



1  
621.3804222  
UGA  
E-2

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE UNA MICROCELDA EN EL CENTRO  
COMERCIAL MALL DEL SOL”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA**

Presentada por:

**LUIS ALFONSO UGALDE VILLACRÉS**

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO

2001



D-26546

# AGRADECIMIENTO

A mi director de tesis, Ing. Washington Medina por sus sugerencias, atención prestada, confianza y apoyo constante.

A mi amigo, el Ing. Miguel Bolaños por su guía técnica, colaboración y constante apoyo para la realización de este proyecto.

Al Ing. Homero Pico e Ing. María Romo, por su apoyo y ayuda para el acceso de información utilizada en este proyecto.

A mis padres, hermano y amigos que estuvieron siempre apoyándome.

A todas las personas que de manera directa o indirecta colaboraron en la realización de ésta tesis.



# **DEDICATORIA**

QUIERO DEDICARLE ESTA TESIS A MIS PADRES, A MI HERMANO, A  
LA SRA. LEONOR COLUMBUS VDA. DE VILLACRÉS Y A MIS AMIGOS,  
ENTRE ELLOS EL ING. MIGUEL BOLAÑOS; POR SU INVALUABLE  
APOYO Y RESPALDO PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE PROYECTO

# TRIBUNAL DE GRADUACION

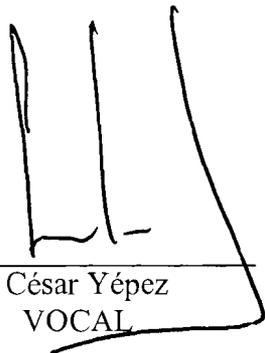
---

Dr. Cristobal Mera  
DECANO DE LA FIEC



---

Ing. Washington Medina.  
DIRECTOR DE TESIS



---

Ing. César Yépez  
VOCAL



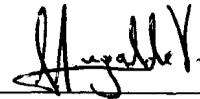
---

Ing. Rebeca Estrada  
VOCAL

# DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



---

Luis Alfonso Ugalde Villacrés

## RESUMEN

El documento define en principio, una breve descripción de la historia de las comunicaciones inalámbricas, las organizaciones reguladoras a nivel mundial, enumera y explica los diferentes elementos de un sistema de telecomunicación celular, utilizando la tecnología AMPS y DAMPS. También se explica brevemente las dos aplicaciones principales de las microceldas, para ambientes exteriores e interiores; a la vez que se detallan los casos en los cuales es necesaria la instalación de una microcelda en la red celular de un operador (mejorar cobertura, incrementar capacidad y ofrecer servicios especiales).

El punto central de este proyecto es definir un procedimiento, bajo el cual se diseñe una microcelda para un centro comercial. Se explican las consideraciones que se deben realizar al predecir la propagación de la señal de Radiofrecuencia en el interior y/o exterior de una edificación, el grupo de frecuencias que se le asignará a la microcelda, el número de dispositivos necesarios para satisfacer el tráfico esperado y el equipamiento de la microcelda. Además, se explican los diferentes parámetros y sus valores bajo los cuales se guiará el funcionamiento de la microcelda en su área de servicio. Se detalla también un estudio económico sobre la realización del presente trabajo.

# INDICE GENERAL

<b>RESUMEN.....</b>	<b>VI</b>
<b>INDICE GENERAL .....</b>	<b>VII</b>
<b>ABREVIATURAS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XVI</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XVIII</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>I. INTRODUCCION AL SISTEMA DE TELEFONIA CELULAR.....</b>	<b>3</b>
1.1 INTRODUCCION .....	3
1.2 HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES INALAMBRICAS .....	4
1.3 ESTANDARES DE LA PLATAFORMA AMPS/DAMPS .....	8
1.3.1 Asociación de Industrias Electrónicas (EIA)/Asociación de Industrias en Telecomunicaciones (TIA) .....	9
1.3.2 Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) .....	10
1.3.3 Unión Internaciones de Telecomunicaciones (ITU)/Conference European des Post Et Telecommunications (CEPT) .....	10
1.3.4 Asociación de Industrias de Telecomunicaciones en Celular (CTIA).....	10
1.4 TERMINOS BASICOS .....	11
1.4.1 Central telefónica .....	12
1.4.2 Estación móvil.....	13
1.4.3 Estación Base y la Célula.....	15
1.4.3.1 La célula omnidireccional .....	16

1.4.3.2 La célula sectorizada.....	17
1.4.4 Canales de Radio.....	18
1.4.4.1 Canal de voz.....	20
1.4.4.2 Canal de control .....	22
<b>II. GENERALIDADES DEL DISEÑO DE MICROCELDAS .....</b>	<b>26</b>
2.1 INTRODUCCION .....	26
2.2 MICROCELDAS.....	27
2.2.1 Microceldas para Ambientes Exteriores .....	28
2.2.2 Microceldas para Ambientes Interiores .....	29
2.3 OBJETIVOS A CONSEGUIR CON LA INSTALACION DE UNA MICROCELDA .....	29
2.3.1 Celdas para Mejorar Cobertura.....	30
2.3.2 Celdas para Incrementar Capacidad.....	30
2.3.3 Celdas para Ofrecer Servicios Especiales.....	32
2.4 CARACTERISTICAS DE PROPAGACION DE RF .....	33
2.4.1 Predicciones Preliminares.....	33
2.4.2 Predicción de RF para Ambientes Interiores .....	34
2.4.2.1 Información obtenida en base a la estructura de la edificación .....	34
2.4.2.2 Materiales de construcción de la edificación .....	37
2.4.3 Predicción de RF para Ambientes Exteriores .....	39
2.4.3.1 No existe cobertura de macroceldas.....	40
2.4.3.2 Cobertura parcial de macroceldas.....	40
2.4.3.3 Cobertura parcial de una o más macroceldas.....	41

2.4.3.4 Cobertura completa de macroceldas .....	42
2.4.3.5 Cobertura total de macroceldas.....	44
2.4.4 Predicción de Atenuación en la Edificación .....	45
2.4.4.1 Atenuación debido al cuerpo humano y densidad de público.....	45
2.4.4.2 Factores de atenuación en edificaciones típicas.....	46
2.4.5 Medición de Niveles de Señal de Macroceldas Existentes .....	48
2.4.5.1 Procedimiento de medición en ambientes interiores.....	49
2.4.5.2 Procedimiento de medición en ambientes exteriores.....	50
2.4.5.3 Procedimiento y conclusiones de los datos de las mediciones .....	51
2.5 ESTUDIO DEL PLAN DE FRECUENCIAS CARACTERÍSTICAS DE .....	52
2.5.1 Interferencias y Ruido.....	53
2.5.1.1 Interferencia de macrocelda a microcelda.....	54
2.5.1.2 Interferencia de microcelda a microcelda .....	55
2.5.1.3 Interferencia de microcelda a macrocelda.....	56
2.6 INSPECCION DEL SITIO .....	56
2.7 DIMENSIONAMIENTO DEL TRAFICO .....	57
2.7.1 Número de Abonados.....	59
2.7.2 Tráfico por Suscriptor .....	59
2.7.3 Grado de Servicio.....	60
2.8 IMPACTO DEL REAJUSTE DEL SISTEMA DE MACROCELDAS .....	62
2.9 EQUIPAMIENTO .....	62

2.9.1 Estaciones Base y sus Diferentes Configuraciones.....	63
2.9.1.1 Microceldas con 1 sector.....	63
2.9.1.2 Microceldas con 2 sectores .....	68
2.9.1.3 Microceldas con 3 sectores .....	71
2.9.2 Tipos de Antenas.....	74
2.9.2.1 Sistema distribuido de antenas.....	75
2.9.2.2 Posición sugerida de antenas .....	76
2.9.2.3 Diversidad de antenas .....	80
2.9.3 Cable .....	81
2.9.4 Multicarrier Power Amplifier (MCPA) .....	83
2.9.5 Combinadores .....	86
2.9.6 Duplexor.....	86
2.9.7 Divisor de Potencia (Power Splitters).....	87
<b>III. CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACION DE MICROCELDAS .....</b>	<b>89</b>
3.1 INTRODUCCION .....	89
3.2 POTENCIA DE RADIO FRECUENCIA.....	90
3.2.1 Nivel de Potencia en la Estación Base y en la Estación Móvil.....	91
3.2.1.1 Estación base.....	92
3.2.1.2 Estación móvil.....	92
3.2.2 Niveles de Sensibilidad de Radio Frecuencia .....	94
3.2.3 Ganancia por Diversidad.....	95
3.2.4 Ganancia de la Antena .....	96
3.2.5 Balance de Potencias.....	96

3.2.6 Potencia del Canal de Control.....	100
3.2.7 Potencia del Canal de Voz .....	100
3.3 PARAMETROS DE LA CELDA .....	101
3.3.1 Parámetros de Identificación.....	102
3.3.1.1 RBS Type Tipo de estación radio base .....	102
3.3.2 Parámetros de Acceso y Registro.....	102
3.3.2.1 SSREG Intensidad de señal para registro .....	103
3.3.2.2 SSACC Intensidad de señal para acceso .....	104
3.3.2.3 DCELL Celda de re-intento direccionado .....	105
3.3.2.4 RESCAN Re-Escaneo.....	107
3.3.2.5 SSEL Intensidad de señal para selección.....	108
3.3.2.6 SSB Intensidad de señal para bloqueo .....	109
3.3.3 Parámetros de Potencia de la Estación Base .....	110
3.3.3.1 PA TYPE Tipo de amplificador de potencia .....	110
3.3.4 Parámetros de Potencia de la Estación Móvil.....	111
3.3.4.1 PLC Nivel de potencia en el canal de control.....	111
3.3.4.2 PLV Nivel de potencia en el canal de voz .....	113
3.3.4.3 PLVM Nivel de potencia máximo en el canal de voz.....	114
3.3.4.4 SSD Decremento de la intensidad de señal.....	115
3.3.4.5 SSI Incremento de la intensidad de señal.....	116
3.3.5 Parámetros de Handoff.....	117
3.3.5.1 NTYPE Tipo de celda vecina.....	117
3.3.5.2 SSH Intensidad de señal para handoff .....	118

3.3.5.3 SSUH	Supresión de handoff .....	119
3.3.5.4 SSHYP	Histéresis positiva de intensidad de señal.....	120
3.3.5.5 SSHYN	Histéresis negativa de intensidad de señal .....	121
3.3.5.6 SNH	Relación de señal a ruido para handoff.....	122
3.3.5.7 CIH	Relación de portadora a interferencia para handoff .....	123
3.3.5.8 SSMIN	Intensidad de señal mínima para handoff .....	124
<b>IV. ESTUDIO ECONOMICO</b>	.....	<b>126</b>
4.1	CONSIDERACIONES INICIALES.....	126
4.2	COSTES DE PERSONAL.....	127
4.3	COSTES DE EQUIPOS Y MATERIALES .....	127
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>132</b>
	<b>ANEXO 1 - TABLA B DE ERLANG.....</b>	<b>137</b>
	<b>ANEXO 2 - TIPOS DE ANTENAS .....</b>	<b>142</b>
	<b>ANEXO 3 - CABLES Y CONECTORES.....</b>	<b>145</b>
	<b>ANEXO 4 - TIPOS DE DIVISORES DE POTENCIA.....</b>	<b>148</b>
	<b>ANEXO 5 - DATOS TECNICOS DEL PROYECTO MALL DEL SOL .....</b>	<b>151</b>
	<b>ANEXO 6 - TABLA DE CONVERSION AXE-DBM'S.....</b>	<b>161</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>163</b>

## ABREVIATURAS

AMPS	Advanced Mobile Phone System
AC	Acceso en el Canal de Control
AM	Amplitud Modulada
AXE	Unidad de medición de intensidad de señal de Ericsson
BS	Estación Base
CC	Canal de Control
CEPT	Organización de Servicios de Telecomunicaciones Europeas
C/I	Diferencia Portadora a Interferencia
CMAC	Código de Atenuación de Control del Móvil
CMS	Sistema de Telefonía Celular
CU	Control Unit
CTIA	Cellular Telecommunications Industry Association
dB	DeciBel
dBm	Decibel referido a un miliwatt
DAMPS	Digital Advanced Mobile Phone System
DCC	Código Digital de Color
DCCH	Digital Control Channel
DCELL	Celda de Re-intento Direccionado
DMAC	Código de Atenuación Digital del Móvil
DPLM	Domestic Public Land Mobile
EIA	Electronics Industries Association
ERP	Effective Radiate Power
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones
FM	Frecuencia Modulada
FOCC	Canal de Control hacia delante
FVC	Canal de Voz hacia delante
GAOM	Global Active Overhead Message
GOS	Grado de Servicio
GSM	Global System Mobile
IMTS	Sistema de Telefonía Móvil Mejorada
ITU	Unión Internaciones de Telecomunicaciones
MAC	Código de Atenuación del Móvil
MAHO	Mobile Assisted handoff

MCPA	Multicarrier Power Amplifier
MHz	MegaHertz
MS	Estación Móvil
MSC	Centro de Conmutación de Servicios Móviles
MTS	Subsistema de Telefonía Móvil
MTSO	Oficina de Conmutación de Telefonía Móvil
MTX	Mobile Telepphone Interexchange
MVC	Canal de Voz del Teléfono Móvil
NCELL	Celda Vecina
NTYPE	Tipo de Celda Vecina
NMT	Nordic Mobile Telephony
NLOS	No Línea de Vista
NOCELL	Celda Vecina de Diferente MSC
NPREF	Tipo de Vecindad No Preferida
LOS	Línea de Vista
PAC	Paging y Acceso Combinado
PC	Paging en el Canal de Control
PCS	Personal Communication System
PLC	Nivel de Potencia de la Estación Móvil en el Canal de Control
PLV	Nivel de Potencia de la Estación Móvil en el Canal de Voz
PLVM	Máximo Nivel de Potencia de la Estación Móvil en el Canal de Voz
PREF	Tipo de Vecindad Preferida
PSTN	Red Pública de Conmutación Telefónica
RF	Radio Frecuencia
RX	Receptor
SAT	Tono de Audio de Supervisión
SCM	Marca de Clase de la Estación
SMS	Short Message Service
SNH	Señal a Ruido para Handoff
SNR	Señal a Ruido para Terminación de Llamada
SSACC	Nivel de Señal para Acceso
SSB	Nivel de Señal para Bloqueo
SSD	Nivel de Señal para Decrecer
SSH	Nivel de Señal para Handoff
SSHYN	Nivel de Señal Negativa
SSHYP	Nivel de Señal Positiva
SSI	Nivel de Señal para Incrementar
SSMIN	Nivel de señal Mínimo
SSREG	Nivel de Señal para Registro
SSSEL	Nivel de Señal para Selección
ST	Tono de Señalización
STAND	Tipo de Vecindad Standard
SUH	Tiempo de Supresión para Intentos de Handoffs

TIA	Asociación de Industrias de Telecomunicaciones
TDMA	Time Division Multiplexing Access
TX	Transmisor
UPR	Requerimientos de Desempeño del Usuario
VC	Canal de Voz

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Sistema celular básico .....	11
Figura 1.2	Estaciones móviles .....	14
Figura 1.3	Célula omnidireccional.....	16
Figura 1.4	Célula sectorizada o sectorial .....	17
Figura 1.5	Canal de radio .....	18
Figura 1.6	Canal de voz .....	21
Figura 1.7	Canal de Control.....	23
Figura 1.8	Voceo (Paging) en el Canal de Control .....	24
Figura 1.9	Acceso a un canal de control vecino .....	25
Figura 2.1	Microceldas en un sistema celular básico.....	27
Figura 2.2	Microcelda en una autopista .....	31
Figura 2.3	Cobertura parcial de una Macrocelda.....	40
Figura 2.4	Cobertura parcial de más de una Macrocelda.....	42
Figura 2.5	Cobertura completa de una Macrocelda .....	43
Figura 2.6	Cobertura completa de más de una Macrocelda.....	44
Figura 2.7	Aeropuerto con alta densidad de tráfico .....	45
Figura 2.8	Mediciones de niveles de señal de macroceldas existentes.....	48
Figura 2.9	Mediciones de niveles de señal en ambientes interiores .....	49
Figura 2.10	Equipo para realizar mediciones en exteriores .....	50
Figura 2.11	Procesamiento y análisis de datos recopilados .....	51
Figura 2.12	Análisis de C/I de datos recopilados en mediciones.....	53
Figura 2.13	Interferencia de macroceldas a microceldas .....	54
Figura 2.14	Intersección con alto tráfico .....	58
Figura 2.15	Dimensionando el tráfico.....	61
Figura 2.16	Omni / 1 Gabinete – 1 Tx/2 Rx .....	63
Figura 2.17	Omni / 2 Gabinetes – 1 Tx/2 Rx.....	63
Figura 2.18	Omni / 3 Gabinetes – 1 Tx/2 Rx.....	64
Figura 2.19	Omni / 1 Gabinete – 1 Tx/Rx .....	64
Figura 2.20	Omni / 2 Gabinetes – 1 Tx/Rx.....	65
Figura 2.21	Omni / 3 Gabinetes – 1 Tx/Rx.....	65

Figura 2.22	Omni / 1 Gabinete – 2 Tx/Rx .....	66
Figura 2.23	Omni / 2 Gabinetes – 2 Tx/Rx.....	66
Figura 2.24	Omni / 3 Gabinetes – 2 Tx/Rx.....	67
Figura 2.25	Sectorizada / 2 Gabinetes – 1 Tx/ 2 Rx .....	68
Figura 2.26	Sectorizada / 3 Gabinetes – 1 Tx/ 2 Rx .....	68
Figura 2.27	Sectorizada / 2 Gabinetes – 1 Tx/Rx por sector .....	69
Figura 2.28	Sectorizada / 3 Gabinetes – 1 Tx/Rx por sector .....	69
Figura 2.29	Sectorizada / 2 Gabinetes – 2 Tx/Rx .....	70
Figura 2.30	Sectorizada / 3 Gabinetes – 2 Tx/Rx .....	70
Figura 2.31	Sectorizada / 3 Gabinetes – 1 Tx / 2 Rx .....	71
Figura 2.32	Sectorizada / 3 Gabinetes – 1 Tx/Rx .....	72
Figura 2.33	Sectorizada / 3 Gabinetes – 2 Tx/Rx .....	73
Figura 2.34	Antena Omni (izquierda) y Antena Directiva (derecha) .....	74
Figura 2.35	Ubicación de antena Omni en un área regular.....	76
Figura 2.36	Ubicación sugerida de más de una antena Omni.....	77
Figura 2.37	Ubicación sugerida de antenas Directivas.....	78
Figura 2.38	Antena Directiva con lóbulo vertical grande, para cubrir edificios altos desde el exterior .....	78
Figura 2.39	Microcelda exterior con tres sectores .....	80
Figura 2.40	Cables y conectores utilizados en las Microceldas.....	82
Figura 2.41	MCPA.....	84
Figura 2.42	Power Splitters para Microceldas .....	87
Figura 2.43	Sistema distribuido de antenas .....	88
Figura 3.1	Pérdidas y ganancias para el cálculo del balance de potencias .....	98

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Valores de atenuación para edificaciones típicas.....	47
Tabla 2.2	Valores de atenuación para diferentes divisores de potencia.....	88
Tabla 3.1	Potencia de salida de las radio bases 884 Micro.....	92
Tabla 3.2	Potencia de salida de las estaciones móviles .....	93
Tabla 3.3	Potencias nominales de las estaciones móviles .....	94
Tabla 3.4	RBS Type.....	102
Tabla 3.5	SSREG .....	103
Tabla 3.6	SSACC.....	104
Tabla 3.7	DCELL.....	105
Tabla 3.8	RESCAN.....	107
Tabla 3.9	SSSEL .....	108
Tabla 3.10	SSB .....	109
Tabla 3.11	PA Type .....	110
Tabla 3.12	Niveles de Potencia de salida para RBS .....	110
Tabla 3.13	PLC .....	111
Tabla 3.14	Niveles de ERP .....	112
Tabla 3.15	PLV .....	113
Tabla 3.16	PLVM .....	114
Tabla 3.17	SSD .....	115
Tabla 3.18	SSI.....	116
Tabla 3.19	NTYPE.....	117
Tabla 3.20	SSH .....	118
Tabla 3.21	SSUH .....	119
Tabla 3.22	SSHYP .....	120
Tabla 3.23	SSHYN .....	121
Tabla 3.24	SNH.....	122
Tabla 3.25	CIH.....	123
Tabla 3.26	SSMIN .....	124

# INTRODUCCION

El presente proyecto de tesis se enfoca en dar un tipo de solución efectiva y práctica al problema que representa el dar servicio de telefonía celular dentro de un centro comercial con gran afluencia de personas y alejado lo suficiente de la más próxima radiobase celular, lo que representa tener bajos niveles de señal en el interior del centro comercial.

La importancia de este proyecto radica en la utilidad que representa para la empresa de telefonía celular en proveer una completa cobertura y evitar saturaciones en el tráfico celular dentro del centro comercial, que es un área con alta concentración de tráfico, de ahí el utilizar nuevas tecnologías para satisfacer esta demanda, una de ellas es la de usar microceldas.

El proyecto ofrecerá como ejemplo, el dar los lineamientos generales para la planificación y diseño de una microcelda dentro del Mall del Sol, para cualquiera de las 2 redes de telefonía celular que operan actualmente en el Ecuador (Porta y BellSouth).

La tesis mencionará equipos Ericsson, los cuales la empresa Otecel (BellSouth) utiliza como proveedor.

Este trabajo empezará dando una breve reseña histórica de la evolución de la comunicación inalámbrica desde que en 1906 Reginal Fessenden transmitió exitosamente voz humana sobre ondas de radio; se seguirá con una introducción de lo que es un sistema celular básico, se explicarán sus componentes y la interacción entre ellos. Se explicará los criterios para definir una celda para establecer una nueva cobertura celular, lo que abarcará explicar cómo se selecciona el sitio para una nueva celda, inspeccionar el sitio, dimensionar el tráfico, etc. Se mostrará el equipamiento necesario para la instalación de microceldas para interiores, lo que abarca el equipo en la Estación Base, los tipos y posición de las antenas, las pérdidas en el cable, los diferentes sistemas para la distribución de la señal celular, y, finalmente un diseño con todos estos requerimientos para la instalación de una microcelda en el centro comercial Mall del Sol.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION AL SISTEMA DE TELEFONIA CELULAR**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

La telefonía celular es una de las aplicaciones de telecomunicación de mayor demanda y de más rápido crecimiento. Hoy, ésta representa un gran porcentaje de todos los nuevos abonados telefónicos alrededor del mundo, y su espectacular crecimiento continúa; para 1991 se esperaba que en ciertas áreas, el 10 por ciento de los abonados telefónicos fueran abonados móviles. En una perspectiva en un término grande, el radio celular usando tecnología digital llegará a ser la manera universal de comunicación para todos.

El concepto en el cual se basan los sistemas celulares es el de sub-dividir la zona de cobertura en zonas o celdas más pequeñas, a las cuales se les asigna una o más estaciones base.

A cada celda se le asigna un número determinado de frecuencias, que con una planificación apropiada de este limitado ancho de banda, pueden utilizarse nuevamente en otras celdas estas mismas frecuencias, cuya distancia mínima es la distancia co-canal o distancia de re-uso.

El radio de la celda se determina en función de las previsiones de tráfico, pero un radio típico va desde los 500 mts. hasta los 50 Km.

## **1.2 HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES INALAMBRICAS**

Las comunicaciones móviles en su origen, tuvieron un rápido desarrollo, principalmente debido a la invención del radio en los años 1800's. Los primeros en usar el radio móvil para diferentes aplicaciones tuvieron relación con los sistemas de navegación aérea y marítima, así como aplicaciones de tipo militar.

A continuación se detallan los hechos históricos más relevantes en el desarrollo de las comunicaciones inalámbricas.

- 1906 Reginal Fessenden transmitió exitosamente voz humana sobre ondas de radio, anteriormente a esto, todas las comunicaciones eran con código morse.
- 1915 J.A. Fleming a través de la invención del tubo de vacío hizo posible la implementación de radios móviles.
- 1921 El Departamento de Policía de Detroit instala por primera vez un radio móvil. La comunicación fue en un sentido.
- 1930 Los sistemas móviles constan de 2 trayectorias en AM, utilizando transmisión Half-dúplex (en un sentido) para un canal, para el final de la década se creció de 11 a 40 canales.
- 1935 Edwin Armstrong inventa FM mejorando la calidad de audio, reduciéndose la potencia necesaria para transmitir.
- 1940 La FCC clasifica a los servicios de radio como Domestic Public Land Mobile (DPLM).
- El primer sistema se realizó en Saint Louis en 1946 a 150 MHz

- El siguiente año en New York-Boston se usó la banda de los 35-40 MHz.

- 1947 D. H. Ring trabajando en los laboratorios Bell, crea el concepto de celular.
- 1948 Los laboratorios Bell inventaron el transistor y como consecuencia la miniaturización del equipo electrónico. Esto incluye por supuesto al equipo de radio.
- 1949 Las portadoras de radio comunes son reconocidas.
- 1949-1958 Los sistemas Bell hacen propuestas de los anchos de banda.
- 1964 AT&T introduce el Sistema de Telefonía Móvil Mejorada (IMTS).
- 1968 La FCC propone los nuevos requerimientos de espectro en USA.
- 1969 Los países nórdicos crean el primer grupo de estandarización internacional que se encarga de establecer las áreas de cooperación en telecomunicaciones. Este fue el primer paso a

la estandarización de las telecomunicaciones por todos los miembros del grupo NMT.

- 1973 El grupo nórdico de telefonía móvil (NMT) especifica las características para que los móviles se puedan localizar a través de redes, formando las bases para el roaming.
- 1979 La FCC autoriza la instalación y pruebas del primer sistema experimental de telefonía celular en USA (por la compañía telefónica Bell Illinois).
- 1981 Ericsson desarrolla el primer sistema celular (basado en estándares NMT) en Arabia Saudita.
- 1982 La Organización de Servicios de Telecomunicaciones Europeas (CEPT) crea GSM.
- 1983 El sistema de telefonía móvil avanzado (AMPS) se inicia el 13 de octubre en Chicago.
- 1984 La competencia es AT&T.

- 1984 Ericsson introduce el primer sistema celular inalámbrica en el mercado de USA en abril 2.
- 1985 La Oficina de Telecomunicaciones en Inglaterra permite la licencia para GSM.
- 1987 TDMA se selecciona como estándar para GSM.
- 1992 D-AMPS es implementado.
- 1996 La FCC en USA autoriza la licencia para PCS.

### **1.3 ESTÁNDARES DE LA PLATAFORMA AMPS/DAMPS**

El sistema Avanzado de Telefonía Móvil (AMPS) es la base sobre la que descansa el diseño celular. El estándar AMPS, Asociación de Industrias Electrónicas (Electronics Industries Association)/Asociación de Telecomunicaciones (Telecommunication Association) 553 (EIA/TIA 553), es el resultado de una serie de propuestas técnicas de AT&T que especifican las características generales de un sistema de comunicación inalámbrica efectivo y de gran escala.

El estándar Sistema Digital Avanzado de Telefonía Móvil (D-AMPS) fue establecido posteriormente y se basa en AMPS. La Asociación de Industrias en Telecomunicaciones (Cellular Telecommunications Industry Association (CTIA)) elaboró un documento UPR (Requerimientos de Desempeño del Usuario) que describía una nueva generación de equipo celular que tenía la habilidad de satisfacer los requerimientos de la industria celular. La CTIA aprobó la implementación del Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA) como la técnica elegida para la siguiente generación del sistema celular.

Las principales normas bajo las cuales se rige el funcionamiento de la telefonía, son emitidas y reglamentadas por las siguientes agencias:

### **1.3.1 Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) / Asociación de Industrias en Telecomunicaciones (TIA)**

La EIA es una asociación comercial fundada en 1924 que hace recomendaciones en temas sobre electrónica. La TIA es parte de la EIA y representa a compañías grandes y pequeñas que proporcionan materiales, productos, sistemas, servicios de distribución y servicios profesionales en comunicaciones, a los Estados Unidos y otros países del mundo. Establecida en 1988, la TIA funciona como la voz de la industria de manufactura en telecomunicaciones en las políticas públicas que afecten a sus miembros.

### **1.3.2 Comisión Federal de Comunicaciones (FCC)**

La dependencia gubernamental que controla la regulación de las comunicaciones en los Estados Unidos es la FCC. La FCC es una junta designada por la presidencia que regula todos los sistemas de comunicación eléctrica interestatal y extranjera originados en los E.E.U.U., incluyendo radio, televisión, facsímil, telégrafo, teléfono y sistemas de cable. Los reglamentos que conciernen a las telecomunicaciones se encuentran en el Artículo 47 del Código de Regulaciones Federales.

### **1.3.3 Unión Internaciones de Telecomunicaciones (ITU) / Conference European des Post Et Telecommunications (CEPT)**

La ITU es el equivalente europeo de la FCC y designa comités para discutir el uso de frecuencias y espectros. La Conference European Des Post Et Telecommunications (CEPT) establece también estándares principalmente para Europa.

### **1.3.4 Asociación de Industrias de Telecomunicaciones en Celular (CTIA)**

Fundada en 1984, la CTIA es la organización internacional que representa todos los elementos de las comunicaciones inalámbricas: celular, servicios

personales de comunicación, radio móvil mejorada especializada, transmisión inalámbrica de datos y transmisión móvil por satélite. La asociación está dedicada a promover la simplicidad de uso y los amplios servicios en comunicaciones inalámbricas para el beneficio de los consumidores.

#### 1.4 TÉRMINOS BÁSICOS

La figura 1.1 ilustra un Sistema de Telefonía Celular (CMS) automático controlado por una central telefónica.

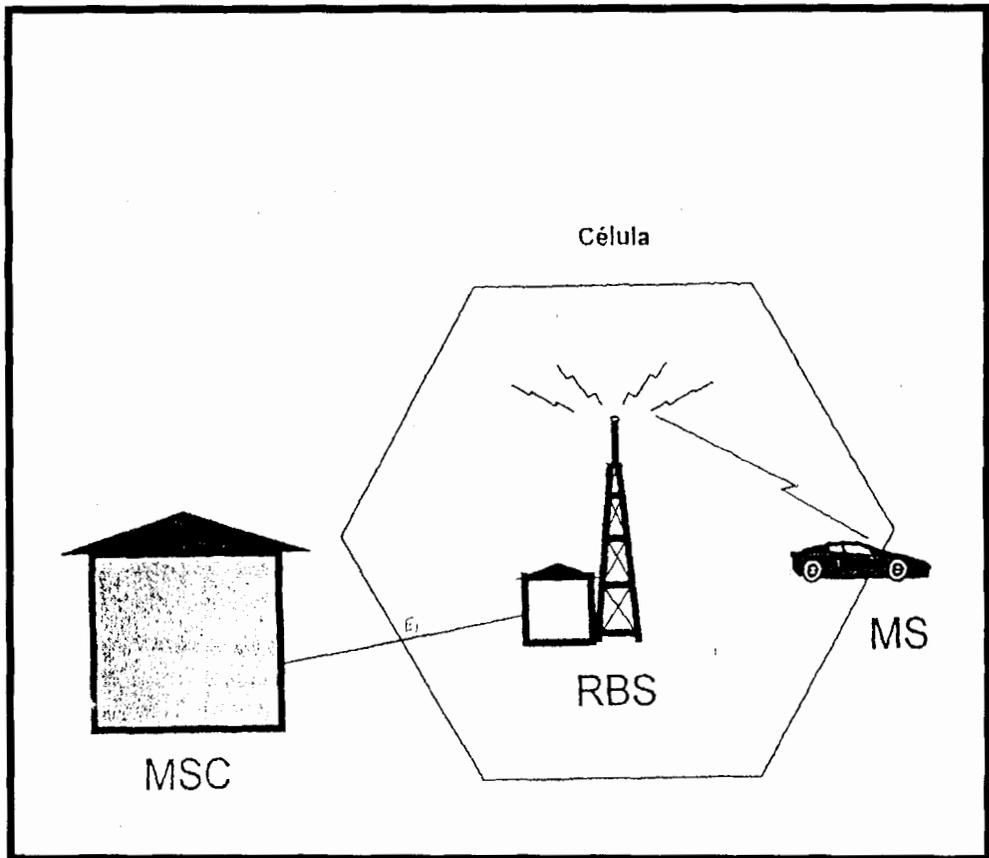


Figura 1.1.- Sistema celular básico

### 1.4.1 Central Telefónica

Aquí puede ubicarse uno o más Centros de Conmutación de Servicios Móviles (MSC's) en CMS. MSC consiste de una central telefónica AXE (es el mismo producto que el utilizado en telefonía fija) a la cual se incorpora el Subsistema de Telefonía Móvil (MTS).

En los Estados Unidos, donde se usa una terminología diferente, uno habla de la Oficina de Conmutación de Telefonía Móvil (MTSO) y se refiere a un MSC, también es denominada como Mobile Telephone Interexchange (MTX).

MSC constituye una interfaz entre el Sistema de Radio y la Red Pública de Conmutación Telefónica (PSTN). Las llamadas desde y hacia los abonados móviles son conmutadas por el MSC, el cual también provee todas las funciones de señalización necesarias para el establecimiento de las llamadas.

Con el objeto de obtener un radio de cobertura de un área geográfica dada, se requiere de un número de estaciones base, desde una (caso muy excepcional) hasta cien o más. Así, un área geográfica es llamada Área de Servicio MSC.

La estación base contiene unidades de canal. Cada unidad de canal está equipada con un transmisor de radio, un receptor de radio y una unidad de control. Una unidad de control se emplea para casos como la comunicación

de datos con el MSC y la señalización de datos con las estaciones móviles en la trayectoria de radio. La mayoría de las unidades de canal son unidades de canal de voz. Tal unidad de canal de voz es empleada para manejar una llamada a la vez. Dependiendo de cuántas llamadas simultáneas son manejadas por una estación base, el número de unidades de canal de voz puede ser mínimo (8 en el caso de una microcelda), mientras que en otras pueden ser de cien o más.

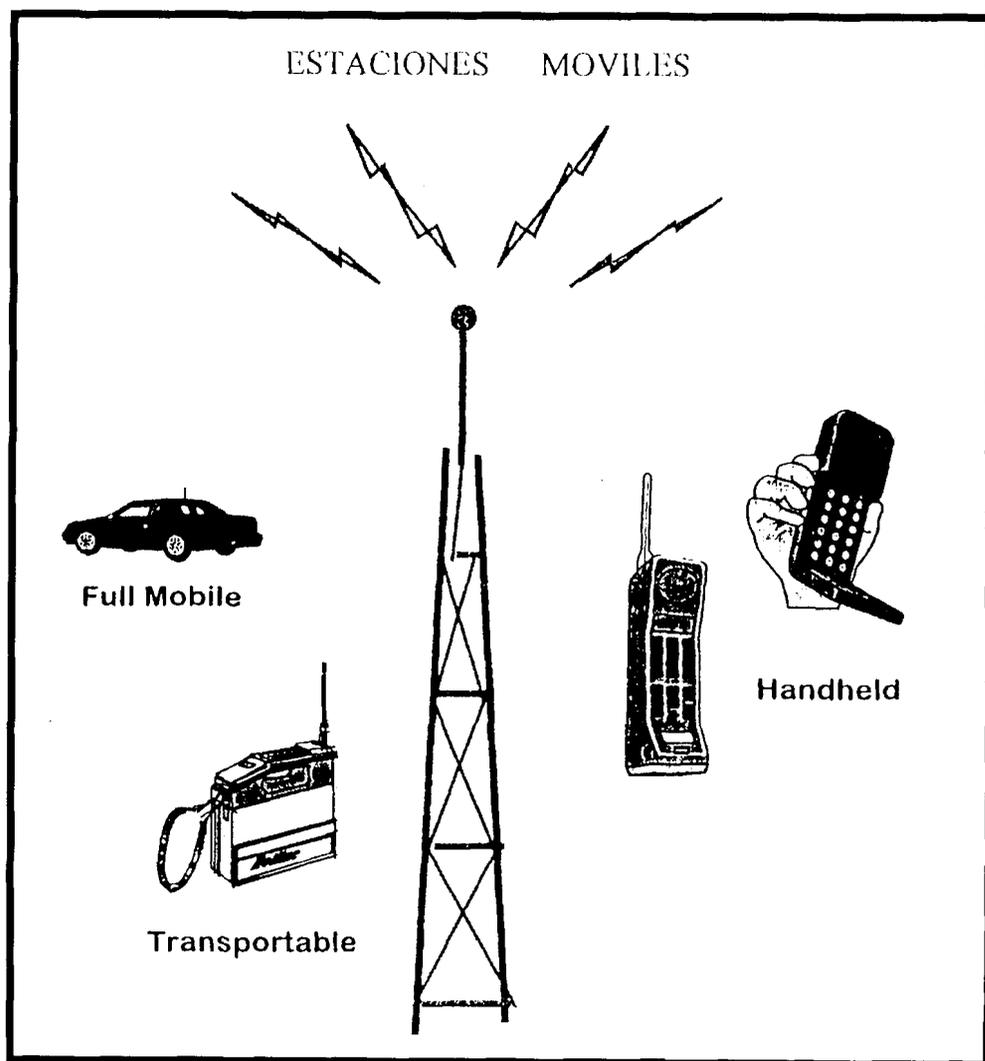
Cada estación base está conectada a un MSC, por medio de conexiones analógicas o digitales para comunicación de voz y datos.

#### **1.4.2 Estación Móvil**

La Estación Móvil (MS) un teléfono transportable, montado en el auto o de bolsillo, constituye el equipo de abonado, posee un transmisor y receptor de radio, una unidad lógica (figura 1.2) para la señalización de datos con la estación base, y una parte telefónica con teclas para marcar, micrófono, etc.

Cuando se ha establecido una llamada entre un abonado móvil y un abonado ordinario, la voz es transmitida por la trayectoria de radio entre la estación móvil y una unidad de canal de voz de la estación base, situada cerca de la estación móvil; entonces se dedica la conexión de línea de voz a esta unidad

de canal de voz. Finalmente, la voz es conmutada en el MSC hacia la PSTN, donde se encuentra normalmente el abonado ordinario.



*Figura 1.2.- Estaciones móviles*

Aún para una llamada entre dos abonados móviles cualesquiera que sean, la trayectoria de voz será establecida en el MSC.

Cuando se deteriora la calidad de transmisión durante una llamada en progreso, debido a que la estación móvil se mueve lejos de la estación base, se realiza un cambio automático de estación base (más apropiadamente, un cambio de célula). La conmutación de una llamada en progreso de una estación base a otra se conoce como HANDOFF o HANDOVER. La voz será transmitida desde el MSC en una nueva conexión de línea de voz vía la otra estación base, lo cual implica una reelección del modo de conmutación en el MSC.

Los abonados móviles y sus estaciones móviles están conectados (en datos) en el MSC, para entre otras cosas, propósitos de tasación, administración de los parámetros de los abonados (categorías, features, etc.)

### **1.4.3 Estación Base y la Célula**

La Estación Base (BS) es capaz de comunicarse con cualquier estación móvil, mientras se mueva dentro de una cierta área cerca de ésta.

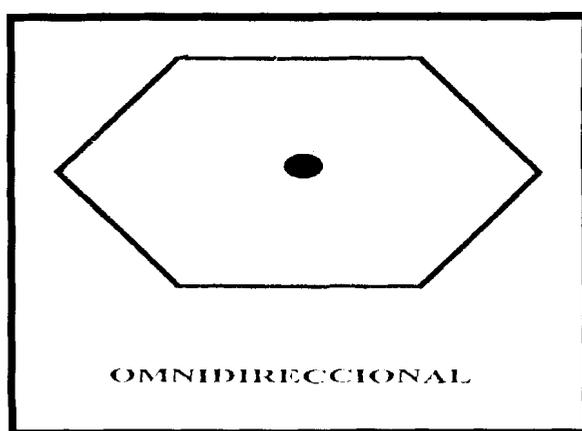
Dependiendo del tipo de antenas de transmisión empleadas por la estación base, se pueden cubrir una o más áreas por una estación base. Tales áreas son llamadas células.

Entre los tipos más comunes de células están las siguientes:

- Células omnidireccionales
  
- Células sectorizadas

### 1.4.3.1 La Célula Omnidireccional

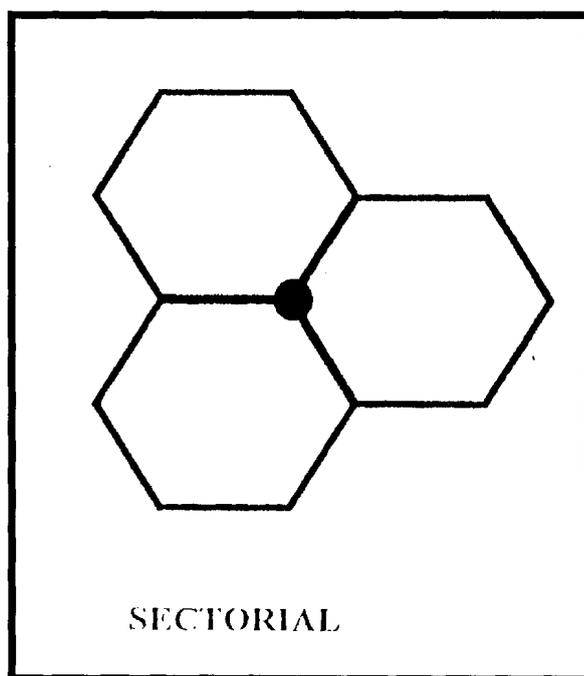
En este caso, la estación base, está equipada con una antena omnidireccional transmitiendo igualmente en todas direcciones. Entonces, un área en forma circular será cubierta, con la estación base localizada en el centro (figura 1.3). Una estación móvil contenida en esta área tendrá normalmente una “buena” conexión de radio con la estación base. Cuando se presenta una célula en un dibujo, normalmente se usa un hexágono (figura 1.3).



*Figura 1.3.- Célula omnidireccional*

### 1.4.3.2 La Célula Sectorizada

En este caso, la estación base está equipada con tres antenas direccionales, cada una cubriendo una célula sectorial de  $120^\circ$  grados (figura 1.4). En cada una de las estaciones base, algunas unidades de canal están conectadas a una antena cubriendo a una célula sectorial, otras unidades de canal a la segunda antena, y el resto a la tercer antena. Entonces, una estación base sirve a tres células sectoriales. Por supuesto, esto no siempre es necesario para las tres células sectorizadas dadas. En algunos casos, sólo se necesita una antena sectorizada para cubrir por ejemplo, una carretera.



*Figura 1.4.- Célula sectorizada o sectorial*

Cuando se muestran células sectorizadas, se dibujan tres hexágonos, uno para cada célula, con la estación base localizada en la esquina de cada hexágono (figura 1.4). Aquí (figura 1.4), uno puede ver también que, con el objeto de obtener cobertura total, las células deben traslaparse unas con otras. Esto se aplica para las células vecinas en cualquier lugar.

#### 1.4.4 Canales de Radio

El canal de radio es una trayectoria bidireccional de transmisión de radio entre la estación móvil y la estación base (figura 1.5).

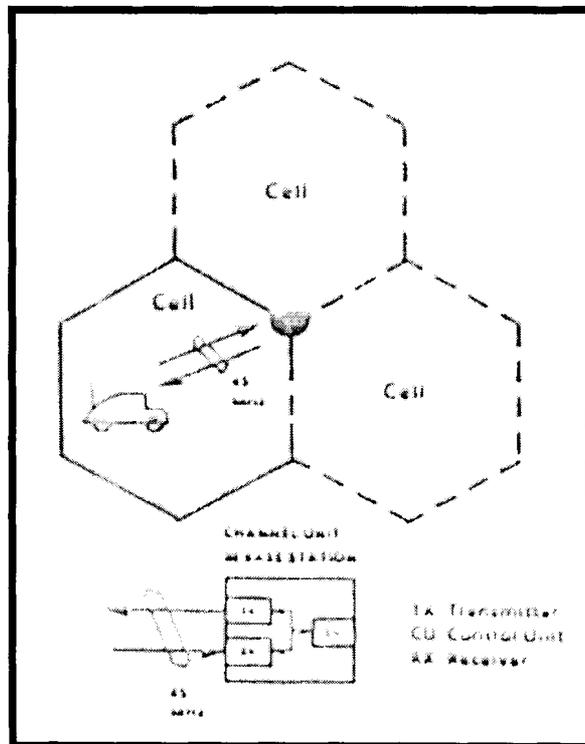


Figura 1.5.- Canal de radio

Un canal usa frecuencias de radio separadas, una para la transmisión de la estación móvil y otra para la transmisión de la estación base. Cada canal es llamado canal duplex. La distancia entre esas dos frecuencias, una distancia duplex, es siempre la misma 45 MHz.

Cada canal de radio tiene su unidad de canal en una estación base. Su transmisor (TX) trabaja normalmente a la frecuencia de transmisión preseleccionada (la cual no cambia). Lo mismo se aplica, por supuesto, para el receptor (RX).

La estación móvil tiene solamente un transceiver (transmisor/receptor) el cual es sintonizado a un canal de radio en un tiempo. Sin embargo, puede cambiar de canal automáticamente (cambiando de frecuencia) y sintonizarse a cualquiera de los canales de radio especificados en el sistema.

Todos los canales de radio en la misma célula trabajan a diferentes frecuencias. También sus células vecinas usan otras frecuencias. Esto es porque podría ocurrir interferencia debido a que las células vecinas se traslapan. Sin embargo, se emplean los mismos canales de radio en células suficientemente separadas unas de otras geográficamente. Esto se llama re-uso de canal y permite la instalación de una alta capacidad de tráfico por unidad de área.

Existen dos tipos de canales:

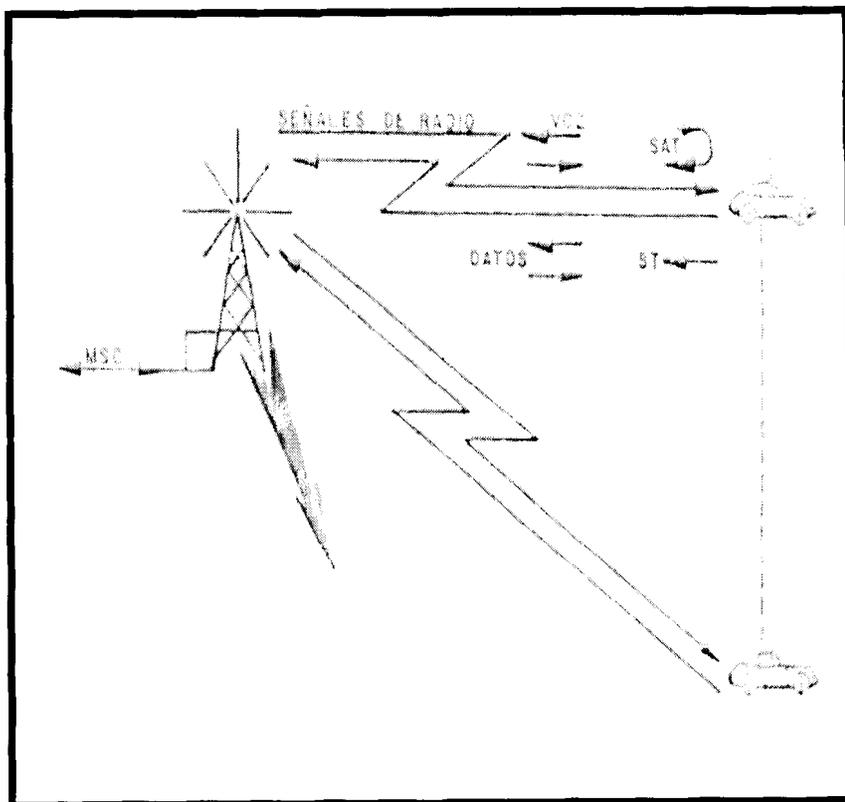
- Canales de voz (VC).
  
- Canales de control (CC).

#### **1.4.4.1 Canal de voz**

Un canal de voz (VC) será seleccionado (en datos) y será tomado por la MSC, durante el procedimiento de establecimiento de una llamada (figura 1.6). El canal seleccionado llevará la conversación. Cuando la conversación finalice, el canal estará libre para la próxima conversación. Esto se administra por el MSC, el cual guarda una lista (en datos) de todos los canales y de sus estados (libre, ocupado, bloqueado, etc.)

Cuando un canal de voz llega a estar libre, el transmisor de la unidad de canal de voz en la estación base se apaga. Cuando un canal de voz es tomado, el transmisor es encendido. Estas acciones son ordenadas por la MSC.

Son varios canales de voz en cada célula, normalmente entre 5 y 30.



*Figura 1.6.- Canal de Voz*

Además de la voz, se puede agregar otra información en un canal de voz, como la que sigue:

- Tono de Supervisión de Audio (SAT).- Este tono es usado para la supervisión de la calidad de transmisión. El SAT se envía siempre que el transmisor de la unidad de voz ha sido iniciado, en otras palabras es enviado continuamente, durante la transmisión de voz. Puesto que la frecuencia del SAT está muy por debajo de las frecuencias de voz, no

habrá interferencia. El SAT es enviado desde la Unidad del Canal de voz en la estación base y regresado en la estación móvil.

➤ Datos.- Los datos son enviados en situaciones específicas, como por ejemplo, durante el “handoff”. Esto provoca un corte pequeño en la conversación, el cual es prácticamente desapercibido. Los datos pueden ser enviados por:

- La estación móvil.
- EL MSC vía la unidad de canal en la estación base.
- La Unidad de Canal en la estación base.

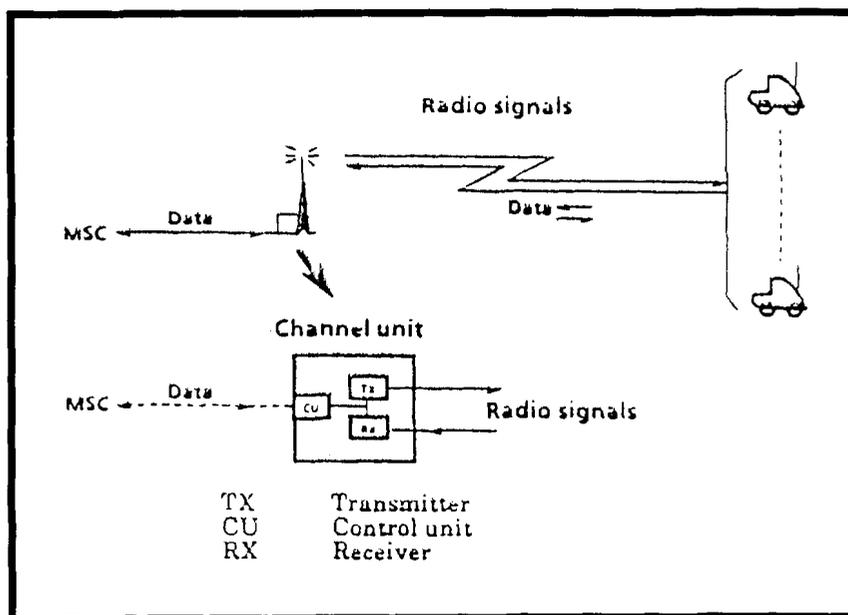
➤ Tono de Señalización (ST).- El tono de Señalización, que sirve como “Señalización de Línea”, se envía sólo desde el abonado móvil, por ejemplo, durante el establecimiento de una llamada y el handoff.

#### **1.4.4.2 Canal de Control**

Normalmente existe sólo un canal de control (CC) en cada célula. Así, una estación base sirviendo a una célula omnidireccional está equipada con una

unidad de canal de control, y una estación base sirviendo a tres células sectoriales se equipa con tres unidades de canal de control respectivamente.

El canal de control sólo es usado para:

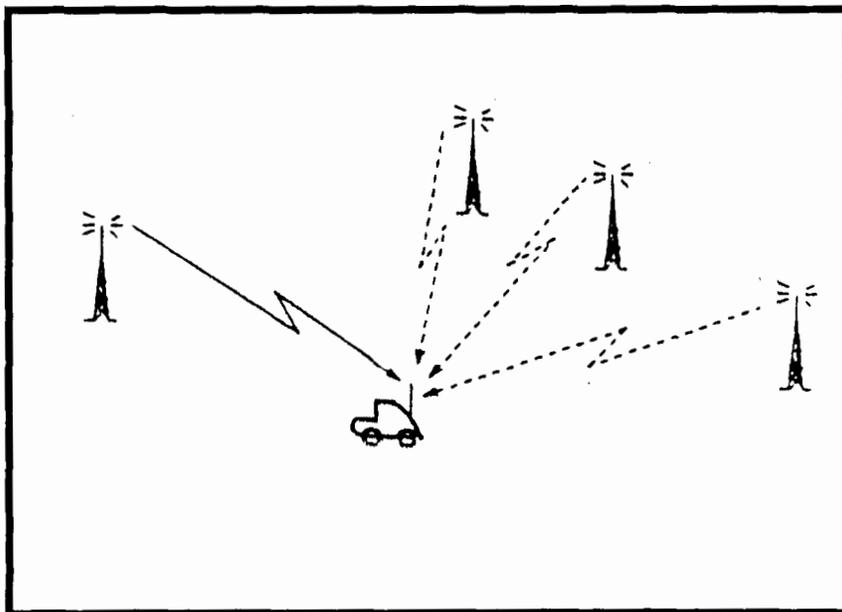


*Figura 1.7.- Canal de Control*

Una estación móvil estando en una célula, y sin estado de conversación, está siempre sintonizada al canal de control de esta célula, supervisando el flujo continuo de datos (figura 1.7).

El voceo, el cual es una llamada a un abonado móvil, será enviado por este canal. Esta es la causa de que la función del canal de control en la dirección hacia una estación móvil sea comúnmente llamada:

- Voceo en el Canal de Control (PC)



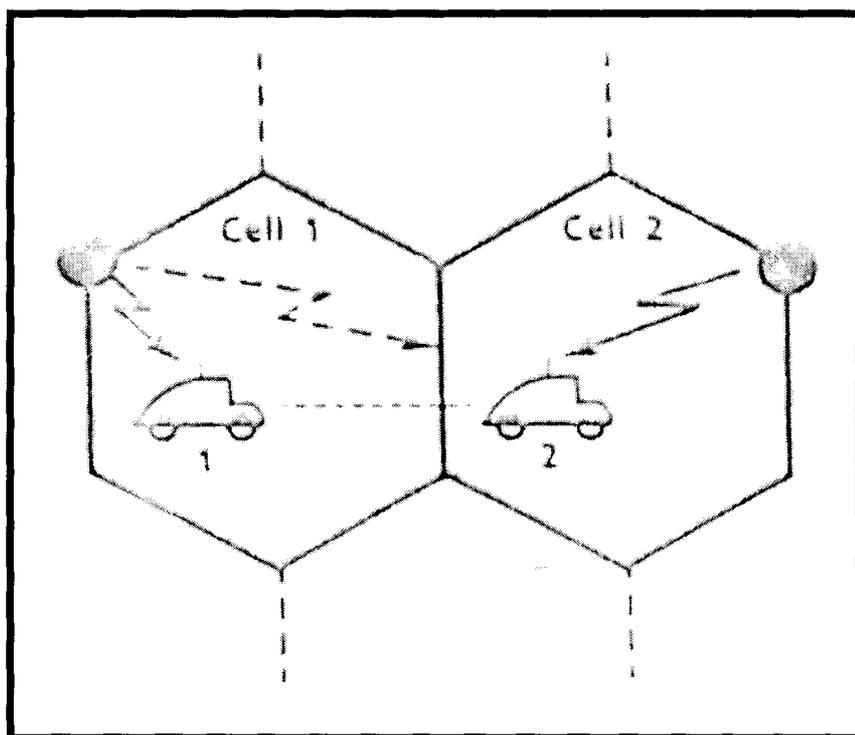
*Figura 1.8.- Voceo (Paging) en el Canal Control*

Cuando un abonado ha marcado un número para hacer una llamada, la estación móvil envía la información de acceso al MSC (vía una estación base). Ese es el por qué de la función del canal de control, la comunicación en la dirección desde la estación móvil es llamada (figura 1.8).

- Acceso en el canal de control (AC)

Puesto que el PC es usado en una dirección, y el AC en la otra; el canal recibe el nombre de canal de voceo y acceso combinado (PAC). El lector debe saber que se encuentra muy aparte de otra información enviada en un canal de control, no sólo voceo y acceso.

La estación móvil, cuando se está moviendo en estado libre desde una célula a otra, eventualmente “perderá” la conexión de radio en el canal de control y tendrá que sintonizarse al canal de control de la “nueva” célula (figura 1.9).



*Figura 1.9.- Acceso a un canal de control vecino*

El cambio del canal de control (o sintonía inicial), se da mediante un rastreo automático de todos los canales de control en operación en el sistema celular. Cuando un canal de control con buena calidad de recepción es encontrado, la estación móvil queda sintonizada en este canal hasta que la calidad se deteriora de nuevo. De esta manera todas las estaciones móviles están siempre en contacto con el sistema.

# **CAPITULO II**

## **GENERALIDADES DEL DISEÑO DE MICROCELDAS**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

Para una operadora celular es de gran importancia el poder garantizar ofrecer un buen servicio en toda la ciudad, además de poder manejar un tráfico en constante crecimiento en ciertas áreas claramente determinadas.

Con esto en mente, se ha pensado en soluciones rápidas y eficientes que no signifiquen para la empresa la inversión a realizarse en la infraestructura que conlleva construir una radiobase para un fin específico como es el de ofrecer cobertura, o proveer de canales que permitan satisfacer un tráfico en aumento.

Las microceldas surgen como una tecnología que es una alternativa para dar servicio en áreas específicas como centros comerciales, aeropuertos,

plazas, túneles, etc.; para ofrecer servicios especiales de mercadeo como el SMS (Short Message Service), y finalmente para manejar el tráfico que genera un área con una alta concentración de abonados, tráfico que congestiona las macroceldas instaladas alrededor.

## 2.2 MICROCELDAS

Una microcelda posee una cobertura pequeña, en la mayoría de casos una cuarta parte de la cobertura de una macrocelda, así mismo, posee una potencia inferior a la de una radiobase (figura 2.1).

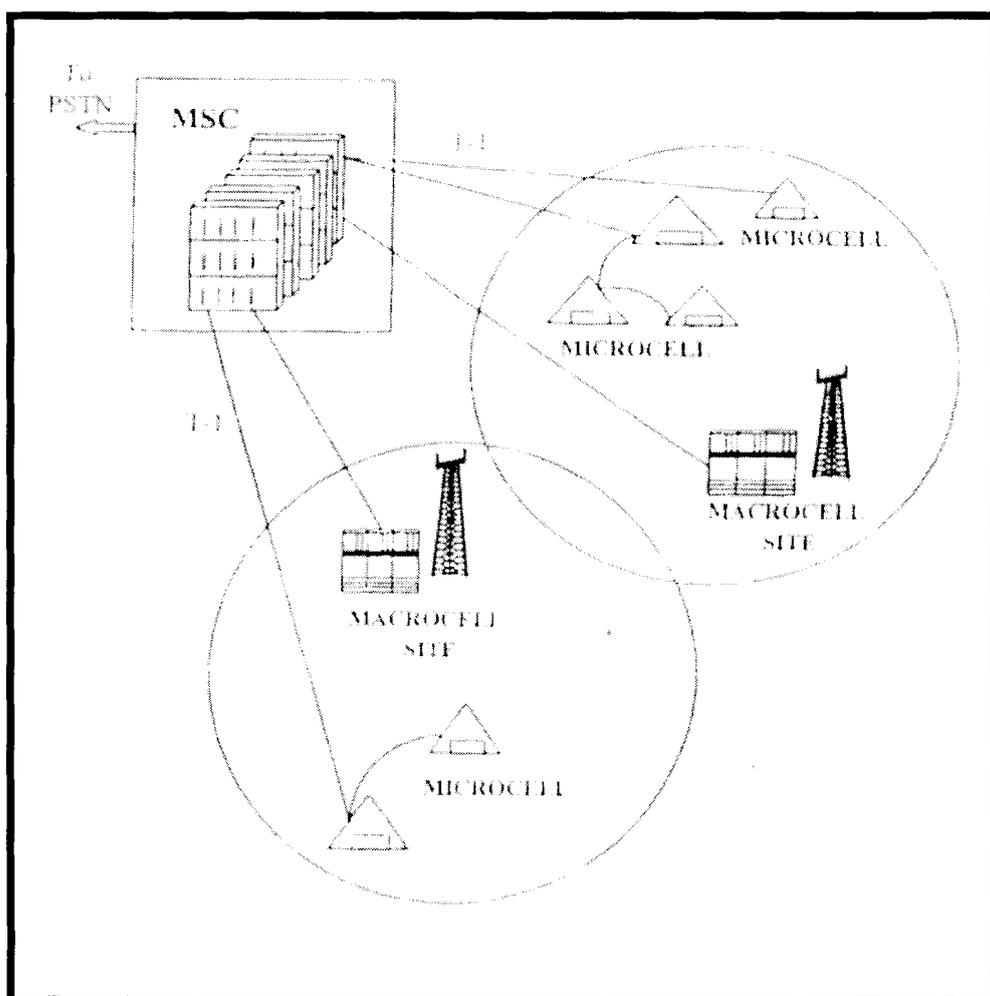


Figura 2.1.- Microceldas en un sistema celular básico

Las microceldas pueden ser instaladas tanto en ambientes interiores como en ambientes exteriores, dependiendo de la aplicación para la cual va a ser diseñada. Dentro de las consideraciones que se toman para el diseño de una microcelda se encuentra el número de canales con los cuales va a funcionar, los cuales generalmente varían entre 8 y 24 canales.

Las microceldas pueden ser divididas en dos categorías, dependiendo de la aplicación para la cual será diseñada, se tienen a) microceldas para ambientes exteriores y b) microceldas para ambientes interiores.

### **2.2.1 Microceldas para ambientes exteriores**

Una microcelda para ambientes exteriores está diseñada para cubrir una sección de una carretera, una calle, un callejón, esquinas de cuadras, intersecciones de calles, túneles o limitadas partes de edificios vecinos. La ubicación de la estación base generalmente se encuentran en azoteas de edificios, en una estructura que la protege de las inclemencias del clima, además de proveer a la microcelda del ambiente necesario para su correcta operación.

### **2.2.2 Microceldas para ambientes interiores**

Su diseño provee cobertura en una porción de un edificio como un corredor o un piso. La estación base para una microcelda para un ambiente interior está localizada dentro del edificio, y las antenas pueden ser instaladas en el cielo raso o losa (dependiendo del caso) o en una pared.

## **2.3 OBJETIVOS A CONSEGUIR CON LA INSTALACIÓN DE UNA MICROCELDA**

Lo que se pretende conseguir con la instalación de una microcelda se pueden resumir en:

- Mejorar la cobertura en áreas donde las macroceldas existentes no poseen buenos niveles de señal, con esto se mejora el desempeño de la red celular y optimiza su diseño.
- Con la puesta al aire de una microcelda, se aumenta la capacidad de los canales disponibles para los abonados, a más de los que posee la macrocelda.
- Desde el punto de vista de mercadeo, puede proveer servicios especiales a abonados.

### **2.3.1 Celdas para mejorar cobertura**

Existen áreas que se encuentran en los límites de cobertura de una macrocelda, o en áreas con sombra de cobertura, debido a esto, poseen bajos niveles de señal o no poseen un buen servicio celular. La aplicación de la microcelda tendría que contar con un canal de control, el cual permitiría a las estaciones móviles acceder al sistema, ya que por los bajos niveles de señal de las macroceldas existentes, no existe una única celda servidora; en algunos casos, existen varias celdas que son servidoras, pero en todos ellos, las llamadas se realizan con bajos niveles de señal, lo cual se acentúa con la pérdida que es ocasionada por los materiales de construcción, de ahí la importancia de instalar una microcelda para mejorar cobertura, asegurar un buen y completo servicio para el operador celular en el área.

### **2.3.2 Celdas para incrementar capacidad**

Estas microceldas se instalan para aumentar la capacidad de los canales en un área con alto tráfico como pueden ser: aeropuertos, bahías, centros comerciales, intersección de autopistas (figura 2.2), hospitales, bancos, etc.



*Figura 2.2.- Microcelda en una autopista*

Este tipo de aplicación de microceldas se pueden diseñar de dos tipos: a) con canal de control, y b) sin canal de control.

a) Microceldas con canal de control.- Este tipo de diseño permite el acceso directo de los móviles a la microcelda, en un área en la cual existen una o varias macroceldas que son servidoras; pero por poseer mejores niveles de señal la microcelda, esta absorbe el tráfico que puede sin problemas dirigirse a las macroceldas, pero ocasiona la congestión de las mismas.

b) Microceldas sin canal de control.- El no poseer un canal de control para la microcelda implica que los accesos se realizarán en la macrocelda, pero, este tráfico entrante se canalizará a la microcelda,

con lo cual, la macrocelda queda con canales libres para aceptar más llamadas; esto significa incrementar la capacidad de la red celular.

Para los dos diseños mostrados se debe tener especial cuidado en la asignación de frecuencias a las microceldas, para evitar cualquier tipo de interferencias entre las macroceldas de la red celular; además de fijar los parámetros de handoff, los cuales serán descritos más adelante, que serán muy importantes para canalizar correctamente el tráfico desde y hacia la macrocelda, e incluso a macroceldas vecinas.

### **2.3.3 Celdas para ofrecer servicios especiales**

Las microceldas pueden ser instaladas basadas únicamente en un estudio de mercadeo, el cual respalda la construcción de esta celda en ofrecer servicios adicionales a los que actualmente existen (identificador de llamada, casillero de voz, roaming, entre otros) como son: servicio de mensajes cortos (SMS), áreas de tarificación (charging areas), entre otros; en un área con gran afluencia de abonados, como por ejemplo: centros comerciales, aeropuertos, estadios, etc.

Entre los servicios que se pueden ofrecer en el centro comercial, se encuentran anuncios publicitarios, utilizando la tecnología SMS (Short Message Service). Estos anuncios pueden ser negociados entre los locales comerciales.

Otro de los servicios que se pueden proveer a los abonados del operador celular que se encuentren dentro del centro comercial, se centraría en ofrecer un costo de llamada por segundo mucho más barato al facturado, si se realizara la llamada fuera del centro comercial, y por ende, con otra macrocelda o microcelda.

## **2.4 CARACTERÍSTICAS DE PROPAGACIÓN DE RF**

El ambiente radio es muy importante en el diseño de las microceldas, de ello dependerá el evitar interferencias con otras macroceldas o microceldas, si se diera el caso; además de establecer los límites de cobertura que tendrá la microcelda, con lo cual se evitarían accesos no deseados por encontrarse fuera del área de servicio deseada, o en el otro caso, aumentar su cobertura de tal manera que su área de servicio sea la que originalmente se pensó.

### **2.4.1 Predicciones preliminares**

Realizando una predicción del comportamiento a nivel de RF, se puede estimar la mejor ubicación para las antenas, así como concluir de una manera aproximada la pérdida que se va a tener por la atenuación de los materiales en la edificación.

## **2.4.2 Predicción de RF para ambientes interiores**

Debido a la gran diversidad que existe actualmente en los materiales de construcción que se utilizan en las edificaciones, es necesario el realizar un estudio de la pérdida que aportará cada material en los niveles de señal de la microcelda a instalar, esto nos ayudará en la selección del sitio tanto para colocar la estación base, como para la ubicación de las antenas.

### **2.4.2.1 Información obtenida en base a la estructura de la edificación**

La información que se obtenga de la estructura de la edificación es de importancia para la planificación de microceldas; hablamos de planos de anteproyectos, así como de una especificación de los materiales a utilizarse en la edificación.

A continuación se presentan los requerimientos acerca de la edificación que se necesitan como paso previo para la predicción de RF y la planificación de la microcelda:

- Planos de todos los pisos de la edificación:

En estos se deben detallar todas las paredes, y si es posible especificar el tipo de material a utilizarse. La escala con la cual se realizó el anteproyecto se la debe conocer con precisión.

- Datos de la separación de los pisos:

Cuando se diseña una microcelda para un edificio con muchos pisos, es importante conocer la separación entre estos. Esta información se puede obtener de mediciones en el campo, o, de un corte vertical al anteproyecto de la edificación.

- Materiales de paredes interiores:

Se debe detallar qué materiales se utilizaron en las paredes interiores, sean estos concreto, planchas de yeso, madera, vidrio, balsa, etc. Si se utilizaron materiales diferentes a los cuales se tiene conocimiento de la pérdida que ocasiona a la señal, se realizará una estimación de cada tipo de pared interior en la edificación.

- Materiales de paredes exteriores:

Se necesita conocer la composición de las paredes exteriores, ya sean estos vidrio, concreto, bloque, ladrillo, etc.; así como el tamaño y ubicación de las ventanas.

- Muebles y ocupantes:

El conocimiento de la cantidad, así como el tipo de material de muebles u otros objetos dentro de la edificación, es necesario para una predicción de Radiofrecuencia. También se tiene que considerar, una estimación de la densidad de población de la edificación.

- Ambiente externo:

Se debe realizar un estudio de las edificaciones circundantes, para determinar el tamaño de las mismas, y la distancia a las cuales se encuentra de la edificación en la cual instalaremos la microcelda.

Toda la información que se ha explicado se debe recopilar, es de gran ayuda al realizar las predicciones de la propagación de la señal en los interiores de la edificación, ya que cuando ocurran diferencias con los resultados de las mediciones, se debe interpretarlas y explicarlas.

### 2.4.2.2 Materiales de construcción de la edificación

Existe una gran diferencia en la consideración de la atenuación de la señal de radio entre los diferentes tipos de materiales comúnmente utilizados en la construcción de una edificación. Algunos libros han demostrado que en el rango de los 800 MHz – 900 MHz, la atenuación puede variar de aproximadamente 1 dB para paredes hechas de vidrio o yeso delgado, a 40 dB para paredes o pisos hechos de concreto reforzado.

Los modelos empíricos están basados en mediciones tomadas en edificaciones de construcción estándar, con pisos hechos de concreto reforzado (de diferente grosor) y con paredes hechas de materiales típicos para los tipos de construcción que fueron investigados.

La siguiente lista provee una descripción de los materiales de paredes interiores en algunos de los diferentes tipos de edificaciones.

- Aeropuerto: La mayoría de las paredes son hechas de concreto reforzado o ladrillos. Únicamente unas pocas paredes son hechas de planchas de yeso, madera o vidrio.

- Centro de Convenciones: Existe una amplia variedad en los materiales y grosor de las paredes. Las paredes divisorias entre las salas de conferencias son hechas de planchas de yeso, y otras paredes están hechas de concreto.
- Casino: Los materiales usados para las paredes consisten a menudo de planchas de yeso, madera o vidrio. Existen algunas paredes de concreto en las áreas correspondientes a restaurantes.
- Oficina: Las paredes son hechas exclusivamente de planchas de yeso con estructura de metal, o en algunos casos de madera. Partes de las paredes pueden estar hechas de vidrio (en su mayor parte reforzado)

En una oficina típica en nuestro país, existen además, pequeñas paredes divisorias (aproximadamente de 1.5m de alto.) Los modelos de predicción asumen alturas de las antenas mayores a la altura de las paredes divisorias.

- Centros Comerciales: Las paredes tanto interiores como exteriores poseen una estructura de hormigón armado, y en algunos casos también se encuentra este material en los techos, lo que

produce que la propagación de la señal se atenúe considerablemente en ambientes interiores.

- Área de Parquadero: Las paredes son usualmente de concreto.

Los datos obtenidos de los niveles de señal, junto con el plan de frecuencias de las macroceldas vecinas y la predicción de cobertura de radiofrecuencia en interiores nos servirán para planificar de manera correcta las microceldas.

Se obtendrá un gráfico de los niveles de señal de la celda servidora en cada habitación o piso de la edificación; así como un estudio de los niveles de señal de todos los canales de control de la red celular, para efectuar un gráfico presentando los niveles de interferencia co-canal que se puedan dar en todos los puntos de medición.

### **2.4.3 Predicción de RF para ambientes exteriores**

Para los ambientes exteriores la predicción se obtiene combinando las diferencias coberturas de las macroceldas circundantes y de las microceldas, en algunos casos se pueden dar que existan microceldas únicamente.

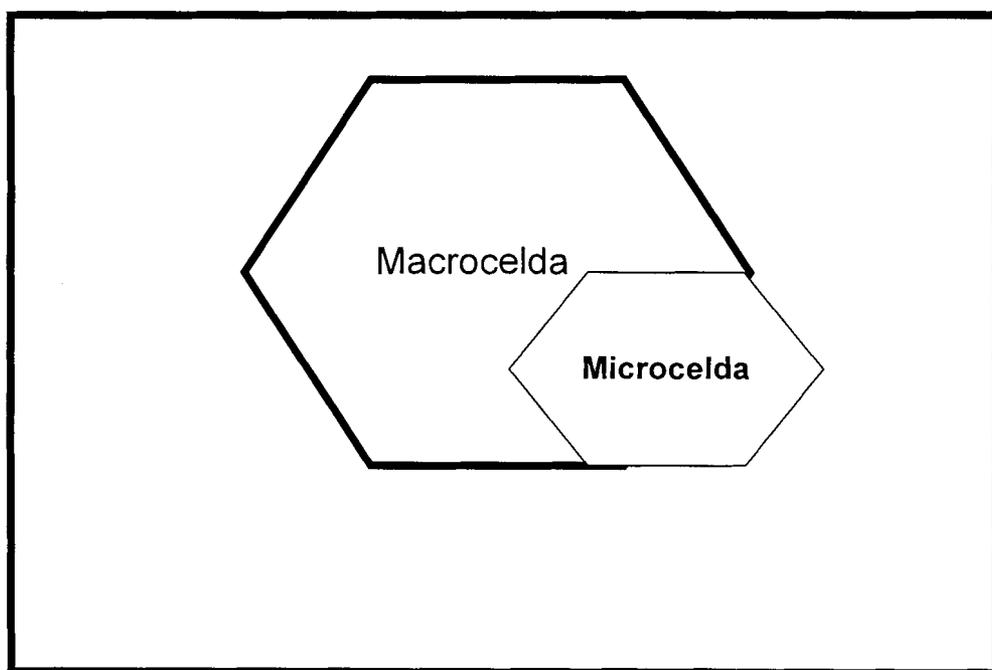
A continuación se detallan distintas combinaciones que se encuentran en una red celular, entre las microceldas y macroceldas.

### 2.4.3.1 No existe cobertura de macroceldas

Para este caso es muy importante el instalar microceldas, debido a que no existe servicio celular. El único canal de control que existiría sería el de la o las microceldas instaladas, por lo cual, las interferencias co-canales de macroceldas cercanas serían mínimas. Los handoffs se producirían únicamente entre las microceldas, si fuere el caso de que existiera más de una.

### 2.4.3.2 Cobertura parcial de macroceldas

Para este caso, la microcelda está ubicada en el área de servicio de una macrocelda, pero para aplicaciones interiores la macrocelda no poseerá buena cobertura en la edificación, de ahí la principal aplicación de la microcelda en este caso (figura 2.3).



*Figura 2.3.- Cobertura parcial de una Macrocela*

Como lo había mencionado, el principal objetivo en este caso, es el de proporcionar cobertura en partes del edificio, si no es el caso de cubrirlo completamente, donde la macrocelda servidora no posea buena cobertura. El canal de control de la macrocelda servidora será en ciertas partes más fuerte que el canal de control de la microcelda, lo cual representa que se darán accesos a la macrocelda mientras el abonado móvil se encuentre dentro de la edificación.

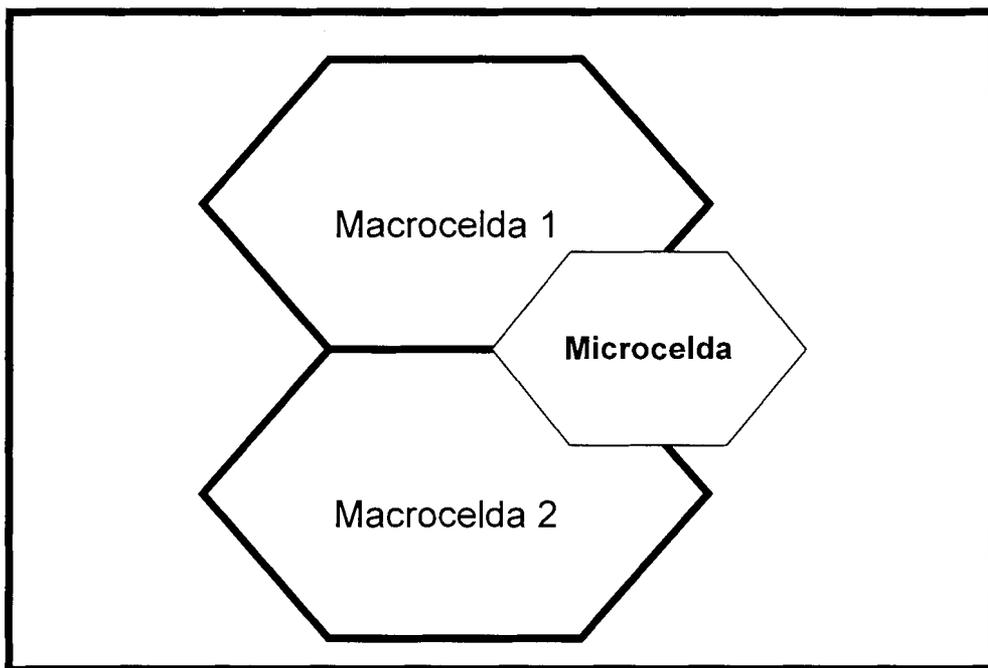
Los handoffs ocurrirán entre las microceldas, si existiera más de una, y la macrocelda. También se pueden presentar problemas de interferencias, si no se ha aplicado correctamente la planificación de frecuencias.

#### **2.4.3.3 Cobertura parcial de una o más macroceldas**

La edificación donde está instalada la microcelda se encuentra en el área de cobertura de algunas probables macroceldas servidoras, por lo tanto, en la mayor parte del interior y exterior de la edificación los canales de control de estas, tendrán accesos (figura 2.4).

Los handoffs que se podrían dar serían desde la microcelda a otra microcelda, o hacia alguna macrocelda; además de existir handoffs entre las macroceldas o hacia las microceldas en la edificación.

Se necesita realizar un análisis de interferencia y cobertura para este caso.



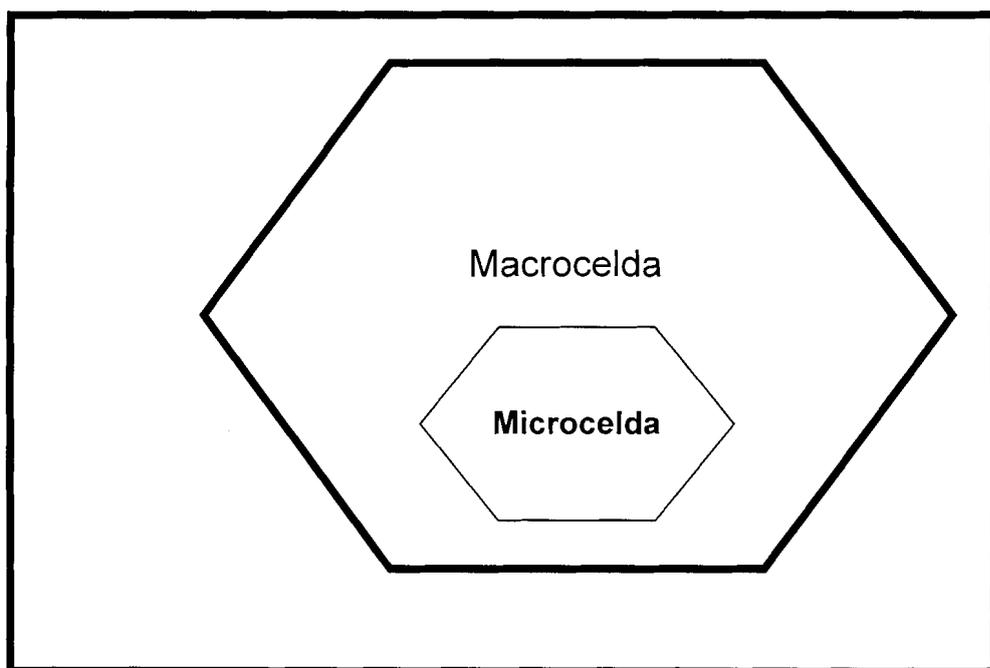
*Figura 2.4.- Cobertura parcial de más de una Macrocela*

#### **2.4.3.4 Cobertura completa de macroceldas**

La edificación está completamente cubierta por una macrocelda, por lo tanto, esta se encontrará probablemente muy cerca de la posición de la microcelda (figura 2.5).

Debido a que la edificación se encuentra cubierta por una macrocelda, la intensidad de señal del canal de control de esta será alta, lo cual perjudicará los accesos que tenga la microcelda, ya que estos serán difíciles o imposibles.

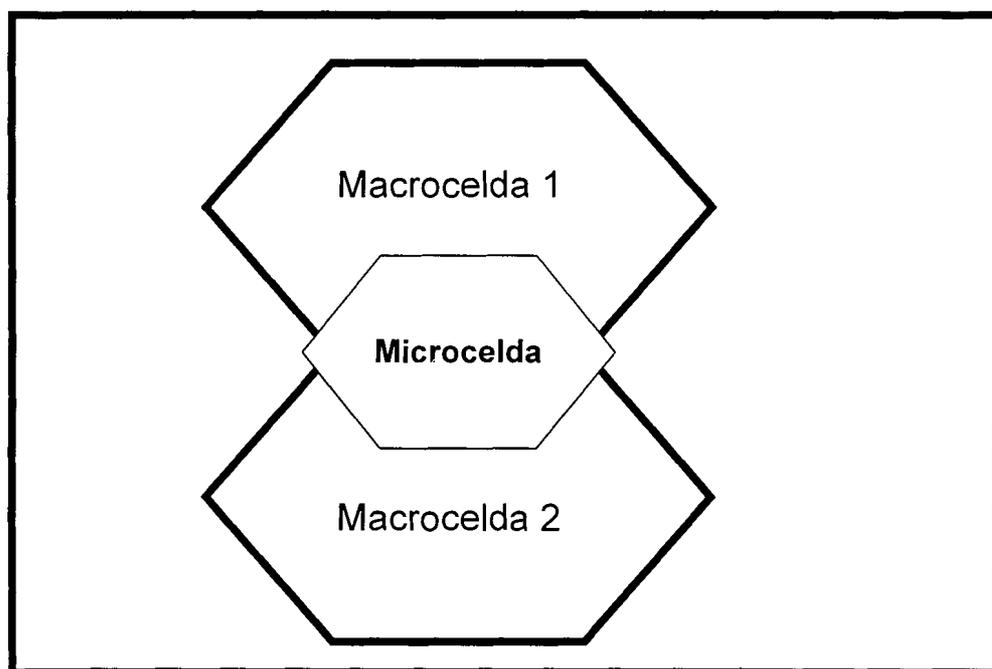
Si la intensidad de señal del canal de control de la macrocelda, es más fuerte que el canal de control de la microcelda en interiores, entonces será imposible realizar intentos de llamada en la microcelda; estos intentos se realizarán con la macrocelda, pero como la función, en este caso, de la microcelda es liberar tráfico, se necesita que todas las llamadas se dirijan a la microcelda, por lo tanto, los handoffs que se realicen de macrocelda a microcelda se darán únicamente si se tiene definido un valor alto de SSH (Intensidad de señal para Handoff) y, además, tener definida una SSHYN (histéresis negativa); todos estos parámetros se definirán más adelante.



*Figura 2.5.- Cobertura completa de una Macrocelda*

### 2.4.3.5 Cobertura total de macroceldas

Para este caso, la microcelda está localizada en el borde de dos o más macroceldas (figura 2.6). Como la intensidad de señal de los canales de control de las macroceldas es superior a la intensidad de señal de canal de control de la microcelda, los accesos a esta serán difíciles. Se debe tener en consideración variar los parámetros SSH y SSHYN, como ya se mencionó en el caso anterior, para que exista la correspondiente liberación de tráfico de las macroceldas, debido a esto, ocurrirán handoffs de micro a micro (si existiera más de una microcelda en la edificación), micro a macro, macro a macro y macro a micro.



*Figura 2.6.- Cobertura completa de más de una Macrocelda*

## 2.4.4 Predicción de atenuación en la edificación

Cuando la información recopilada para una edificación indica que pertenece a uno de las edificaciones genéricas típicas que se mencionaron con anterioridad, el correspondiente modelo puede ser usado para hacer predicciones de pérdida de las señales de radio. El modelo provee de una predicción promedio de pérdida para un área alrededor de la posición de predicción (por ejemplo, un pequeño cuarto o una parte de un gran salón o corredor).

### 2.4.4.1 Atenuación debida al cuerpo humano y densidad de público

Con el aumento de teléfonos portátiles, los efectos del cuerpo humano deben ser tomados en cuenta, ya que afecta tanto a la pérdida de propagación como al desvanecimiento (figura 2.7).



*Figura 2.7.- Aeropuerto con alta densidad de público*

Investigaciones técnicas indican que el incremento de la pérdida de propagación causada por la cabeza es de 4 dB en el caso de no tener línea de vista con la celda (NLOS), y 6 dB en el caso de tener línea de vista (LOS) con la celda. La pérdida de propagación adicional cuando el teléfono está guardado en el estuche con 1 antena recogida es de 14 dB. Estos valores dependen del tipo de móvil utilizado.

Se deben tener los casos extremos de ubicación de las estaciones móviles para el diseño de una microcelda, como por ejemplo, cuando la estación móvil está colocada dentro de una cartera, debe existir el requerimiento mínimo de que la estación móvil pueda responder a un voceo (timbre) aunque la intensidad de señal sea mala, pues se asume que la abonada al recibir la llamada toma el teléfono de la cartera y la señal mejorará.

Si es posible, se deben hacer mediciones de propagación cuando la edificación posea una densidad de público normal y máxima.

#### **2.4.4.2 Factores de atenuación en edificaciones típicas**

A continuación se muestra una tabla (tabla 2.1) con valores de atenuación de señal de radio en edificaciones típicas, dichos valores están basados en los resultados de pruebas de campo en diferentes tipos de edificaciones como son: el aeropuerto Simón Bolívar de Guayaquil, Hotel UniPark en Guayaquil,

Edificio La Previsora, Hospital Clínica Kennedy y Centro Comercial Mall del Sol.

Es de mencionar, que los factores de atenuación del piso (F) se basan en mediciones con solo un piso entre el receptor y el transmisor, así mismo, los factores de atenuación de paredes se basan en mediciones con solo una pared entre el receptor y el transmisor.

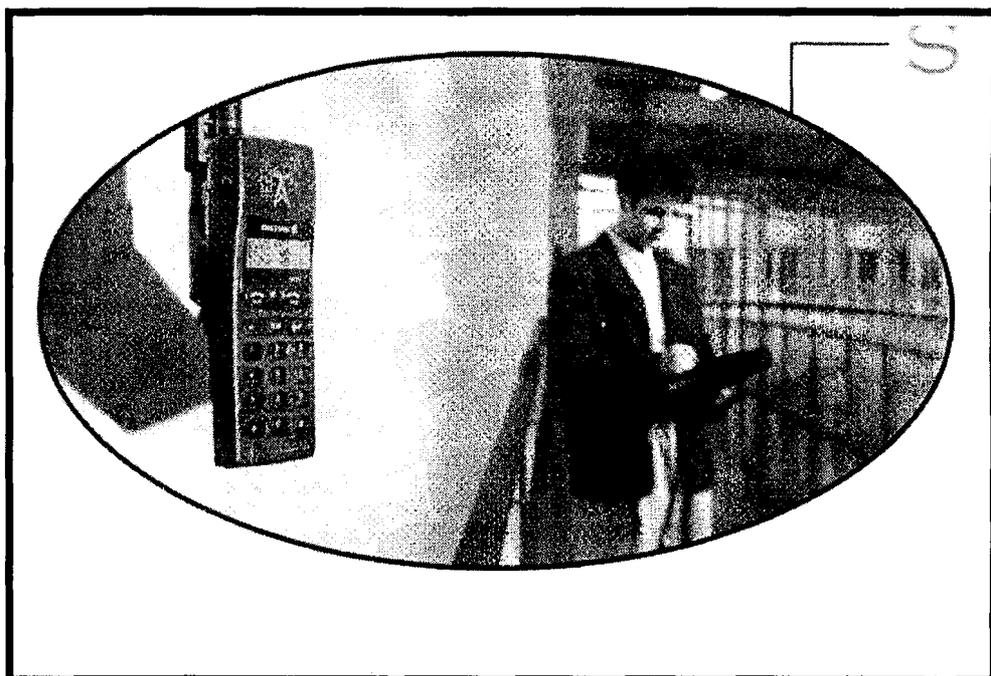
<b>TIPO DE EDIFICACIÓN</b>	<b>F (Piso)</b>	<b>W (Pared)</b>
Aeropuerto	10	2
Centro de conferencias	-	3.7
Casino	-	3
Hotel (paredes de ladrillo)	8	6.1
Edificio de departamentos (paredes de bloque)	8	5.2
Oficinas	12	2.5
Hospital	16	5.1
Garaje (Centro Comercial)	30	2
Centro Comercial	20	3

*Tabla 2.1.- Valores de atenuación para edificaciones típicas*

#### 2.4.5 Medición de niveles de señal de macroceldas existentes

Generalmente, la cobertura de las macroceldas estará presente en la edificación que va a ser servida por la microcelda, lo cual implica el tener dificultades para los accesos a la microceldas y para la realización de los handoffs desde y hacia la microcelda; de ahí, que es muy importante el realizar una medición de los niveles de señal de los canales de control de estas macroceldas, para determinar la interferencia que existirá en esa área (figura 2.8).

Los resultados nos servirán para determinar que áreas van a cubrir las macroceldas, y determinando esto, se pueden dar inicio a la asignación de frecuencias para la microcelda, y también, definirán los parámetros de RF que serán necesarios establecer en la microcelda.

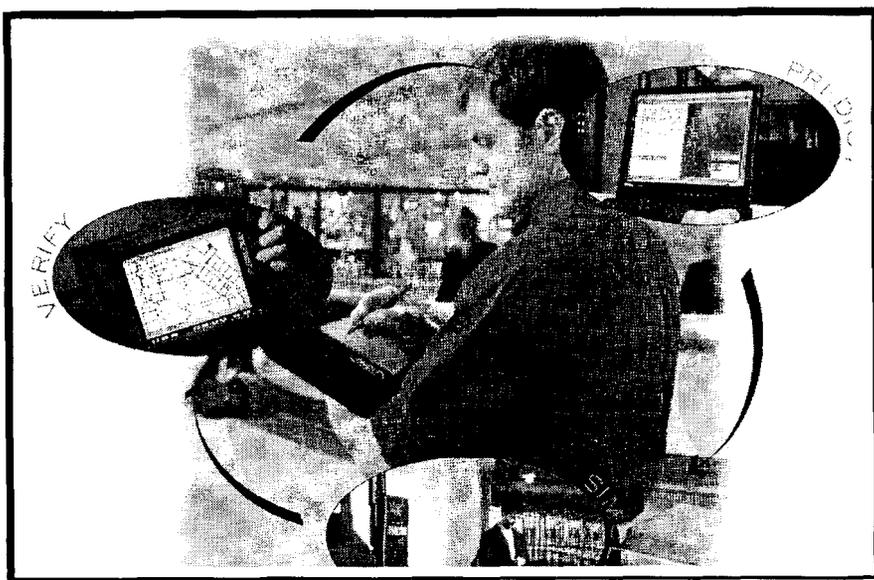


*Figura 2.8.- Mediciones de niveles de señal de macroceldas existentes*

### 2.4.5.1 Procedimiento de medición en ambientes interiores

La medición consistirá en: tomar una frecuencia que corresponda a la definida para transmisión de algún canal de la banda celular, el cual no debe ser utilizado por una macrocelda de la red cercana a la edificación, y si así lo fuere, debe ser bloqueado el dispositivo.

Ya definida la frecuencia a utilizar, es entonces cuando el equipo transmisor de prueba entra en funcionamiento. Dicho equipo se ubicará junto con una antena en un piso de la edificación, y se tomarán muestras en todos los pisos de esta, por ejemplo, una muestra cada 5 segundos. La intensidad de señal promedio para una habitación, se calculará tomando los principales valores de las muestras en esa habitación. Para las habitaciones grandes, oficinas y corredores, éstas se dividirán en pequeñas áreas que pueden ser medidas como si fueran pequeñas habitaciones (figura 2.9).



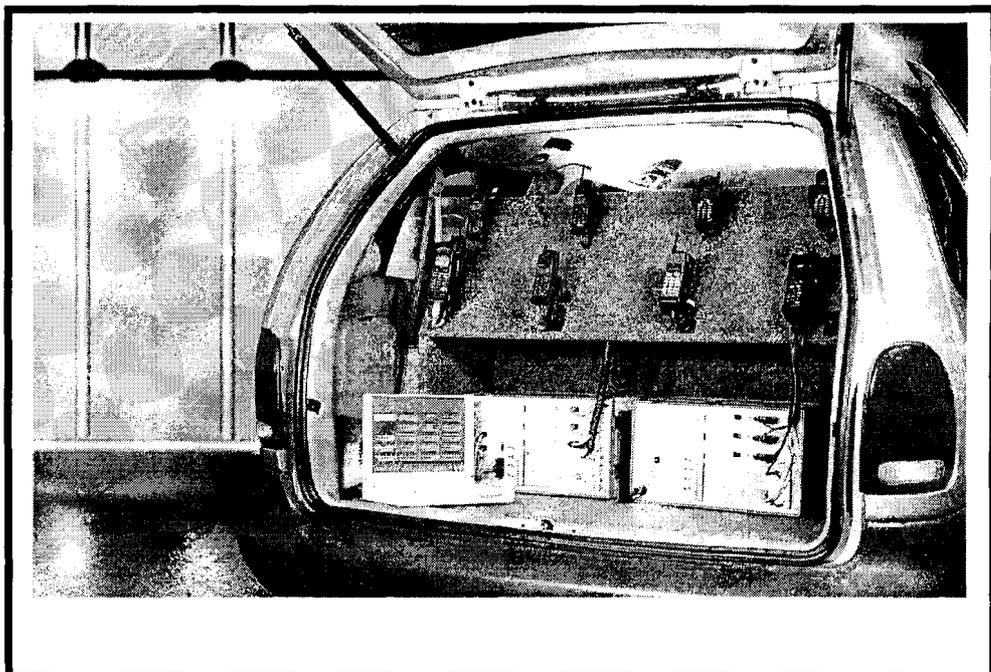
*Figura 2.9.- Mediciones de niveles de señal en ambientes interiores*

Esta prueba servirá para determinar la potencia efectiva que se necesitará para asegurar que la microcelda será la mejor servidora dentro de la edificación.

#### 2.4.5.2 Procedimiento de medición en ambientes exteriores

Se sigue el mismo procedimiento que para ambientes interiores, en lo que se refiere a definir el canal a transmitir (figura 2.10).

El objetivo de las mediciones en exteriores es determinar los niveles de señal del canal de control de la microcelda, para establecer los límites en los cuales la microcelda será servidora fuera de la edificación, si fuera el caso, y además para definir los parámetros de handoffs hacia las macroceldas de la red celular.



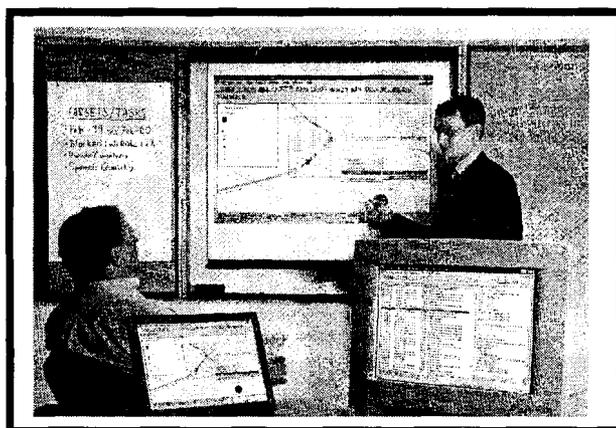
*Figura 2.10.- Equipo para realizar mediciones en exteriores*

### 2.4.5.3 Procesamiento y conclusiones de los datos de las mediciones

Las metas de la planificación de celdas en interiores son: asegurar un buen enlace de radio y proporcionar suficiente capacidad de tráfico. Una buena recepción requiere que la intensidad de señal recibida esté por algún margen sobre el piso de ruido o sensibilidad de la recepción.

El tipo de antena, el número de radiobases requeridas y la ubicación de estas se definirán del análisis de los datos obtenidos de las mediciones tanto en interiores como exteriores (figura 2.11).

Además, los resultados servirán para determinar el grupo de frecuencias que se le asignará a la microcelda, y este grupo, será el que más débiles señales se obtenga en las mediciones de las macroceldas de la red celular existentes.



*Figura 2.11.- Procesamiento y análisis de datos recopilados*

Lo que se quiere obtener de los análisis es determinar el área de servicio de la microcelda, y asegurarse que sea la celda servidora en la totalidad de la edificación para la cual se está estudiando la instalación de una microcelda. Se realizará un incremento de la potencia radiada desde las antenas de la estación base o un cambio en la ubicación de las antenas si la evaluación de la ubicación preliminar de las antenas no fue la adecuada, si se llegara a dar el caso de un cambio de ubicación de las antenas, se deben realizar nuevas predicciones de RF.

## **2.5 ESTUDIO DEL PLAN DE FRECUENCIAS**

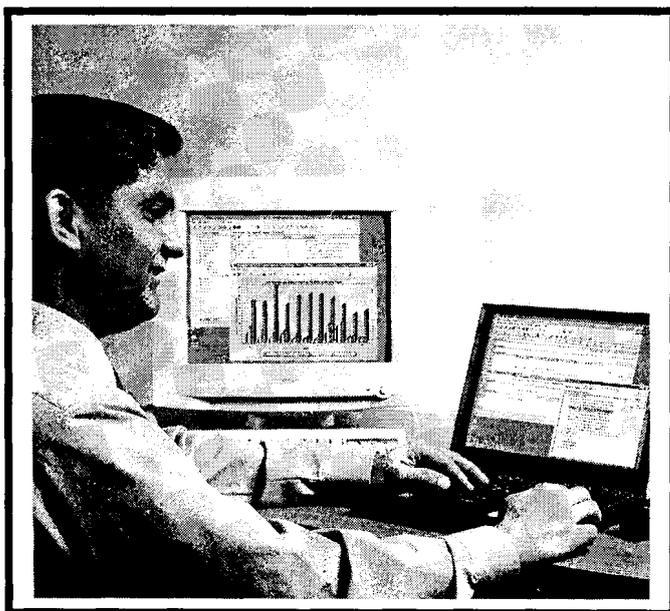
Para comenzar a estudiar las frecuencias que van a ser asignadas a la microcelda, debemos conocer el plan de frecuencias de la red de macroceldas existentes, conocer el esquema de asignación de frecuencias de las macroceldas que se ha seguido, conocer qué cambios se van a realizar a corto plazo; todo esto con el fin de conocer de qué manera va a cambiar el ambiente alrededor de la microcelda, y determinar cómo afectará el área de servicio de esta microcelda.

Las predicciones de RF de las que se ha hablado, son la base para establecer un comportamiento aproximado de la señal de radio, lo cual se comprobará o ampliará con la realización de mediciones de campo.

### 2.5.1 Interferencias y Ruido

En el diseño de microceldas, un punto a tomar en cuenta son los niveles de señal con los cuales una celda co-canal, interferirá a los canales de la microcelda; la diferencia de estas dos señales (C/I Carrier to Interference) debe ser mayor a 17 AXE, aún en los puntos donde exista un mayor desvanecimiento de la señal de la microcelda.

Las frecuencias preferidas para usar en las microceldas son las que, según las mediciones de campo, posean una menor interferencia de la celda co-canal más cercana y además una máxima distancia (física) de re-uso. Las mediciones de campo servirán para medir el nivel de la señal de “downlink” recibida para cada grupo de frecuencias (figura 2.12).

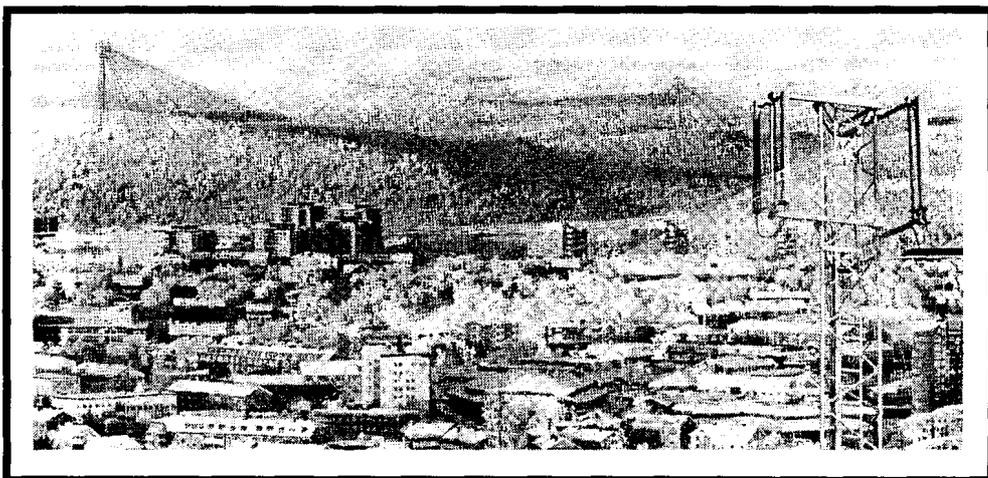


*Figura 2.12.- Análisis de C/I de datos recopilados en mediciones*

En lo que se refiere a los niveles de ruido, estos deben estar entre los normales para una celda ubicada dentro de la ciudad, en el caso de las microceldas instaladas para dar servicio outdoor; mientras que para las microceldas indoor, los niveles de ruido del ambiente serán inferiores.

### 2.5.1.1 Interferencia de Macrocelda a Microcelda

Las macroceldas cercanas a la edificación que servirá la microcelda, pueden utilizar canales con las mismas frecuencias o utilizar frecuencias adyacentes con la microcelda, lo cual introduciría interferencia en el ambiente de la microcelda.



*Figura 2.13.- Interferencia de macroceldas a microceldas*

De mediciones de campo se puede determinar qué macrocelda está contribuyendo en mayor grado a la interferencia en la microcelda (figura 2.13).

Una vez que se ha determinado el grupo de frecuencias y la macrocelda circundante que ocasiona la interferencia a la microcelda, se pueden tomar 2 medidas, a) evitar el uso de frecuencias que puedan ocasionar interferencias a la microcelda, o b) no utilizar, en las macroceldas circundantes, las frecuencias que utilizará la microcelda.

### **2.5.1.2 Interferencia de Microcelda a Microcelda**

La interferencia que pueda existir entre microceldas indoor es poco probable, debido a la atenuación que poseen las estructuras del área que cubren, las cuales no permiten que la cobertura de una microcelda se extienda fuera del centro comercial, edificio, etc. que cubre dicha celda. Sin embargo, para las microceldas con aplicaciones outdoor, tales como autopistas, intersección de avenidas, calles, túneles, etc.; se debe tener cuidado en especificar los valores con los cuales queremos que transmita (no hay que subestimar la potencia máxima de una microcelda, que se encuentra alrededor de los 1.5W, a pesar de ser muy inferior a la potencia de 10W que poseen las celdas urbanas de la ciudad), las orientaciones y tilts de las antenas, con lo cual se podría controlar la cobertura de la microcelda y con esto, definir y controlar su área de servicio.

### **2.5.1.3 Interferencia de Microcelda a Macrocelda**

La interferencia que puede existir en uplink se daría en el caso en el cual la estación móvil se encuentra cerca de una ventana o puerta, lejos de las antenas de la microcelda, y esté transmitiendo a su máximo nivel de potencia (PLVM).

En downlink, se debe diseñar la microcelda de tal modo que la cobertura se atenúe en gran medida en los bordes de la misma. Esto se conseguirá limitando el ERP de la o las estaciones base que proporcionen cobertura dentro de la edificación.

## **2.6 INSPECCIÓN DEL SITIO**

Cuando se han definido las posibles opciones para la instalación de una microcelda, el operador celular negociará el alquiler o compra de un espacio dentro de la edificación, o si fuera el caso, fuera de la misma. Siempre se deben presentar más de una opción de ubicación de la microcelda, debido a que en el transcurso de las negociaciones, el no depender de un solo sitio, ayudará a conseguir condiciones que favorezcan al operador al momento de firmar el trato. Es importante el analizar y definir las posibles ubicaciones para los equipos de la microcelda, así como de la ubicación de las antenas a utilizarse; esto es, debido a que la distancia entre los equipos y las antenas

determinará la factibilidad de la instalación y las necesidades de cable, lo cual constituye un dato muy importante para calcular las pérdidas en la guía de onda (cable), y el costo monetario que representaría.

En la inspección del sitio, se deben también tener en consideración las necesidades de estética para la instalación y de los requerimientos del propietario de la edificación, en lo referente a la posición sugerida de las antenas y de equipos. También se debe estimar qué zonas dentro del edificio van a cursar un alto tráfico y, así mismo, analizar los probables sitios en donde se realizarían los “handoffs”.

## **2.7 DIMENSIONAMIENTO DEL TRÁFICO**

La instalación de una microcelda tiene como objetivos, como ya se ha mencionado anteriormente, dar servicio en lugares en los cuales no existe cobertura, ofrecer servicios especiales y canales de voz disponibles para descongestionar macroceldas vecinas (figura 2.14). Para ambientes interiores, se asume que el tráfico que va a ser generado será limitado, y que puede ser manejado y distribuido por una sola microcelda.



*Figura 2.14.- Intersección con alto tráfico*

Existen casos en los cuales, la demanda de tráfico es grande, ya sea porque a) en el área a la cual se va a dar servicio no existe infraestructura de telefonía fija, b) por presentar alta densidad de abonados, o c) debido a las pérdidas que conllevaría el instalar un gran número de antenas, debido a la gran área a servir y/o por obstáculos (paredes de hormigón, losas, etc) que se tendrían en la edificación, dando como resultado una atenuación en el cable de una magnitud tal que la potencia efectiva radiada por la antena sea muy inferior a las condiciones ideales para una microcelda; en estas situaciones, será necesario instalar más de una microcelda para dar un buen servicio, ya sea el caso, en edificios se pueden instalar 2 microceldas, una sobre la otra en diferentes pisos de la misma edificación, o en centros comerciales con una gran extensión, las 2 microceldas pueden ir en los extremos (anclas) del centro comercial.

Los datos que tienen que tomarse en cuenta para realizar el dimensionamiento de tráfico son los siguientes:

### **2.7.1 Número de Abonados**

El operador indicará el número aproximado de abonados que existen en el edificio a instalarse la microcelda, ya sean teléfonos móviles, así como bases fijas instaladas; si el operador no constara con esta información, se tendría que recurrir a análisis estadísticos para estimar el número de visitantes en un centro comercial, número de empleados en un edificio de oficinas, número de asistentes en un centro de conferencias, número de huéspedes en un hotel, número de usuarios en un aeropuerto, terminal terrestre, etc. Apoyándonos en el valor de penetración del servicio móvil, la cantidad de gente en los sitios anteriormente descritos, proporcionará una estimación del número de suscriptores en la microcelda.

### **2.7.2 Tráfico por Suscriptor**

El proveedor debe proporcionar al equipo de planeación el número de abonados para cada clasificación de área (urbana de alta densidad, urbana, sub-urbana, rural y otras). El número de abonados por clasificación de área es la base que se usa para el análisis de tráfico y canalización de la red celular.

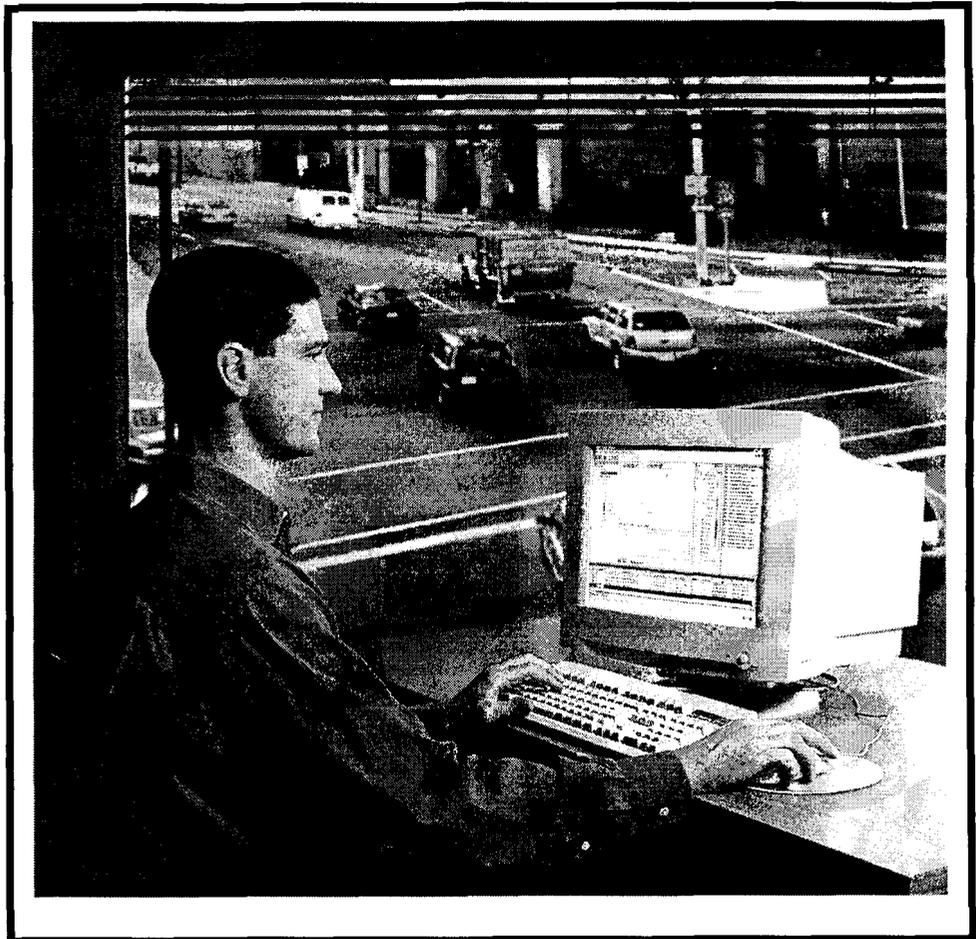
Usando el número de abonados determinados, el tráfico se mide en Erlangs (nombrado así en honor del matemático Danés). Un Erlang es un circuito de voz ocupado en una hora. Es la cantidad de tiempo que un abonado mantiene un circuito ocupado con otro abonado para voz o datos. Los promedios se usan para predecir la demanda de tráfico. El tráfico por abonado se determina a partir del promedio de llamadas y la duración promedio de una llamada. Los Erlangs por abonado se miden generalmente durante una hora pico. Una tabla B de Erlang (**ANEXO 1**) se usa para determinar el número de dispositivos necesarios para soportar una cantidad específica de tráfico con una cantidad específica de intentos de llamada.

El tráfico por suscriptor que está siendo usado para el dimensionamiento de tráfico en las macroceldas, se puede utilizar como una primera aproximación; en algunos casos, el proveedor de telefonía celular, proveerá el tráfico esperado por suscriptor en edificaciones específicas.

### **2.7.3 Grado de Servicio**

El GOS (Grade Of Service) es la base que se usa para expresar la probabilidad de que una llamada se perderá debido a la congestión del conmutador. El GOS se puede expresar por el cliente como un porcentaje de intentos de llamada (2% de llamadas bloqueadas o, como una confiabilidad de red del 98%).

Para definir el grado de servicio a usar para el dimensionamiento del tráfico para la microcelda, se puede tomar el mismo grado de servicio utilizado en el dimensionamiento de macroceldas (figura 2.15).



*Figura 2.15.- Dimensionando el tráfico*

El grado de servicio que se puede asumir, si el proveedor de telefonía celular no indica qué grado de servicio a utilizar, se encuentra entre 1% y 2%, En el caso de Ecuador, se tiene un grado de servicio del 2% para el dimensionamiento de la red celular.

## **2.8 IMPACTO DEL REAJUSTE DEL SISTEMA DE MACROCELDA**

Debido a que las microceldas generalmente se encuentran total o parcialmente en el área de cobertura de una o unas macroceldas, como se mencionó anteriormente, los cambios en la planificación de frecuencias y/o la determinación del ERP en las macroceldas, pueden tener gran impacto en el sistema de microceldas.

Para cuando se planifique o reajuste el sistema de macroceldas, se debe tener en cuenta el plan de frecuencias de la microceldas. En el caso de que existan interferencias en la microcelda, se debe considerar reajustar las macroceldas como una solución a dicho problema. También se deben ajustar los parámetros de acceso, “handoffs” y potencia de las macroceldas vecinas a una microcelda que se ha implementado y ha ingresado al sistema.

## **2.9 EQUIPAMIENTO**

Las características técnicas de las microceldas se referirán a productos Ericsson.

## 2.9.2 Estaciones Base y sus Diferentes Configuraciones

Ericsson provee de estaciones base para las microceldas, en las cuales se tienen gabinetes principales, primarios y auxiliares (expansión). Las configuraciones posibles se basan dependiendo del número de sectores que poseerá la microcelda: 1 sector, 2 sectores y 3 sectores.

### 2.9.1.1 Microceldas con 1 Sector

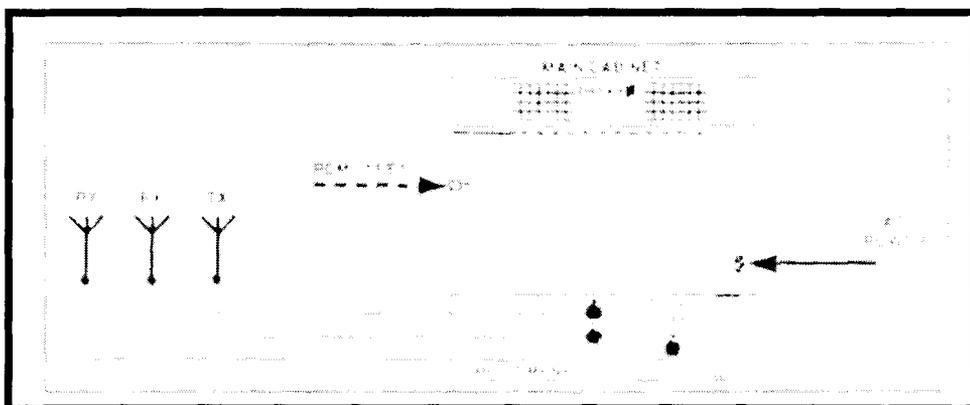


Figura 2.16.- Omni / 1 Gabinete – 1 Tx/2 Rx

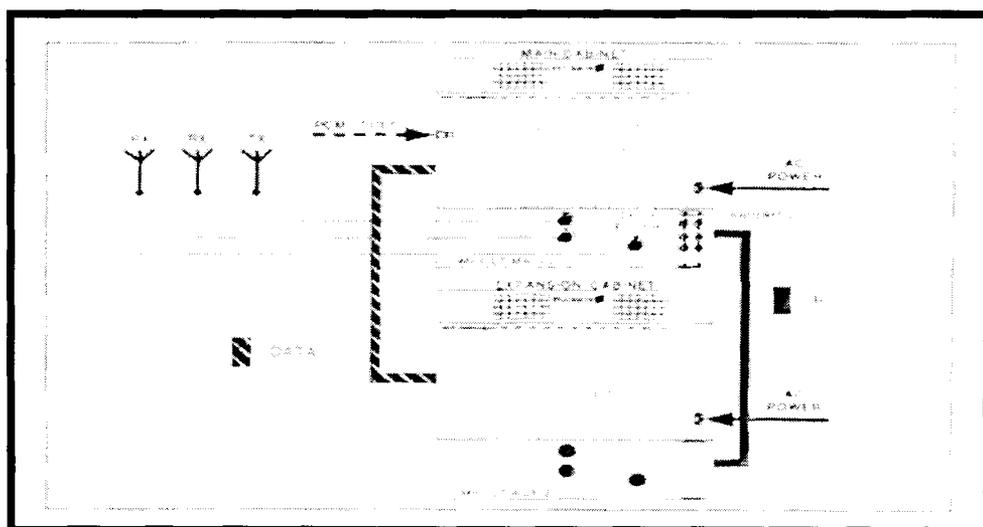


Figura 2.17.- Omni / 2 Gabinetes – 1 Tx/2 Rx

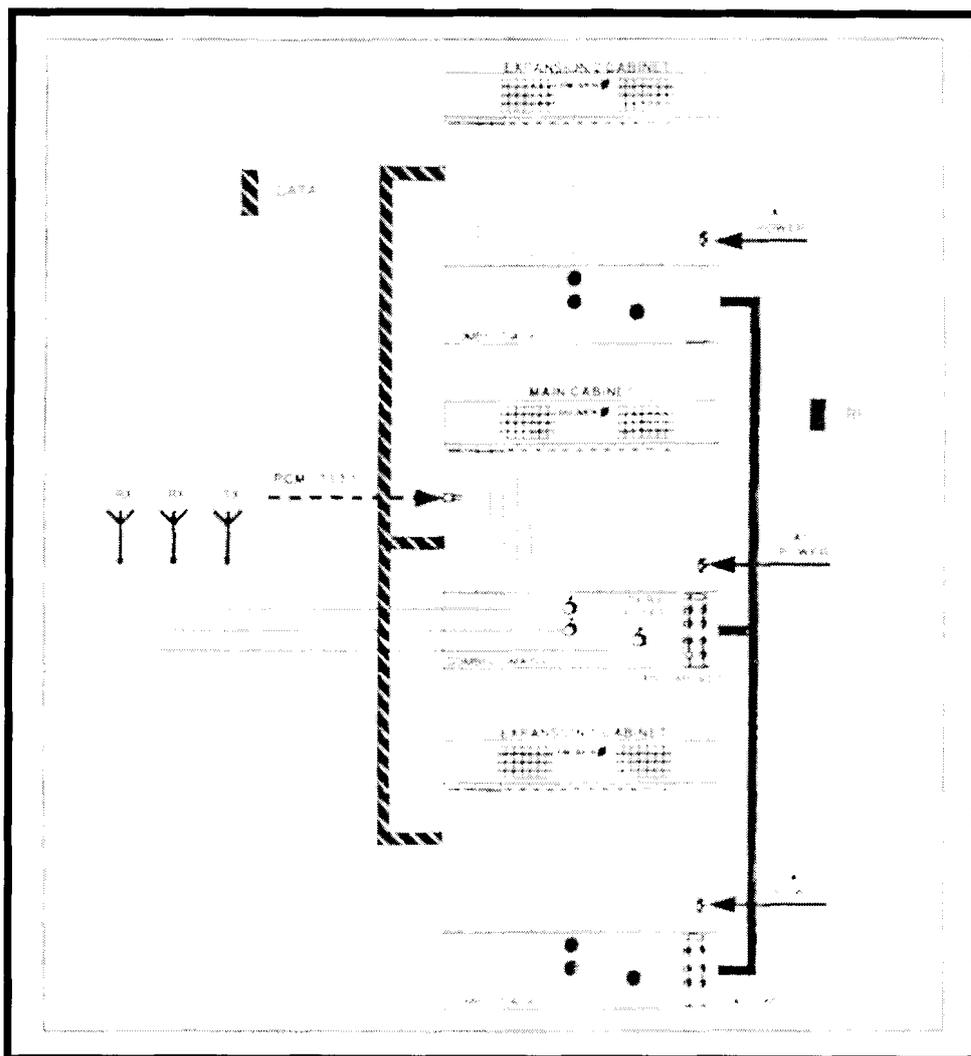


Figura 2.18.- Omni / 3 Gabinetes – 1 Tx/2 Rx

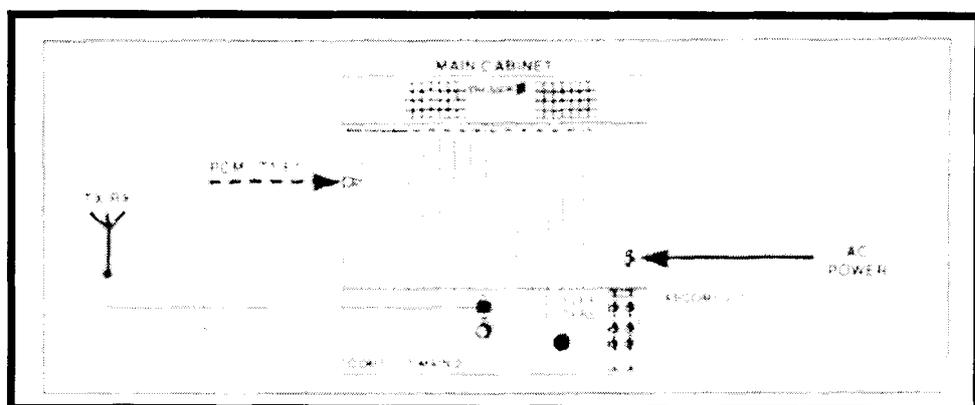


Figura 2.19.- Omni / 1 Gabinete – 1 Tx/Rx

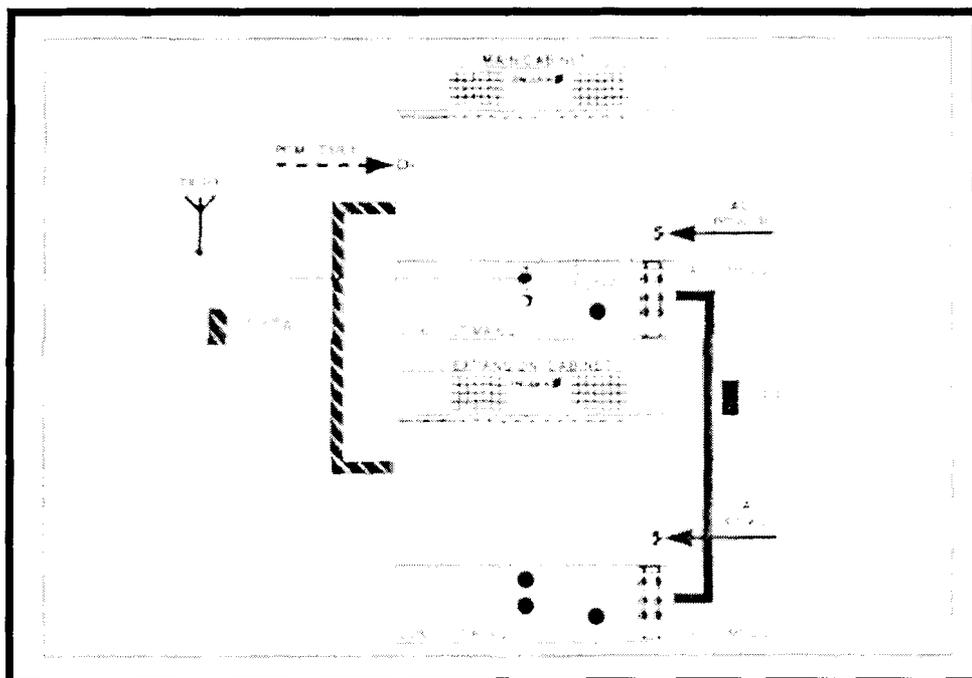


Figura 2.20.- Omni / 2 Gabinetes – 1 Tx/Rx

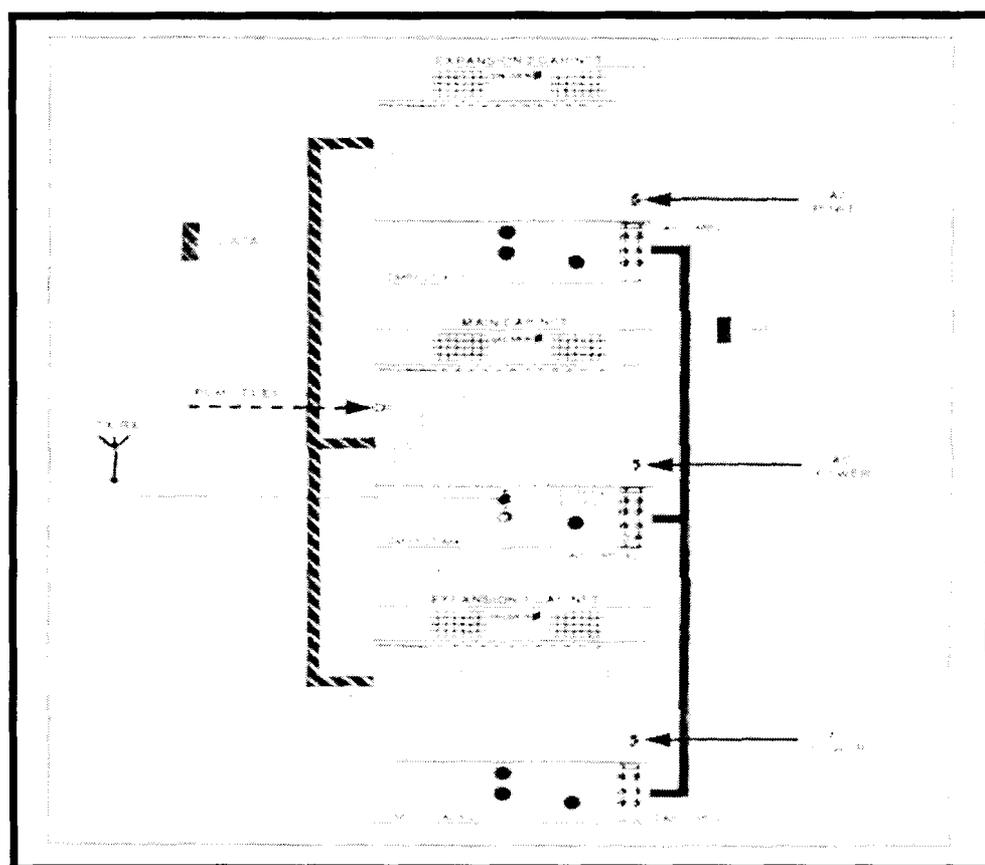


Figura 2.21.- Omni / 3 Gabinetes – 1 Tx/Rx

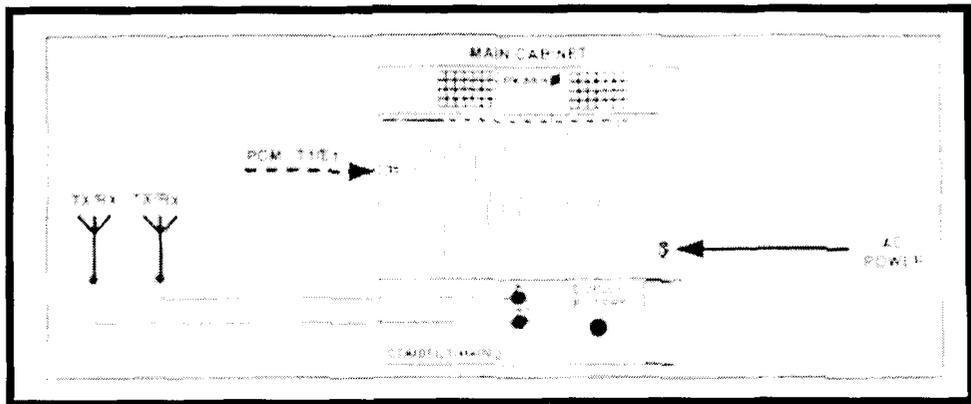


Figura 2.22.- Omni / 1 Gabinete – 2 Tx/Rx

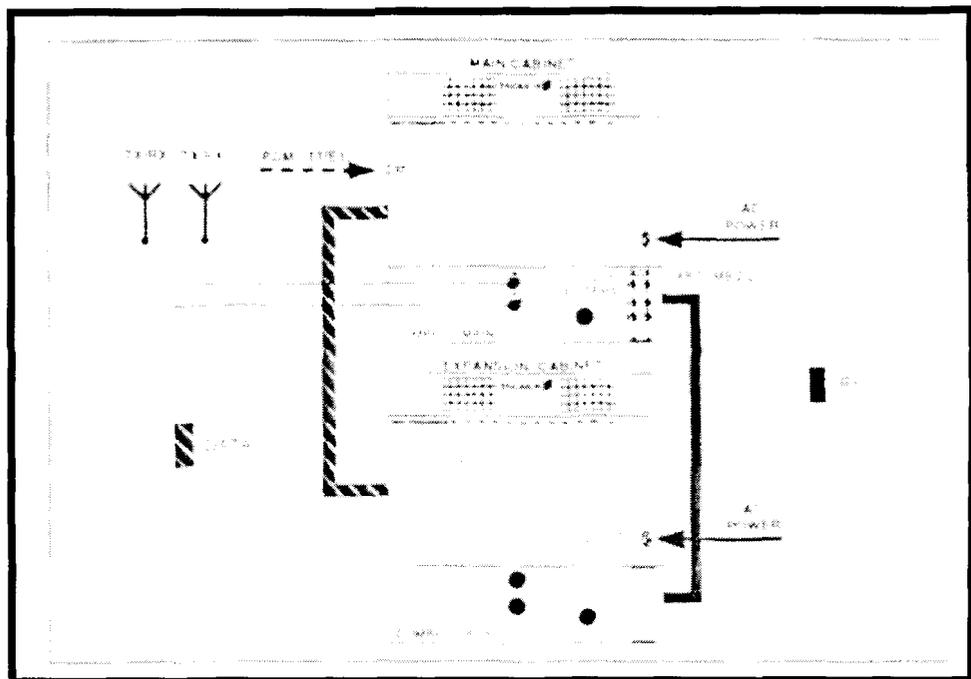


Figura 2.23.- Omni / 2 Gabinetes – 2 Tx/Rx

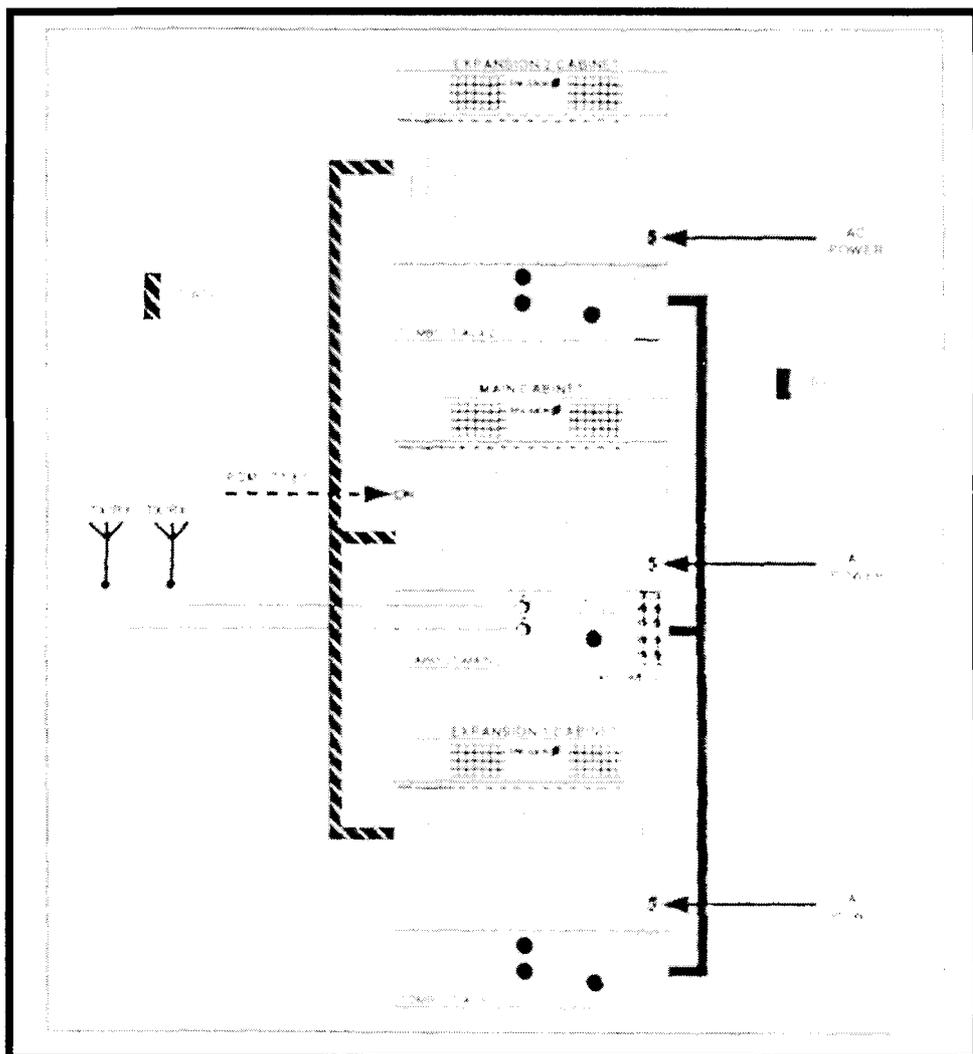


Figura 2.24.- Omni / 3 Gabinetes – 2 Tx/Rx

### 2.9.1.2 Microceldas con 2 Sectores

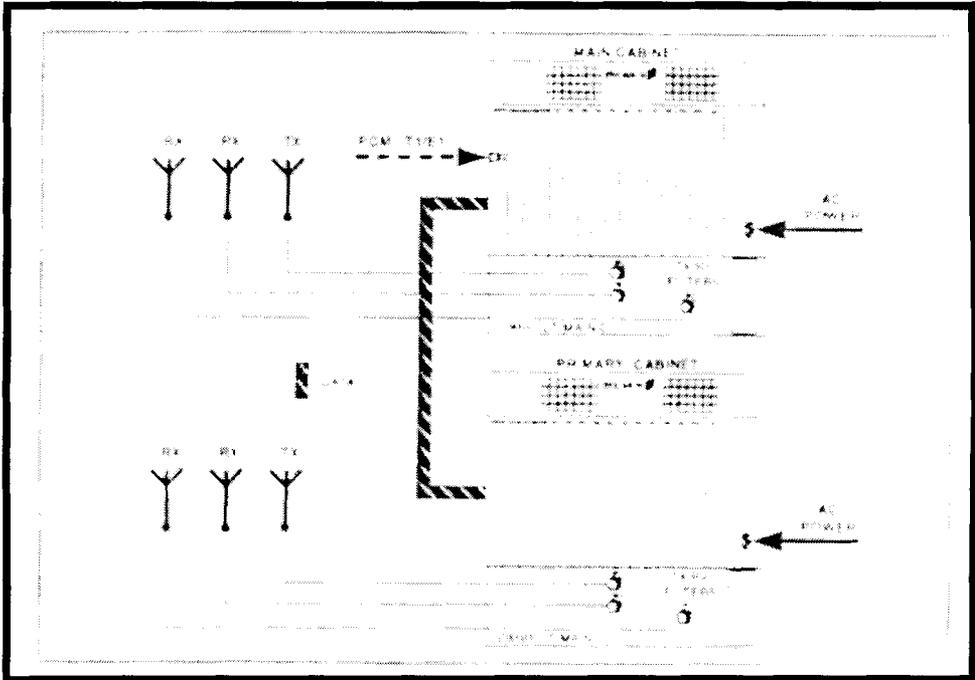


Figura 2.25.- Sectorizada / 2 Gabinetes – 1 Tx/ 2 Rx

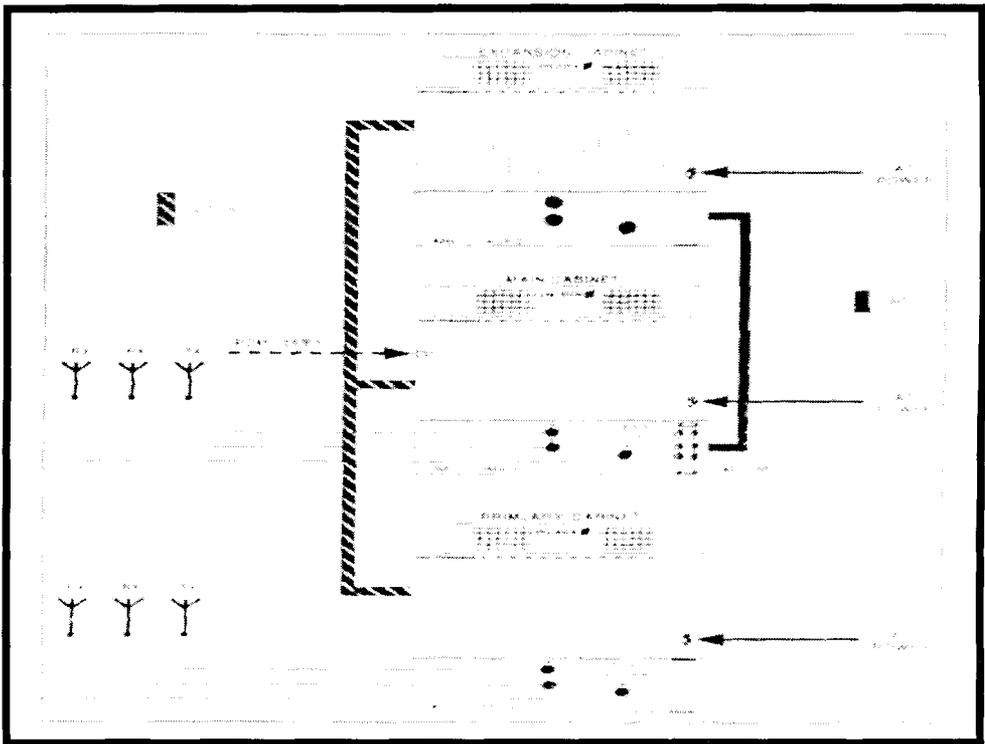


Figura 2.26.- Sectorizada / 3 Gabinetes – 1 Tx/ 2 Rx

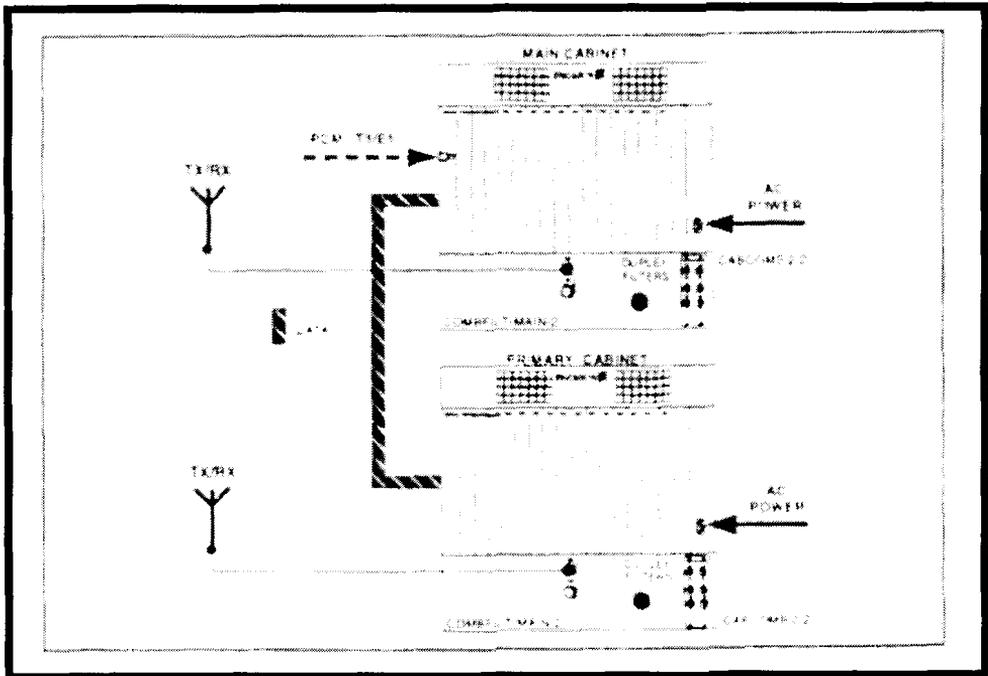


Figura 2.27.- Sectorizada / 2 Gabinetes – 1 Tx/Rx por sector

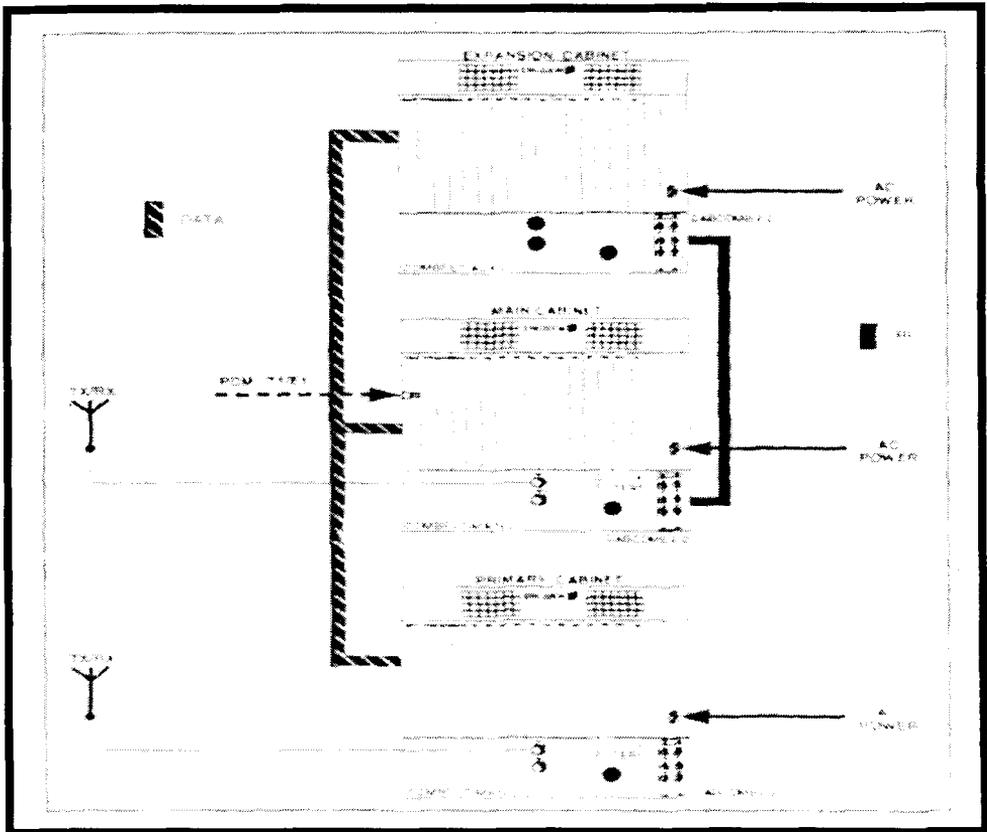


Figura 2.28.- Sectorizada / 3 Gabinetes – 1 Tx/Rx por sector

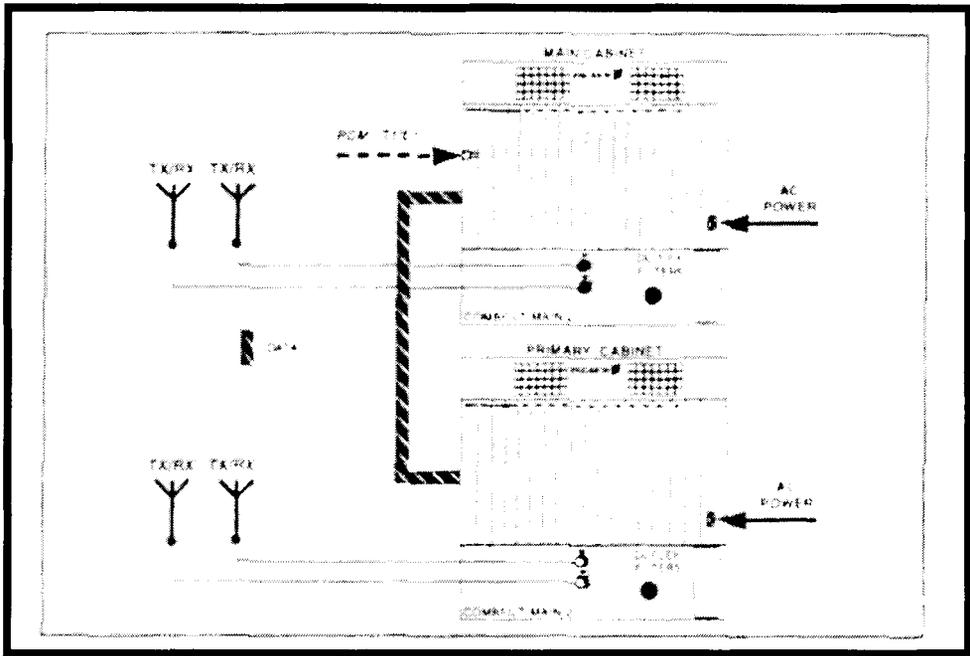


Figura 2.29.- Sectorizada / 2 Gabinetes – 2 Tx/Rx

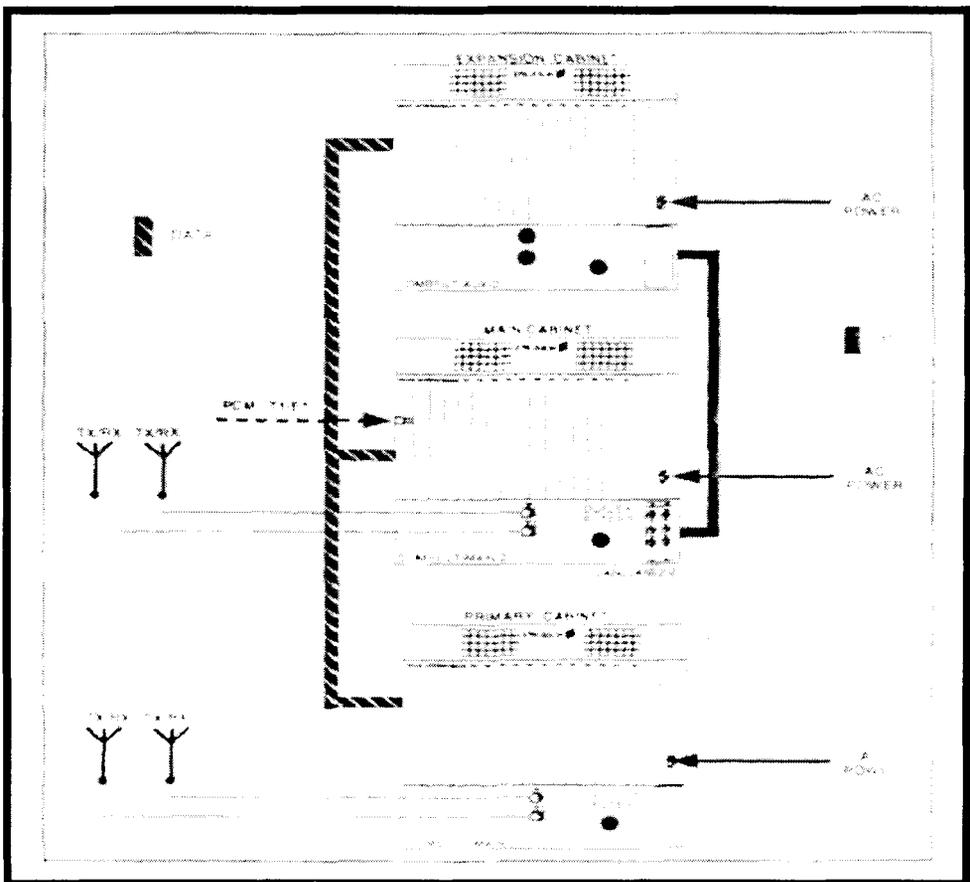


Figura 2.30.- Sectorizada / 3 Gabinetes – 2 Tx/Rx

### 2.9.1.3 Microceldas con 3 Sectores

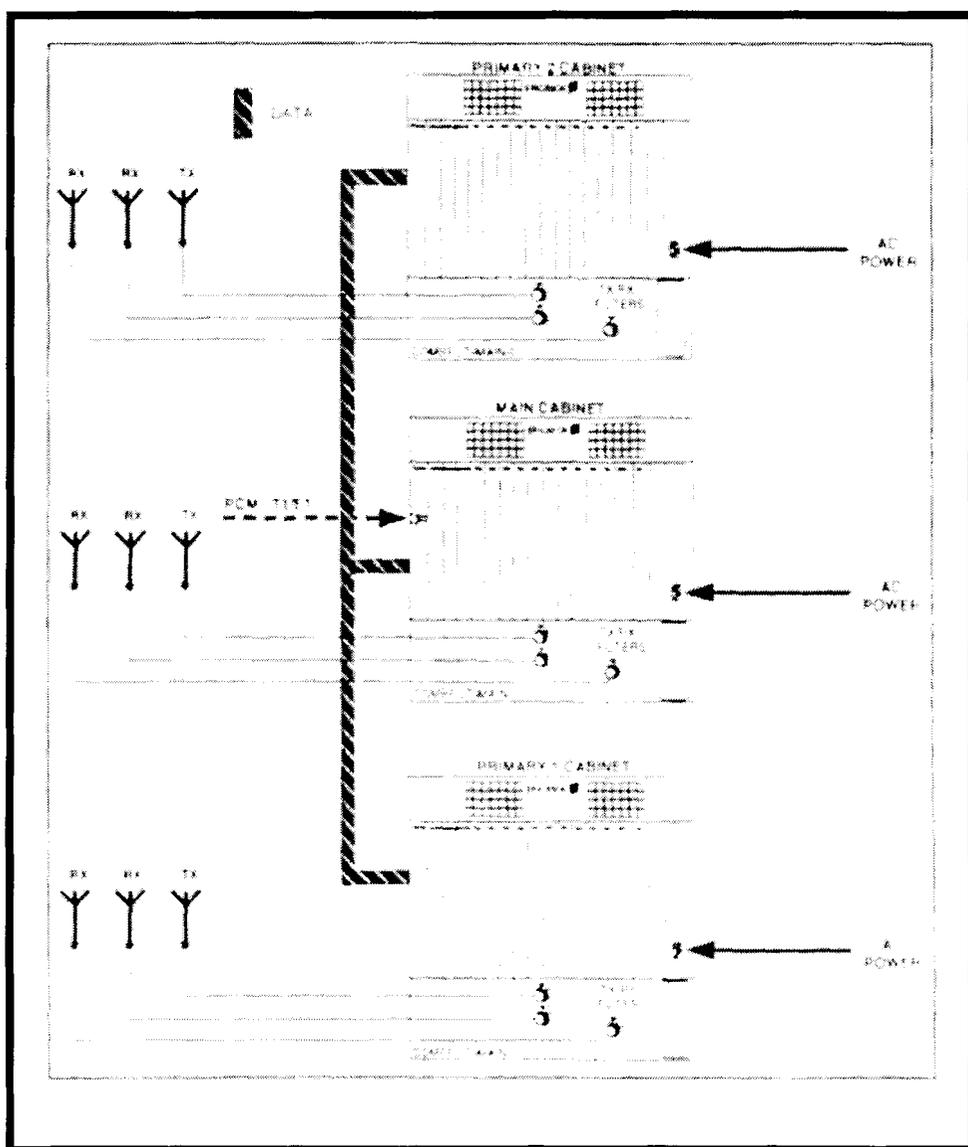


Figura 2.31.- Sectorizada / 3 Gabinetes – 1 Tx / 2 Rx

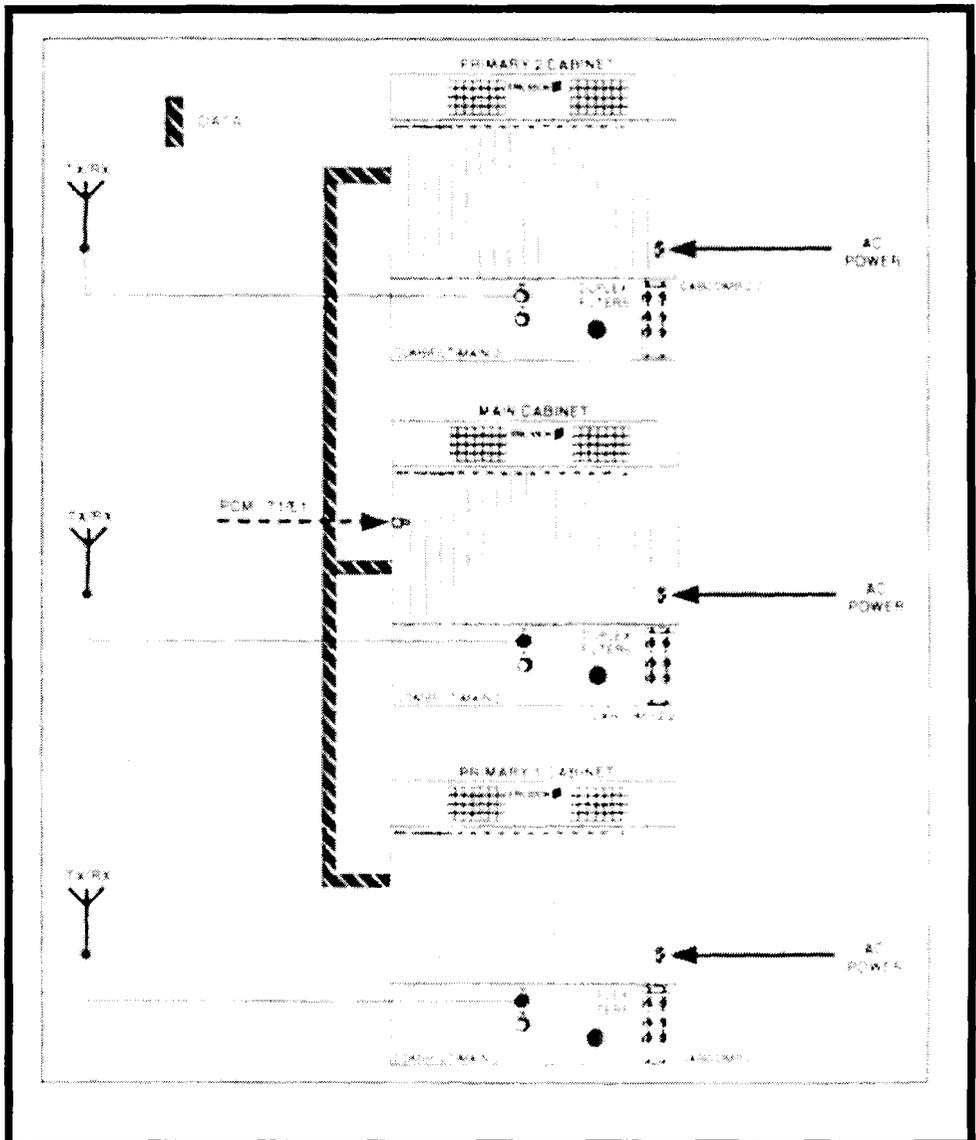


Figura 2.32.- Sectorizada / 3 Gabinetes - 1 Tx/Rx

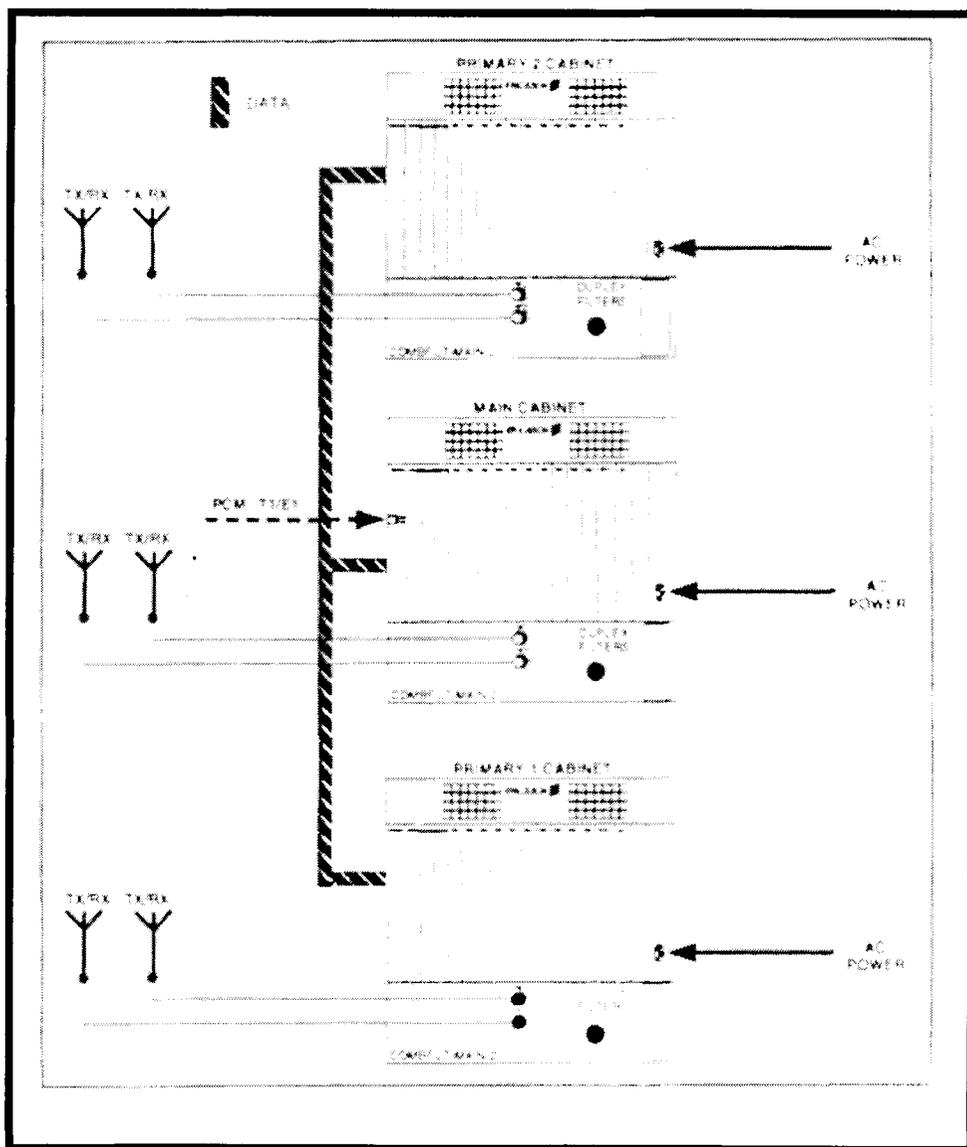
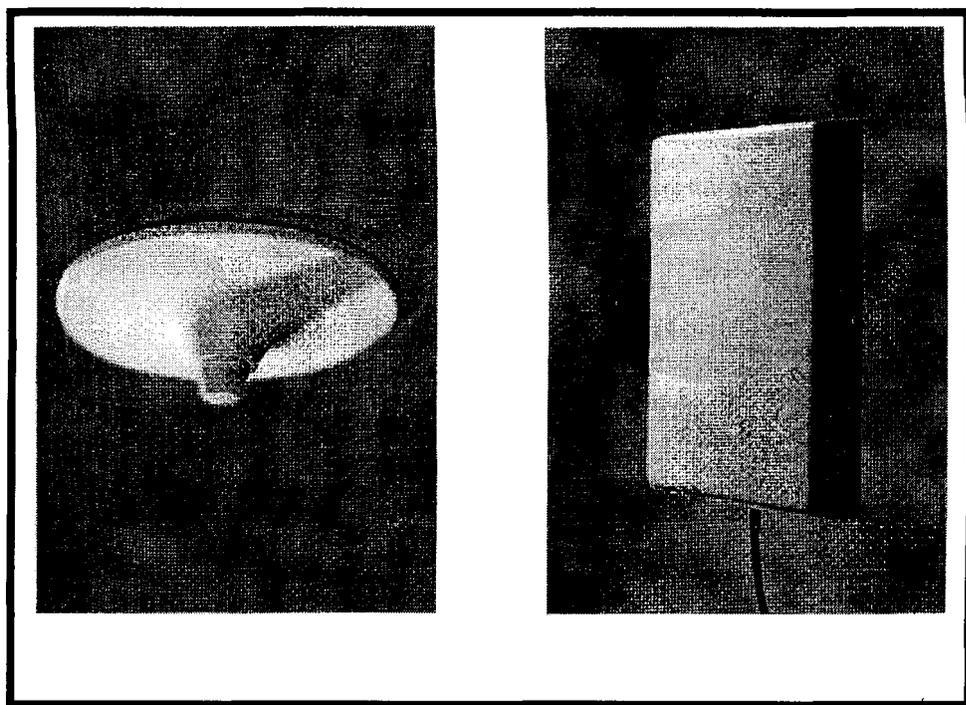


Figura 2.33.- Sectorizada / 3 Gabinetes – 2 Tx/Rx

## 2.9.2 Tipos de Antenas

Para ambientes interiores el tamaño y las formas de las antenas son sus limitantes, ya que deben ser lo más discretas posibles. Existen algunos fabricantes que las han diseñado en una variedad de ganancias, patrones de radiación, modelos y tamaños, que van desde antenas “omni” de ganancia unitaria, hasta antenas directivas de una alta ganancia y lóbulo estrecho (figura 2.34).



*Figura 2.34.- Antena Omni (izquierda) y Antena Directiva (derecha)*

El utilizar muchas celdas pequeñas puede ser indeseable debido a:

- El área cubierta por cada celda puede ser pequeña, y no poseer suficiente número de abonados que justifiquen el costo de la estación base.
- La posibilidad de que un abonado por encontrarse desplazándose por la edificación, realice frecuentes handoffs entre las celdas ubicadas en la misma, lo que representa complicado de administrar y de diseñar.

En el **ANEXO 2** se encuentra diferentes tipos de antenas (omnidireccionales y directivas) para las más generales aplicaciones de microceldas para ambientes interiores y exteriores.

### **2.9.2.1 Sistema Distribuido de Antenas**

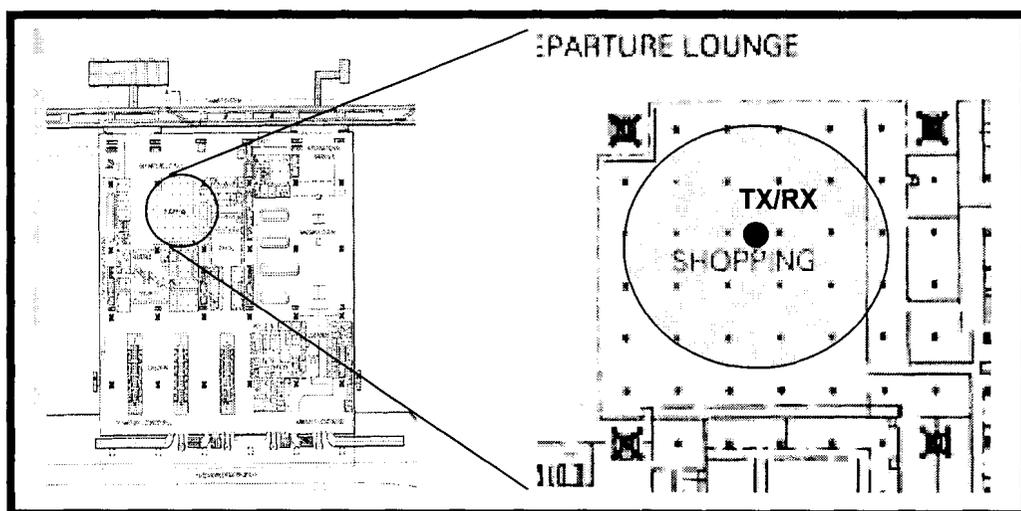
Para implementar esta aplicación se utilizan divisores de potencia, y para diseñarla, el edificio se divide en algunas áreas de cobertura, las cuales son servidas por un sistema distribuido de antenas; con esto, se pueden reducir el número de estaciones base a necesitar.

El sistema distribuido de antenas trae como beneficio mayores áreas de cobertura, reducción de problemas de atenuación rápida de la señal y se

pueden evitar de una manera más fácil los problemas de saturación de RF, que en el caso de utilizar celdas de antena simple.

### 2.9.2.2 Posición Sugerida de Antenas

Sugerir una posición para la ubicación de las antenas dependerá de la aplicación que se realizará con la microcelda, ya que existen varios criterios para la ubicación de las antenas tanto en interiores como en exteriores. Como por ejemplo, se puede citar que cuando se tiene una edificación de tamaño “normal” y forma “regular”, una antena omnidireccional de una estación base situada en el centro de un piso puede cubrir el piso entero (figura 2.35).

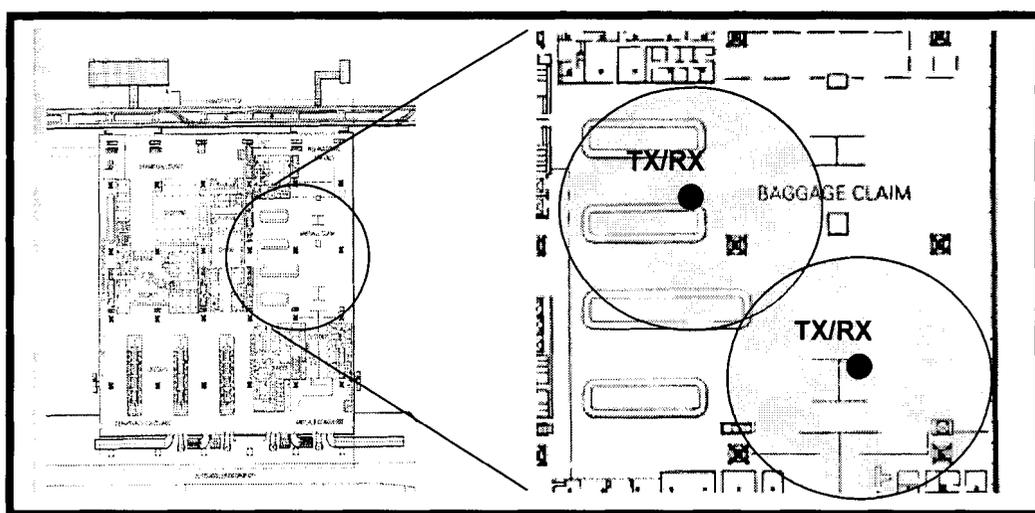


*Figura 2.35.- Ubicación de antena Omni en un área regular*

Si el piso no puede ser cubierto por una sola antena, debido a que el área a cubrir es grande, o que exista alguna macrocelda cerca de la edificación que provea cobertura en ella, lo que conllevaría a no tener buenos niveles de C/I

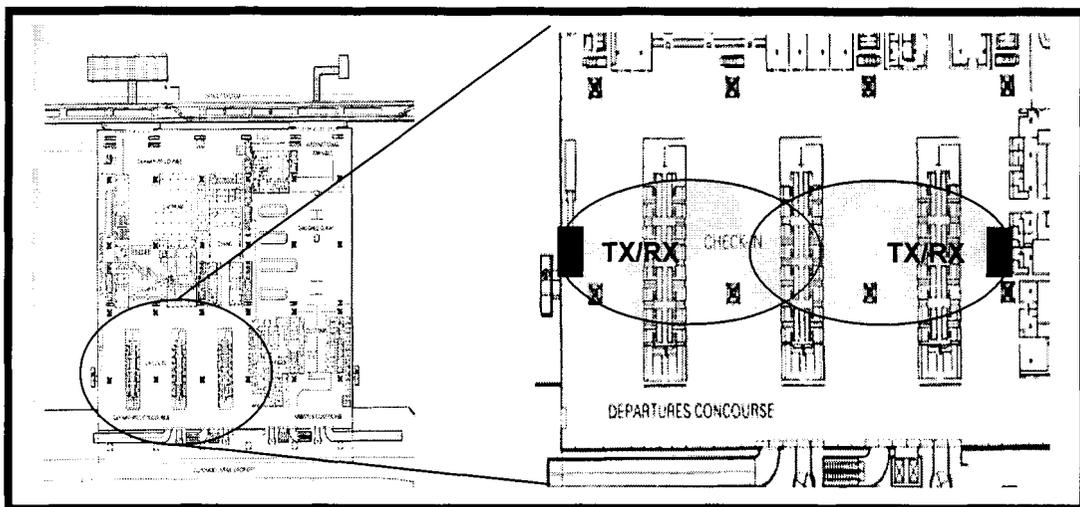
en toda el área de servicio de la microcelda; el piso se puede dividir en dos o más áreas con una antena ubicada en el centro de cada área, o, utilizando un par de antenas Tx/Rx si fuese el caso de que la antena tuviese duplexores.

En los siguientes gráficos se presentan posiciones sugeridas de antenas para las diferentes formas geométricas del área que se desea cubrir (figura 2.36).



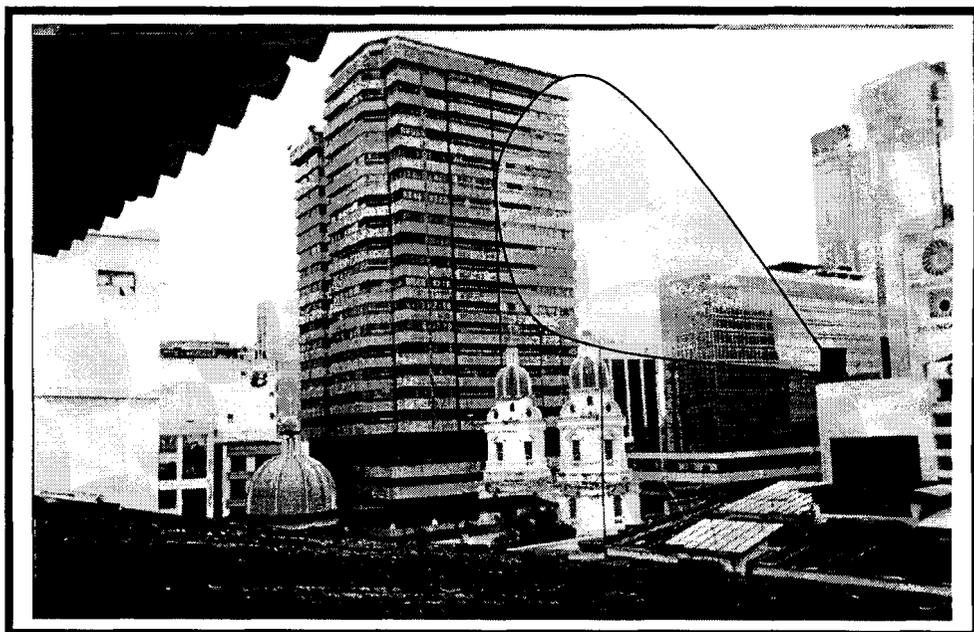
*Figura 2.36.- Ubicación sugerida de más de una antena Omni*

Cuando se utiliza más de una estación base se debe tener especial cuidado con la ubicación de las antenas, de tal manera que el tráfico se distribuya lo más equitativamente posible a las estaciones base que se están utilizando, evitando con esto que exista congestión en alguna de ellas, o en el peor de los casos que alguna de ellas no capte tráfico (figura 2.37).



*Figura 2.37.- Ubicación sugerida de antenas Directivas*

Para microceldas que van a ser utilizadas en ambientes exteriores, la ubicación de las antenas dependerá de la aplicación. En los siguientes gráficos se presentan posiciones sugeridas de antenas para algunas de las más comunes aplicaciones de microceldas en ambientes exteriores.

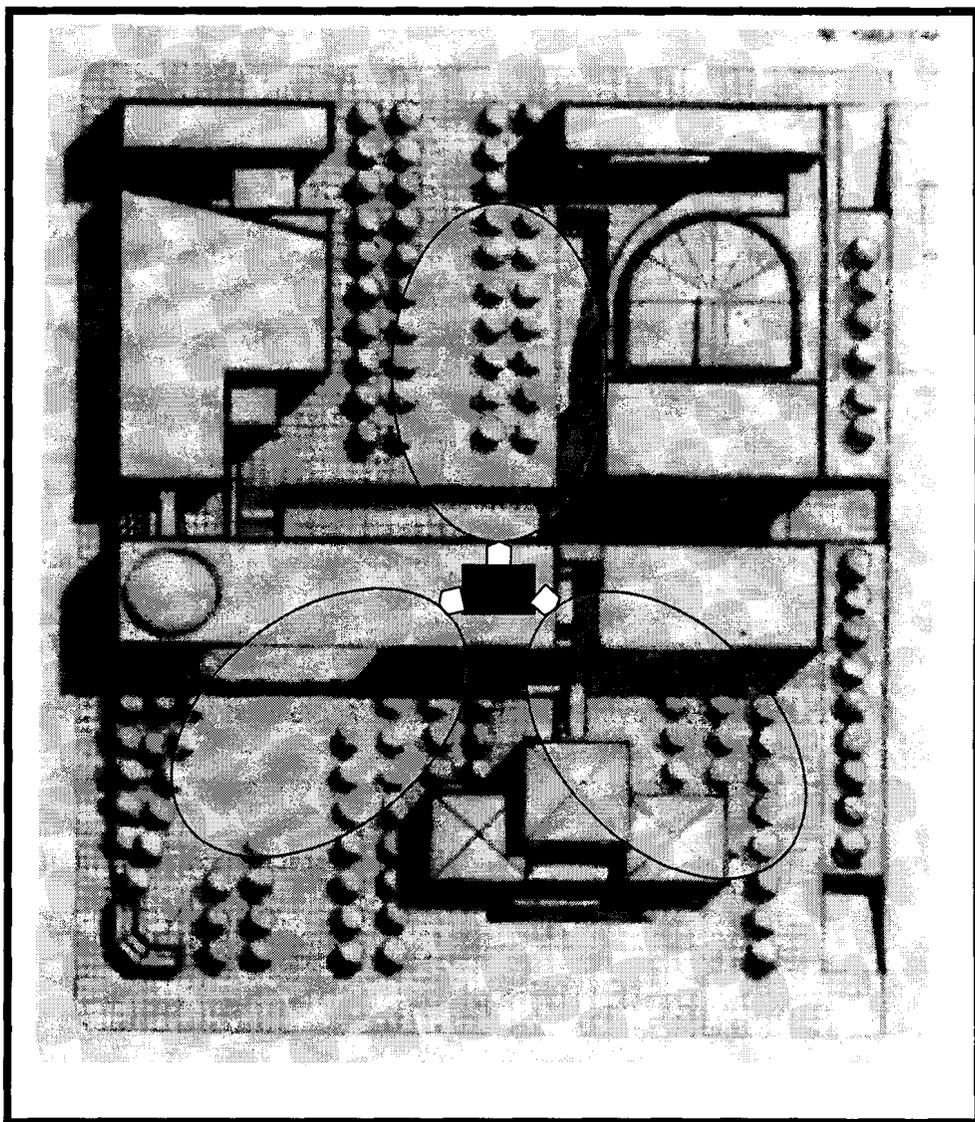


*Figura 2.38.- Antena Directiva con lóbulo vertical grande, para cubrir edificios altos desde el exterior*

Como lo habíamos mencionado anteriormente, la distancia que se tenga entre las antenas y la, o las estaciones base, debe ser minimizada lo más que se pueda, esto debido a las pérdidas que se pueden obtener en los cables, que pueden ser muy críticas, tanto desde el punto de vista técnico, como desde el punto de vista económico, ya que:

En el primer caso, la potencia que saldrá a la salida de la antena puede ser tan débil que la cobertura de la microcelda se vea considerablemente disminuida de la que se tenía prevista en el proyecto inicial.

En el segundo caso, un excesivo egreso económico por concepto de adquirir cable puede retardar la instalación de la obra, y en el peor de los casos, se puede dar por no factible, debido a la necesidad de adquirir más equipo para suplir las pérdidas que se tendrían debido al cable.



*Figura 2.39.- Microcelda exterior con tres sectores*

### 2.9.2.3 Diversidad de Antenas

La RBS 884M utiliza dos tipos de diversidad disponibles en el módulo de transceptores de la microcelda: “Fast Diversity” y “Delta Diversity”. Además,

los operadores celulares tienen la posibilidad de evitar el uso de diversidad en la microcelda.

La selección del tipo de diversidad y su no activación, si fuera el caso, se la realiza a través de comandos.

“Fast Diversity”, utiliza un algoritmo que selecciona la rama de recepción basada solo en la intensidad de señal más alta recibida.

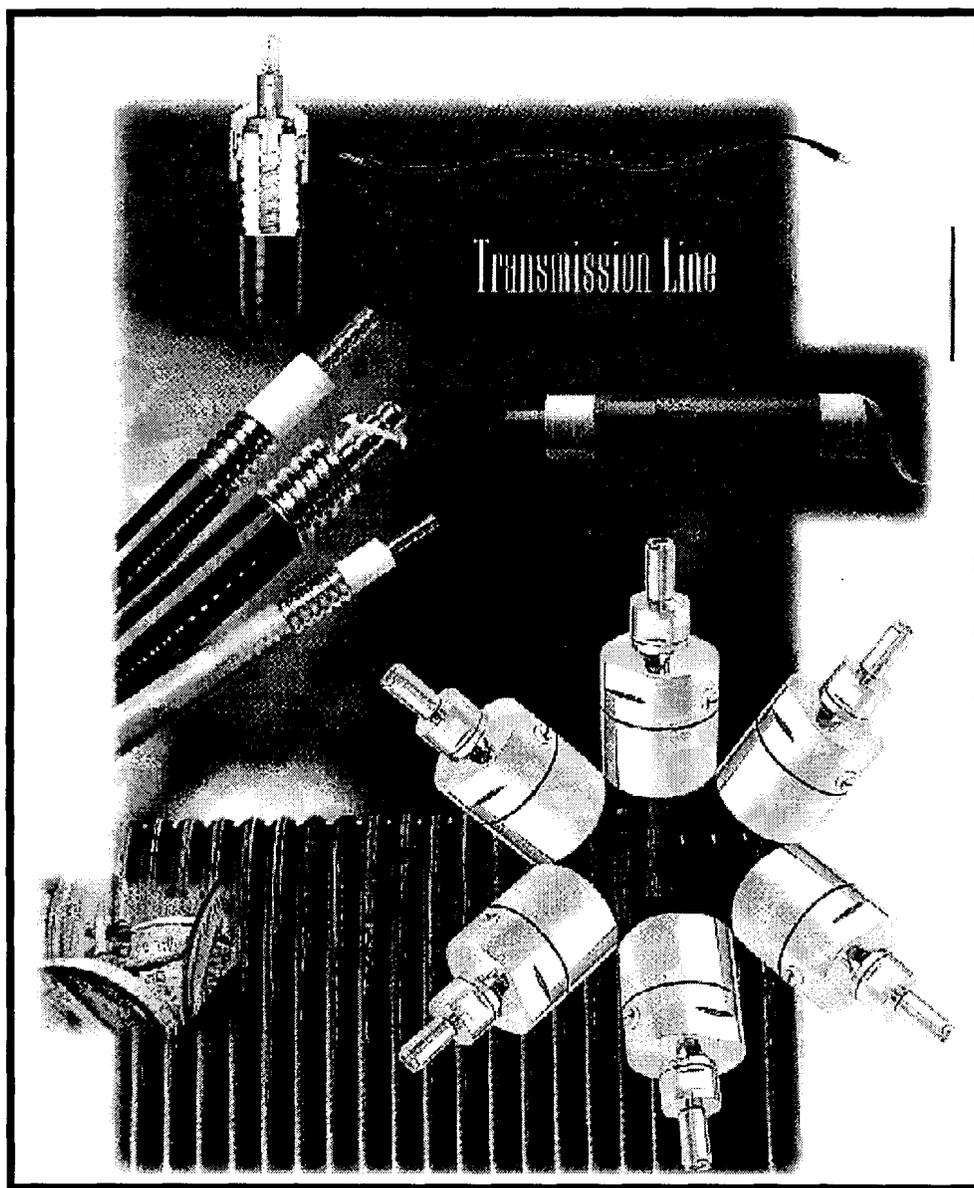
“Delta Diversity” selecciona la rama con la mayor relación C/I (Carrier Vs Interference) a pesar de la intensidad de señal que posea. Este tipo de configuración de diversidad no responde tan rápido como la “Fast Diversity”, pero es muy ventajosa en ambientes con ruido e interferencia.

La microcelda usa por defecto “Delta Diversity”, que como había dicho, no responde tan rápido como la “Fast Diversity”, pero es recomendada.

### **2.9.3 Cable**

Para minimizar las pérdidas debido al cable, se debe tratar en lo posible de reducir la distancia entre las antenas y los radios; además de mantener una misma longitud de cable tanto para la parte de recepción como para la de transmisión en la misma celda o sector, todas estas medidas tienen como fin

minimizar y equilibrar las pérdidas en el sistema de antenas, debido al cable conectado a la antena.



*Figura 2.40.- Cables y conectores utilizados en las Microceldas*

El cable (figura 2.40) a utilizarse dependerá de la ubicación de la estación base y de las antenas, debido a que para aplicaciones en interiores se pueden encontrar múltiples obstáculos en los cuales la instalación de un cable flexible sería la única solución viable.

Para aplicaciones en exteriores, la instalación de la estación base cerca de las antenas se lo puede hacer de una manera más fácil que para las aplicaciones en interiores; pero sin embargo, el cable a utilizarse, como se mencionó anteriormente, dependerá de la aplicación en particular de la microcelda.

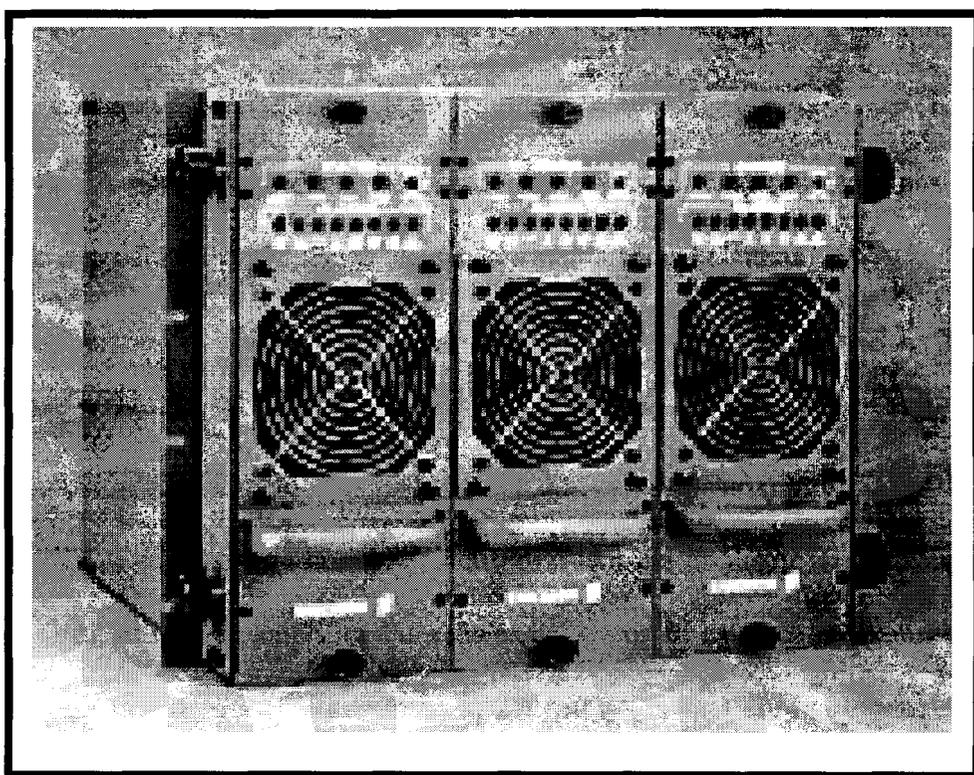
Para la mayor parte del recorrido, el utilizar cable de 7/8" es recomendable, y el utilizar en la medida de lo posible cable de 1/2". En el **ANEXO 3** se presentan diferentes tipos de cables y conectores con sus descripciones técnicas.

#### **2.9.4 Multicarrier Power Amplifier (MCPA)**

El MCPA (figura 2.41) compensa la pérdida de potencia en los combinadores, por lo que la función del MCPA es el de amplificar las señales de transmisión (señales de RF de los transceivers), y compensa las debilidades que se presentan en las microceldas debido a su baja potencia de salida; esto es crítico en las aplicaciones en exteriores, como túneles, esquinas de calles,

secciones de autopistas, etc.; donde es importante amplificar la potencia de salida.

El MCPA da al operador la oportunidad de dimensionar su sistema conforme sus requerimientos, eliminando el riesgo de sobre-dimensionar y realizar inversiones excesivas de infraestructura.



*Figura 2.41. - MCPA*

Las características de hardware de una estación base con MCPA se pueden resumir de la siguiente manera:

- a) Después de una falla en el suministro de energía, el MCPA se reinicia de manera automática.
  
- b) Soporta configuraciones de un sector de hasta 23 canales analógicos, o 71 canales de voz digitales; utilizando 3 gabinetes 884 Micro y un MCPA.
  
- c) Proporciona una potencia de salida de aproximadamente 1 W a la antena.

El MCPA posee un circuito combinador de 3 vías, el cual soportará hasta 3 gabinetes para ser combinados en una sola salida hacia la antena.

El MCPA posee 3 entradas en el panel frontal para conectar la salida de transmisión del gabinete principal y uno o dos gabinetes auxiliares. La salida del MCPA se conecta a la entrada del transmisor del duplexor en el gabinete principal, el MCPA amplifica las señales presentes en estas entradas por una ganancia fija de 10 dB. La ganancia del MCPA resulta en una potencia de portadora de transmisión máxima por radio de alrededor de 1 W por canal en el puerto de la antena del duplexor. El MCPA es montado en la parte superior de la microcelda y está equipado con una alarma que indica operación anormal. Todas las entradas del combinador MCPA deberán ser ajustadas para el mismo nivel. Si se utilizan microceldas sectorizadas, se debe utilizar un MCPA por sector.

### 2.9.5 Combinadores

Los combinadores de transmisión de las microceldas son de banda ancha y no requieren ajuste. Las pérdidas aproximadas entre una de las entradas y la salida es de 10 dB. Cada gabinete contiene 8 entradas y una salida. Cuando se requieren múltiples gabinetes en una celda, las salidas son combinadas.

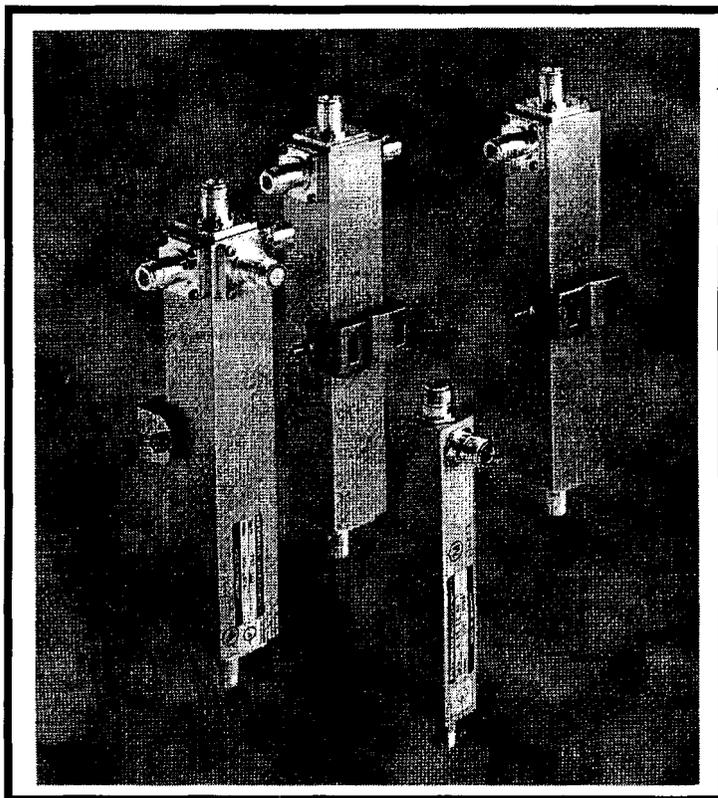
### 2.9.6 Duplexor

El duplexor combina el sistema del multiacoplador de recepción y el sistema combinado de transmisión a una antena común. Los duplexores son especialmente útiles en aplicaciones de microceldas donde el espacio es limitado, se necesita minimizar costos y el propietario de la edificación ha establecido limitaciones en cuanto al número de antenas permitido en el edificio.

El duplexor tiene una típica pérdida de inserción de 1 dB para las bandas de recepción y transmisión de 824 MHz o 894 MHz.

### 2.9.7 Divisor de Potencia (Power Splitters)

Permite obtener diferentes configuraciones de sistemas distribuidos de antenas. Es un dispositivo utilizado para dividir (o combinar) la señal en un cable coaxial en dos o más direcciones, ver ANEXO 4.



*Figura 2.42.- Power Splitters para Microceldas*

A continuación se presenta una figura (figura 2.43) en la cual la utilización de power splitters permiten diseñar un sistema distribuido de antenas.

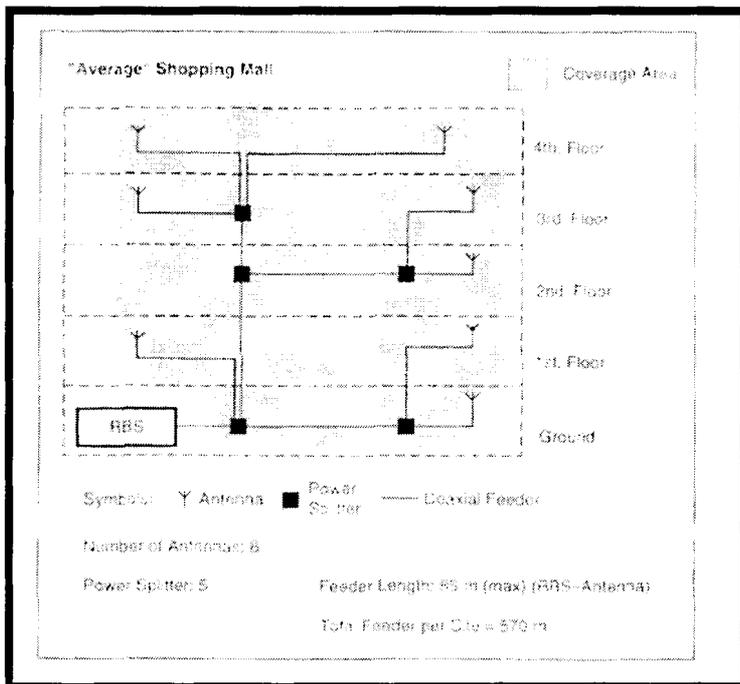


Figura 2.43.- Sistema distribuido de antenas

En la siguiente tabla, se indican pérdidas de los divisores de potencia más utilizados en el diseño de microceldas.

Divisor de Potencia	Pérdida (dB)
2 vías	3
3 vías	5
4 vías	6

Tabla 2.2.- Valores de atenuación para diferentes divisores de potencia

# **CAPITULO III**

## **CRITERIOS PARA LA IMPLEMENTACION DE MICROCELDAS**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Una vez definidos el sitio en el cual se construirá la microcelda, así como la ubicación de las antenas, el o los grupos de frecuencias que utilizará la microcelda, el número de radios que se pondrán en servicio; se tendrán que definir los parámetros con los cuales la microcelda funcionará, parámetros que van desde el nivel de potencia de la radiobase, hasta los parámetros con los cuales los móviles accesarán a la microcelda, realizarán handoffs y definir los casos en los cuales el sistema (central telefónica) dará por terminada una llamada.

El capítulo que se va a tratar es de suma importancia para la correcta definición de los parámetros de la microcelda, los cuales permitirán que se

defina el área de servicio en la cual se desea esté presente la microcelda, y por consiguiente se optimiza el desempeño de la celda.

### **3.2 POTENCIA DE RADIO FRECUENCIA**

La potencia de radio frecuencia en una microcelda está definida por la aplicación y el área a cubrir, tal es el caso de las aplicaciones más comunes para las microceldas (aeropuertos, centros comerciales, edificios, centros de convenciones, etc.).

Las razones para instalar una microcelda pueden ser:

- a) Cubrir sitios con mala cobertura, denominados hoyos de cobertura.
- b) Incrementar la capacidad de manejar ciertas áreas con alto tráfico (hot spots).
- c) Proveer de servicios especiales para los abonados de una determinada área.

Estas diferentes aplicaciones establecen diferentes demandas del nivel de potencia de la microcelda.

Para el primer caso, la instalación de una microcelda para cubrir un hoyo de cobertura, demanda el ajustar la potencia “uplink” y “downlink”, para evitar que la microcelda se extienda sobre un área con movimientos rápidos de la estación móvil.

Para áreas con alto tráfico (hot spots), se requiere que la microcelda capture el mayor tráfico posible; para esto, la intensidad de señal del canal de control de la microcelda debe ser superior a los canales de control de las macroceldas circundantes; en el caso que no lo fuere, se deben ajustar los parámetros, tanto en la microcelda como en las macroceldas, para conseguir accesos de estaciones móviles a la microcelda en el área de servicio de las macroceldas.

### **3.2.1 Nivel de Potencia en la Estación Base y en la Estación Móvil**

Tanto la estación base como las estaciones móviles, poseen niveles distintos de potencia, mientras que una RBS puede llegar a transmitir desde 10W hasta 50W (para el caso de una microcelda la máxima potencia de salida se sitúa en 1.5W), las estaciones móviles pueden tener ya sea una potencia máxima de 0.6W, para los teléfonos portátiles, o llegar a tener una potencia de 3W, para el caso de las bases fijas. Sin embargo, mientras en la estación base la potencia máxima es invariable, en las estaciones móviles, los niveles de potencia varían de acuerdo a la distancia a la cual se encuentra la estación móvil con respecto a la estación base.

### 3.2.1.1 Estación Base

La potencia de salida de la microcelda se la mide en el cable de la antena; mientras que la definición de esta potencia se la realiza remotamente desde la central telefónica. El rango de control de la potencia es de 20 dB, en pasos de 0.2 dB's.

Las radiobases 884 micro permiten tener hasta 8 portadoras en cada gabinete, y debido a que se pueden conectar hasta 3 gabinetes, se pueden transmitir hasta 24 portadoras (tabla 3.1).

Tipo de RBS	# de Canales	Configuración de antenas	Potencia antes de la antena
RBS 884M	Hasta 8	1 Tx + 2 Rx	22 dBm +/- 1.5 dB
RBS 884M	Hasta 16	1 Tx + 2 Rx	18 dBm +/- 1.5 dB
RBS 884M	Hasta 24	1 Tx + 2 Rx	16 dBm +/- 1.5 dB
RBS 884M	Hasta 8	2 Tx + 2 Rx	25 dBm +/- 1.5 dB
RBS 884M	Hasta 16	2 Tx + 2 Rx	21 dBm +/- 1.5 dB
RBS 884M	Hasta 24	2 Tx + 2 Rx	19 dBm +/- 1.5 dB

*Tabla 3.1.- Potencias de salida de las radio bases 884 Micro*

### 3.2.1.2 Estación Móvil

Los niveles de potencia de las estaciones móviles son mucho menores comparados con los de las radiobases.

Gracias al avanzado sistema de diversidad de recepción, los niveles de señales que se reciben desde la estación móvil se pueden aceptar.

La potencia máxima de salida es de alrededor de 4 W para las estaciones móviles instaladas en autos y alrededor de 1 W para los microteléfonos.

<b>Clase de Estación Móvil</b>	<b>Potencia de Salida Nominal</b>
I (solo analógico)	36 dBm (4 W)
II (solo analógico)	32 dBm (1.6 W)
III (solo analógico)	28 dBm (0.6 W)
IV (modo dual)	28 dBm (0.6 W)

*Tabla 3.2.- Potencias de salida de las estaciones móviles*

La potencia de transmisión de la estación móvil es determinada por la radiobase, los parámetros de potencia de la estación móvil constan de 10 niveles de Potencia Radiada Efectiva (ERP), medida en watts. Las estaciones móviles I, II y III pueden operar en niveles de potencia de 0 a 7. Las estaciones móviles Clase IV pueden operar en niveles que van de 0 a 10. Los cambios de nivel de intensidad en cada paso corresponden a una atenuación de 4 dB's en las lecturas de intensidad de señal.

<b>Niveles de Potencia Nominales de la Estación Móvil</b>				
Nivel de Potencia	de Potencia Transmitida Nominal en dBW para las diferentes Estaciones Móviles			
	I	II	III	IV
0	6	2	-2	-2
1	2	2	-2	-2
2	-2	-2	-2	-2
3	-6	-6	-6	-6
4	-10	-10	-10	-10
5	-14	-14	-14	-14
6	-18	-18	-18	-18
7	-22	-22	-22	-22
8				-26
9				-30
10				-34

*Tabla 3.3- Potencias nominales de las estaciones móviles*

### 3.2.2 Niveles de Sensibilidad de Radio Frecuencia

Al planificar el área de cobertura de una macrocelda, la mínima intensidad de señal que está permitida se basa únicamente en la sensibilidad de la estación móvil y de la estación base. Para AMPS, la sensibilidad de recepción de la estación móvil es de  $-103$  dBm, mientras que la sensibilidad (considerando

diversidad) en la estación base de una microcelda con un gabinete principal es: analógico  $-116$  dBm y en digital  $-112$  dBm; y cuando se tiene un gabinete principal con expansiones la sensibilidad es de  $-107$  dBm.

### 3.2.3 Ganancia por Diversidad

Todas las radiobases pueden utilizar dos antenas receptoras para reducir el efecto de desvanecimiento.

- El desvanecimiento por Trayectoria (path loss fading) ocurre al tiempo que la estación móvil se aleja de la radiobase.
- El desvanecimiento por sombra (shadow fading) ocurre cuando las colinas, árboles y edificios causan un desvanecimiento de señal que dura solo unos segundos.
- El desvanecimiento por multi-trayectoria (multiple-path fading) ocurre cuando la señal es reflejada por edificios, montañas, etc., causando una pérdida momentánea de la señal.

### 3.2.4 Ganancia de la Antena

La ganancia de la antena es la relación entre la máxima intensidad de radiación de la antena, con respecto a la máxima intensidad de radiación de una antena de referencia con la misma potencia de entrada.

Para el diseño de microceldas, la ganancia de antenas varía considerablemente dependiendo de la aplicación que se le va a dar a la microcelda; ya que, en algunos casos para aplicaciones en interiores no se necesita una gran ganancia en la antena, debido a la cercanía de los móviles a la radiobase.

Para un teléfono portátil se recomienda, para el balance de potencias, una ganancia de antena de:

$$G_{MS} = 0 \text{ dBi}$$

### 3.2.5 Balance de Potencias

La cobertura en un sistema de comunicación de radio de dos vías, se determina por la dirección en la cual la transmisión es más débil. Las expresiones “uplink” y “downlink” son utilizadas para diferenciar las dos direcciones de comunicación.

- Uplink.- Desde un usuario móvil a la red fija, vía una estación base.
- Downlink.- Desde una red fija hacia un usuario móvil, vía una estación base.

Al realizar un balance de potencias, se necesita que la cobertura en “downlink” sea igual a la cobertura en “uplink”. El balance de potencias es típicamente asumido al borde de la celda, en esta ubicación, se considera que la potencia de la estación móvil es igual a la potencia de la estación base.

#### Asunciones

Se realizará una simplificación y asunciones para el cálculo del balance de potencias:

- La sensibilidad desde una estación móvil hacia una estación base debe asumirse como igual.
- La degradación de la sensibilidad por el ruido producido por el hombre, escudo de cuerpo, no afecta el balance.
- La diversidad en la estación base es utilizada.

- Existe la misma ganancia entre las antenas de TX y RX en la estación base.

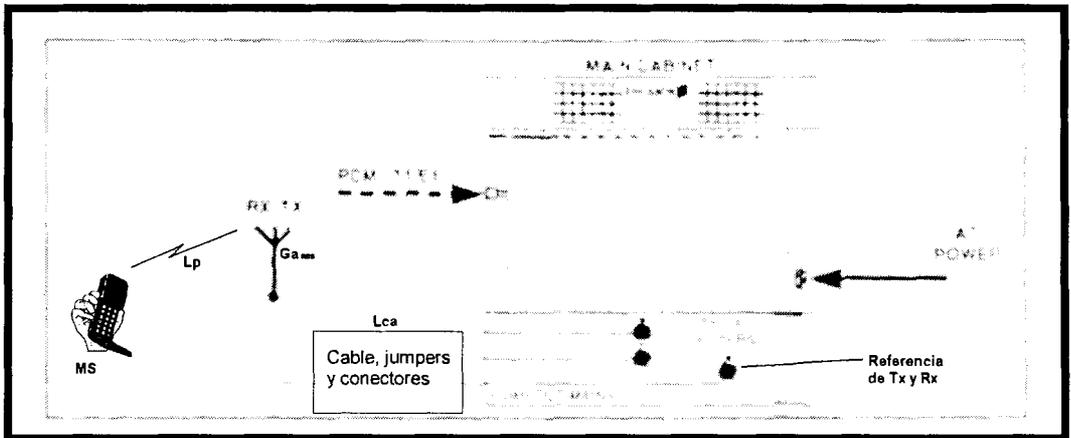


Figura 3.1.- Pérdidas y ganancias para el cálculo del balance de potencias

La fórmula a aplicarse para el balance de potencias es la siguiente:

La intensidad de señal recibida en la estación móvil,  $P_{inMS}$  se calcula por:

$$P_{inMS} = P_{outRBS} - L_{ca} + G_{RBS} - L_p$$

La intensidad de señal recibida en la estación base,  $P_{inRBS}$  se calcula por:

$$P_{inRBS} = P_{outMS} - L_p + G_{RBS} - L_{ca}$$

Donde:

**$P_{in_{MS}}$**  = Sensibilidad de la estación móvil.

**$P_{in_{RBS}}$**  = Sensibilidad de la estación base.

**$P_{out_{MS}}$**  = Potencia transmitida desde la estación móvil.

**$P_{out_{RBS}}$**  = Potencia transmitida desde la estación base.

**$L_{ca}$**  = Pérdidas en cables y conectores

**$L_p$**  = Pérdida por propagación entre la estación móvil y la estación base

**$G_{a_{RBS}}$**  = Ganancia de la antena en la estación base.

**$P_{in_{RBS}}$**  está calculado en el punto de referencia Rx; y  **$P_{out_{RBS}}$**  está calculado en el punto de referencia de Tx. Debido a que la pérdida de propagación es recíproca,  **$L_{p_{uplink}} = L_{p_{downlink}}$** , entonces:

$$P_{out_{RBS}} = P_{out_{MS}} + P_{in_{MS}} - P_{in_{RBS}}$$

Las pérdidas de conectores y cableado  $L_{ca}$ ; y ganancia de la antena  $G_{aRBS}$  se cancelan la una a la otra en la salida.

### **3.2.6 Potencia del Canal de Control**

Al momento de definir la potencia del canal de control se deben tener en mente que este valor sea el suficiente como para que los móviles en el borde de cobertura de la microcelda puedan recibir mensajes (paging, handoff, etc.) y contar con una buena calidad de voz; si el valor a definirse es el máximo con el cual la estación base puede transmitir, entonces la cobertura ofrecida por el o los canales de control dependerá de los efectos de propagación que se presenten en la señal, además de la ganancia de la antena de la estación móvil.

En ciertos casos, la potencia del canal de control puede ser mayor que la necesaria para satisfacer el área de servicio que se desea de la microcelda; pero esta medida tiene como fin captar el mayor tráfico posible, basado en el hecho de que el canal de control de la microcelda sea mejor que los canales de control de las celdas circundantes.

### **3.2.7 Potencia del Canal de Voz**

La potencia que se debe fijar a los canales de voz debe estar basado en el objetivo de ofrecer una muy buena calidad de voz en el área de servicio de la

microcelda, garantizando una intensidad de señal de la microcelda que permita asegurar una alta relación C/I (Carrier to Interference) con respecto a las celdas que re-usen frecuencias con la microcelda.

### **3.3 PARÁMETROS DE LA CELDA**

Los parámetros que se definirán a continuación, son definidos por Ericsson, por lo cual son válidos únicamente para equipos de esta compañía.

Los parámetros que se mencionarán son los necesarios para la puesta en servicio de una microcelda; existen otros parámetros, los cuales para nuestro estudio no serán abarcados.

La definición correcta de los valores para los parámetros, determinará el área de servicio de la microcelda, y su correcta interacción con las macroceldas circundantes. Existirán casos en los cuales se tenga que realizar cambios en los parámetros de las celdas aledañas.

### 3.3.1 Parámetros de Identificación

#### 3.3.1.1 RBS Type                      Tipo de estación Radio Base

Tipo:	Alfanumérico
Rango:	No aplicable
Valor Inicial:	Depende de la estación base
Unidad:	No aplicable
Modo:	Analógico-Digital

*Tabla 3.4.- RBS Type*

### 3.3.2 Parámetros de Acceso y Registro

En los casos en los cuales el área cubrirse posee cobertura total o parcial de alguna o algunas macroceldas cercanas, se debe establecer si existirán accesos y handoffs desde la microcelda hacia las macroceldas cercanas.

Se deben considerar los siguientes puntos para establecer los parámetros de registros.

- Si se desea o no, que en pisos altos de edificios que poseen microceldas, los abonados puedan acceder a macroceldas cercanas.

- Uno de los objetivos de instalar una microcelda, se centra en no congestionar a las macroceldas cercanas.
- Si la separación de la cobertura entre la microcelda y la macrocelda es la única solución a la alta interferencia.

### 3.3.2.1 SSREG Intensidad de Señal para Registro

Aplicación:	Registro
Tipo:	Numérico
Rango:	0 – 95
Valor Inicial:	Debe ser igual a SSACC
Unidad:	Unidades AXE (0 corresponde a –118 dBm y 63 a –55 dBm)
Modo:	Analógico-Digital

Tabla 3.5.- SSREG

El parámetro SSREG es el mínimo nivel de señal requerido en el canal de control analógico reverso para aceptar intentos de registro de una estación móvil que cumple con el standard EIA-553, IS-54B o IS-136Rev A.

El parámetro SSREG debe ser definido separadamente para los canales de control analógicos y para los canales de control digitales, pero estos, deben poseer el mismo valor para mantener el mismo radio de cobertura en la celda.

Un valor muy alto de SSREG repercutirá en un número alto de intentos rechazados de registro, causando que el móvil intente registrarse nuevamente, lo cual puede crear congestión en el canal de control.

### 3.3.2.2 SSACC Intensidad de señal para Acceso

<b>Aplicación:</b>	Manejo de llamadas
<b>Tipo:</b>	Numérico
<b>Rango:</b>	0 – 95
<b>Valor Inicial:</b>	Debe ser 17 dB's sobre el nivel de disturbio medido, más un valor de compensación, por ejemplo 8 si PLC=2 y SCM=4
<b>Unidad:</b>	Unidades AXE (0 corresponde a -118 dBm y 63 a -55 dBm)
<b>Modo:</b>	Analógico-Digital

Tabla 3.6.- SSACC

El parámetro SSACC es el mínimo nivel de señal requerido en el canal de control analógico reverso para aceptar intentos de originar accesos y de respuesta al voceo. El propósito del SSACC es de reducir el riesgo de múltiples accesos

Existen dos aproximaciones para definir qué valor es el indicado definir para el parámetro SSACC. Una aproximación envuelve el definir el parámetro tan bajo que permita que cualquier intento de acceso sea aceptado. Esta aproximación proporciona a cada móvil, la oportunidad de acceder al sistema, lo cual mejora la percepción del subscritor con respecto a la accesibilidad del

sistema. La desventaja de definir un SSACC bajo, se encasillan en el hecho de que se les permitirá a móviles con extremadamente bajos niveles de señal, acceder al sistema.

Otra aproximación de la definición del SSACC se centra en un valor alto, con la finalidad de garantizar un exitoso intento de llamada. En este caso, todos los intentos de accesos que no posean un buen nivel de señal, serán rechazados; esto afecta la percepción del usuario con respecto a la accesibilidad del servicio.

### 3.3.2.3 DCELL Celda de re-intento direccionado

Aplicación:	Acceso
Tipo:	Alfanumérico, hasta 7 caracteres
Rango:	No aplicable
Valor	No aplicable
Inicial:	
Unidad:	No aplicable
Modo:	Analógico-Digital

Tabla 3.7.- DCELL

El parámetro DCELL es utilizado en el evento en el cual una estación móvil realiza un intento de acceso en la mejor celda servidora, y esta es incapaz de darle un canal de voz debido a congestión, el móvil intentará un segundo intento de acceso, usando el proceso de re-intento direccionado. Una DCELL

es definida como una posible celda alternativa a la celda servidora en la cual el móvil intenta tomar un canal de voz.

Para que una celda sea designada como DCELL, esta debe estar conectada al mismo MSC que la celda que la cual se experimenta congestión. Durante el proceso de re-intento direccionado, la estación base transmite a la estación móvil la información acerca de los canales de control de todas las celdas que están definidas como DCELL's en la actual celda servidora. La estación móvil escanea los canales de control y selecciona la mejor DCELL, basada en los niveles de señal más fuertes recibidos. Después de la selección de una DCELL, la estación móvil debe proceder con el segundo intento de acceso al sistema, en el canal de control de la DCELL. Pueden definirse un máximo de 6 DCELL's en una celda. Un re-intento direccionado es realizado por cada intento de llamada.

Se recomienda mantener el mínimo números de definiciones de DCELLS, para disminuir la posibilidad de una pobre calidad de voz y de llamadas terminadas anormalmente debido a que están fuera del área de acceso.

### 3.3.2.4 RESCAN Re-Escaneo

Aplicación:	Manejo de llamada
Tipo:	Numérico
Rango:	0, 15-900
Valor Inicial:	0
Unidad:	Segundos
Modo:	Canal de control analógico

Tabla 3.8.- RESCAN

El parámetro RESCAN define el intervalo de tiempo, en segundos, por el cual una estación móvil que está enganchada en un canal de control analógico, re-escanea los canales de paging. El parámetro RESCAN está incluido en el Global Action Overhead Message (GAOM) transmitido a la estación móvil en el canal de control hacia delante. Además de recibir una orden de re-escaneo, la estación móvil re-escanea los canales de paging. Si es requerido, la estación móvil procede con un intento de registro. Los dos estados operacionales para el parámetro RESCAN, son los siguientes.

RESCAN = 15 – 800 “Sistema Ordena Re-Escaneo Ajustable” es una función ordenando a las estaciones móviles dentro de una celda a re-escanear los canales de control. El tiempo entre las órdenes de re-escaneo pueden ser ajustadas desde 15-900 segundos. No es recomendable definir el parámetro RESCAN en valores por debajo de 300, debido a que esto incrementará el tiempo durante el cual el móvil es inhabilitado para paging.

RESCAN = 0 indica que en la celda no ocurrirá una orden de parte del sistema de re-escanear.

### 3.3.2.5 SSSEL Intensidad de Señal para Selección

Aplicación:	Manejo de llamada
Tipo:	Numérico
Rango:	0 – 63
Valor Inicial:	Definir el valor igual a la sensibilidad del receptor en el enlace hacia delante
Unidad:	Unidades AXE
Modo:	Canal de control digital

Tabla 3.9.- SSSEL

El parámetro SSSEL es la mínima intensidad de señal en el enlace hacia delante requerido para que una estación móvil seleccione y se encuentre en estado de camping en una celda con el DCCH (Digital Control Channel) en operación.

Cuando una estación móvil está operando en el modo de un canal de control digital, el valor del parámetro SSSEL determina el radio de la celda en el cual la estación realizará camping con ese canal de control digital.

## 3.3.2.6 SSB

**Intensidad de Señal para Bloqueo**

Aplicación:	Interferencia
Tipo:	Numérico
Rango:	0 – 63
Valor Inicial:	12 dB por debajo del SSACC
Unidad:	Unidades AXE
Modo:	Analógico-Digital

*Tabla 3.10.- SSB*

El parámetro SSB es un umbral de interferencia, sobre el cual un dispositivo libre asociado a un Canal de Voz, es automáticamente bloqueado (estado seal “sellado” ). Por la duración de tiempo que el transceiver asociado con el Canal de Voz (MVC=Mobile Analog Voice Channel) continúa detectando una portadora de RF no deseada, el dispositivo permanecerá en estado seal. De manera análoga, el objetivo de este parámetro SSB se aplica para canales de voz digitales.

### 3.3.2 Parámetros de Potencia de la Estación Base

#### 3.3.3.1 PA TYPE Tipo de amplificador de potencia

<b>Tipo:</b>	Numérico
<b>Rango:</b>	No aplicable
<b>Valor Inicial:</b>	No aplicable
<b>Unidad:</b>	Watt
<b>Modo:</b>	No aplicable

Tabla 3.11.-PA TYPE

Este parámetro indica la potencia de salida máxima posible del amplificador de potencia utilizado en la celda.

A continuación se exponen los tipos de amplificadores de potencia disponibles para las radiobases existentes.

<b>TIPO DE RBS</b>	<b>Niveles de potencia de salida (WATTS)</b>
RBS 882	10,25,50
RBS 882D	10,25,50
RBS 882M	1.4
RBS 882DM	1.4
RBS 884	10,30.50
RBS 884M	1.5
RBS 884C	10

Tabla 3.12.- Niveles de Potencia de salida para RBS's

### 3.3.3 Parámetros de Potencia de la Estación Móvil

En las aplicaciones en exteriores de microceldas, debido a la baja potencia de salida y la ubicación a baja altura de las antenas, en comparación con la altura a la cual se instalan las antenas en las macroceldas, se debe prestar mucha importancia a las pérdidas que se presentarán, según el entorno, debido a multi-trayectorias de la señal y a las pérdidas de difracción que se presentarán en la trayectoria de comunicación del móvil y la estación base; lo cual se verá reflejado en desvanecimientos de señal del “Uplink” y “Downlink”

#### 3.3.4.1 PLC Nivel de Potencia en el Canal de Control

Aplicación:	Manejo de llamadas
Tipo:	Numérico
Rango:	0 – 7
Valor Inicial:	Se define en base al balance de potencias
Unidad:	Ver tabla 3.14
Modo:	Analógico-Digital

Tabla 3.13.- PLC

El parámetro PLC especifica el valor con el cual la estación móvil transmitirá en el Canal de Control Analógico cuando se establezca una llamada.

El valor del PLC es determinado en base a la sensibilidad diseñada en uplink y la máxima pérdida de propagación que se presentará en la celda; así como

vimos anteriormente, para determinar el balance de potencias adecuado en el borde de la celda, se debe considerar la potencia efectivamente radiada (ERP) de la estación base. Los diferentes valores de ERP nominales (en dBW) a los cuales un móvil puede transmitir se basan en el Código de atenuación de control del móvil (CMAC), el cual es utilizado para determinar la potencia de transmisión de la estación móvil en el canal de control analógico reverso. Acceso al sistema, incluyendo registración, originación y paging son desarrollados en el canal de control analógico reverso. Los tres últimos bits significantes del MAC (código de atenuación del móvil) son utilizados para el CMAC; y todos los cuatro bits son utilizados para el código de atenuación digital del móvil (DMAC) para estaciones móviles, como se muestra en la tabla siguiente:

Mobile Station Power Level (PL)	MAC	Nominal ERP (dBW) for Station Class			
		I	II	III	IV
0	0000	6	2	-2	-2
1	0001	2	2	-2	-2
2	0010	-2	-2	-2	-2
3	0011	-6	-6	-6	-6
4	0100	-10	-10	-10	-10
5	0101	-14	-14	-14	-14
6	0110	-18	-18	-18	-18
7	0111	-22	-22	-22	-22

*Tabla 3.14.-Niveles de ERP*

### 3.3.4.2 PLV Nivel de Potencia en el Canal de Voz

Aplicación:	Manejo de llamadas
Tipo:	Numérico
Rango:	0 – 7
Valor Inicial:	Se define en base al balance de potencias
Unidad:	Ver tabla 3.14
Modo:	Analógico-Digital

Tabla 3.15.-PLV

Para el caso analógico, el parámetro PLV especifica el nivel de potencia permitido para la estación móvil en un canal analógico de voz. El valor del PLV es transmitido a la estación móvil como parte del Voice Channel Designation Message (Mensajes de designación del canal de voz), el cual es transmitido a través del Canal de Control Analógico hacia delante (Forward). El valor del PLV es también utilizado como la potencia inicial de la estación móvil después que se ha efectuado un handoff.

Un PL=0 significa que el móvil está transmitiendo a su máxima potencia. Como los niveles de potencia están ajustados en un rango de PL's desde 1 hasta 7, cada paso corresponde a una atenuación en el nivel de señal de 4 dB.

Durante el acceso de una llamada, el nivel de señal de la estación móvil es medida en el Canal de Control Analógico reverso. El actual PLC del móvil es transmitido al módulo del Canal de Voz Analógico del Móvil (MVC). Los

valores de los parámetros PLC y el SCM de la estación móvil son utilizados para calcular y ajustar la potencia inicial de la estación móvil a un nivel apropiado antes de que este transmita en un canal de voz.

Si el cálculo del nivel de potencia inicial no es posible, el valor del PLV es usado para indica el nivel de potencia inicial en el canal de voz.

Como en lo explicado para el caso analógico, el parámetro PLV, en lo que a digital se refiere, especifica el nivel de señal inicial permitido en un canal de voz digital.

#### 3.3.4.3 PLVM Nivel de Potencia Máximo en el Canal de Voz

Aplicación:	Manejo de llamadas
Tipo:	Numérico
Rango:	0 – 7
Valor Inicial:	Se define en base al balance de potencias
Unidad:	Ver tabla 3.14
Modo:	Analógico-Digital

Tabla 3.16.- PLVM

Tanto para analógico como digital, el parámetro PLVM especifica el máximo nivel de potencia permitido a la estación móvil, tanto en un canal de voz analógico, como en un canal de voz digital. El parámetro PLVM se debe

definir separadamente tanto para analógico como para digital; sin embargo, debido a que ambos comparten la misma cobertura, se recomienda definir a un mismo valor el PLVM para analógico como para digital.

Es recomendable también el definir el valor del PLVM (máximo nivel de potencia en el canal de voz) igual al del parámetro PLV (potencia inicial en el canal de voz). Si estos parámetros no son iguales, el abonado puede experimentar una variación en la calidad de voz al inicio de una llamada o después de realizado un handoff.

#### 3.3.4.4 SSD Decremento de la intensidad de señal

Aplicación:	Manejo de llamadas
Tipo:	Numérico
Rango:	0 – 63
Valor Inicial:	Se define 8 dB sobre el parámetro SSI.
Unidad:	Unidades AXE
Modo:	Analógico-Digital

Tabla 3.17.- SSD

El parámetro SSD indica un nivel de umbral que es utilizado para disminuir la potencia de transmisión de una estación móvil en un canal de voz analógico o digital. Cuando los niveles de señal recibidos por la Estación Base, a través del canal de voz analógico reverso, excede el umbral SSD, a la estación móvil

se le ordena decrementar su potencia de transmisión. Igual procedimiento se sigue para el caso de canales de voz digitales.

### 3.3.4.5 SSI Incremento de la intensidad de señal

<b>Aplicación:</b>	Manejo de llamadas
<b>Tipo:</b>	Numérico
<b>Rango:</b>	0 – 63
<b>Valor Inicial:</b>	Definido en base al balance de potencias.
<b>Unidad:</b>	Unidades AXE
<b>Modo:</b>	Análogo-Digital

*Tabla 3.18.- SSI*

El parámetro SSI es un nivel de umbral que es utilizado para incrementar la potencia de transmisión de la estación móvil. Cuando los niveles de señal recibidos por la Estación Base en el canal de voz reverso cae por debajo del umbral SSI, se le ordena a la estación móvil incrementar su potencia de transmisión. Igual procedimiento se sigue para el caso de canales de voz digitales.

Se recomienda definir el parámetro SSI 17 dB's por encima del parámetro SSB.

### 3.3.4 Parámetros de Handoff

En el proceso de handoff intervienen una serie de parámetros, los cuales tienen como fin, el garantizar un buen handoff entre la celda servidora y su celda vecina, siempre teniendo en cuenta el mantener una buena calidad de voz en la llamada.

#### 3.3.5.1 NTYPE Tipo de celda vecina

Aplicación:	Handoff
Tipo:	Caracter
Rango:	STAND, PREF y NPREF
Valor	No aplicable
Inicial:	
Unidad:	No aplicable
Modo:	Analógico-Digital, voz y canales de control

Tabla 3.19.- NTYPE

El parámetro NTYPE define el tipo de vecindad con la cual se le va a definir a la NCELL. Con la implementación del feature Hierarchical Cell Structure (HCS) usando el DCCH, cada celda vecina es definida como una vecindad estándar (STAND), celda con vecindad preferida (PREF) o celda con vecindad no preferida (NPREF). El valor por default para NTYPE es STAND.

Además de ser utilizado en el proceso de handoff, el parámetro NTYPE es utilizado también para el proceso de selección y re-selección del DCCH (Digital Control Channel). El parámetro MODE es utilizado para especificar el tipo de relación entre las 2 celdas.

### 3.3.5.2 SSH Intensidad de señal para Handoff

Aplicación:	Handoff
Tipo:	Numérico
Rango:	0 – 63
Valor Inicial:	No aplicable
Unidad:	Unidades AXE
Modo:	Analógico, canales de voz

Tabla 3.20.- SSH

El parámetro SSH determina el umbral de nivel de señal en el enlace reverso (comunicación desde el móvil), bajo el cual se inicia una petición de handoff, en un canal de voz analógico. Cuando la intensidad de señal RF medida durante una llamada cae por debajo del umbral SSH, la estación móvil inicia una petición de localización al MSC (Mobile Switching Center). El MSC inicia la búsqueda de una posible nueva celda servidora, recolectando y comparando, los niveles de señal compensados en uplink de la estación móvil medidos desde las NCELLS analógicas previamente definidas y los niveles de señal compensados en uplink medidos en el actual canal de voz. Una vez

determinada una celda servidora, para la continuación de la llamada, se inicia un intento de handoff.

### 3.3.5.3 SUH                      Supresión de Handoff

Aplicación:	Handoff
Tipo:	Numérico
Rango:	0 – 20
Valor Inicial:	3
Unidad:	Segundos
Modo:	Analógico, canales de voz

*Tabla 3.21.- SSUH*

El parámetro SUH es un intervalo de tiempo expresado en segundos, durante el cual se omiten peticiones de localización para Handoff. El propósito de este parámetro SUH es de minimizar la ocurrencia de múltiples peticiones de handoffs, debido a interferencia o a desvanecimiento de señal. Este parámetro es utilizado para escenarios específicos, en los cuales existen únicamente handoffs analógicos.

Valores bajos de SUH incrementan el número de peticiones de localización que el MSC debe procesar. Entre más se incrementen las peticiones de localizaciones, la carga del procesador del MSC aumenta, por esta razón, el parámetro SUH debe ser definido en el mínimo número de celdas posibles.

handoff o para una re-selección del canal de control digital (DCCH). Una NCELL o NOCELL califica como candidata para un handoff si los niveles de señal medidos en la NCELL o NOCELL es un valor de SSHYP mayor que los niveles de señal en la celda servidora. Además, el propósito del parámetro SSHYP es de asegurar que la celda candidata posee mejores niveles de señal que la celda servidora. De esta manera, la ocurrencia de múltiples handoffs, llamado como un “handoff ping-pong”, entre 2 celdas es minimizada.

### 3.3.5.5 SSHYN **Histéresis negativa de intensidad de señal**

<b>Aplicación:</b>	Handoff / Reselección
<b>Tipo:</b>	Numérico
<b>Rango:</b>	0 – 63
<b>Valor Inicial:</b>	3 (analógico) y 3 (digital)
<b>Unidad:</b>	dB
<b>Modo:</b>	Canales de Voz y Control, Analógicos y Digitales.

*Tabla 3.23.- SSHYN*

El parámetro SSHYN especifica la diferencia de intensidad de señal en dB's, requerida para calificar a una NCELL o NOCELL como candidata para una handoff o para una re-selección del canal de control digital (DCCH). Una NCELL o NOCELL califica como candidata para un handoff si los niveles de señal medidos en la NCELL o NOCELL es un valor de SSHYN menor que los niveles de señal en la celda servidora. Además, el propósito del parámetro SSHYN es de asegurar que el handoff se efectúe de una manera rápida, sin

importar que la celda candidata posea “peores” niveles de señal que la celda servidora.

### 3.3.5.6 SNH Relación de señal a ruido para handoff

Aplicación:	Calidad de llamada
Tipo:	Numérico
Rango:	0 – 63
Valor Inicial:	15 – 25
Unidad:	Unidades AXE
Modo:	Canales de Voz Analógicos

Tabla 3.24.- SNH

El parámetro SNH determina el umbral de relación Señal a Ruido (Signal-to-Noise), bajo el cual una petición de localización para handoff es iniciada en un canal de voz analógico. La relación S/N que es comparada con el valor del parámetro SNH es medida en el SAT (Supervisory Audio Tone). El SAT es recibido por la estación móvil, regenerado, y vuelto a transmitir hacia la estación base, donde la relación S/N es medida en el SAT que retornó. Si la relación medida de S/N se encuentra por debajo del umbral SNH, una petición de localización es iniciada. Una petición de localización se procederá, incluso si la intensidad de señal de RF medida es mejor que el umbral de intensidad de señal para handoff (parámetro SSH) y la relación portadora-interferencia (C/I) es mejor que el umbral CIH (a explicarse más adelante). El algoritmo de

regulación de potencia también utiliza el parámetro SNH para realizar el cambio de la potencia de transmisión de la estación móvil.

### 3.3.5.7 CIH Relación de portadora a interferencia para handoff

Aplicación:	Calidad de llamada
Tipo:	Numérico
Rango:	0 – 63
Valor:	15 – 17
Inicial:	
Unidad:	dB
Modo:	Canales de Voz Analógicos

Tabla 3.25.-CIH

El parámetro CIH determina el umbral de la relación portadora-interferencia bajo el cual una petición de localización para handoff es iniciada en un canal de voz analógico. La relación portadora-interferencia es utilizada como un monitor de la calidad de transmisión en el canal de voz (MVC), comparando la señal deseada de la portadora con la señal no deseada interferente. El parámetro CIH es utilizado para iniciar peticiones de localizaciones tanto para handoffs intracell como para handoffs intercells.

### 3.3.5.8 SSMIN **Intensidad de señal mínima para handoff**

<b>Aplicación:</b>	Handoff
<b>Tipo:</b>	Numérico
<b>Rango:</b>	0 – 63
<b>Valor Inicial:</b>	7 dB sobre el valor de SSACC para un sistema limitado por ruido (definir un valor igual al SSACC para un sistema limitado por interferencias)
<b>Unidad:</b>	Unidades AXE
<b>Modo:</b>	Analógico-Digital

*Tabla 3.26.- SSMIN*

El parámetro SSMIN especifica la mínima intensidad de señal de RF (enlace reverso, comunicación entre la estación móvil y la estación base) requerido durante la localización para calificar a una NCELL como una candidata para handoff. Una NCELL que satisface el criterio para realizar un handoff analógico, pero falla en la consecución de obtener una intensidad de señal por encima del SSMIN, no es incluida en la evaluación de las mediciones tomadas en la localización.

Para el caso digital, el procedimiento es casi el mismo que el explicado para una llamada analógica, salvo que la intensidad de señal utilizada para la comparación del umbral del SSMIN es medida por una estación móvil en modo dual durante las mediciones tomadas en el MAHO (Mobile Assisted Handoff).

El parámetro SSMIN debe ser definido para garantizar que los handoffs hacia una celda “sobrevivan” en un ambiente de desvanecimiento de señal. Un valor inicial de 8 dB para el SSMIN es recomendado.

El valor inicial recomendado de 8 AXE para el SSMIN analógico, dictamina que las celdas analógicas vecinas deben medir en modo analógico, una intensidad de señal en las estaciones móviles de  $-110$  dBm o mejor, para ser una posible celda servidora después del handoff. Si el valor del parámetro SSMIN se encuentra muy alto, el móvil no podrá realizar handoffs cuando este presenten bajos niveles de señal.

# **CAPITULO IV**

## **ESTUDIO ECONOMICO**

### **4.1 CONSIDERACIONES INICIALES**

Para el proyecto se asume que el equipo de la microcelda es nuevo, por ende, Ericsson realiza la instalación del mismo, como requisito para considerar la garantía en el equipo.

Los ingresos que se considerarán para el proyecto, están basados únicamente en el costo por segundo que el operador celular cobra a sus abonados por cada llamada telefónica. El valor por minuto (\$ 0.73 )va a ser considerado en base a un promedio de las tarifas telefónicas (llamadas locales, llamadas a BellSouth, llamadas a Porta, llamadas a nivel nacional) que la empresa BellSouth cobra a sus abonados para teléfonos pre-pago (mayor número de abonados para ambas operadoras celulares).

## 4.2 COSTES DE PERSONAL

Para la instalación no se necesita contratar personal adicional; junto al contrato de compra del equipo, el proveedor (en este caso Ericsson) se compromete a la instalación completa de la estación base (como se mencionó en las CONSIDERACIONES INICIALES) que se utilizarán en la implementación de la microcelda.

Para el mantenimiento de la microcelda, se necesita de un técnico en telecomunicaciones, el cual, si pertenece a la operadora celular, el mantenimiento de la estación base, se encuentra dentro de sus obligaciones como miembro del equipo de OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO de la operadora celular; sin embargo, se considerará el caso más general, la contratación del mismo para el mantenimiento único de la microcelda.

- Técnico en telecomunicaciones

Mensualidad fija anual.....\$ 6.000.00

## 4.3 COSTES DE EQUIPOS Y MATERIALES

- Microcelda (16 canales)

1 \* \$ 80.000,00 ..... \$ 80.000,00

- Antenas directivas Kathrein
  - 3 \* \$ 500,00 ..... \$ 1.500,00
  
- Antenas omnidireccionales
  - 5 \* \$ 500,00 ..... \$ 2.500,00
  
- Power splitters (3 vías)
  - 2 \* \$ 50,00 ..... \$ 100,00
  
- Power splitters (4 vías)
  - 2 \* \$ 50,00 ..... \$ 100,00
  
- Conector 7/16" hembra (cable 7/8")
  - 9 \* \$ 65,00 ..... \$ 585,00
  
- Conector 7/16" macho (cable 1 / 2")
  - 8 \* \$ 45,00 ..... \$ 360,00
  
- Conector //16" macho (cable 7/8")
  - 17 \* \$ 65,00 ..... \$ 1.105,00
  
- Conector 7/16" hembra (power splitter)
  - 17 \* \$ 45,00 ..... \$ 765,00

- Conector N macho (cable 1 / 2")
 

8 * \$ 31,00 .....	\$ 248,00
--------------------	-----------
  
- Conector N hembra (antena)
 

8 * \$ 31,00 .....	\$ 248,00
--------------------	-----------
  
- Cable coaxial 7/8", atenuación: 4.2 dB/100 m
 

700 * \$ 25,50/m .....	\$ 17.850,00
------------------------	--------------
  
- Cable coaxial 1 / 2", atenuación: 7.52 dB/100 m
 

30 * \$ 8,20/m .....	\$ 246,00
----------------------	-----------
  
- Rack
 

3 * \$ 550,00 .....	\$ 1.650,00
---------------------	-------------
  
- UPS
 

1 * \$ 2.330,00 .....	\$ 2.330,00
-----------------------	-------------
  
- Banco de baterías
 

1 * \$ 2112,00 .....	\$ 2.112,00
----------------------	-------------
  
- Instalación de equipo, por parte de proveedor
 

1 * \$ 7.000,00 .....	\$ 7.000,00
-----------------------	-------------

- **Costo total bruto de personal, materiales y equipos.....\$ 124.699,00**
- Ingreso día entre semana (Lunes a Viernes)

Utilización	Horario	Cálculo	Ingreso
20%	09H00 -11H00	$2*60*0.73*36*0.2$	\$ 630,72
100%	11H00 -13H00	$2*60*0.73*36$	\$ 3.153,6
50%	13H00 -17H00	$4*60*0.73*36*0.5$	\$ 3.153,6
10%	17H00 - 19H00	$2*60*0.73*36$	\$ 3.153,6
50%	19H00 – 23H00	$4*60*0.73*36*0.5$	\$ 3.153,6
<b>Total de ingreso en un día entre semana</b>			<b>\$ 13.245,12</b>

- Día fuera de semana y feriados (Sábado y Domingo)

Utilización	Horario	Cálculo	Ingreso
20%	09H00 -11H00	$2*60*0.73*36*0.2$	\$ 630,72
100%	11H00 -13H00	$2*60*0.73*36$	\$ 3.153,6
80%	13H00 -17H00	$4*60*0.73*36*0.8$	\$ 5.045,76
10%	17H00 - 19H00	$2*60*0.73*36$	\$ 3.153,6
80%	19H00 – 23H00	$4*60*0.73*36*0.8$	\$ 5.045,76
<b>Total de ingreso Sábados, Domingos y feriados</b>			<b>\$ 17.028,72</b>

- Ingreso Bruto Semanal

$$\$ 13.245,12*5 + \$17.028,72*2 = \$ 100.283,04$$

- Ingreso Bruto Mensual

$$\$100.283,04*4 = \$ 401.132,16$$

- Ingreso Bruto Anual

$$\$401.132,16*12 = \$ 4'813.585,92$$

- **Ingreso total bruto anual.....\$ 4'813.585,92**
- **Saldo bruto anual.....\$ 4'688.886,92**
- Mantenimiento y repuestos 10%.....\$ 468.888,69
- **TOTAL NETO ANUAL.....\$ 4'219.998,22**

Utilizando la fórmula de el valor futuro, en el siguiente cálculo se determinará si el proyecto es viable o no; se obtendrá el interés anual para el cual, el costo del proyecto (\$ 124.699,00) produce \$ 4'219.998,22

$$VF = Ci ( 1 + i )^n$$

$$4'219.998,22 = 124.699,00 ( 1 + i )^{12}$$

$$i = 0.35$$

Este valor de interés del 35 % mensual, demuestra que es rentable invertir los \$ 124.699,00 en este proyecto, a depositar este dinero en el banco y esperar al final del año réditos con intereses entre 8% y 12% mensuales.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Al terminar el proyecto de tesis, existen algunas conclusiones que me gustaría compartir.

La principal función de una microcelda, como se mencionaron en los capítulos anteriores, era proporcionar cobertura y canales de voz para el operador celular en lugares en los cuales a) No poseen macroceldas cercanas al sitio a cubrir, sean estos centros comerciales, autopistas, túneles, etc. y, b) Reducir los niveles de congestión que sufre alguna/as celdas en sectores en los cuales existe una gran acumulación de tráfico, tales como centros comerciales, ferias, conciertos, eventos deportivos, intersección de autopistas, etc.

Para el presente proyecto, los objetivos a conseguir, se centraban en proporcionar una buena cobertura en el Centro Comercial Mall del Sol, a la vez de poseer instalados dispositivos de radios listos para tomar el tráfico generado por los abonados dentro del centro comercial.

En el proyecto, un factor al cual se le prestó mucha importancia al momento de diseñar, fue el económico; ya que se tenía en mente el realizar un proyecto, lo más eficiente en su funcionamiento, y al menor costo posible. Se partió de diseñar la microcelda con dos gabinetes en la radiobase (16 canales), lo cual es un punto intermedio dentro de lo que a capacidad se refiere (1 microcelda puede poseer hasta tres gabinetes, en total 24 canales); dependiendo del éxito de proyecto para atraer tráfico, se puede ampliar los radios existentes con la sola adición de un tercer gabinete, lo cual elevaría a 24 canales los instalados y operativos.

El sistema distribuido de antenas que se diseñó para el proyecto, se basó en utilizar una sola radiobase; sin embargo, en lo que se refiere a niveles de potencia efectivamente irradiado en las antenas instaladas, no es un diseño óptimo; dado que las grandes distancias en las cuales se tuvo que instalar la guía de onda, contribuyeron a que exista una gran pérdida de potencia de la señal, antes de llegar a la antena. Los valores en los cuales se situaron la potencia a la salida de la antena, se encontraban entre los  $-9$  dBm's y  $-11$  dBm's; estos valores, son muy aceptables cuando la microcelda se encuentra instalada y va a funcionar en un área en la cual no existe cobertura celular, sin embargo, para el caso del Mall del Sol, este no es el escenario. Este centro comercial se encuentra en un área urbana de la ciudad de Guayaquil, y posee macroceldas cercanas al mismo; las cuales permiten ofrecer un buen servicio en el interior del Mall del Sol (muy buena señal).

Un diseño ideal para el Mall del Sol, requeriría la instalación de más de una microcelda, instaladas no por capacidad; la razón para instalar un número superior de radiobases, radica en garantizar una muy buena potencia a la salida de la antena. La recomendación para garantizar un excelente servicio en el interior del Mall del Sol, se centra en la instalación de 2 microceldas; cada una de estas ubicadas cerca de las “Anclas” del centro comercial (locales de SUKASA y MEGAMAXI), dicho diseño permitiría que el recorrido de guía de onda necesario para las antenas fuera mucho menor que el diseñado en este proyecto; lo cual conllevaría una menor pérdida de potencia por el recorrido de cable y en un aumento en la potencia de salida en las antenas instaladas.

Las recomendaciones que se pueden ofrecer al final de este proyecto, son las siguientes.

Al momento de diseñar la distribución de las antenas, es muy importante tener en cuenta la idea de cómo se va a propagar la señal en el sitio a instalarse la microcelda, con esto se persigue asegurar unos muy buenos niveles de señal en el interior del edificio. Cuando la edificación a instalarse es de gran tamaño, tal es el caso del centro comercial Mall del Sol, se debe tener presente que existirá un recorrido de cable grande, el cual contribuirá a reducir la potencia que será irradiada efectivamente en las antenas; para estos casos, se debe tener en claro qué va a tener prioridad, a) el diseñar el proyecto basado

en el menor número de costos (pero que permitirán la funcionalidad completa del proyecto) o b) un diseño ideal, en el cual los costos que representaría el proyecto (utilización de más de una microcelda, gran número de antenas, etc.) no son un inconveniente.

Otro factor a tenerse en cuenta al momento de instalar la microcelda, recae en la ubicación ideal de las antenas, ya que de un correcto sistema distribuido de estas, se logrará propagar de mejor manera la señal en las áreas de la edificación. El uso de antenas omnidireccionales se recomienda para áreas grandes, sin obstáculos que produzcan una atenuación de la señal (grandes salones de convenciones, supermercados, patios de comidas, pisos de edificios, etc.); mientras que, el uso de antenas directivas se recomienda para cubrir áreas angostas, pero extensas (corredores de centros comerciales, túneles, intersección de avenidas, etc.).

Para una planificación ideal, si se cuenta con los equipos para realizarlo, se necesitarán realizar pruebas de campo que permitan realizar una predicción bastante cercana de la propagación que tendrá la señal en el interior de la edificación a instalarse la microcelda, a la vez que, se definirá qué grupo de frecuencias (basados en las mediciones de los canales de control analógicos de toda la red celular) es el que con menos niveles de señal presentan, tanto en el interior de la edificación, como en los exteriores cercanos a la misma; esto tiene como fin, asegurar una muy buena calidad de voz durante la

conversación, aumentando el umbral C/I (Carrier to Interference) entre el grupo de frecuencias utilizado por la microcelda, y sus respectivas celdas co-canales, ubicadas en el área urbana.

## **ANEXO 1**

### **TABLA B DE ERLANG**

N <sub>VP</sub>	GRADO DE SERVICIO									
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598
14	6.9811	7.1154	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395
32	21.312	21.580	21.823	22.048	23.725	24.914	26.748	30.237	36.295	51.056

N <sub>VP</sub>	GRADO DE SERVICIO									
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4
33	22.155	22.429	22.678	22.909	24.626	25.844	27.721	31.301	37.524	52.718
34	23.001	23.281	23.536	23.772	25.529	26.776	28.698	32.367	38.754	54.379
35	23.849	24.136	24.397	24.638	26.435	27.711	29.677	33.434	39.985	56.041
36	24.701	24.994	25.261	25.507	27.343	28.647	30.657	34.503	41.216	57.703
37	25.556	25.854	26.127	26.378	28.254	29.585	31.640	35.572	42.448	59.365
38	26.413	26.718	26.996	27.252	29.166	30.526	32.624	36.643	43.680	61.028
39	27.272	27.583	27.867	28.129	30.081	31.468	33.609	37.715	44.913	62.690
40	28.134	28.451	28.741	29.007	30.997	32.412	34.596	38.787	46.147	64.353
41	28.999	29.322	29.616	29.888	31.916	33.357	35.584	39.861	47.381	66.016
42	29.866	30.194	30.494	30.771	32.836	34.305	36.574	40.936	48.616	67.679
43	30.734	31.069	31.374	31.656	33.758	35.253	37.565	42.011	49.851	69.342
44	31.605	31.946	32.256	32.543	34.682	36.203	38.557	43.088	51.086	71.006
45	32.478	32.824	33.140	33.432	35.607	37.155	39.550	44.165	52.322	72.669
46	33.353	33.705	34.026	34.322	36.534	38.108	40.545	45.243	53.559	74.333
47	34.230	34.587	34.913	35.215	37.462	39.062	41.540	46.322	54.796	75.997
48	35.108	35.471	35.803	36.109	38.392	40.018	42.537	47.401	56.033	77.660
49	35.988	36.357	36.694	37.004	39.323	40.975	43.534	48.481	57.270	79.324
50	36.870	37.245	37.586	37.901	40.255	41.933	44.533	49.562	58.508	80.988
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652
52	38.639	39.024	39.376	39.700	42.124	43.852	46.533	51.726	60.985	84.317
53	39.526	39.916	40.273	40.602	43.060	44.813	47.534	52.808	62.224	85.981
54	40.414	40.810	41.171	41.505	43.997	45.776	48.536	53.891	63.463	87.645
55	41.303	41.705	42.071	42.409	44.936	46.739	49.539	54.975	64.702	89.310
56	42.194	42.601	42.972	43.315	45.875	47.703	50.543	56.059	65.942	90.974
57	43.087	43.499	43.875	44.222	46.816	48.669	51.548	57.144	67.181	92.639
58	43.980	44.398	44.778	45.130	47.758	49.635	52.553	58.229	68.421	94.303
59	44.875	45.298	45.683	46.039	48.700	50.602	53.559	59.315	69.662	95.968
60	45.771	46.199	46.589	46.950	49.644	51.570	54.566	60.401	70.902	97.633
61	46.669	47.102	47.497	47.861	50.589	52.539	55.573	61.488	72.143	99.297
62	47.567	48.005	48.405	48.774	51.534	53.508	56.581	62.575	73.384	100.96
63	48.467	48.910	49.314	49.688	52.481	54.478	57.590	63.663	74.625	102.63
64	49.368	49.816	50.225	50.603	53.428	55.450	58.599	64.750	75.866	104.29
65	50.270	50.723	51.137	51.518	54.376	56.421	59.609	65.839	77.108	105.96

N <sub>VP</sub>	GRADO DE SERVICIO									
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4
66	51.173	51.631	52.049	52.435	55.325	57.394	60.619	66.927	78.350	107.62
67	52.077	52.540	52.963	53.353	56.275	58.367	61.630	68.016	79.592	109.29
68	52.982	53.450	53.877	54.272	57.226	59.341	62.642	69.106	80.834	110.95
69	53.888	54.361	54.793	55.191	58.177	60.316	63.654	70.196	82.076	112.62
70	54.795	55.273	55.709	56.112	59.129	61.291	64.667	71.286	83.318	114.28
71	55.703	56.186	56.626	57.033	60.082	62.267	65.680	72.376	84.561	115.95
72	56.612	57.099	57.545	57.956	61.036	63.244	66.694	73.467	85.803	117.61
73	57.522	58.014	58.464	58.879	61.990	64.221	67.708	74.558	87.046	119.28
74	58.432	58.929	59.384	59.803	62.945	65.199	68.723	75.649	88.289	120.94
75	59.344	59.846	60.304	60.728	63.900	66.177	69.738	76.741	89.532	122.61
76	60.256	60.763	61.226	61.653	64.857	67.156	70.753	77.833	90.776	124.27
77	61.169	61.681	62.148	62.579	65.814	68.136	71.769	78.925	92.019	125.94
78	62.083	62.600	63.071	63.506	66.771	69.116	72.786	80.018	93.262	127.61
79	62.998	63.519	63.995	64.434	67.729	70.096	73.803	81.110	94.506	129.27
80	63.914	64.439	64.919	65.363	68.688	71.077	74.820	82.203	95.750	130.94
81	64.830	65.360	65.845	66.292	69.647	72.059	75.838	83.297	96.993	132.60
82	65.747	66.282	66.771	67.222	70.607	73.041	76.856	84.390	98.237	134.27
83	66.665	67.204	67.697	68.152	71.568	74.024	77.874	85.484	99.481	135.93
84	67.583	68.128	68.625	69.084	72.529	75.007	78.893	86.578	100.73	137.60
85	68.503	69.051	69.553	70.016	73.490	75.990	79.912	87.672	101.97	139.26
86	69.423	69.976	70.481	70.948	74.452	76.974	80.932	88.767	103.21	140.93
87	70.343	70.901	71.410	71.881	75.415	77.959	81.952	89.861	104.46	142.60
88	71.264	71.827	72.340	72.815	76.378	78.944	82.972	90.956	105.70	144.26
89	72.186	72.753	73.271	73.749	77.342	79.929	83.993	92.051	106.95	145.93
90	73.109	73.680	74.202	74.684	78.306	80.915	85.014	93.146	108.19	147.59
91	74.032	74.608	75.134	75.620	79.271	81.901	86.035	94.242	109.44	149.26
92	74.956	75.536	76.066	76.556	80.236	82.888	87.057	95.338	110.68	150.92
93	75.880	76.465	76.999	77.493	81.201	83.875	88.079	96.434	111.93	152.59
94	76.805	77.394	77.932	78.430	82.167	84.862	89.101	97.530	113.17	154.26
95	77.731	78.324	78.866	79.368	83.133	85.850	90.123	98.626	114.42	155.92
96	78.657	79.255	79.801	80.306	84.100	86.838	91.146	99.722	115.66	157.59
97	79.584	80.186	80.736	81.245	85.068	87.826	92.169	100.82	116.91	159.25
98	80.511	81.117	81.672	82.184	86.035	88.815	93.193	101.92	118.15	160.92

N <sub>VP</sub>	GRADO DE SERVICIO									
	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4
99	81.439	82.050	82.608	83.124	87.003	89.804	94.216	103.01	119.40	162.59
100	82.367	82.982	83.545	84.064	87.972	90.794	95.240	104.11	120.64	164.25
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92

## **ANEXO 2**

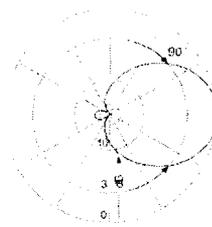
### **TIPOS DE ANTENAS**

**Antena Direccional Indoor (interiores) – Multi-banda  
AMPS/GSM/PCS  
Polarización Vertical**

**Proveedor: KATHREIN**

**Indoor 800/1900 90° 7 dBi**

<b>Tipo No.</b>	<b>738 573</b>
Entrada	Cable RG-58/CU de 1 m de distancia, gris, conector N hembra
Rango de Frecuencia	824-960MHz/1710-1990MHz
Ganancia	7 dBi
Impedancia	50 $\Omega$
Polarización	Vertical
Potencia Máxima	25 Watt (50°C Temperatura ambiente).
Peso	500 g
Altura/ancho/profundidad	205/155/42 mm



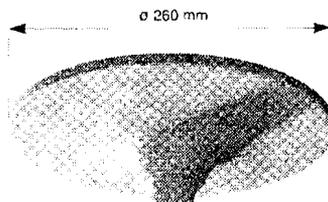
**Patrón Horizontal**

**Antena Omnidireccional Indoor (interiores) – Multi-banda  
AMPS/GSM/PCS  
Polarización Vertical**

**Proveedor: KATHREIN**

**Indoor 800/2000 360° 2 dBi**

<b>Tipo No.</b>	<b>741 572</b>
Entrada	N hembra
Rango de Frecuencia	824 - 960 MHz
Ganancia	2 dBi
Impedancia	50 $\Omega$
Polarización	Vertical
Potencia Máxima	50 Watt (50°C Temperatura ambiente).
Peso	420 g
Altura/diámetro	78/260 mm



**741 572**

## **ANEXO 3**

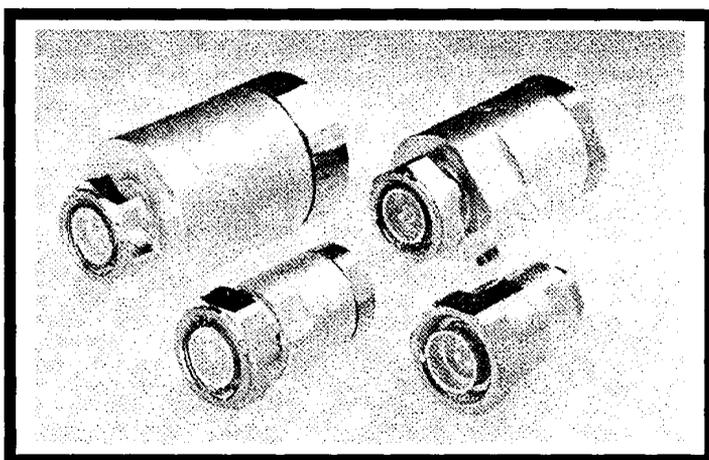
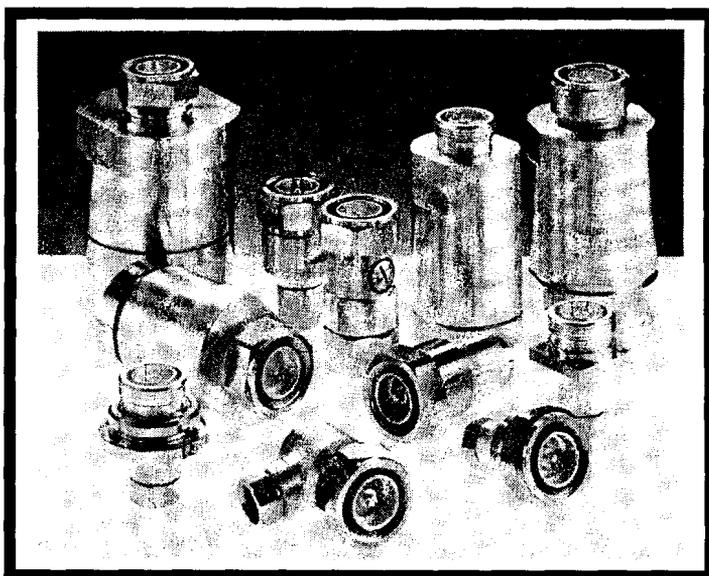
# **CABLES Y CONECTORES**

## CONECTORES

Proveedor: ALLEN TELECOM

### Tipos de Conectores

Conector 7/16" hembra (cable 7/8")
Conector 7/16" macho (cable 7/8")
Conector 7/16" hembra (power splitter)
Conector 7/16" macho (cable 1 / 2")
Conector N macho (cable 1 / 2")
Conector N hembra (antena)



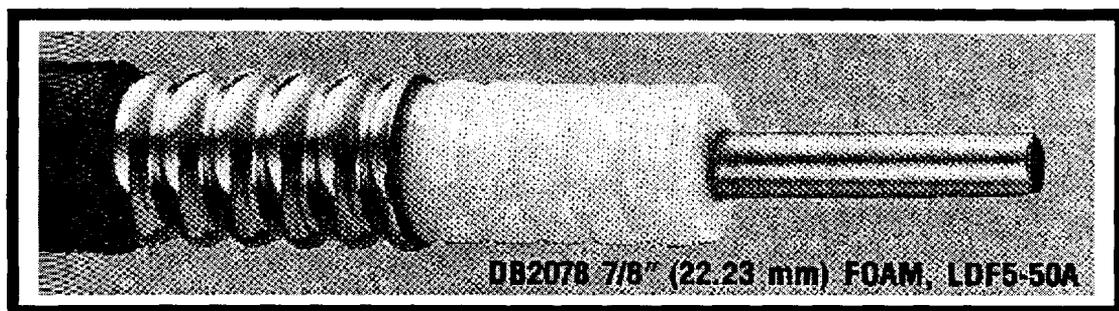
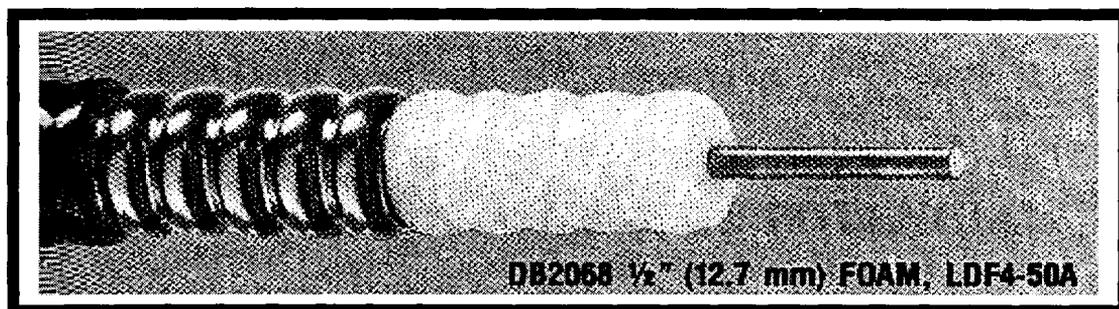
## CABLES

Proveedor: ALLEN TELECOM

### Tipos de Cables

Cable coaxial 7/8"

Cable coaxial 1 / 2"



## **ANEXO 4**

### **TIPOS DE DIVISORES DE POTENCIA**

## Power Splitters (Divisores de Potencia) de Baja Pérdida

790 – 960 MHz

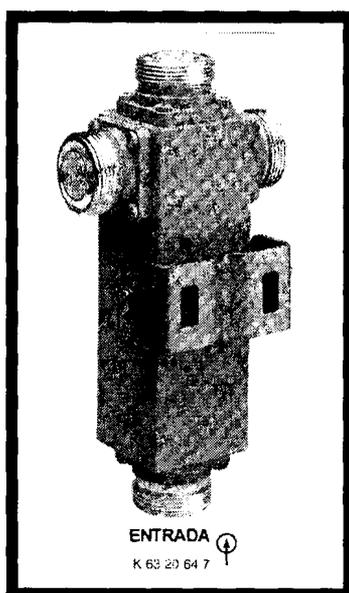
Uso Indoor (interiores) y Outdoor (exteriores)

Proveedor: KATHREIN

Splitter 3 vías 800/900

Splitter 4 vías 800/900

Tipo No.	K 63 20 64 7
Conector (hembra)	7/16"
Rango de Frecuencia	790-960MHz
Antenas a conectar	3 o 4
Impedancia	50 $\Omega$
Potencia Máxima	1000 Watt (50°C Temperatura ambiente).
Peso	1.3 Kg
Tamaño máximo	210/80/80 mm



## Power Splitters (Divisores de Potencia) de Baja Pérdida Multi-banda

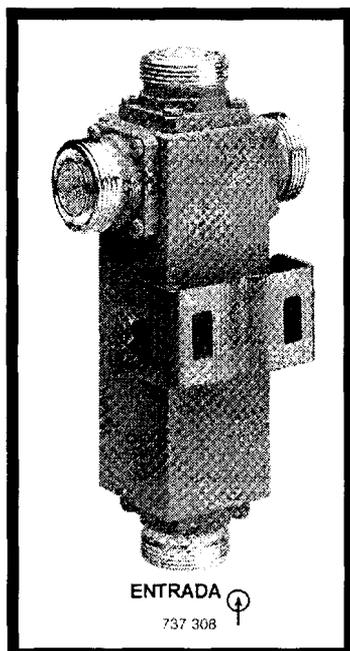
800 – 2000 MHz

Uso Indoor (interiores) y Outdoor (exteriores)

Splitter 3 vías 800/1900

Splitter 4 vías 800/1900

Tipo No.	737 308
Conector (hembra)	7/16"
Rango de Frecuencia	800-2000MHz
Antenas a conectar	3 o 4
Impedancia	50 $\Omega$
Potencia Máxima	700 Watt (50°C Temperatura ambiente).
Peso	1.5 Kg
Tamaño máximo	294/82/82 mm

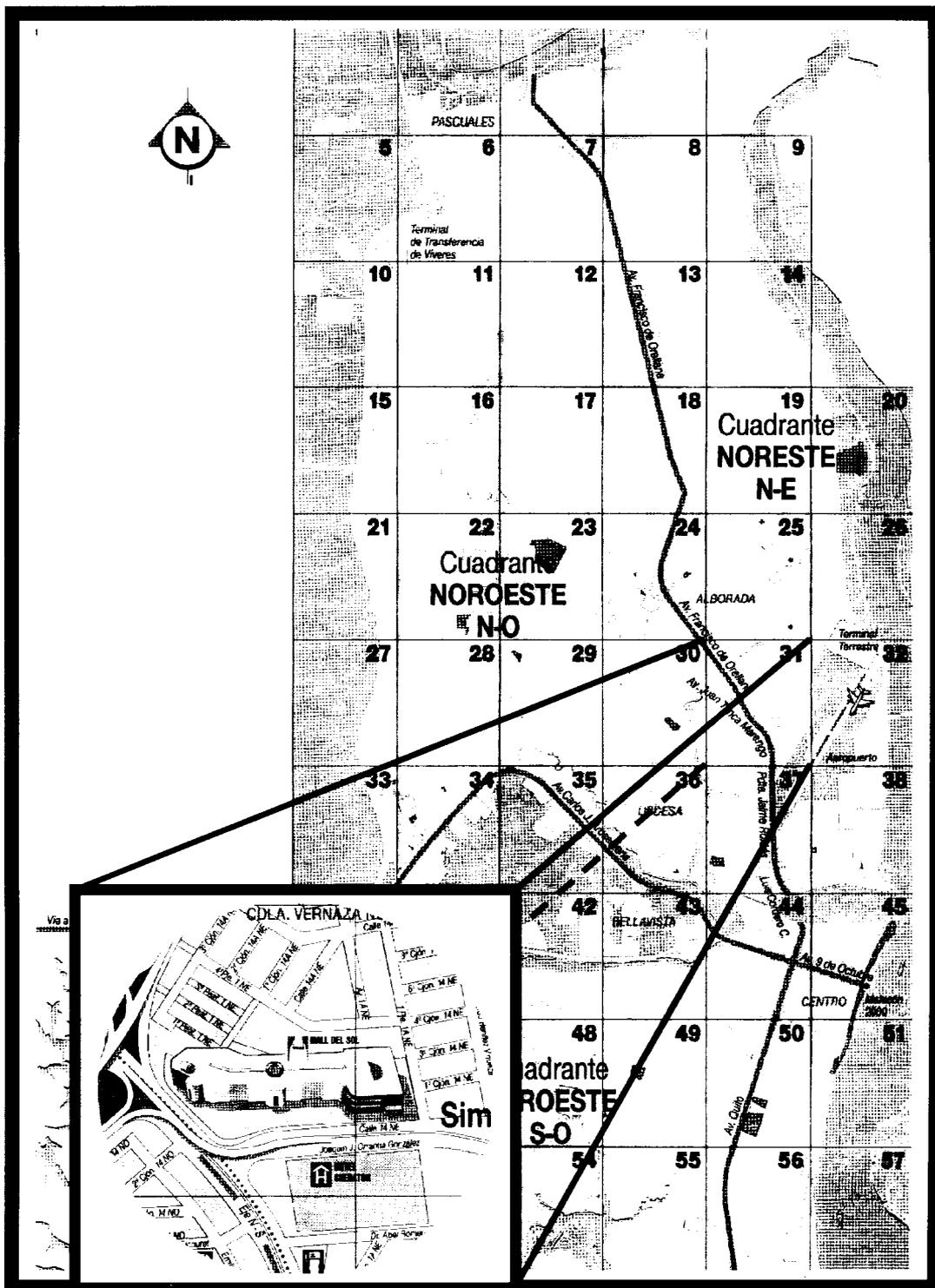


**ANEXO 5**

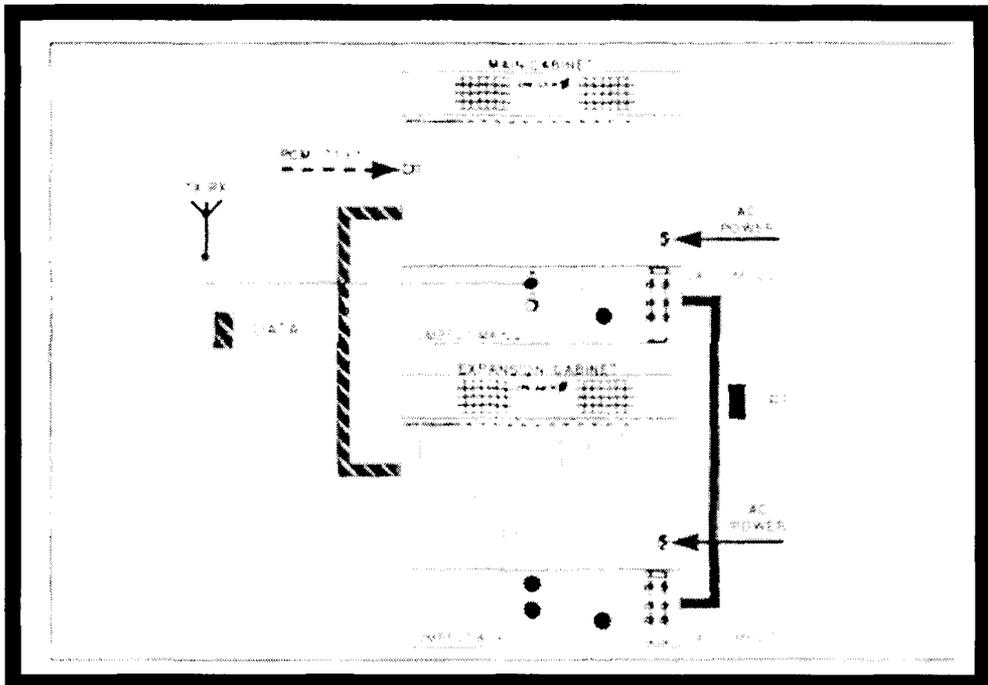
**DATOS TECNICOS DEL PROYECTO MALL**

**DEL SOL**

# UBICACIÓN DEL CENTRO COMERCIAL MALL DEL SOL



## EQUIPAMIENTO DE RADIOBASE PARA MICROCELDA EN EL CENTRO COMERCIAL MALL DEL SOL (MS1A)



**Microcelda Omni / 2 Gabinetes – 1 Tx/Rx**

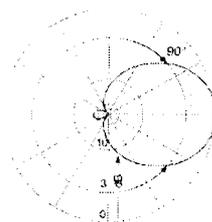
## ANTENAS A INSTALARSE EN MICROCELDA MALL DEL SOL (MS1A) – ANTENAS DIRECTIVAS 1 – 4 - 8

**Antena Direccional Indoor (interiores) – Multi-banda  
AMPS/GSM/PCS  
Polarización Vertical**

**Proveedor: KATHREIN**

**Indoor 800/1900 90° 7 dBi**

Tipo No.	738 573
Entrada	Cable RG-58/CU de 1 m de distancia, gris, conector N hembra
Rango de Frecuencia	824-960MHz/1710-1990MHz
Ganancia	7 dBi
Impedancia	50 $\Omega$
Polarización	Vertical
Potencia Máxima	25 Watt (50°C Temperatura ambiente).
Peso	500 g
Altura/ancho/profundidad	205/155/42 mm



**Patrón Horizontal**

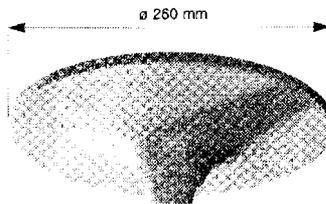
## ANTENAS A INSTALARSE EN MICROCELDA MALL DEL SOL (MS1A) – ANTENAS OMNIDIRECCIONALES 2 – 3 – 5 – 6 - 7

**Antena Omnidireccional Indoor (interiores) – Multi-banda  
AMPS/GSM/PCS  
Polarización Vertical**

**Proveedor: KATHREIN**

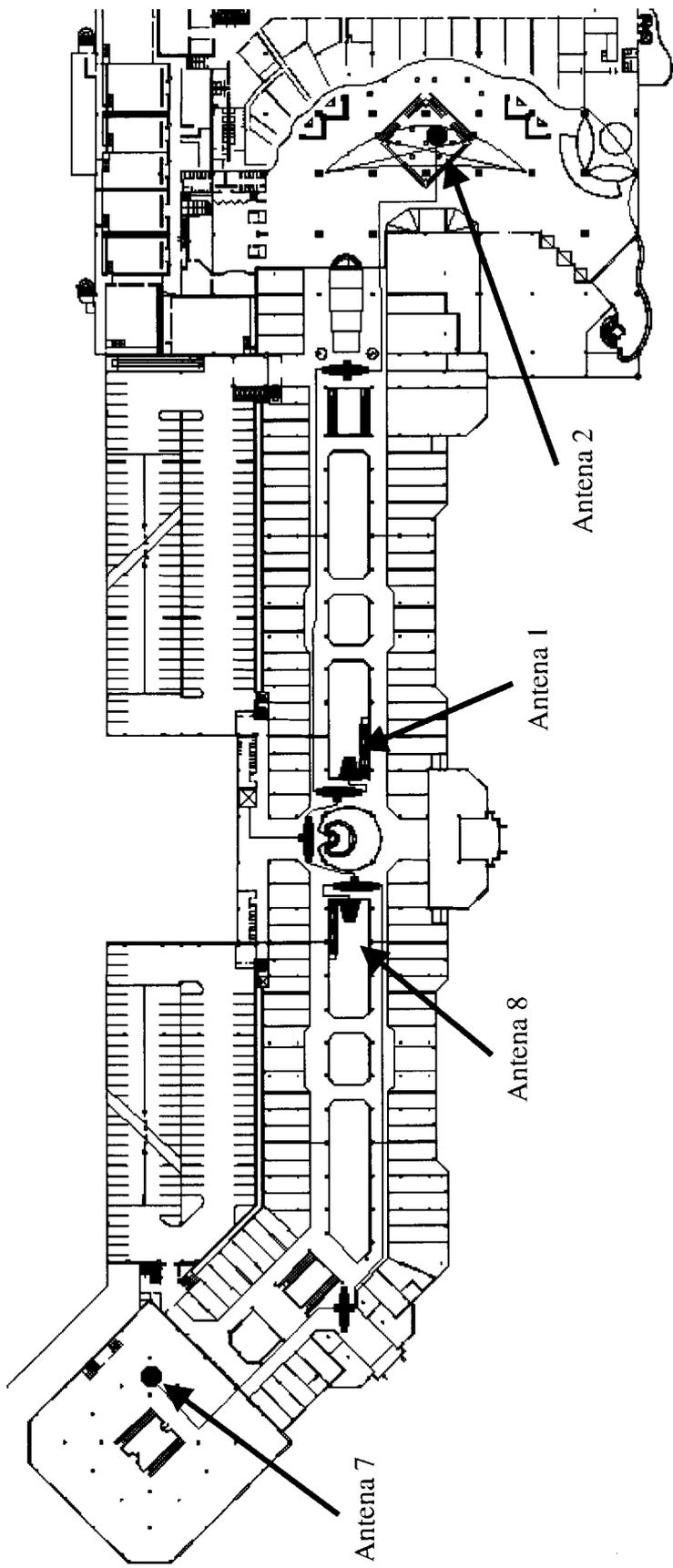
**Indoor 800/2000 360° 2 dBi**

<b>Tipo No.</b>	<b>741 572</b>
Entrada	N hembra
Rango de Frecuencia	824 - 960 MHz
Ganancia	2 dBi
Impedancia	50 $\Omega$
Polarización	Vertical
Potencia Máxima	50 Watt (50°C Temperatura ambiente).
Peso	420 g
Altura/diámetro	78/260 mm

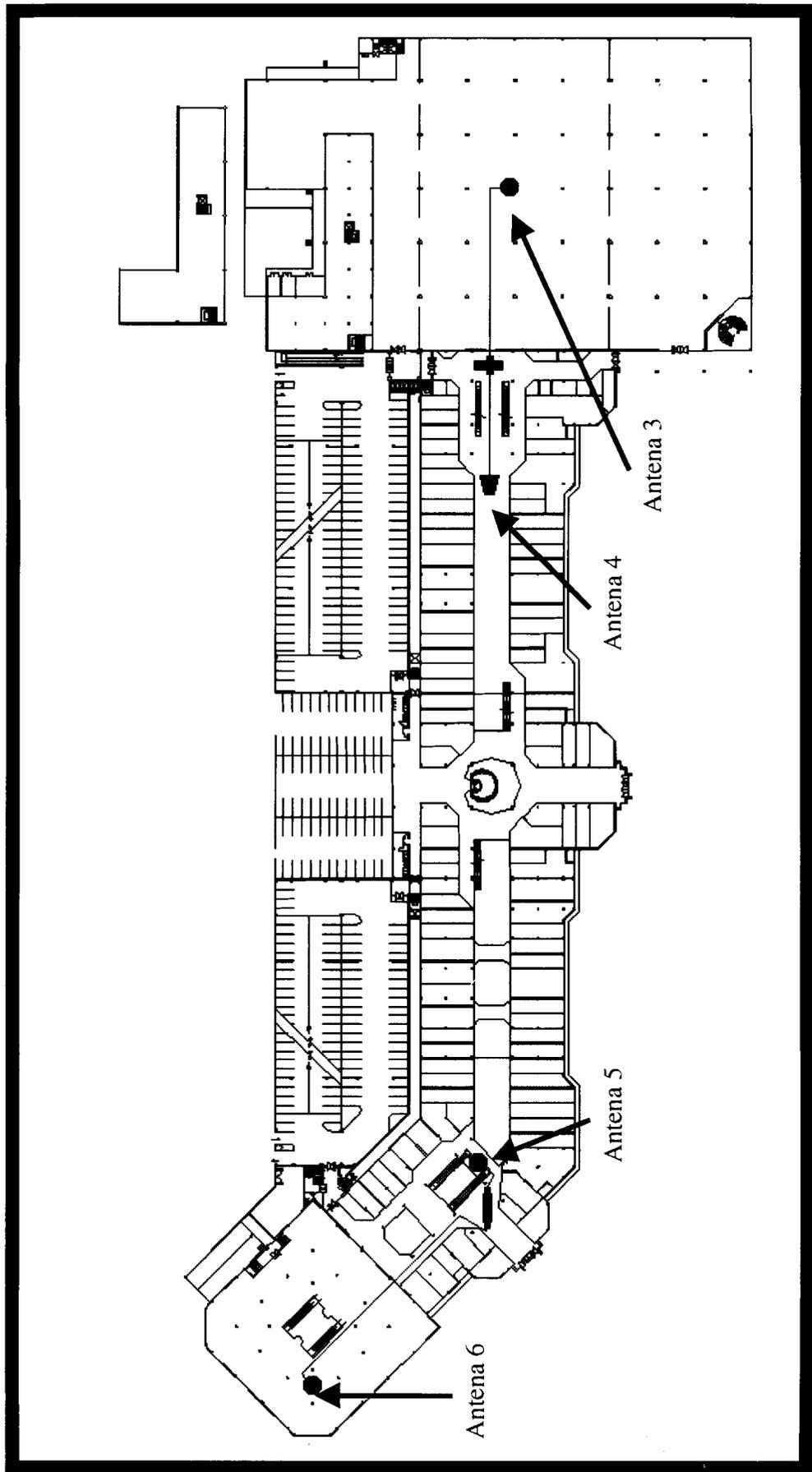


**741 572**

UBICACION DE ANTENAS PARA MICROCELDA EN EL MALL DEL SOL - PLANIA ALIA



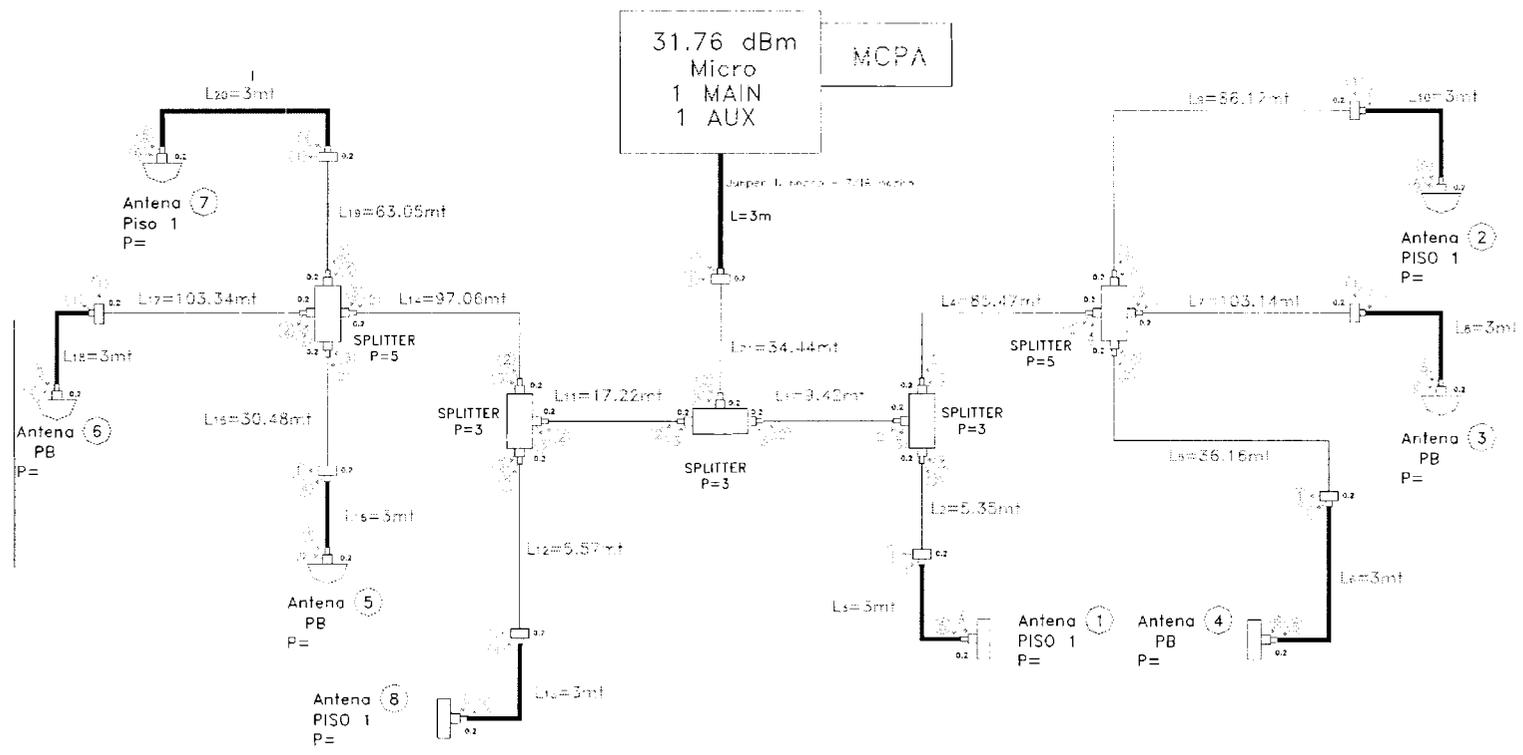
# UBICACIÓN DE ANTENAS PARA MICROCELDA EN EL MALL DEL SOL - PLANTA BAJA



# DIAGRAMA DE INTERCONEXION DE ANTENAS PARA MICROCELDA EN EL MALL DEL SOL

 Cable coaxial 7/8", atenuación: 4.2dB/100m  
 Cable coaxial 1/2", atenuación: 7.52dB/100m

L=Pérdida por longitud de cable  
 L=Atenuación en divisores de potencia  
 Asunción=0.2dB de atenuación en c/conector



- 1.-Conector 7/16" hembra (cable 7/8")
- 2.-Conector 7/16" macho (cable 7/8")
- 3.-Conector 7/16" hembra (divisor de potencia)

- 4.-Conector 7/16" macho (cable 1/2")
- 5.-Conector N macho (cable 1/2")
- 6.-Conector N hembra (antena)

## ATENUACIÓN EN CADA TRAMO DE CABLE UTILIZADO PARA PROYECTO

Tramo	Distancia ( m )	Atenuación ( dB's )
L1	9.42	0.4
L2	5.35	0.22
L3	3	0.22
L4	85.47	3.59
L5	36.16	1.51
L6	3	0.22
L7	103.14	4.33
L8	3	0.22
L9	86.12	3.62
L10	3	0.22

Tramo	Distancia ( m )	Atenuación ( dB's )
L11	17.22	0.72
L12	5.57	0.23
L13	3	0.22
L14	97.06	4.08
L15	30.48	1.28
L16	3	0.22
L17	103.34	4.34
L18	3	0.22
L19	63.05	2.65
L20	3	0.22
L21	34.44	1.44

# POTENCIA A LA SALIDA DE CADA ANTENA, CONSIDERANDO ATENUACIONES

	ANTENA 1	ANTENA 2	ANTENA 3	ANTENA 4	ANTENA 5	ANTENA 6	ANTENA 7	ANTENA 8
<b>Potencia de salida desde RBS (+)</b>	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76	31.76
<b>Atenuación debido a recorrido de cable y conectores (-)</b>	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	L21=1.44	L21=1.44	L21=1.44	L21=1.44	L21=1.44	L21=1.44	L21=1.44	L21=1.44
	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	3	3	3	3	3	3	3	3
	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	L1=0.4	L4=3.59	L4=3.59	L4=3.59	L11=0.72	L11=0.72	L11=0.72	L11=0.72
	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	3	5	5	5	3	3	3	3
	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	L2=0.22	L9=3.62	L7=4.330.2	L5=1.51	L14=4.08	L14=4.08	L14=4.08	L12=0.23
	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	L3=0.22	L10=0.22	L8=0.22	L6=0.22	5	5	5	L13=0.22
	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
		L1=0.4	L1=0.4	L1=0.4	L15=1.28	L17=4.34	L19=2.65	
		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
	3	3	3	L16=0.22	L18=0.22	L20=0.22		
	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		
<b>Potencia a la salida de las antenas (dBm's)</b>	<b>21.84</b>	<b>9.47</b>	<b>8.76</b>	<b>11.58</b>	<b>11</b>	<b>7.94</b>	<b>9.63</b>	<b>21.53</b>

## **ANEXO 6**

### **TABLA DE CONVERSIÓN AXE-dBm's**

## TABLA DE CONVERSIÓN

### UNIDADES AXE - dBm's

Unidades AXE	dBm's
0	-118
1	-117
2	-116
3	-115
4	-114
5	-113
6	-112
7	-111
8	-110
9	-109
10	-108
11	-107
12	-106
13	-105
14	-104
15	-103
16	-102
17	-101
18	-100
19	-99
20	-98
21	-97
22	-96
23	-95
24	-94
25	-93
26	-92
27	-91
28	-90
29	-89
30	-88

Unidades AXE	dBm's
31	-87
32	-86
33	-85
34	-84
35	-83
36	-82
37	-81
38	-80
39	-79
40	-78
41	-77
42	-76
43	-75
44	-74
45	-73
46	-72
47	-71
48	-70
49	-69
50	-68
51	-67
52	-66
53	-65
54	-64
55	-63
56	-62
57	-61
58	-60
59	-59
60	-58

# BIBLIOGRAFÍA

1. ANDREW, Catalog 35, USA, 1991.
2. CELLWAVE, Product Selection Guide 195, USA, 1995.
3. DECIBEL, Decibel Productos, Texas, 1996.
4. KATHREIN, Base Station Antennas for Mobile Communications, Germany, 1998.
5. GUSTAFSSON G., MÄLER B., Cell Planning CMS 88, Estocolmo, 1991.
6. MISZCZUK J., CMS 88 Sistema de Telefonía Móvil, México, 1992.
7. ERICSSON, CMS 8800 Introducción, Texas, 1998.