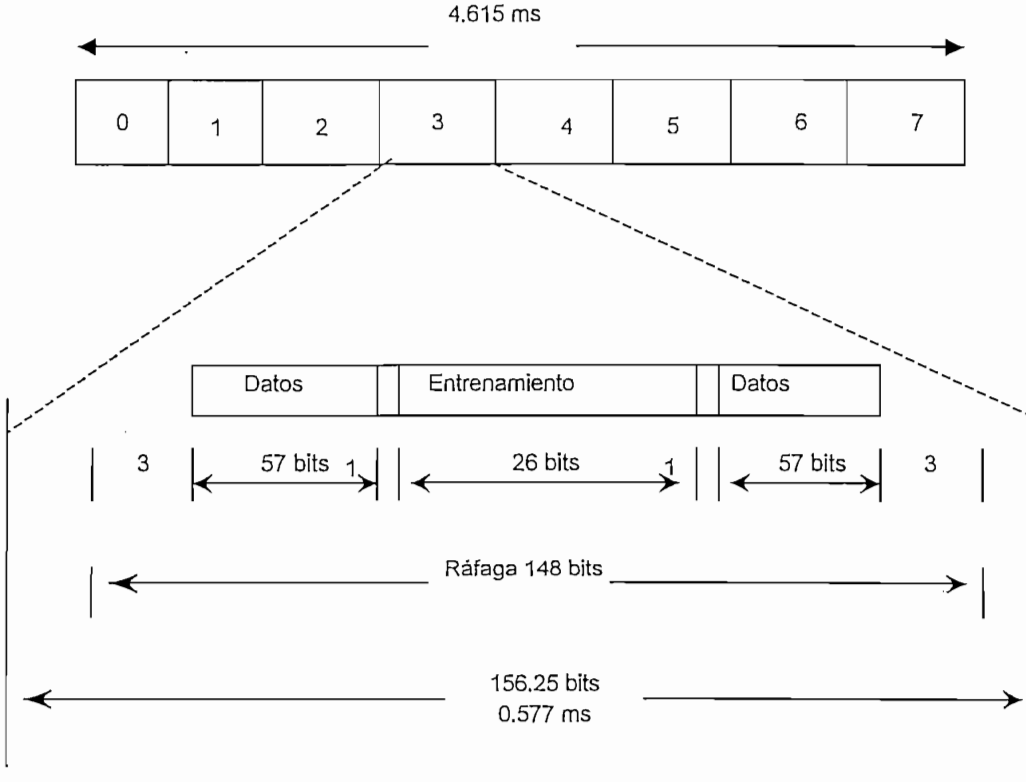


FIG N° 3.6 Relación entre Trama y ráfaga

Hipertramas .- Los mecanismos de codificación utilizan el número de trama de TDMA como un parámetro, para que la BTS enumere las tramas en un patrón cíclico (no se pueden enumerar infinitamente). El número escogido es 2715648, que corresponde a 3h 28 min 53seg 760ms.

A esta estructura se le denomina hipertrama.

3.1.5.3 Correlación de canales lógicos sobre los canales físicos

Existen dos tipos de canales lógicos - canales de control y canales de tráfico. Estos deben ser transmitidos de alguna forma por los canales físicos (frecuencia e intervalo de tiempo). El método de transmisión de los canales lógicos por los canales físicos se llama correlación.

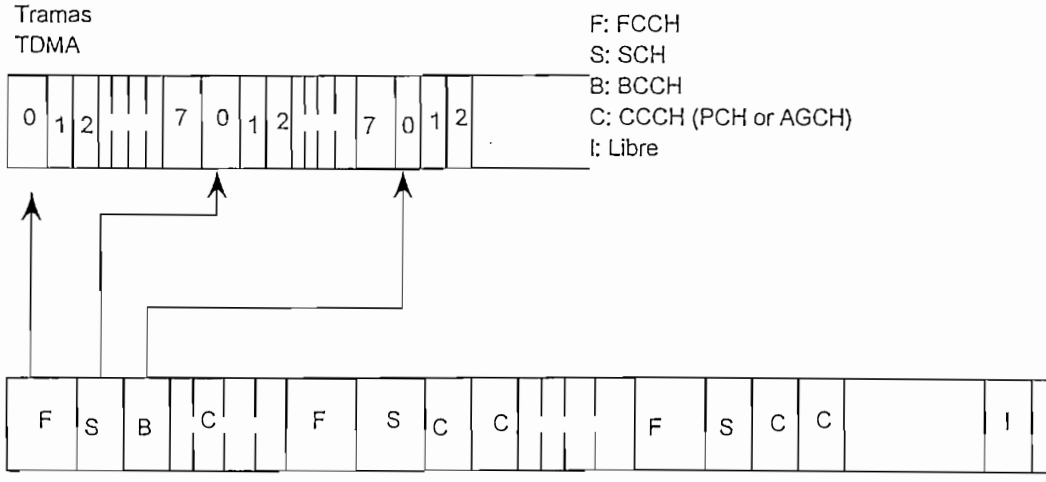


FIG N° 3.7 Correlación es el método de transmisión de los canales lógicos por los canales físicos.

F(FCCH) El móvil sincroniza su propia frecuencia.

S(SCH) El móvil lee el número de la trama de TDMA y el BSIC.

B(BCCH) El móvil lee información general sobre esta celda.

C(CCCH) Se le puede enviar avisos al móvil o asignársele un SDCCH.

I (IDLE) Trama libre en la que se envían ráfagas ficticias.

Mediciones de la intensidad de la señal por la estación móvil.- Las mediciones se llevan a cabo tanto en el modo libre (cuando la MU está encendida y en movimiento) como en el modo conectado (de llamada).

Modo libre.- La selección de la celda se hace en el momento de encender el móvil.

El móvil explora los canales de RF en el sistema GSM y calcula niveles promedio para cada uno de ellos. El móvil se sintoniza a la portadora de más intensidad e intenta descifrar si se trata de una portadora de BCCH. Si éste es el caso, el móvil lee los datos del BCCH para ver si también puede reservar la celda (la PLMN escogida, celda restringida, etc.). De otra forma, el móvil se sintoniza a la siguiente portadora en orden de intensidad, etc.

El móvil puede opcionalmente incluir memoria proveniente de las portadoras de BCCH en la PLMN de origen. En tal caso, sólo tiene que buscar dichas portadoras. Si lo anterior lo lleva a cabo sin problemas, el móvil realiza una exploración normal.

En el BCCH, el móvil se informa de qué portadoras de BCCH debe monitorear con el objetivo de poder volver a seleccionar otras celdas. El móvil actualiza constantemente una lista de las seis portadoras con más intensidad como resultado de las mediciones realizadas.

Modo conectado (de llamada).- Durante la llamada, el móvil continuamente informa (por el SACCH) al sistema cuán intensa es la señal recibida desde la BTS en donde sea que el móvil se encuentre. El BSC utiliza estas mediciones para tomar decisiones rápidas sobre celdas objeto en caso de necesitarse un "Handoff".

Las mediciones sobre celdas circundantes durante una llamada se llevan a cabo cuando el móvil está desocupado, es decir, entre la transmisión y la recepción del intervalo de tiempo asignado. La intensidad de la señal de la celda en servicio se monitorea durante la recepción del TS asignado al móvil. En el SACCH, se le informa al móvil cuáles de las portadoras de BCCH se deben monitorear para propósitos de traslado y la intensidad de las señales provenientes de estas portadoras se miden una por una. El esquema de funcionamiento es por lo tanto: Transmisión / medición /recepción/transmisión/medición/recepción, etc.

Después se calcula un valor medio de las mediciones para cada portadora y se envía al BSC. Ahora, para estar seguros de que los valores medidos corresponden con la BTS apropiada, es necesario determinar también la intensidad de la BTS. La intensidad de las BTS se da por BSIC, enviado por el SCH en el TS 0.

Mediciones efectuadas por la MU

1. - La MU recibe y mide la intensidad de la señal en la celda de servicio, TS 2.
2. - La MU transmite
3. - La MU mide la intensidad de la señal de por lo menos una de las celdas circundantes.
4. - La MU lee el BSIC en el SCH (TS 0) para una de las celdas circundantes.

Las seis celdas circundantes con el valor medio más alto de intensidad de señal y con BSIS válidos se envían por el SACCH y el BSC.

Ya que es posible que la MU no esté sincronizada con ninguna de las celdas circundantes para las cuales intenta determinar la identidad, la MU no sabe en qué momento ocurre el TS 0 en la portadora de BCCH específica. Por lo tanto debe medir durante un período de tiempo de por lo menos 8 TS para asegurarse de que el TS 0 ocurre durante el transcurso de la medición. Lo anterior se lleva a cabo con una trama LIBRE. En la Figura 3.8 tenemos:

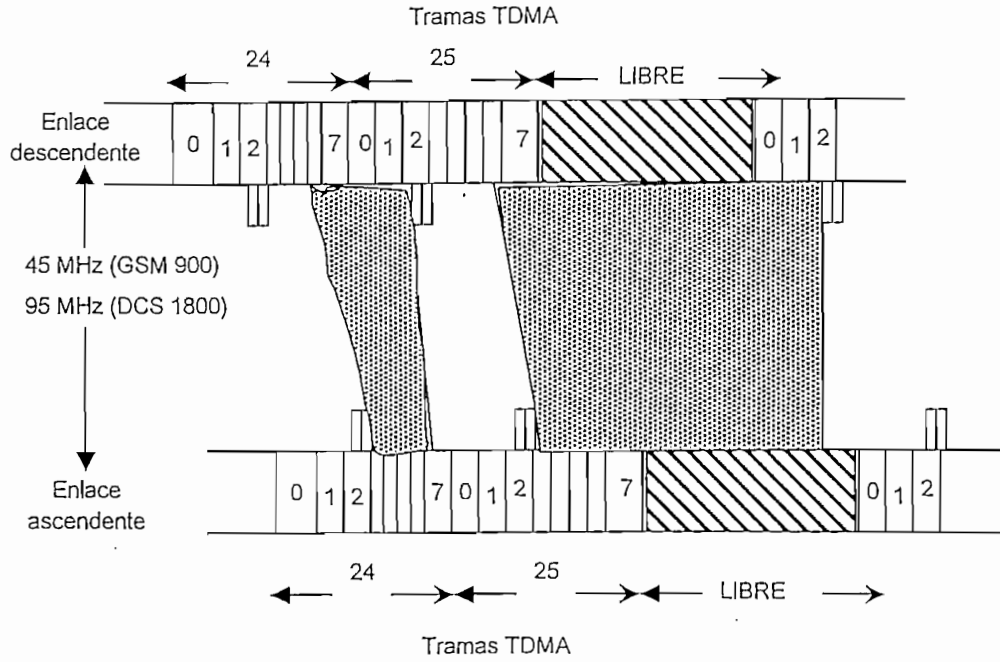


FIG N° 3.8 Relación entre tramas TDMA en un enlace ascendente y un descendente

3.1.6 TRANSMISION DE RADIO DIGITAL

Sin embargo existe un problema. Ya no usamos hilos de conexión. En cambio se utilizan equipos de radio para transferir la información entre las unidades móviles y las redes GSM.

Todo mundo sabe que al ir en el carro mientras se escucha una transmisión de radio, la señal que se recibe varía ocasionalmente, por ejemplo cuando se atraviesa un túnel o cuando se pasa en medio de dos montañas. Este fenómeno se denomina atenuación de señal o desvanecimiento y es una de las tantas inconveniencias con las que tenemos que enfrentarnos en los medios de comunicación inalámbricos.

Uno de los factores comunes de estos problemas consiste en que la señal deseada es muy débil, ya sea comparada al ruido aleatorio (termal) o a una señal de interferencia. Este tipo de señal se puede definir como cualquier tipo de ruido no deseado que se reciba dentro del mismo canal que nuestra señal específica. Podría tratarse, por ejemplo, de otro transmisor cercano al suyo que este transmitiendo en la misma frecuencia. En la Figura 3.9 se puede ver la interferencia que causa al móvil

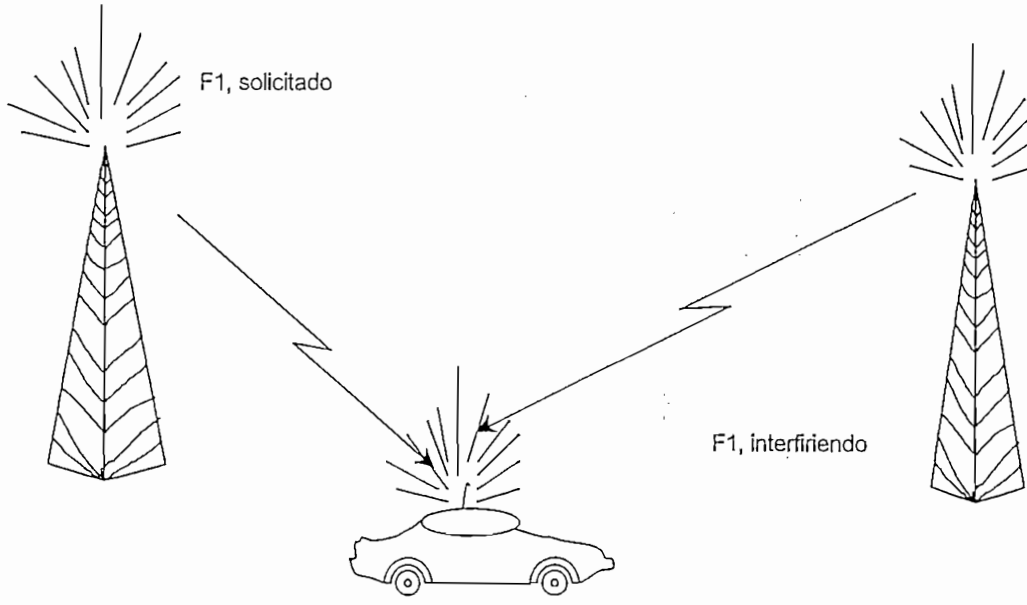


FIG N° 3.9 Interferencia de frecuencia por otra radio base cercana

Debido a que utilizamos un sistema celular, en el que se reutilizan las frecuencias, por lo general decimos que el sistema está limitado por la cantidad de interferencias en vez de ruido. Lo anterior significa que en la mayoría de los casos la señal recibida es suficiente para proporcionar una buena recepción, de no ser por otras señales de interferencia.

Esto nos lleva a tomar precauciones especiales al planear de qué manera se va a utilizar las frecuencias.

3.1.6.1 Acceso múltiple por división de tiempo

El concepto de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) se utiliza en transmisiones de radio convencionales. A cada uno de los canales se le asigna una frecuencia de banda específica - si desea escuchar otro canal, es necesario sintonizar el receptor a otra banda. Esta técnica se usa también en sistema celulares móviles analógicos; cada una de las llamadas en una celda usa sólo una banda de frecuencia (o en realidad dos, ya que se trata de una conexión de dos vías - dúplex). Siempre y cuando la llamada en cuestión esté usando la misma banda de frecuencia, ésta no podrá recibir otras llamadas.

El concepto de Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) se aplica al trayecto de radio en los GSM. Se utilizan ocho intervalos de tiempo para cada banda de frecuencia. En la Figura 3.10 se visualiza este concepto.

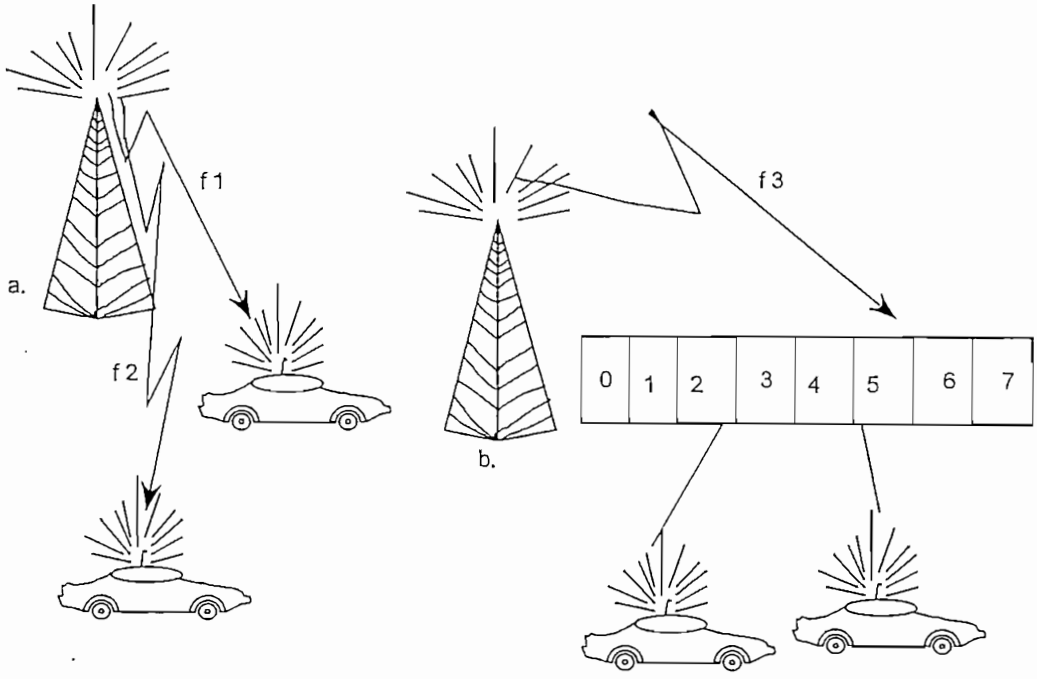


FIG N° 3.10 TDMA aplicado al trayecto de radio en la red GSM

3.1.6.2 Problemas de transmisión

Pérdida de trayecto.- Este fenómeno ocurre cuando progresivamente se debilita la señal recibida debido al aumento de distancia entre el móvil y la estación base. No hay obstáculos entre las antenas de transmisión (Tx) y de recepción (Rx).

Desvanecimiento

Registro-desvanecimiento normal.- En contadas ocasiones utilizamos al teléfono celular en lugares sin obstáculos. Es más común usarlo en sitios donde hay obstáculos, edificios, etc. entre la estación base y la unidad móvil. Esto da como resultado un efecto de atenuación, que disminuye la intensidad de la señal recibida. Cuando la unidad móvil se encuentra en movimiento, la intensidad de la señal disminuye y aumenta dependiendo si hay o no obstáculos entre las antenas Tx y Rx. En la Figura 3.11 hay un ejemplo de obstáculos.

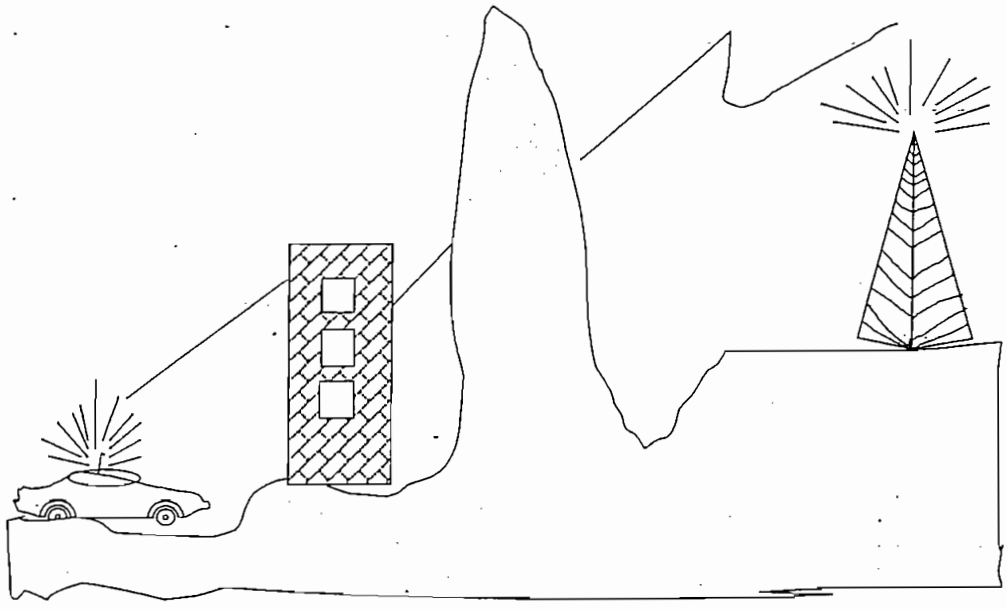


FIG N° 3.11 Los obstáculos entre la línea de vista del móvil y la radio base provoca una atenuación en la señal.

El anterior es uno de los tipos de atenuación que ocurren. La intensidad de una señal afectada por este fenómeno tiende a variar.

Desvanecimiento Rayleigh.- A medida que se populariza el uso de la telefonía móvil, la densidad de subscriptores es más alta en las ciudades en donde hay alta densidad demográfica. El uso de estaciones móviles en las ciudades produce otro efecto preocupante denominado trayecto múltiple o desvanecimiento Rayleigh. Este efecto se produce cuando la señal toma más de un trayecto entre la antena Tx y la Rx. La señal no se recibe directamente desde la antena Tx, sino desde múltiples direcciones. Esto significa que la señal recibida es la suma de varias señales idénticas, que se diferencian solo en su fase (y hasta cierta medida en amplitud).

El sistema una vez implementado en la realidad ya funciona y da el servicio a los abonados, que estudios de pérdidas por los distintos efectos los hay, pero sin embargo la señal es buena y llega hasta los distintos móviles que se encuentran en las distintas posiciones relativas con respecto a las radio bases, tal vez un caso sea que no hay línea de vista pero tiene servicio, y esto se debe a las distintas reflexiones que puede tener la señal en los diferentes trayectos de radiofrecuencia.

Habrá también casos en los cuales aparezca lo contrario, o sea ausencia de señal, causando molestias al usuario, pero es menos probable que esto ocurra.

En la Figura 3.12 se visualiza el desvanecimiento Rayleigh

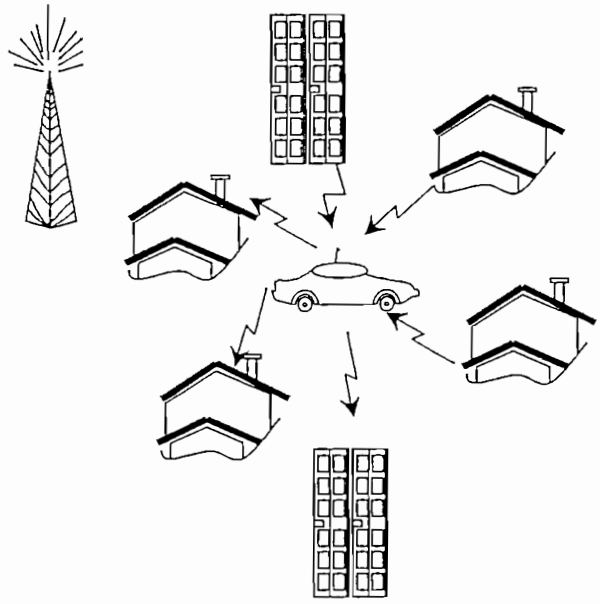


FIG N° 3.12 Pérdidas de la señal provocadas por el Desvanecimiento Rayleigh

El tiempo que pasa entre dos caídas de desvanecimiento depende de la velocidad a la que la unidad móvil se desplaza y de la frecuencia de transmisión. En la Figura 3.13 se ve el proceso de anulación de la señal.

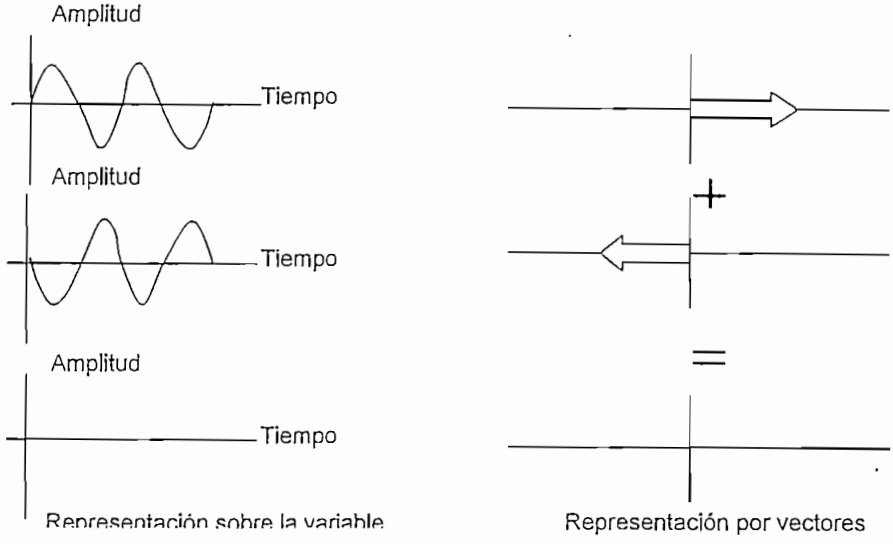


FIG N° 3.13 Representación sobre la variable y por vectores del proceso de anulación de la señal.

Dispersión de tiempo.- La introducción de transmisores digitales introduce un problema nuevo: dispersión de tiempo. Este fenómeno también se origina a causa de reflexiones, pero al contrario que en el caso de los desvanecimientos de trayecto múltiple, la señal reflejada proviene de un objeto alejado de la antena Rx. En la Figura 3.14 se ve el esquema de las reflexiones para este tipo de desvanecimiento.

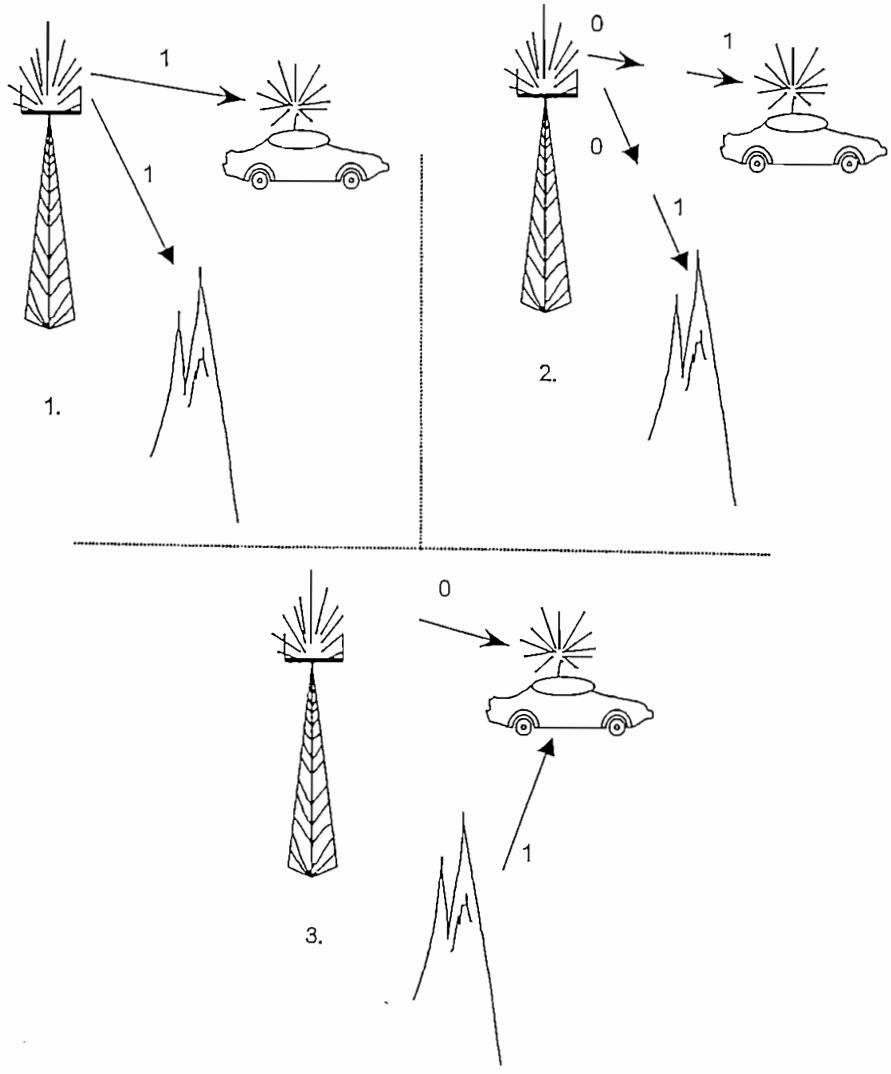


FIG N° 3.14 Esquema de reflexiones que provocan desvanecimientos

La dispersión de tiempo provoca el fenómeno denominado interferencia entre símbolos (ISI). ISI significa que símbolos consecutivos interfieren entre sí y al lado receptor le resulta difícil decidir el símbolo real que se envió.

Si la señal reflejada llega exactamente un tiempo bit después de la señal directa, el receptor detectará un 1 en la onda reflejada al tiempo que detecta un cero de la onda directa. El símbolo 1 interfiere con el símbolo 0.

Alineación de tiempo.- Cuando se usa el TDMA significa que la unidad móvil debe transmitir sólo durante el intervalo de tiempo asignado y permanecer en silencio el resto del tiempo. De lo contrario, interferiría con las llamadas de otras unidades móviles que utilizan diferentes intervalos de tiempo en la misma portadora. Pongamos que una unidad móvil está muy cerca de la estación base. Tiene designado el intervalo de tiempo 3 (TS3) y sólo está usando este intervalo para la llamada. Durante el desarrollo de ésta, la unidad móvil se aleja de la estación base, de manera que lo que se envía desde la estación llega cada vez más tarde a la unidad móvil y por lo tanto la respuesta desde la unidad también llega tarde a la estación. Si no se remedia la situación, la demora llegará a ser tan larga que lo que esta unidad móvil transmite en TS3 se sobrepondrá a lo que la estación recibe en TS4.

3.1.6.3 Solución a los problemas de transmisión

En primer lugar la voz analógica es digitalizada por el convertidor A/D (analógico a digital). A continuación es dividida en segmentos de 20ms, que se introducen en el codificador de voz para reducir la velocidad de bit. El siguiente paso es la codificación e intercalación del canal (procesos que permiten la corrección y detección de errores en el extremo receptor). Luego el cifrado de la voz (para asegurar la privacidad) y a continuación el formateo en ráfagas (adición de bits de inicio y de parada, indicadores, etc.). Por último se modula el flujo de bits en una portadora y a continuación se transmite la señal. En el lado receptor, se repite el

mismo procedimiento. La diferencia entre este procedimiento en el equipo del lado móvil y del lado de la red es que en este lado la voz no se convierte a A/D o D/A. La red transmite señales digitales en toda su área mientras que el equipo móvil tiene que convertirlas directamente en voz entendible.

Si en vez de voz hay que transmitir datos, no es necesario realizar una conversión de A/D o D/A en el lado móvil, ya que los datos no se introducen a través del codificador de voz. Además, existe otra codificación de canal para ello, ya que los datos son mucho más sensibles a errores de transmisión.

Señales analógicas y transmisión digital.- Básicamente, la transmisión digital es el envío de una serie de símbolos, unos y ceros, de un punto a otro. Ya que la voz es una onda analógica continua, es necesario transformarla y describir la señal analógica tan bien como sea posible en términos digitales. Esto se puede conseguir por medio de un procedimiento denominado PCM, Modulación de código de impulsos, que es el principio de uso corriente en sistemas de telecomunicaciones.

La PCM requiere tres pasos principales:
- Muestreo
- Cuantificación
- Codificación

Muestreo.- Muestrear la señal analógica significa que se mide la señal en momentos determinados. Cada valor se denomina "muestra" y las medidas se repiten a intervalos de tiempo determinados. En la Figura 3.15 se ve el proceso de muestreo.

Para poder reproducir las señales analógicas sin distorsiones, es necesario que se le haga un muestreo con al menos el doble de frecuencia del componente de frecuencia más alto de la señal analógica.

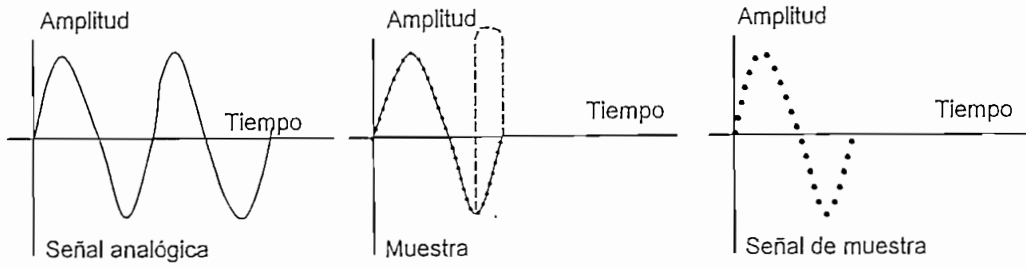


FIG N° 3.15 Proceso de muestreo de una señal analógica

La voz normal contiene principalmente componentes de frecuencia inferiores a 3000Hz. Los componentes más altos tienen una energía bastante baja y se pueden eliminar sin afectar excesivamente la calidad de la voz. Aplicando el teorema de Nyquist cuando se realiza un muestreo de las señales de voz analógicas, la frecuencia de muestreo, fs, debe ser al menos 2 X 3KHz = 6KHz. Los sistemas de telecomunicaciones usan una frecuencia de muestreo de 8KHz, de acuerdo con el teorema es más que suficiente.

Cuantificación.- Para limitar el número de valores que se transmiten, el nivel de amplitud se divide en un grupo finito de niveles. Cada muestra dentro de un cierto intervalo estará representada por uno de estos niveles.

Codificación .- El proceso de PCM, incluido el muestreo a 8KHz y la cuantificación y la codificación usando 8 bits, produce una velocidad de bit de 8000 X 8 = 64kbits/s.

Un enlace digital que se use para transmitir estos bits se denomina enlace PCM. Para poder usar el enlace con más eficiencia, se multiplexan varios canales en el mismo enlace. La técnica utilizada se denomina TDMA, Acceso múltiple por división de tiempo, y en cuanto se aplica varios canales comparten el mismo

enlace. Cada canal utiliza una cierta cantidad de tiempo que se denomina intervalo de tiempo. En la Figura 3.16 se ve la multiplexación de canales.

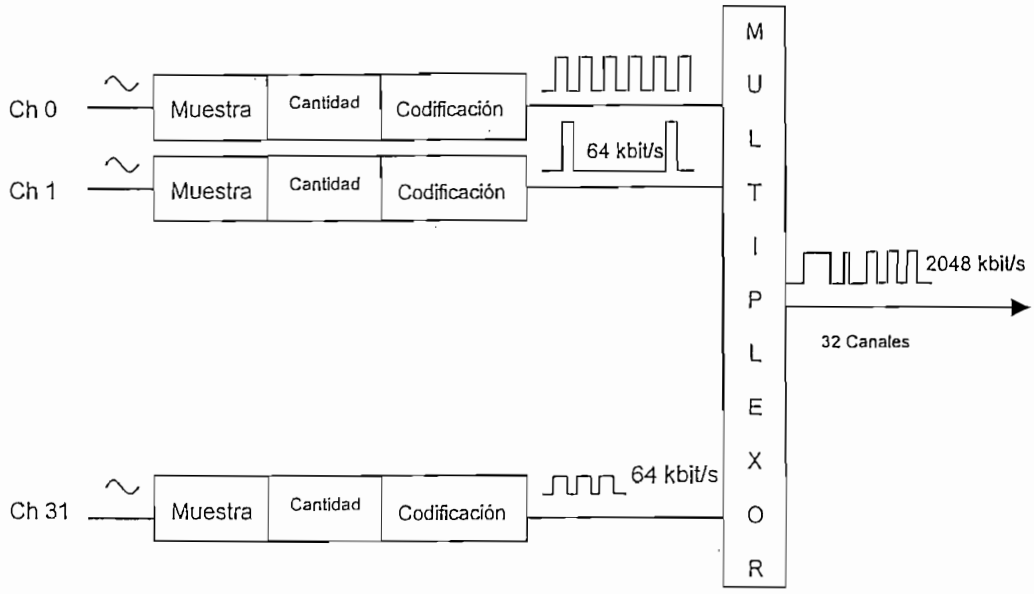


FIG N° 3.16 Multiplexación de canales del 0 al 31

Treinta y dos canales forman una trama. El canal 0 se utiliza para la sincronización, el 16 para señalización y los otros 30 canales para el tráfico (voz o datos). En la Figura 3.17 se esquematiza estos canales.

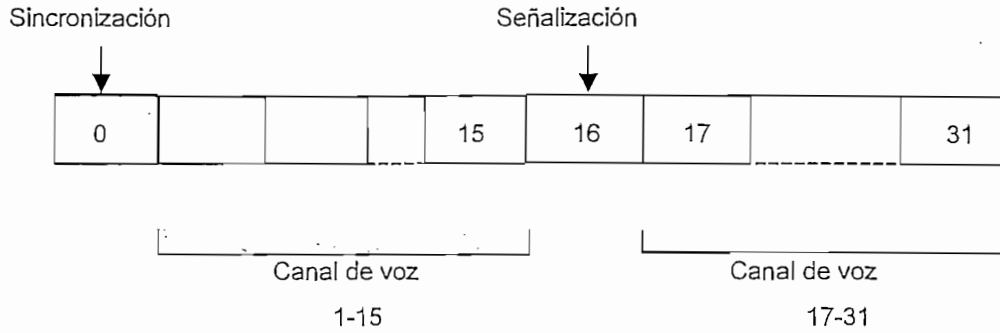


FIG N° 3.17 Canales de la Trama, canal 0 sincronización, canal 16 señalización.

Codificación de voz.- Si repasamos lo que se dijo anteriormente acerca de la voz con codificación PCM, veremos que cada canal de voz ofrece 64kbits/s. Por lo tanto ocho de estos canales ofrecerían una velocidad por minuto de 512kbits/s por la interfaz aérea. Esto no añadiría confiabilidad a la calidad de la transmisión.

Es necesario disminuir significativamente la velocidad binaria en cada canal de voz para que quede dentro de la banda de frecuencia permitida. Esto se consigue por medio de la codificación de voz.

Ya que es necesario disminuir la velocidad binaria, no es posible transmitir la voz misma, o una versión digitalizada, pero la podemos restablecer en el extremo receptor con una calidad aceptable. Lo que se hace en su lugar es transmitir información acerca de la voz (parámetros de filtro r información acerca de la secuencia de excitación).

Codificación de canal.- Con la transmisión digital, la calidad de la señal transmitida se expresa a menudo con la cantidad de bits recibidos que son correctos lo que lleva a la expresión índice de errores binarios (BER). Este índice indica el tanto por ciento del número total de bits que se ha detectado incorrectamente. Por supuesto, es deseable que este índice sea lo más pequeño posible. Sin embargo no es posible reducirlo a cero debido a los cambios constantes en el trayecto de transmisión. Esto significa que se debe permitir una cierta cantidad de errores y al mismo tiempo poder restaurar la información o al menos poder detectar los errores para que no se use la información como si fuera correcta. Esto es especialmente importante cuando se envían datos. La voz puede aceptar un BER más bajo.

Como ayuda se utiliza la codificación de canal. Con ella se puede detectar y corregir errores en el flujo de bits recibido. Esto significa que existe una cierta redundancia en los bits - se extiende la información desde unos pocos bits a un número mayor. El resultado es que se envían más bits de los necesarios como información, pero el nivel de seguridad contra errores mejora.

Los códigos de control de errores se dividen en dos categorías, códigos de bloque y códigos de circunvalación. El diagrama de bloque de estos códigos se ven en la Figura 3.18.

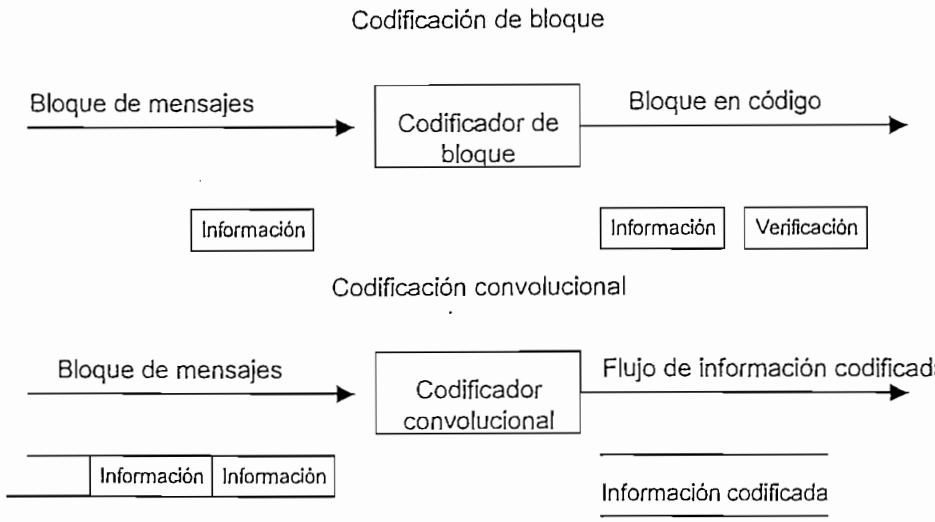


FIG N° 3.18 Diagrama de bloque de los códigos de control de errores usados en la red GSM

En los GSM, se utilizan ambos métodos. En primer lugar parte de los bits de información se codifican en bloques, formando un bloque de bits de información + paridad (comprobación). A continuación todos los bits se codifican con un código de circunvalación formando los bits de código. Estos dos pasos se aplican tanto a voz como a datos, aunque las combinaciones de códigos son un poco diferentes. La razón para esta codificación "doble" es poder detectar los errores siempre que sea posible (codificación de circunvalación) y después detectar (codificación de bloques) si la información está demasiado dañada para poder utilizarse. Si lo está será ignorada.

La voz se divide en segmentos de 20ms. Estos segmentos de voz de 20ms son digitalizados y a continuación codificados en voz. En la Figura 3.19 se ve el diagrama de bloques del codificador de canal. El codificador de voz da 260 bits por cada vos de 20ms, que se dividen en:

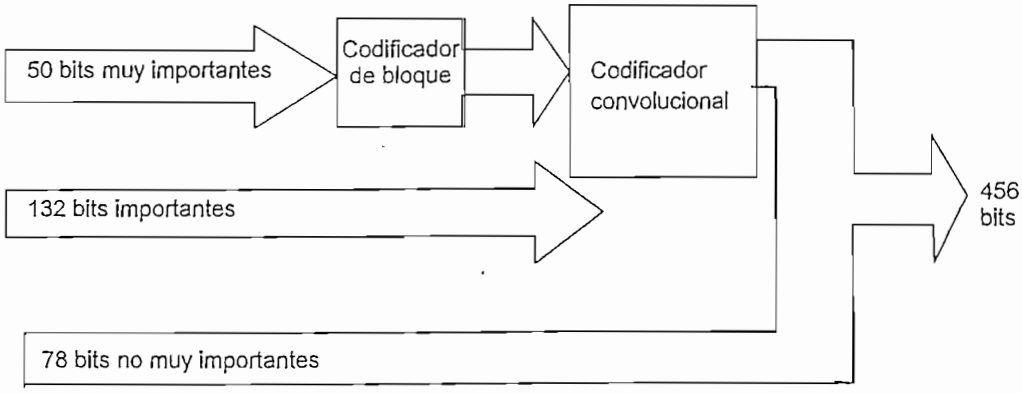


FIG N° 3.19 En la red GSM se tiene este diagrama de bloques de la codificación de canal.

- 50 bits muy importantes
- 132 bits importantes
- 78 bits no muy importantes

A los 50 bits se añaden tres bits de paridad (codificación de bloques). Estos 53, junto con los 132 bits importantes y los 4 de cola se codifican en circunvalación a 378 bits (índice de 1:2). Los restantes no se protegen.

Intercalación.- En situaciones reales, los errores de bits se producen a menudo en ráfagas. Esto se debe a que las caídas de desvanecimiento largas afectan a varios bits consecutivos. Desgraciadamente, la codificación de canal alcanza su mayor efectividad en la detección de errores simples o de ráfagas de errores que no son muy largas. Para corregir este problema es necesario encontrar una forma de separar los bits consecutivos en un mensaje, de manera que no sean enviados consecutivamente. Esto se hace por medio de la intercalación.

En la Figura 3.20 se aprecia el inicio de una intercalación de bits, en la primera fila esta el bloque de mensajes, para el ejemplo del 1 al 4 , en la fila de abajo se aprecia luego de la intercalación.

El nuevo bloque tiene unidos los números de los mensajes, y así serán transmitidos en la ráfaga.

Este proceso de intercalación tiene la ventaja que al transmitirlos en las ráfagas, y si alguna de ellas o parte de ellas se pierde, al reconstruir el bloque de mensajes se tendrá que no todos los mensajes se han perdido.

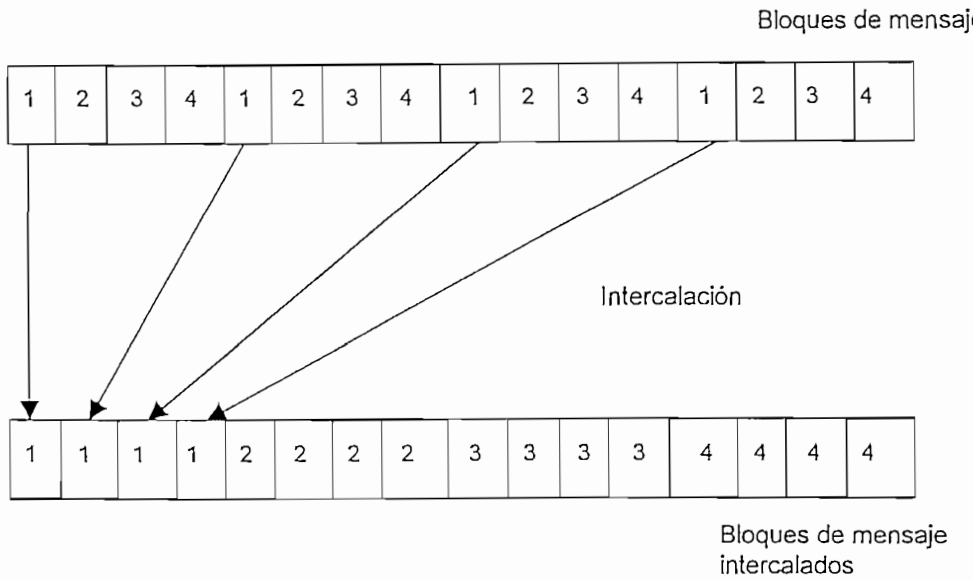


FIG N° 3.20 Intercalación del bloque de mensajes.

Digamos que un bloque de mensajes consiste de cuatro bits. Se toma el primer bit de cuatro bloques consecutivos y se coloca este bit en un nuevo bloque de cuatro, que podemos llamar trama. Se hace lo mismo con los bits del 2 al 4 de los cuatro bloques de mensajes. A continuación se transmiten las tramas de bits número uno, número dos y así sucesivamente. En la Figura 3.21 se ve el bit 2 errado.

1	X	3	4	1	X	3	4	1	X	3	4	1	X	3	4

FIG N° 3.21 Segundo bit de cada mensaje defectuoso, sin la intercalación se hubiera perdido un bloque de mensaje completo.

Si durante la transmisión se pierde la trama 2, sin la intercalación, se perdería un bloque de mensaje completo, pero en este caso, el proceso de intercalación hizo que solo el segundo bit de cada mensaje fuera defectuoso.

Por medio de la codificación de canal, se puede restaurar la información en todos los bloques.

En los GSM, el codificador de canal proporciona 456 bits por cada 20ms de voz. Estos se intercalan, formando ocho bloques de 57 bits cada uno, como se ve en la Figura 3.22.

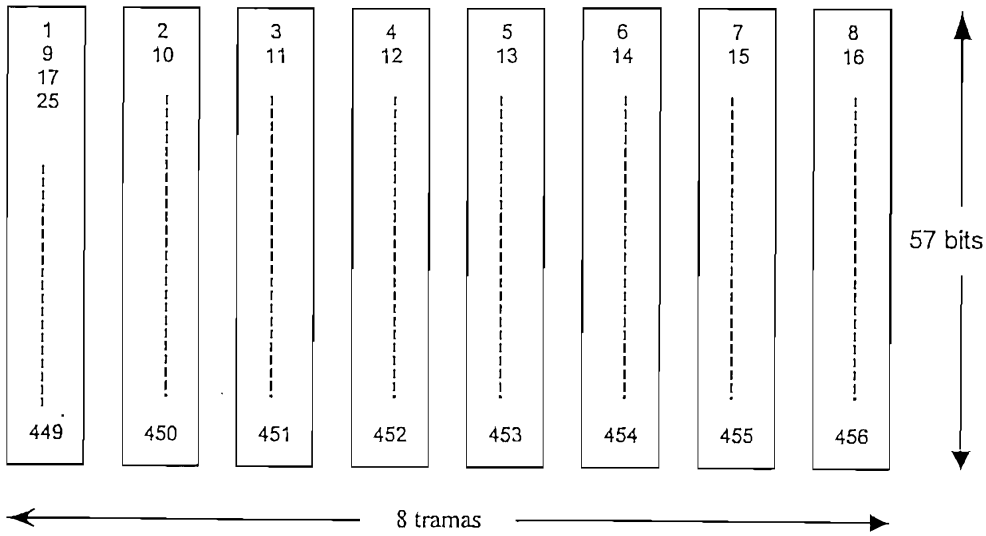


FIG N° 3.22 Formación de 8 bloques de 57 bits por parte del codificador de canal.

Segundo nivel de intercalación.- Veinte ms de voz (una trama de voz) generan 456 bits, que son intercalados en 8 grupos de 57 bits. En una ráfaga normal hay espacio para 2 x 57 bits, como se aprecia en la Figura 3.23

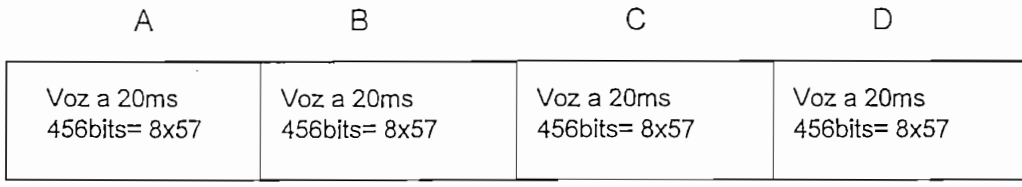


FIG N° 3.23 Segundo nivel de intercalación

Si tomamos 2 x 57 de la misma trama de voz y los insertamos en la misma ráfaga, la pérdida de esta ráfaga (por ejemplo debido a desvanecimiento) podría resultar en la pérdida total del 25% de los bits, lo cual es excesivo para que la codificación de canal pueda remediarlo. En la Figura 3.24 se tiene una ráfaga normal.

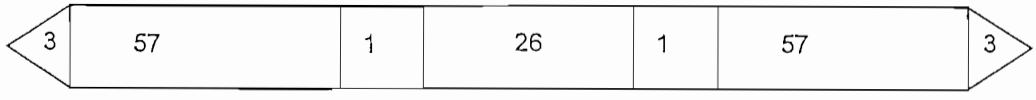


FIG N° 3.24 Ráfaga normal en la que se podría tener una pérdida del 25%

Por lo tanto, es necesario añadir un nivel de intercalación adicional entre las dos tramas de voz, como se grafica a continuación en la Figura 3.25.

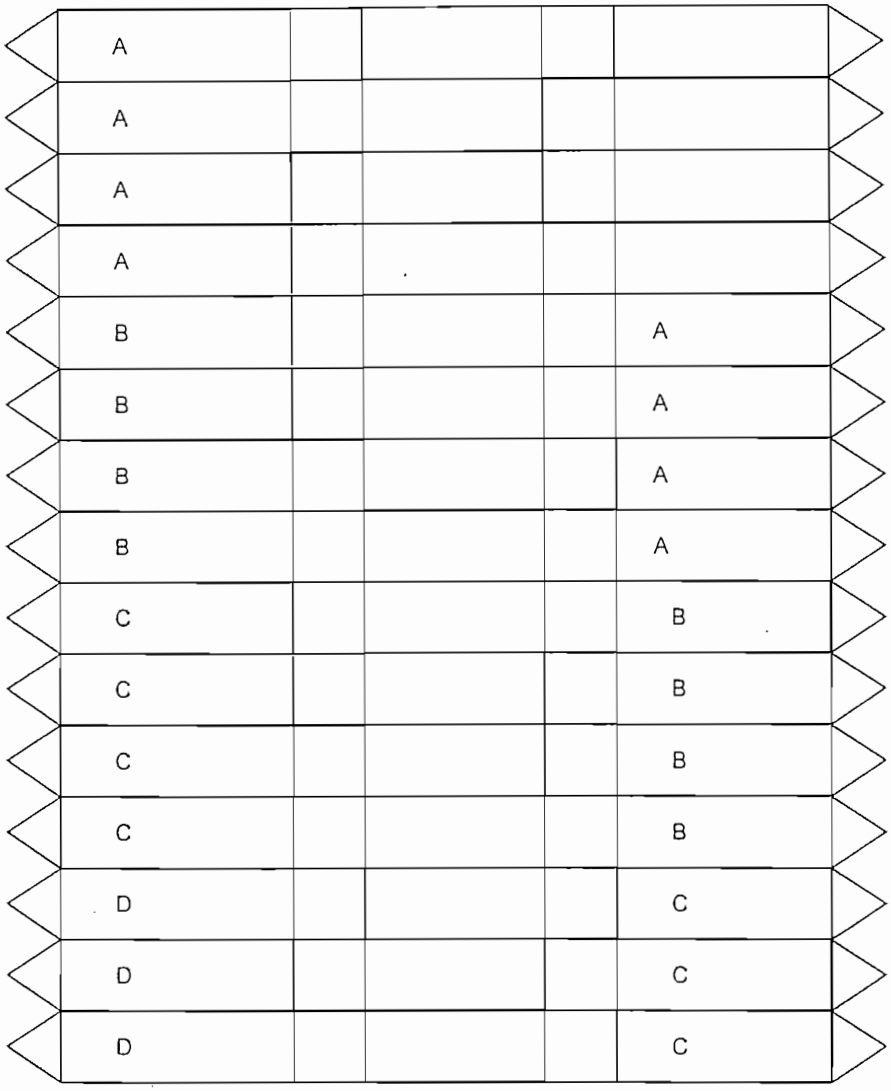


FIG N° 3.25 Nivel adicional de intercalación.

Esto producirá una pequeña demora en el sistema. En el lado positivo encontramos que ahora se puede perder una ráfaga entera ya que esta pérdida sólo afecta al 12,5% de los bits de cada trama de voz y la codificación de canal puede corregir el problema.

Modulación .- El método de modulación que se usa en GSM es el de Modulación por desplazamiento de mínimos gausianos (GMSK), es una forma de modulación

digital y se puede utilizar con datos o voz digitalizada. El modulador es un modulador de fase. La portadora cambia la fase dependiendo de los bits de información enviados al modulador. GMSK incluye la función de modulación envolvente constante dentro de una ráfaga. Para obtener formas curvas uniformes cuando se cambia la fase, la señal de banda base es filtrada por una banda de paso gaussiana. Con la GMSK se obtiene un ancho de banda más estrecho que con una MSK ordinaria, pero se pierde resistencia contra ruidos.

Diversidad de antena (o espacio) .- Una de las maneras de obtener diversidad es usar dos canales de recepción que se ven influidos por desvanecimientos independientemente. El riesgo de que ambos se vean afectados por una caída de desvanecimiento importante al mismo tiempo es muy pequeño. Esta idea conduce a dos antenas Rx, que reciben de manera independiente la misma señal y por lo tanto se ven afectadas de forma diferente por ciclos de desvanecimiento. En la Figura 3.26 se observa la señal recibida de las dos antenas y la señal 2 es desechada.

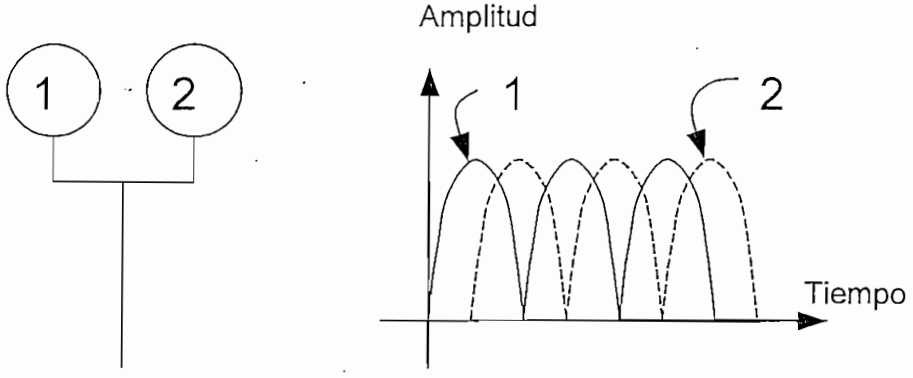


FIG N° 3.26 Diversidad de antena.- Se compara la señal recibida por dos antenas y se elige la mejor el sistema de conmutación SS.

Eligiendo la mejor de las señales, se puede reducir el grado de desvanecimiento. La distancia entre las antenas debe ser tal que la correlación entre las señales en las dos antenas sea pequeña. Correlación es un término estadístico que indica el grado de similitud de las señales.

Trayecto reflejado de frecuencia.- Cuando nos referimos a desvanecimiento Rayleigh, el patrón de desvanecimiento depende de la frecuencia. Esto significa que las caídas de desvanecimiento se producirán en diferentes sitios para frecuencias diferentes. Se puede decir que para beneficiarse de este fenómeno, se cambia la frecuencia de portadora entre varios canales durante la llamada y si sólo uno de ellos presenta una caída de desvanecimiento, sólo se perderá una fracción de la información. Con un procesamiento de señales complejo se puede restaurar de nuevo la información, como se ve en la Figura 3.27.

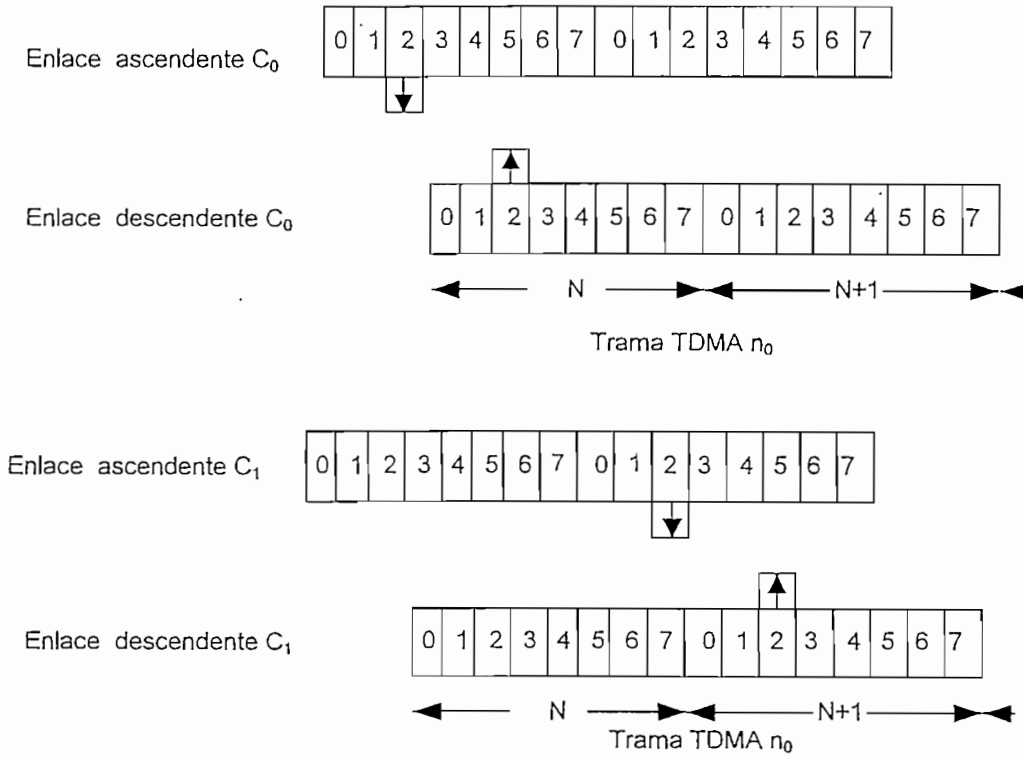


FIG N° 3.27 Proceso de cambio de frecuencia de portadora entre varios canales para evitar el desvanecimiento Rayleigh.

Ecualizador.- Las reflexiones de objetos muy alejados de la antena Rx, es decir, dispersiones de tiempo, causan interferencia de símbolos (ISI). Las señales quedan repartidas en el tiempo y los símbolos adyacentes interfieren unos con otros. Esto presenta problemas en el receptor cuando se trata de decidir la información que se va a enviar.

El canal puede ser un cable, un cable óptico, un enlace de microondas, etc. Todos los tipos de canal tienen sus propias características en lo que se refiere a ancho de banda, atenuación, etc. Se adapta un receptor óptimo al tipo particular de canal usado en la transmisión, lo que significa que el receptor conoce (al menos aproximadamente) el aspecto general del canal - de lo contrario, no es un canal óptimo. Lo que se hace es crear un modelo matemático del canal, que en este caso es una interfaz aérea y ajustar el receptor a este modelo.

Si sabemos la longitud y la intensidad de las reflexiones, podemos tener esto en consideración cuando se detecte la ráfaga de llegada.

Esta es la función del ecualizador que crea un modelo del canal de transmisión, por ejemplo, la interfaz aérea, y calcula la secuencia transmitida más probable.

Los datos se transmiten en ráfagas, que se colocan en intervalos de tiempo. En medio de una ráfaga se coloca una secuencia de prueba de un patrón conocido con buenas propiedades de correlación. El ecualizador usa esta secuencia de prueba para crear el modelo de canal. Este modelo cambia constantemente pero se considera constante durante la duración de una ráfaga.

En la Figura 3.28 se tiene el diagrama de bloques del ecualizador que es usado el sistema GSM .

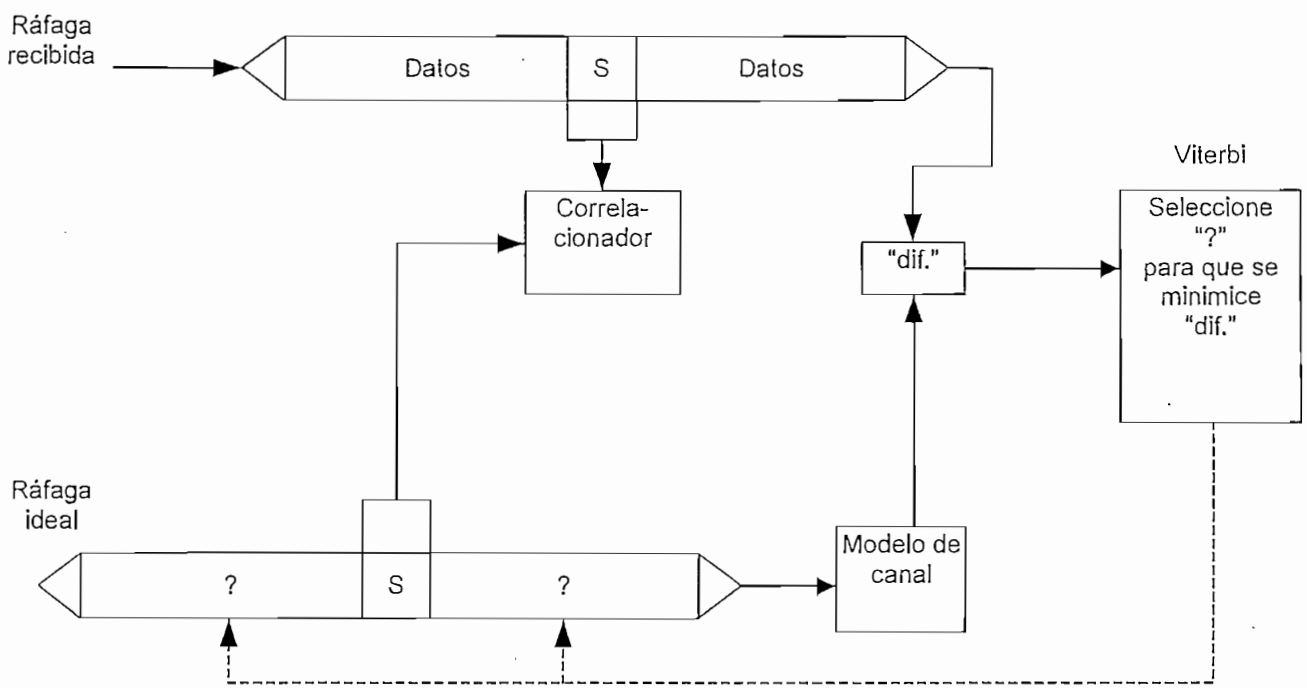


FIG N° 3.28 Diagrama de bloques del ecualizador usado en la red GSM

La especificación del GSM indica el uso de un ecualizador que sea capaz de manejar señales reflejadas con una demora de hasta cuatro intervalos binarios.

Soluciones a problemas de transmisión digital.- Un ejemplo de bloque de la unidad móvil muestra las diferentes partes de procesamiento que participan en la transmisión de la voz. La voz es digitalizada y dividida en trozos de 20 ms. A continuación se codifica por voz para reducir la velocidad binaria y se codifica para controlar errores, la intercalación provoca una pequeña demora. El cifrado se realiza con una relación de 1:1 (entrada: salida) y los bits se formatean en ocho medias ráfagas (por cada 20 ms de voz). Estas son transmitidas a continuación en el intervalo de tiempo adecuado a una velocidad de 270 kbit/s.

El receptor funciona de la siguiente manera. Se reciben las ráfagas y el ecualizador crea un modelo en el que también se calcula una estimación de la secuencia binaria. Cuando se han recibido y descifrado las ocho medias ráfagas, se vuelven a ensamblar en un mensaje de 456 bits. Se decodifica la secuencia para detectar y corregir errores durante la transmisión. El decodificador utiliza "información de software" (probabilidad, que el bit es correcto) del ecualizador para mejorar la corrección de errores. Finalmente, el flujo binario se decodifica por voz y se transforma en voz analógica.

3.2 PROBLEMAS CON LA SALUD

Dentro de la telefonía celular hay por parte de los usuarios el peligro para su salud, por esto ya se han manifestado reacciones de reclamo hacia las empresas que operan el servicio celular, de tal forma que se crea cierta polémica sobre este tema. A continuación se transcriben algunos de estos reclamos.

3.2.1 POLEMICA EN BRUSELAS

La polémica sobre los riesgos del uso del celular para la salud humana es reabierta en Bruselas.

Los miembros del partido Verde del Europarlamento, colocarán los aparatos de teléfono móvil en el banco de los reos, después de una convención con la presencia de varios científicos europeos.

Según los lideres de los "verdes" europeos, el belga Paul Lannoye, "estudios científicos confirmaron que las ondas electromagnéticas emitidas por los celulares y por las estaciones de base pueden provocar daños graves e irreversibles a la salud".

Los celulares pueden causar, entre otros daños, disturbios al cerebro y al corazón, a través de la secreción de proteínas de stres", dijo Lannoye.

Para los ecologistas, la Unión Europea se debe aplicar sobre la cuestión de la seguridad de los celulares "el principio de la precaución" y tomar "medidas para tutelar la salud de los consumidores a la espera de una confirmación científica y definitiva de los riesgos".

Lannoye criticó también a la OCDE (Organización de Cooperación de Desenvolvimiento Económicos), que en un documento reciente afirmó que "los estudios todavía no permiten determinar la existencia de peligros a la salud".

3.2.2 HAY DOS POSTURAS FRENTE AL TELEFONO CELULAR.

Para una es cambio positivo porque permite localizar personas en "cualquier parte". Para otra es una intromisión en la vida privada, una fuente de posibles de accidentes y hasta un peligro para la salud.

Naomi Baron, profesora de lingüística de la Universidad Americana de Washington, D.C., afirma que los teléfonos celulares y otras tecnologías están cambiando el significado de lo social. Las personas pueden contactar con facilidad a alguien que se encuentra escalando una montaña, asistiendo a una ceremonia o sentado en la casa. Los celulares acortan las distancias entre la gente. Se supone que esto es bueno.

sentado en la casa. Los celulares acortan las distancias entre la gente. Se supone que esto es bueno.
Los puristas, por otro lado, lamentan la intromisión de la tecnología de las telecomunicaciones en lugares sagrados y sostienen que llevar un teléfono celular en la mochila va en contra de la idea misma de escalar una montaña: esto es, alejarse del mundo. Este grupo quisiera que se prohibiera el uso de estos aparatos en lugares abiertos, y mucha otra gente quisiera que se prohibiera el uso de radio-mensajes y celulares en ceremonias religiosas, teatros, eventos deportivos y demás.

3.2.3 REGULACION EN PUERTA.

Pero también hay una cantidad innumerable de historias sobre teléfonos celulares que han salvado la vida de personas que se encontraban en lugares apartados y en la "jungla urbana". Cuando se compara la seguridad con las costumbres sociales, gana la seguridad. Por eso, es poco probable que los puristas ganen esta batalla.
Lo que sí es probable es que se regule el uso de los teléfonos celulares, ya sea mediante un acuerdo social o leyes. Varios estados de Estados Unidos ya prohibieron el uso de celulares en los automóviles, excepto los de "manos libres". Muchos restaurantes exigen a los clientes que apaguen los teléfonos. Otros se sumarán a estas medidas.

3.2.4 JAPON CORRIGE SU CURSO.

Japón se puso como objetivo "poner un celular en cada bolsillo". Y así lo hizo, pero ahora muchos lamentan la proliferación. Pese a ser una actitud poco común, muchos ciudadanos japoneses solicitan a los usuarios que hablen más bajo o que apaguen los aparatos.
En vigencia desde noviembre, una ley nacional prohíbe a los conductores utilizar los teléfonos cuando manejan. Como resultado, el índice de accidentes en Japón

se redujo a la mitad. Hasta los fabricantes de celulares colaboran. Ahora los teléfonos vibran, en vez de sonar, cuando entra una llamada. Una asociación de 108 proveedores de telefonía celular lanzó una campaña pública para tomar conciencia de la situación. La campaña apela a la educación urbana y a la cortesía.

3.2.5 LIMITAR EL USO.

El uso de celulares no disminuirá, pero los acuerdos sociales continuarán para desalentar el uso excesivo y molesto de estos aparatos. Los temas de seguridad serán tratados a través de las leyes. Dentro de unos años, los 50 estados del país del norte y la mayoría del mundo desarrollado limitarán el uso de celulares en lugares que pongan en peligro a las personas.

3.2.6 LA RADIACIÓN EN LOS CELULARES.

Los teléfonos celulares trabajan con microondas, tipo de radiación no iónica que, dependiendo de la cantidad recibida y de la distancia que guarde la persona con respecto a la fuente emisora, puede llegar a causar daños de distintas magnitudes. La millonaria industria de la telefonía celular asegura que sus productos son completamente inofensivos. Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud indica que con los datos proporcionados hasta ahora por los estudios científicos no se puede llegar a conclusiones definitivas acerca de la relación entre el aumento de ciertas enfermedades y la exposición a los campos electromagnéticos creados por microondas. ¿Cree usted que los teléfonos celulares deberían haberse sometido a controles más estrictos antes de ser lanzados al mercado? ¿Qué medidas deberían tomarse ahora? ¿Usted seguiría usando su teléfono celular a pesar de no tener la plena certeza de que no provocan daños?

3.2.7 MANTENIMIENTO A LAS ANTENAS DE LAS RADIO BASES.

Cayó una gran antena sobre una autopista, mide 20 metros, solo rozó a un auto, no se sabe quién debe mantenerlas. El accidente ocurrió minutos antes de las 11 de la mañana. Una antena de radio de más de 20 metros de altura cayó sobre la autopista Perito Moreno. En su caída golpeó a un Fiat Palio en el guardabarros. No hubo un gran choque ni tampoco heridos, se trataba de un momento en el que no había mucho tránsito. Pero tampoco hubo un organismo del Estado que se hiciera cargo del control del mantenimiento de la antena. Para la empresa de transportes fueron "las fuertes ráfagas de viento" de la mañana las que provocaron que la antena de hierro se cayera sobre la autopista Perito Moreno. La Policía y una fuente de Autopista Urbana S.A. hablaron de un camión que —en la playa de estacionamiento de Expresso Sudatlántica— rompió uno de los tensores que sostenían a la estructura metálica. De acuerdo con esta versión, la antena no soportó el viento y cayó sobre el lado de la autopista que viene para la Capital Federal a metros del peaje y a la altura de la calle Rivadavia. En su caída golpeó el guardabarros y rayó el capó del Fiat Palio. En la empresa Expresso Sudatlántica aseguraron que la antena estaba instalada desde 1995 y que nunca tuvo problemas. Pero no pudieron asegurar —ante la consulta de Clarín— si desde el momento de su instalación alguna vez había sido revisada. El control de las antenas —desde el 14 de julio de 2000— dejó de estar en manos de la Comisión Nacional de Comunicaciones. La Resolución N° 302 del Ministerio de Infraestructura y Vivienda dice que no le corresponde a esa comisión el control de las estructuras soportes de antenas. "Es una obra de ingeniería civil" dijeron desde ese ministerio. Desde allí también aseguraron que sólo regulan las alturas de las estructuras para no tener problemas con los vuelos de los aviones. "Del resto se encargan los municipios". En el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires el área que se debería ocupar del tema sería Planeamiento y Fiscalización de Obras y Catastros. Pero no respondieron a las consultas hechas ayer por Clarín. Cuando eran las 11.30 los operarios ya habían retirado los restos de hierro que habían formado parte de la antena. Desde arriba de la autopista se veía la base de

cemento y parte de la antena y, en el jardín de al lado, a 3 mujeres de un asilo de ancianos tomando sol.

3.2.8 LA CONTAMINACIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN LA SALUD

La contaminación se ha convertido en un problema a escala planetaria, con consecuencias graves para el medio ambiente y la salud humana. Por desgracia, en vez de mejorarse en los últimos años, a los contaminantes ya conocidos se ha venido a sumar la contaminación electromagnética, como subproducto del desarrollo tecnológico masivo basado en la electricidad y las comunicaciones. Cuando nos referimos a contaminación electromagnética o electro polución, hablamos de la contaminación producida por los campos electromagnéticos, como consecuencia de la multiplicidad de aparatos eléctricos y electrónicos que nos rodean por todas partes, tanto en nuestro hogar como en el trabajo. Son radiaciones invisibles al ojo humano pero perfectamente detectables por aparatos de medida específicos. Dada la proliferación incontrolada de fuentes de contaminación electromagnética a nuestro alrededor, son múltiples los científicos de renombre internacional que han mostrado su interés por el tema, advirtiendo del creciente riesgo a que nos vemos sometidos; en este sentido, apuntan no pocas investigaciones publicadas en prestigiosas revistas científicas. De entre los efectos adversos publicados en estas investigaciones podemos destacar los siguientes: cefaleas, insomnio, alteraciones del comportamiento, depresión, ansiedad, leucemia infantil, cáncer, enfermedad de Alzheimer, alergias, abortos, malformaciones congénitas, etc. Debido a esta preocupación mundial, creciente, por la electro polución surge el proyecto CEM (de campos electromagnéticos), auspiciado por la Organización Mundial de la Salud, en el cual participan numerosos países, y mediante el cual se pretenden aunar esfuerzos con el objeto de lograr un adecuado conocimiento sobre los efectos de la contaminación electromagnética. Teniendo en cuenta la bibliografía especializada y las publicaciones consultadas, queremos recordarle el destacado papel que en la electro polución tienen las siguientes fuentes:

1) Los tendidos de alta y media tensión, con sus subestaciones y transformadores: Estos elementos son fuente de campos electromagnéticos de alta intensidad en al nivel de ELF, cuyo alcance es variable y cuyos efectos pueden ser perjudiciales para la salud. Existen 30 subestaciones de transformación y transformadores en la región algunas situadas en las inmediaciones del entorno urbano.
2) Las emisoras de radio y TV, así como las estaciones base de telefonía móvil: La contaminación es en el nivel de radiofrecuencia y microondas (desde 100 KHz - 300 GHz). Los campos electromagnéticos producidos son pequeños, aunque en la cercanía de las antenas emisoras (dependiendo de su potencia y frecuencia) pueden alcanzarse niveles de densidad de potencia y campo eléctrico perjudiciales para la salud. Además, estas radiaciones tienen un gran alcance y están experimentando un crecimiento exponencial, por lo que afectan a un sector cada vez más amplio de la población.
3) Los electrodomésticos y las instalaciones eléctricas caseras: El creciente uso de electrodomésticos nos somete a un mayor riesgo de irradiación en nuestras casas, en el caso de que los electrodomésticos no dispongan de las adecuadas medidas de seguridad: microondas, calefactores, vitrocerámicas; o de que las instalaciones eléctricas no posean una correcta toma de tierra.
4) Las instalaciones y aparatos de uso industrial: En el medio industrial se puede fácilmente estar expuesto a elevados niveles de electro polución. A este respecto existe una normativa que es el mínimo exigible a cumplir. Las radiaciones electromagnéticas se dividen en dos grandes categorías, dependiendo de su nivel de energía: las radiaciones ionizantes y las no ionizantes. Ejemplos de radiaciones ionizantes serían la radiactividad o los rayos X. Están admitidas como peligrosas y se gestionan con las medidas de seguridad apropiadas, por lo que ya no volveremos a tratarlas, y nos centraremos en las no ionizantes. Las radiaciones no ionizantes son las producidas por la corriente eléctrica, transmisiones de radio y televisión, y

telefonía móvil (también llamadas microondas). De estas radiaciones siempre se ha dicho que no perjudicaban porque no producían efectos de calentamiento celular (los llamados "efectos térmicos"). Esta opinión nunca ha sido unánime entre los científicos, pero recientemente se vienen produciendo una serie de hechos que han sacado el tema a debate. Lo que ya muchas investigaciones han dejado claro es que también existen "efectos no térmicos", que hasta ahora no se han tenido en cuenta, pero que no por eso dejan de ser peligrosos. Las radiaciones que hasta el momento se reconocen como más perjudiciales son, por un lado, las emitidas por los tendidos eléctricos de alta tensión y sus estaciones transformadoras, y por otro, las derivadas de la telefonía móvil, tanto las emitidas por los teléfonos móviles como las procedentes de sus antenas base. Son cientos las investigaciones de laboratorio que han encontrado relaciones positivas entre microondas y desórdenes de todo tipo. Estas investigaciones ya ha puesto de manifiesto cómo influyen las microondas sobre los tejidos de los seres vivos. Los organismos animales utilizan electricidad para desarrollar sus funciones vitales. Lo que corre por los nervios son corrientes eléctricas. Pruebas como el electroencefalograma o el electrocardiograma lo que hacen es registrar la actividad eléctrica del cerebro o del corazón para detectar si existen irregularidades en su funcionamiento. El Dr. Hyland, de la Universidad de Warwick (GB), afirma que las ondas utilizadas por los teléfonos móviles son de la misma frecuencia que las ondas cerebrales alfa, por lo que, aunque la intensidad sea muy baja, el cerebro está especialmente sensibilizado a esta frecuencia. Sintetizando mucho, citaremos algunas de las principales vías de influencia, aunque hay que decir que prácticamente cada día hay algún equipo de investigadores que descubre nuevas alteraciones: una de ellas es a través de un aumento de la permeabilidad de la barrera hemato-encefálica: Las neuronas, como todas las células, están recubiertas de una membrana que las protege del exterior. Las microondas provocan una dilatación de los poros de esa membrana, que se hace así permeable a

determinadas sustancias que no deberían entrar en las neuronas. Este proceso permite relacionar las microondas con tumor cerebral, enfermedad de Alzheimer y pérdidas de memoria, como consecuencias más directas. Otra vía de influencia es a través de la producción de melatonina. La melatonina es una hormona descubierta recientemente, producida por la glándula pineal, una de cuyas funciones conocidas es la de regular los ritmos de sueño y vigilia. Una alteración en su producción con lleva desarreglos del sueño y otras, tales como depresión, cansancio y, en el extremo, propensión al suicidio. Experimentos de laboratorio han demostrado que las radiaciones de baja intensidad producen roturas en el ADN. El ADN es el encargado de fabricar células especializadas, y su rotura puede provocar la fabricación de células no especializadas, es decir, cáncer. Las investigaciones relatadas hasta ahora son de laboratorio, practicadas sobre animales, que casi siempre son ratas. Otra línea de investigación es la llamada epidemiológica: Estudios para averiguar la incidencia de una cierta enfermedad sobre la población. El doctor Siegal Sadetzki, del Centro Médico Chaim Sheba en Tel Hashomer, Israel, ha informado que niños israelíes que emigraron a Estados Unidos en los años 50 -y que entonces fueron tratados con radiaciones para tratar una enfermedad del cuero cabelludo- están desarrollando en la actualidad meningiomas, un tipo de tumor. La incidencia de este cáncer entre la población que fue irradiada hace 30-35 años es de 4 a 5 veces mayor que en la población no irradiada. (American Journal of Epidemiology, Febrero 2000) El Instituto Militar de Higiene y Epidemiología de Varsovia (Polonia), bajo la dirección del Profesor Stanislaw Szmigielsky, también ha avanzado información de la investigación que están llevando a cabo y que tienen previsto terminar en 2005. El estudio hace un seguimiento de los historiales médicos de los soldados que estuvieron expuestos a radiaciones de microondas (las mismas que utilizan los teléfonos móviles) entre los años 1970 y 1990, y los compara con historiales de otros soldados que no estuvieron expuestos. Algunos de los hallazgos reportados son: Los

soldados expuestos son más propensos a desarrollar una larga lista de cánceres 10 años antes que los no expuestos. El grupo expuesto muestra una mayor incidencia de muerte por cáncer de piel, cerebro, sangre, aparato digestivo y sistema linfático que el grupo no expuesto. El artículo se publicó en el UK Sunday Mirror el domingo, 26 de Marzo 2000. Otro estudio encontró que la muerte por suicidio entre los trabajadores que están regularmente expuestos a radiaciones electromagnéticas fue doble que entre los trabajadores no expuestos, encontrando además que el riesgo más alto de suicidio se daba entre los que estaban sometidos a mayores niveles de exposición, particularmente durante el año que precedió al suicidio. La relación más fuerte se encontró entre los que murieron antes de los 50 años. El estudio lo llevó a cabo un equipo de investigadores de la Universidad de Carolina del Norte (EE.UU.) y se publicó en el último número de Occupational and Environmental Medicine, Marzo 2000. Como puede verse, la forma en que las microondas nos afectan es muy variada, y los plazos de tiempo en que sus efectos se hacen visibles pueden variar desde unos pocos días a 20 ó 30 años. Podemos decir con toda seguridad que si alguien pone la mano en el fuego se quemará. Pero si una persona con el virus de la gripe pasa un rato con un grupo de amigos, unos serán contagiados y otros no, dependiendo de la predisposición personal de cada uno o de cómo de cerca haya estado del griposo. Algo similar sucede con las microondas. La investigación es complicada, pero eso no quiere decir que no sepamos nada al respecto, ni que tengamos que esperar hasta saberlo todo. Ya hay compañías de seguros en el exterior, que excluyen en sus contratos los riesgos derivados de las radiaciones electromagnéticas (Lloyds, Sterling, Swiss, RE, Allianz...). También hay empresas que han recomendado a sus empleados que utilicen el móvil sólo en casos de urgencia, y aún así, lo más brevemente posible. (Royal North Shore Hospital, Public and Commercial Services Union...) La empresa Metrocall, una de las principales vendedoras de móviles en EE.UU., advierte a los padres que desean comprar un teléfono móvil para su hijo adolescente o

pre-adolescente de los riesgos que puede suponerle su uso. (Se están protegiendo contra posibles demandas como las que están llevando a cabo algunos fumadores). La Organización Mundial de la Salud inició una investigación en el año 1996 que estaba previsto que duraría 5 años. Periódicamente ha publicado algunos "avances" que son poco claros, en comparación con los avances de otros investigadores. Además, ya ha anunciado que el estudio se prolongará un mínimo de tres años más. Y para terminar de eliminar dudas, recientemente se ha sabido que el director de la investigación, Dr. Mike Repacholi trabajaba para las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos hace 10-15años, y ya entonces tuvo conocimiento de las investigaciones que ponían de manifiesto la relación entre ondas electromagnéticas y cáncer (Referido en el libro de Tim Rifat mencionado más arriba). Si las cosas son así ¿Por qué no estamos informados?

3.2.9 ACCIDENTES DEBIDO AL MAL USO DEL CELULAR.

Los accidentes de tránsito son la causa más frecuente de muerte de niños y adultos jóvenes (previamente sanos), presentan el 1% de mortalidad, el 10% requieren hospitalización y el 25% presentan algún tipo de incapacidad temporal.
La causa de la colisión en el 90% de los casos se debe a un error por parte del conductor, y la telefonía celular facilita esto.
En el estudio realizado por Redelmeier y col. encontraron que el riesgo de colisión cuando se usa teléfonos celulares, es 4 veces más elevado que aquellos que no lo utilizan (riesgo similar a aquellos que consumen alcohol dentro de límites legales); y a su vez es 4,8 veces más elevado cuando el llamado se realiza dentro de los 5 minutos previos a la colisión. No encontrando diferencias en grupos que conducen con ambas manos libres o con una mano sosteniendo el teléfono, por lo que se cree que se relaciona más con la atención que con la destreza manual.
Otra variable que podría explicar este hecho es que el stress emocional puede conducir a un incremento en el uso del teléfono y a una disminución en la habilidad para manejar.

El riesgo aumentado de colisiones por el uso de telefonía celular se debe tomar con precaución y tratar de actuar en otras variables referentes a la seguridad vial como ser la abstinencia de alcohol, reducir el exceso de velocidad, y minimizar otras distracciones.

Por otro lado, los teléfonos celulares trabajan con radiación de micro-ondas (frecuencia de en un rango de 900-1800MHz) que puede inducir o promover cáncer, y provocar síntomas asociados con su uso, esto incluye disturbios del sueño, problemas en la memoria, cefalea, nauseas y vértigos. También han sido reportados cambios en la permeabilidad de la barrera hemato-encefálica, actividad electroencefalográfica, y presión sanguínea. La validez de cualquiera de estos hallazgos es incierta basados en evidencia anecdótica.

Pero no todo es negativo, en Canadá el 50% de los llamados a los servicios de emergencias son realizados por teléfonos celulares, además contribuyen a mejorar la productividad, la calidad de vida, y tranquiliza el espíritu a más de 30 millones de personas, solo en Norte América.

3.2.10 VISTO BUENO A LA ORDENANZA DE TELEFONIA CELULAR MOVIL

La Corporación Municipal aprobó por unanimidad la Ordenanza reguladora para la instalación de antenas de telefonía móvil celular en Santander que fue calificada por el alcalde como moderna y avanzada y que será referencia para otras que se están redactando en España. La aprobación de la ordenanza, la firma del convenio con la Universidad de Cantabria (que asesorará al Ayuntamiento) así como la modificación del Plan General de Ordenación Urbana para que entre en vigor la nueva regulación contó con la participación en el debate plenario de los concejales Juan José Sota, Ana Rozas y Fernando Pérez (PSOE-P) y César Torrellas, Antonio Pérez y María José Repetto (PP-PRC). Mientras los concejales hicieron referencia a la necesidad de una ordenanza que sirve para regular la instalación de antenas en la ciudad, que controla su aumento y permite que siga desarrollándose la telefonía móvil, los vecinos siguen mostrándose en contra. Intervino en el pleno el presidente de la Federación Cántabra de Asociaciones de

Vecinos (FECAV) Fernando Crespo, que indicó que en la ordenanza se hace dejación de la salud de los vecinos y no se hace suficiente hincapié en la defensa de los derechos vecinales. Todos los concejales explicaron, como lo han hecho en las últimas semanas, que con la ordenanza la ciudad se pone a la vanguardia de la regulación de la telefonía celular. Fernando Pérez indicó que la ordenanza hace compatible la seguridad vecinal con la necesaria telefonía y que Santander no puede perder el tren de la modernidad en telefonía. César Torrellas dio un largo repaso a las normas europeas y mundiales que se ha tenido en cuenta y se han consultado para elaborar la ordenanza y que defienden la salud de los ciudadanos; García Repetto respaldó la postura de la Universidad como órgano independiente y que asesorará al Ayuntamiento; Rozas recordó que la ordenanza es garantiza, exigente, limitadora y reguladora y Sota explicó que con la ordenanza, que ha sido impulsada desde el PSOE-P, se acaba con el desorden de antenas en la ciudad y anunció que el cumplimiento será seguido de cerca por la oposición.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Analizar los protocolos de la comunicación celular es tarea fundamental de la Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones a fin de comprender el funcionamiento de las partes que conforman este sistema, sus cambios e innovaciones según las necesidades de los usuarios.

Conocer el diálogo o protocolo entre los distintos aparatos que van a diseñarse, es condición sinequanon; así por ejemplo habrá que diseñar la MTSO (Central telefónica celular) y en base a las funciones incorporadas, se diseñará las radio bases, y las unidades móviles. (central, radio base, unidades móviles)

Conocidas las especificaciones de diseño, los expertos empezaran a construir los diferentes módulos que conforman la totalidad de la MTSO, se realizará diferentes pruebas, y se establecerán los parámetros que deberán manejarse para los otros elementos (radio base, celulares, etc), y su respectiva fabricación.

La fabricación de aparatos que sirvan para el análisis y calibración, son también parte de estos protocolos por su compatibilidad. Así se tiene a los simuladores de celda, los cuales sirven para el análisis de los móviles de forma manual o automática mediante un software proporcionado por los fabricantes. La calibración se la hace según la versión del software almacenado y las características del hardware.

El software almacenado en una memoria del teléfono es el que determina el diálogo entre la MTSO y el móvil, de no estar actualizado el software, el teléfono tendrá problemas de comunicación.

Las distintas operadoras del Ecuador deben unificar los protocolos que utilizan para que la digitalización se dé en un tiempo menor, dejando la telefonía celular analógica. El uso de la tecnología digital dará mayor servicio y eficacia a la telefonía celular.

El Ecuador debe optimizar la tecnología en un futuro cercano de manera que ofrezca soluciones a los problemas de saturación de usuarios en las operadoras, así como los problemas de cobertura geográfica en todo el país, de modo que una mayor cantidad de usuarios tenga acceso a este servicio.

El Ecuador debe tomar la decisión de optar por la tecnología de la telefonía celular de punta para estar a la par con las innovaciones tecnológicas, de lo contrario llegarán al país tecnologías obsoletas que malgastarán las inversiones privadas y estatales.

Para dar solución a los problemas del abonado cuando estos hayan sido perjudicados por los radio piratas, se recomienda la creación y estudio de protocolos especiales como el de autenticación, con el cual el abonado, según el aparato celular que posee, tiene que seguir el proceso de autenticación por medio de tablas asignadas por las operadoras para su mayor seguridad. La central telefónica celular almacena los parámetros propios de cada teléfono y según estos se reconoce el móvil.

Se recomienda a los lectores, que también den la debida importancia a los protocolos de comunicación que se establecen como normas, ya que al introducirnos en su estudio y evolución estaremos capacitándonos para poder desarrollar nuestra propia tecnología que tanta falta nos hace.

Interesarnos en los protocolos de la comunicación celular es contribuir con una de las ramas de las telecomunicaciones que se innova con mayor rapidez, así

dejaremos atrás las viejas tecnologías y los modelos de teléfonos que hace poco tiempo aparecieron en el mercado.

Buscar formas de regular y controlar los peligros de la radio frecuencia para la salud de los abonados es otra de las tareas de los ingenieros diseñadores y así lleguen al país solo celulares que tengan las normas de calidad bien establecidas.

BIBLIOGRAFÍA

1) Argüello Francisco. *Codificación.* GPL, 2001
2) Blahut R.E.. *Theory and Practice of Error Control Codes.* Addison-Wesley.
3) Lee William C. Y. *Mobile Cellular Telecommunications. Analog and Digital Systems.*
4) Velásquez Steven. *Single / Dual Band Dual / Triple mode mobile Phones.* Ericsson, USA,1999.
5) *Manual de Centro de Reparaciones nivel 3.* Ericssonc, USA, 1997
6) *Manual de Centro de Reparaciones nivel 3.* Motorola, Colombia, 1996
7) "Cell Phones and Cancer: What is the Evidence for a Connection?" http://www.radres.org/toc99.htm
8) Un estudio publicado en 1997 <http://seattletimes.nwsource.com/news/nation-world/html98/cell_19991229.html>
9) Is Your Cell Phone Killing You? <http://www.zdnet.com/smartbusinessmag/stories/all/0.6605.2386403.00.html>