

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
LMDS APLICADO A LOS OPERADORES DE TELEFONÍA
CELULAR PARA DAR SERVICIO MULTIMEDIA A LA
CIUDAD DE GUAYAQUIL”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA Y

TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

Andrés Enrique Luna Romo

Manuel Eduardo Holguín Cassinelli

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO 2005

AGRADECIMIENTO

A Dios por sobre todas las cosas, a nuestras familias y amigos que creyeron en nosotros y contribuyeron de alguna manera a la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A mi madre por su apoyo incondicional durante toda mi vida y el desarrollo de este proyecto, y a mi hermana por estar siempre conmigo.

Andrés

Al esfuerzo de mis padres ya que por ellos estoy aquí, a mis hermanos con el resto de mi familia que siempre creyeron en mi, y a mis verdaderos amigos..... ellos saben quienes son.

Manuel

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Miguel Yapur

Subdecano de la FIEC

Ing. José Escalante

Director del Tópico

Ing. Pedro Vargas

Tribunal

Ing. Boris Ramos

Tribunal

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este trabajo me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)

Andrés Luna Romo

Manuel Holguín Cassinelli

RESUMEN

Considerando que los sistemas LMDS son una tecnología de comunicación inalámbrica de banda ancha inscrita en el marco del multimedia y en el contexto de las comunicaciones fijas como una solución de última milla, con una estructura basada en celdas (áreas de servicio) mediante el montaje de diversas Estaciones Base y teniendo como referencia que la telefonía celular funciona con una estructura similar a LMDS pero móvil, desarrollaremos un estudio técnico y económico de factibilidad para la aplicación de esta tecnología a las operadoras de telefonía celular con el único fin de ampliar su servicio celular móvil de voz y datos a servicios simultáneos multimedia fijos (Telefonía, Video, Datos, Acceso a Internet en banda ancha, Teleeducación, Telemedicina) cubriendo una gran demanda del servicio en sectores urbanos, residenciales y empresariales de la ciudad de Guayaquil.

En el Capítulo I se tratan las tecnologías existentes de acceso a Banda Ancha, se hace una breve descripción de cada una finalizando con la ampliación de nuestra tecnología de estudio.

En el Capítulo II se hace un estudio de la situación actual de las Operadoras de Telefonía Celular en la ciudad de Guayaquil para tener una visión clara de la infraestructura física con la que se cuenta, su posible competencia, clientes actuales, servicios prestados, nuevos productos y la capacidad

económica de las mismas para dar nuevos servicios a través de nuestra tecnología de acceso inalámbrica.

En el Capítulo III se procederá con el estudio del proyecto y la aplicación de la tecnología LMDS, analizando la cantidad de posibles abonados y cual sería su cobertura, problemas en la instalación del sistema, y pruebas de análisis de tráfico que nos permitirán llegar a una conclusión acertada.

En el Capítulo IV se analizará la factibilidad de este proyecto si se lo ejecuta, haciendo un análisis ambiental de sus condiciones idóneas para un buen funcionamiento; un análisis técnico que muestre la capacidad del sistema, planeamiento de celdas y características de los equipos de red; un análisis económico que presente el monto de inversión inicial, la recuperación del mismo, y las utilidades a obtener en un período de 3 años; y un análisis de sus ventajas y desventajas.

En el Capítulo V trataremos el Marco Legal del proyecto considerando la regulación del sistema LMDS en el Ecuador, el reglamento del uso de frecuencias y la regulación para la comercialización del servicio.

INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	V
INDICE GENERAL	VII
INDICE DE FIGURAS	XVI
INDICE DE TABLAS	XXII
INTRODUCCIÓN	XXV
CAPÍTULO I: Tecnologías de Acceso	
1.1 Análisis del Modelo OSI	1
1.1.1 Las 7 capas del modelo OSI.....	2
1.1.2 Ventajas del modelo OSI.....	7
1.2 Análisis del Modelo TCP/IP	7
1.2.1 Las capas del modelo TCP/IP.....	10
1.2.2 Comparación entre el modelo OSI y el modelo TCP/IP.....	13
1.3 Par Trenzado	15
1.3.1 ADSL.....	17
1.3.1.1 Definición.....	17
1.3.1.2 Módems.....	18
1.3.1.3 Técnica de modulación.....	21
1.3.1.4 Estándar G.Lite.....	22

1.3.2	VDSL	22
1.3.2.1	Generalidades	22
1.3.2.2	Funcionamiento	23
1.3.2.3	Códigos de línea	26
1.3.2.4	Selección del ancho de banda	27
1.3.2.5	Aplicaciones	29
1.4	Cable Coaxial y Fibra Óptica	30
1.4.1	Generalidades del Cable Coaxial	30
1.4.2	Generalidades de la Fibra Óptica	32
1.4.3	HFC	34
1.4.4	SDV	38
1.5	Todo Fibra	41
1.5.1	PON	42
1.5.2	SONET/SDH	47
1.6	Wireless	52
1.6.1	Celular	52
1.6.1.1	Descripción de los sistemas celulares	52
1.6.1.2	Breve historia de la telefonía celular	55
1.6.1.3	Las generaciones de la telefonía inalámbrica	56
1.6.1.4	Estándares celulares digitales	61
1.6.1.5	CDMA	63
1.6.1.5.1	Generalidades	63

1.6.1.5.2	Capacidad.....	64
1.6.1.5.3	Funcionamiento.....	67
1.6.1.5.4	Sincronización.....	71
1.6.1.5.5	Desarrollo de una llamada.....	72
1.6.1.6.	GSM.....	75
1.6.1.6.1	Historia y Concepto.....	75
1.6.1.6.2	Ventajas y Beneficios.....	77
1.6.1.6.3	Tipos de celdas.....	78
1.6.1.6.4	Arquitectura de Red.....	79
1.6.1.6.5	Roaming y Handover.....	84
1.6.1.6.6	Radioenlaces.....	86
1.6.2	PCS.....	88
1.6.2.1	Generalidades.....	88
1.6.2.2	Concepto.....	89
1.6.2.3	Estándares.....	94
1.6.2.4	Arquitectura.....	95
1.6.2.5	Sistemas principales.....	96
1.6.2.5.1	Sistema de conmutación.....	96
1.6.2.5.2	Sistema de estación base.....	97
1.6.2.5.3	Sistema de soporte de operaciones.....	98
1.6.2.5.4	Elementos funcionales adicionales.....	99
1.6.3	Comparación de las Tecnologías Celulares.....	99

1.6.4	MMDS	101
1.6.5	Satelital.....	105
1.6.5.1	Generalidades.....	105
1.6.5.2	Partes del sistema.....	107
1.6.5.3	Bandas de frecuencia.....	109
1.6.5.4	Métodos de múltiple acceso.....	110
1.6.5.5	Ventajas y desventajas de la transmisión.....	111
1.6.6	LMDS.....	112
1.6.6.1	Definición.....	114
1.6.6.2	Modo de funcionamiento.....	116
1.6.6.2.1	Tipos de modulación.....	118
1.6.6.3	Bandas de operación.....	118
1.6.6.4	Arquitectura y Topología de Red.....	119
1.6.6.5	Clases de antenas.....	124
1.6.6.6.1	Tipos de modulación.....	126
1.6.6.6	Comparación con otras tecnologías.....	129

CAPÍTULO II: Situación actual de los Operadores de Telefonía

Celular en Guayaquil

2.1	Operadoras de Telefonía Celular del Ecuador.....	131
2.1.1	Estrategias de competencia.....	133
2.1.2	TELEFÓNICA.....	134

2.1.2.1	Información General.....	134
2.1.2.2	Descripción del Grupo.....	135
2.1.2.3	Presencia internacional.....	136
2.1.2.4	Presencia en Ecuador.....	137
2.1.2.5	Organización.....	137
2.1.2.6	Reconocimiento de los mercados financieros.....	139
2.1.2.7	Servicios actuales y proyectos a mediano plazo.....	140
2.1.2.8	Resumen de usuarios del primer semestre 2005....	141
2.1.3	CONECEL.....	142
2.1.3.1	Descripción de la Operadora.....	142
2.1.3.2	Tecnología TDMA y 3GSM.....	143
2.1.3.3	Servicios Adicionales.....	145
2.1.3.4	Telefonía y Salud.....	147
2.1.3.5	Resumen de usuarios del primer semestre 2005....	148
2.1.4	TELECSA.....	149
2.1.4.1	Cobertura.....	149
2.1.4.2	Servicios Adicionales.....	151
2.1.4.3	Resumen de usuarios del primer semestre 2005....	152
2.2	Ubicación de Estaciones Base en la ciudad de Guayaquil.	153
2.3	Arquitectura de las Radio Bases.....	153
2.4	Estudio de la demanda de usuarios de Servicios de Telecomunicaciones en el Ecuador.....	155

2.4.1 Evolución y Crecimiento.....	155
2.4.2 Servicios Portadores.....	156
2.4.3 Servicios de Internet.....	157
2.4.4 Telefonía fija.....	159

CAPÍTULO III: Proyecto y Aplicación de la Tecnología LMDS

3.1 Clientes y cobertura.....	161
3.2 Análisis de tráfico.....	165
3.2.1 Aplicaciones gratuitas para el análisis de tráfico.....	167
3.2.2 Calidad de Servicio (QoS).....	167
3.2.3 Tráfico anual promedio de Transmisión de Datos e Internet.....	168
3.3 Diseño de la nueva red con LMDS.....	169
3.3.1 Descripción del sistema.....	169
3.3.2 Diseño básico.....	172
3.3.3 Operación básica.....	177
3.3.3.1 Gestión de la Estación Base.....	178
3.3.3.2 Mensajes de registro.....	178
3.3.3.3 Gestión de la Estación Terminal.....	179
3.3.4 Diagramas de bloques básicos.....	180
3.3.4.1 Estación Base.....	180

3.3.4.2	Estación Terminal.....	182
3.3.5	Funcionamiento de equipos.....	183
3.3.5.1	Equipo de Estación Base.....	183
3.3.5.2	Equipo de Estación Terminal.....	185
3.3.6	Características especiales del sistema.....	186
3.3.6.1	Control automático de transmisión de potencia.....	186
3.3.6.2	Redundancia.....	186
3.3.6.3	Sincronización.....	187
3.3.6.4	Alojamiento dinámico de ancho de banda.....	187
3.3.6.5	Sistema de monitoreo de la red.....	188
3.3.7	Diagrama de red general.....	188
3.3.8	Marcas de equipos y especificaciones técnicas.....	189
3.3.8.1	Alvarion WALKair 3000.....	189
3.3.8.2	Alcatel 7390.....	190
3.3.8.3	Siemens SRA Series 3.....	192
3.3.9	Selección de sistema LMDS.....	193
3.4	Diseño de la nueva red para la ciudad de Guayaquil.....	193
3.5	Problemas en la instalación del sistema LMDS.....	194
 CAPÍTULO IV: Factibilidad e Instalación del Proyecto		
4.1	Análisis ambiental.....	197
4.2	Análisis técnico de la red.....	200

4.2.1	Modulación.....	201
4.2.2	Capacidad del sistema.....	202
4.2.2.1	Acceso FDMA.....	202
4.2.2.1.1	Capacidad en términos de tasa de datos.....	202
4.2.2.1.2	Capacidad en términos de número máximo de clientes.....	204
4.2.2.2	Acceso TDMA.....	205
4.2.2.2.1	Capacidad en términos de tasa de datos.....	205
4.2.2.2.2	Capacidad en términos de número máximo de clientes.....	205
4.2.3	Planeamiento.....	207
4.2.3.1	Diseño de celdas.....	207
4.2.3.2	Optimización de reuso de frecuencias.....	208
4.2.4	Equipamiento del cliente.....	209
4.2.5	Equipamiento de Estación Base.....	212
4.2.6	Backbone o Red de Transporte.....	214
4.2.7	Centro de Operaciones y Gestión de la Red o Cabecera....	216
4.3	Análisis económico.....	217
4.3.1	Análisis del Mercado local.....	217
4.3.1.1	Análisis de producción.....	219

4.3.1.2	Análisis de la demanda.....	219
4.3.2	Inversión inicial.....	222
4.3.2.1	Costos de inversión.....	223
4.3.2.2	Financiamiento.....	223
4.3.3	Comercialización y facturación de servicios.....	223
4.3.4	Estrategia y Proyecciones de ventas e ingresos.....	226
4.3.5	Análisis de la rentabilidad del proyecto.....	227
4.4	Ventajas y Desventajas.....	229
4.4.1	Ventajas.....	229
4.4.1.1	Costos.....	231
4.4.1.2	Velocidad y Versatilidad.....	231
4.4.1.3	Capacidad.....	232
4.4.2	Desventajas.....	232
CAPÍTULO V: Marco Regulatorio		
5.1	Regulación del sistema LMDS en el Ecuador.....	234
5.2	Reglamento del uso de frecuencias.....	239
5.3	Regulación para comercialización del servicio.....	242
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		248
GLOSARIO		
ANEXOS		
BIBLIOGRAFÍA		

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I: Tecnologías de Acceso

FIGURA 1.1: Arquitectura de red basada en el modelo OSI.....	3
FIGURA 1.2: Capas del Modelo TCP/IP	11
FIGURA 1.3: Comparación entre el Modelo OSI y el Modelo TCP/IP.....	13
FIGURA 1.4: Comparación entre Tecnología Convencional y ADSL.....	19
FIGURA 1.5: Enlace ADSL entre Usuario y Central Local.....	20
FIGURA 1.6: Conexión VDSL.....	24
FIGURA 1.7: Topología FTTCab.....	25
FIGURA 1.8: Espectro Multitono Discreto.....	27
FIGURA 1.9: Espectro Discreto Multitono Wavelet.....	27
FIGURA 1.10: Capacidad de transmisión para PAM y CAP basada en VDSL.....	28
FIGURA 1.11: Partes del Cable Coaxial.....	31
FIGURA 1.12: Partes de la Fibra Óptica.....	32
FIGURA 1.13: Conectores de Fibra Óptica.....	33
FIGURA 1.14: Red HFC.....	36
FIGURA 1.15: Esquema de una Red HFC.....	37
FIGURA 1.16: Arquitectura de Red SDV.....	40

FIGURA 1.17: Red PON.....	41
FIGURA 1.18: Red FTTX.....	41
FIGURA 1.19: Alternativas de Última Milla Óptica.....	43
FIGURA 1.20: Topología de Red APON.....	44
FIGURA 1.21: Topología de Red EPON.....	45
FIGURA 1.22: Trafico Downstream EPON.....	45
FIGURA 1.23: Multiplexación de tramas.....	48
FIGURA 1.24: Red SONET a modo de Anillo Dual.....	49
FIGURA 1.25: Elementos de Red de SONET.....	51
FIGURA 1.26: Esquema de un Sistema Celular.....	54
FIGURA 1.27: Clúster de 7 celdas.....	55
FIGURA 1.28: Clúster de 21 celdas.....	55
FIGURA 1.29: Evolución de los Sistemas Inalámbricos.....	56
FIGURA 1.30: FDMA.....	57
FIGURA 1.31: AMPS.....	57
FIGURA 1.32: GSM.....	58
FIGURA 1.33: IS-136.....	58
FIGURA 1.34: CDMA.....	59
FIGURA 1.35: PDC.....	59
FIGURA 1.36: GPRS.....	59
FIGURA 1.37: HSCSD.....	59
FIGURA 1.38: EDGE.....	60

FIGURA 1.39: TDMA.....	62
FIGURA 1.40: E-TDMA.....	62
FIGURA 1.41: CDMA.....	62
FIGURA 1.42: TDMA Vs. FDMA.....	66
FIGURA 1.43: Reuso de canal celular usando 3 sectores por celda.....	68
FIGURA 1.44: Esquema FHSS.....	70
FIGURA 1.45: Esquema DSSS.....	71
FIGURA 1.46: Diagrama de bloques de un radioenlace CDMA.....	72
FIGURA 1.47: Código ortogonal Walsh 32.....	73
FIGURA 1.48: Funcionamiento del Código Walsh 32.....	73
FIGURA 1.49: Hand-Off móvil asistido.....	74
FIGURA 1.50: CDPD.....	76
FIGURA 1.51: Estructura jerárquica de celdas.....	79
FIGURA 1.52: Tarjeta SIM.....	80
FIGURA 1.53: Arquitectura de redes GSM.....	83
FIGURA 1.54: Roaming.....	85
FIGURA 1.55: Handover.....	86
FIGURA 1.56: Sistema PCS.....	91
FIGURA 1.57: Arquitectura de redes PCS.....	96
FIGURA 1.58: Comparación de la Tecnología Celulares.....	100
FIGURA 1.59: Generaciones de la telefonía Celular.....	101

FIGURA 1.60: Sistema MMDS.....	103
FIGURA 1.61: Arquitectura de redes MMDS.....	105
FIGURA 1.62: Funcionamiento de los sistemas satelitales.....	106
FIGURA 1.63: Sistema satelital.....	109
FIGURA 1.64: Bosquejo de un Sistema LMDS.....	115
FIGURA 1.65: Acceso al bucle local vía radio.....	116
FIGURA 1.66: Estructura de una red punto a multipunto.....	119
FIGURA 1.67: Esquema de Red LMDS.....	121
FIGURA 1.68: Equipos e Interconectividad de celdas de un sistema LMDS.....	122
FIGURA 1.69: Antena sectorial utilizada en la Estación Base (15-25 dB).....	125
FIGURA 1.70: Antena directiva instalada en emplazamiento de usuario (30-35 dB).....	125
FIGURA 1.71: Geometría de enlace.....	127
FIGURA 1.72: Diagrama de radiación de una antena en la Estación Base.....	128
 CAPÍTULO II: Situación actual de los Operadores de Telefonía Celular en Guayaquil	
FIGURA 2.1: Grupo Telefónica.....	139
FIGURA 2.2: Posición de Mercado de Telefónica en	

Latinoamérica.....	139
FIGURA 2.3: Cobertura con la red TDMA.....	144
FIGURA 2.4: Cobertura de la red GSM.....	145
FIGURA 2.5: Transmisión de datos a través de DATUM.....	147
FIGURA 2.6: Cobertura de la red CDMA de Alegro.....	150
FIGURA 2.7: Arquitectura de una Radio Base.....	153
FIGURA 2.8: Vista frontal de una Antena Triangular.....	154
CAPÍTULO III: Proyecto y Aplicación de la Tecnología LMDS	
FIGURA 3.1: Análisis de Tráfico anual de Transmisión de Datos.....	168
FIGURA 3.2: Análisis de Tráfico anual de Internet.....	169
FIGURA 3.3: Conectividades Punto a Punto y Punto a Multipunto.....	173
FIGURA 3.4: Vista sectorial del sistema LMDS.....	174
FIGURA 3.5: Conectividad de una BSBU con 16 TSBUs como mínimo.....	174
FIGURA 3.6: Capacidad de carga útil de datos máxima del canal de comunicaciones de una BSBU.....	175
FIGURA 3.7: Capacidad de comunicación de una celda del sistema.....	176
FIGURA 3.8: Polarización y frecuencias diferentes en	

los 4 sectores.....	176
FIGURA 3.9: Alcance máximo para un sistema LMDS de 28 GHz.....	177
FIGURA 3.10: Operación básica del sistema LMDS.....	178
FIGURA 3.11: Estación Base.....	181
FIGURA 3.12: Estación Terminal.....	182
FIGURA 3.13: Equipo de Estación Base.....	184
FIGURA 3.14: Equipo de Estación Terminal.....	185
 CAPÍTULO IV: Factibilidad e Instalación del Proyecto	
FIGURA 4.1: Capacidad del sistema LMDS.....	202
FIGURA 4.2: Reuso de polarización Horizontal y Vertical.....	209
FIGURA 4.3: Red de acceso LMDS a nivel funcional.....	211
FIGURA 4.4: Esquema de los CPE y las IDU dentro de un edificio.....	212
FIGURA 4.5: Arquitectura de la Cabecera y Backbone típico de LMDS.....	215
FIGURA 4.6: Método de Interpolación.....	229

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I: **Tecnologías de Acceso**

TABLA 1.1: Protocolos y Dispositivos de Conectividad del Modelo OSI.....	6
TABLA 1.2: Tipo, Origen y Uso del Par Trenzado.....	16
TABLA 1.3: Velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea.....	29
TABLA 1.4: Jerarquía de SONET.....	50
TABLA 1.5: Estándares propuestos para PCS.....	94
TABLA 1.6: Bandas asignadas para la Tecnología LMDS.....	119
TABLA 1.7: Comparación con otras tecnologías.....	129
TABLA 1.8: Comparación con otras tecnologías (Continuación).....	130

CAPÍTULO II: **Situación actual de los Operadores de Telefonía Celular en Guayaquil**

TABLA 2.1: Resumen de Usuarios de TELEFÓNICA.....	142
TABLA 2.2: Resumen de Usuarios de CONECEL.....	149
TABLA 2.3: Resumen de Usuarios de TELECSA.....	152
TABLA 2.4: Evolución de los Servicios de Telecomunicaciones.....	155
TABLA 2.5: Crecimiento anual de los Servicios de Telecomunicaciones.....	156

TABLA 2.6: Número de usuarios y enlaces de Operadoras de Servicios Portadores en Ecuador.....	157
TABLA 2.7: Número de usuarios del Servicio de Internet en el Ecuador.....	158
TABLA 2.8: Número de usuarios del Servicio de Internet en el Ecuador (Continuación).....	159
TABLA 2.9: Número de usuarios de Telefonía Fija.....	160
 CAPÍTULO III: Proyecto y Aplicación de la Tecnología LMDS	
TABLA 3.1: Clientes de Servicios de Telecomunicaciones en la ciudad de Guayaquil.....	163
TABLA 3.2: Parámetros del sistema Alvarion WALKair 3000.....	189
TABLA 3.3: Especificaciones técnicas de BS y TS de Alvarion.....	190
TABLA 3.4: Parámetros del sistema Alcatel 7390.....	190
TABLA 3.5: Parámetros del sistema Alcatel 7390 (Continuación).....	191
TABLA 3.6: Especificaciones técnicas de BS y TS de Alcatel.....	191
TABLA 3.7: Parámetros del sistema Siemens SRA Series 3.....	192
TABLA 3.8: Especificaciones técnicas de BS y TS de Siemens.....	192
TABLA 3.9: Especificaciones técnicas de BS y TS de Siemens (Continuación).....	193

CAPÍTULO IV: Factibilidad e Instalación del Proyecto

TABLA 4.1: Métodos de modulación del acceso FDMA.....	201
TABLA 4.2: Eficiencias espectrales.....	203
TABLA 4.3: Servicio de Acceso a Internet – 1:1.....	225
TABLA 4.4: Servicio de Acceso a Internet – 1:4.....	225
TABLA 4.5: Servicio de Transmisión de Datos – 1:1.....	225
TABLA 4.6: Servicio de Transmisión de Datos – 1:4.....	225
TABLA 4.7: Servicio de Voz Digital (Tarifas en ¢/min.).....	226
TABLA 4.8: Servicio de Televisión Pagada.....	226

INTRODUCCIÓN

Es indudable el crecimiento de la demanda de usuarios por tener simultáneamente en sus unidades múltiples servicios, tales como voz, audio, video y especialmente datos a alta velocidad, por ejemplo, para el tráfico de Internet y comercio electrónico. Una de las alternativas más rápidas y económicas para la conquista de este objetivo son los sistemas inalámbricos de banda ancha, conocidos como sistemas BWS (Broadband Wireless Systems).

LMDS (Local Multipoint Distribution System) es una tecnología de comunicaciones inalámbricas de banda ancha que se inscribe en el marco del multimedia y se basa en una concepción celular. Su topología es punto a multipunto y utiliza ondas radioeléctricas a altas frecuencias, específicamente a 28 GHz, en la que existe una banda de frecuencia de unos 2 GHz con atenuación mínima (ventana espectral) ante los agentes atmosféricos. Dado este ancho de banda disponible, el sistema puede ser el soporte de una gran variedad de servicios simultáneos: televisión multicanal, telefonía, datos, servicios interactivos multimedia (teleeducación, telemedicina), y acceso a Internet en banda ancha.

Nuestro sistema utilizará ciertas localidades de estación base, donde actualmente se hallan montadas las antenas de telefonía celular distribuidas

a lo largo de Guayaquil de forma que, en torno a cada una de ellas se agrupe cierto número de usuarios, generando así de manera natural una estructura basada en celdas o áreas de servicio, con un radio de cobertura que va de 2.5 a 3 Km.

En la actualidad, las Operadoras de Telefonía Celular brindan sus servicios de telefonía móvil de manera confiable y eficiente, y eso puede conllevar a la aceptación de un nuevo mercado si se establecieran servicios multimedia fijos. Además de su infraestructura celular para el montaje de nuevas antenas, pueden aprovechar su backbone de Internet, datos y telefonía móvil para ofrecer servicios adicionales, o a lo mejor establecer uno de TV y aprovechar las enormes ventajas que ofrecen los nuevos equipos de red LMDS.

CAPÍTULO I

1. TECNOLOGÍAS DE ACCESO.

1.1. ANÁLISIS DEL MODELO DE REFERENCIA OSI.

Por mucho tiempo se consideró al diseño de redes como un proceso muy complicado de llevar a cabo, debido a que los fabricantes de computadoras tenían su propia arquitectura de red y esta era muy distinta al resto, y en ningún caso existía compatibilidad entre marcas. Luego los fabricantes consideraron acordar una serie de normas internacionales para describir las arquitecturas de redes.

La ISO (Organización Internacional de Normalización) en 1.977 desarrolló una estructura de normas comunes dentro de las redes. Estas normas se conocen como el Modelo de Referencia OSI (Open Systems Interconnection), modelo bajo el cual empezaron a fabricar computadoras con capacidad de comunicarse con otras marcas. Este modelo de telecomunicaciones está basado en una propuesta desarrollada por la organización de estándares internacional (ISO), por lo que también se le conoce como modelo ISO - OSI.

Su función es la de definir la forma en que se comunican los sistemas abiertos de telecomunicaciones, es decir, los sistemas que se comunican con otros sistemas. Este modelo fue pensado para las grandes redes de telecomunicaciones de tipo WAN; la idea era diseñar redes como una secuencia de capas, cada una construida sobre la anterior. Las capas se pueden dividir en dos grupos:

- Servicios de transporte (niveles 1, 2, 3 y 4).
- Servicios de soporte al usuario (niveles 5, 6 y 7).

OSI no es un estándar de comunicaciones, es un lineamiento funcional para las tareas de comunicaciones y nace como una necesidad de unificar los elementos que participan en la solución de los problemas de comunicación entre equipos de diferentes fabricantes, sin embargo muchos estándares y protocolos cumplen con los lineamientos del modelo.

1.1.1. Las 7 capas del modelo OSI.

El modelo OSI establece los lineamientos para que el software y los dispositivos de diferentes fabricantes funcionen juntos. Aunque los fabricantes de hardware y los de software para red son los usuarios principales del modelo OSI, una comprensión general del modelo llega a resultar muy benéfica para el momento en que se expande la red o se conectan redes para formar redes de área extensa (WAN).

El modelo de referencia consiste en 7 capas que se visualizan generalmente como bloques apilados o en inglés como un "stack of blocks", por lo que en inglés, a esto se le conoce como el "OSI Protocol Stack".

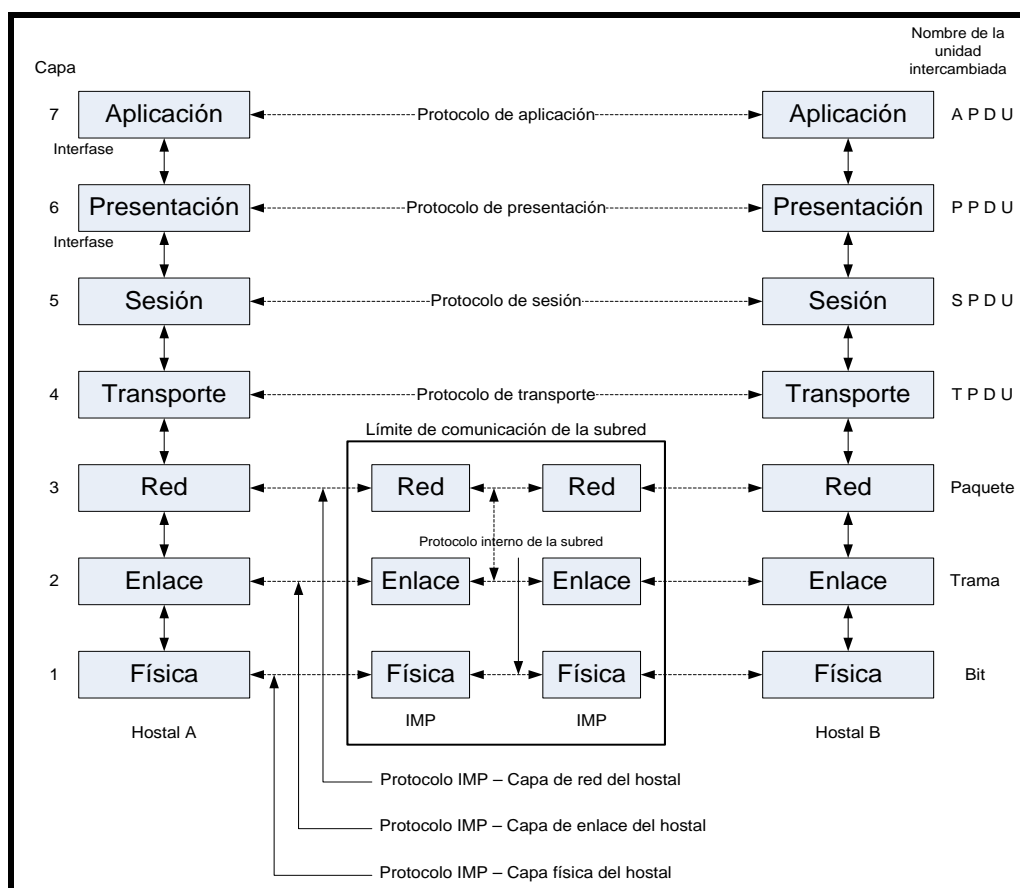


FIGURA 1.1: Arquitectura de red basada en el modelo OSI

Esta arquitectura representada utiliza la terminología de las primeras redes llamadas ArpaNet, donde las máquinas que se utilizan para correr los programas en la red se llaman hostales (computadoras centrales), o también llamadas terminales.

Los hostales se comunican a través de una subred de comunicaciones que se encarga de enviar los mensajes entre los hostales, como si fuera un sistema de comunicación telefónica. La subred se compone de dos elementos: las líneas de transmisión de datos, y los elementos de conmutación llamados IMP (Procesadores de Intercambio de Mensajes). De ésta manera todo el tráfico que va o viene de un hostal pasa a través de su IMP. Las distintas capas del modelo de referencia OSI se describen a continuación:

- **Capa 1 - Nivel Físico:** Define el medio de comunicación utilizado para la transferencia de información, dispone del control de este medio y especifica los bits de control.
- **Capa 2 - Nivel de Enlace de Datos:** Proporciona facilidades para la transmisión de bloques de datos entre dos estaciones de red. Esto es, organiza los unos y ceros del nivel físico en formatos o grupos lógicos de información para establecer un esquema de detección de errores y realizar sincronía.
- **Capa 3 - Nivel de Red:** Define el enrutamiento y el estado de los mensajes que se envían a nodos de la red. Es responsabilidad de este nivel establecer, mantener y terminar las conexiones.
- **Capa 4 - Nivel de Transporte:** Actúa como un puente entre los tres niveles inferiores totalmente orientados a las comunicaciones y los tres niveles superiores totalmente orientados al procesamiento.

Además, garantiza una entrega confiable de la información y asegura que la llegada de datos del nivel de red encuentre las características de transmisión y calidad de servicio requerido por el nivel 5 (Sesión).

- **Capa 5 - Nivel de Sesión:** Este nivel provee los servicios utilizados para la organización y sincronización del diálogo entre usuarios y el manejo e intercambio de datos.
- **Capa 6 - Nivel de Presentación:** Traduce el formato y asigna una sintaxis a los datos para su transmisión en la red. Además, determina la forma de presentación de los datos sin preocuparse de su significado o semántica, establece independencia a los procesos de aplicación considerando las diferencias en la representación de datos y proporciona servicios para el nivel de aplicación al interpretar el significado de los datos intercambiados.
- **Capa 7 - Nivel Aplicación:** Proporciona comunicación entre dos procesos de aplicación tales como programas de aplicación y aplicaciones de red, además de aspectos de comunicaciones para aplicaciones específicas entre usuarios de redes como manejo de la red y protocolos de transferencias de archivos (FTP).

Capa		Protocolos Asociados	Dispositivos de Conectividad
1	Física	IEEE 802.3 IEEE 802.4 IEEE 802.5 RS-232 RS-449 V.35 Topologías	Repetidor Transceptor MAU Hub NIC Cableado
2A	Enlace de Datos MAC	IEEE 802.3 IEEE 802.5 CSMA/CD Token	Switch Puente (Bridge)
2B	Enlace de Datos LLC	IEEE 802.2 ODI LABP NDIS Drivers	
3	Capa de Red	IP IPX ICMP X.25	Enrutador
4	Transporte	TCP UDP SPX/IPX	Gateway (Enrutador)
5	Sesión	TCP IPX NetBIOS FTP/Telnet SMTP TFTP RPC SNMP	
6	Presentación	RFS SMB NCP NFS	
7	Aplicación	NFS X.400 X.500 Shell Redirector	

TABLA 1.1: Protocolos y Dispositivos de Conectividad del Modelo OSI

1.1.2. Ventajas del modelo OSI.

Debido a esta subdivisión en capas el problema de transmitir información entre computadores se divide en siete problemas más pequeños y de tratamiento más simple. Esta división de las funciones de networking se denomina “división en capas”. Si la red se divide en las siete capas mencionadas anteriormente, se obtienen las siguientes ventajas:

- Permite a los distintos tipos de hardware y software de red comunicarse entre sí, o sea que habría interoperabilidad de la tecnología.
- Impide que los cambios en una capa puedan afectar a las demás, con lo que se pueden desarrollar con más rapidez.
- Divide la comunicación de red en partes más pequeñas y sencillas, lo cual reduce la complejidad y facilita la técnica modular.
- Simplifica la enseñanza y el aprendizaje, respecto al manejo y transmisión de datos.
- Normaliza los componentes de red para permitir el desarrollo y el soporte de los productos de diferentes fabricantes, estandarizando las interfaces.

1.2. ANÁLISIS DEL MODELO TCP/IP.

TCP/IP es el protocolo común utilizado por todos los ordenadores conectados a Internet, de manera que éstos puedan comunicarse entre sí.

Hay que tener en cuenta que en Internet se encuentran conectados ordenadores de clases muy diferentes, con hardware y software incompatibles en muchos casos, además de todos los medios y formas posibles de conexión.

Aquí se encuentra una de las grandes ventajas del TCP/IP, pues este protocolo se encargará de que la comunicación entre todos sea posible y es compatible con cualquier sistema operativo y con cualquier tipo de hardware. Junto con OSI, es una arquitectura de protocolos que ha sido determinante y básica en el desarrollo de los estándares de comunicación. Es la arquitectura más adoptada para la interconexión de sistemas.

Al contrario de lo que ocurre con OSI, el modelo TCP/IP es software, es decir, es un modelo para ser implementado en cualquier tipo de red. Facilita el intercambio de información independientemente de la tecnología y el tipo de subredes a atravesar, proporcionando una comunicación transparente a través de sistemas heterogéneos.

Por todo esto, TCP/IP no define una capa física ni de enlace. Este protocolo define solamente tres capas que funcionarán en los niveles superiores a las capas físicas y de enlace para crear así un modelo independiente del hardware en el que se implemente. Estas son:

- **Capa de Red:** Designa una serie de procedimientos para permitir que los datos atraviesen las diferentes redes interconectadas en situaciones en las que los dos dispositivos están conectados a redes diferentes. El protocolo IP (Internet Protocol) se utiliza en esta capa para ofrecer el servicio de encaminamiento a través de varias redes.
- **Capa de Origen - Destino o de Transporte (TCP):** Sería deseable asegurar que todos los datos lleguen a la aplicación destino y en el mismo orden en el que fueron enviados. Los mecanismos necesarios para ofrecer la seguridad son esenciales, independientemente de la naturaleza de la aplicación. El protocolo TCP (Transmission Control Protocol) es el más utilizado para proporcionar estas funciones.
- **Capa de Aplicación:** Contiene toda la lógica necesaria para llevar a cabo las aplicaciones de usuario. Para cada tipo específico de aplicación, como es por ejemplo la transferencia de un fichero, se necesitará un módulo particular dentro de esta capa.

Considerando que dentro de un sistema TCP/IP los datos transmitidos se dividen en pequeños paquetes, estos paquetes resaltan una serie de características:

- La tarea de IP es llevar los datos a granel (los paquetes) de un sitio a otro, o sea que IP mueve los paquetes de datos a granel, mientras TCP se encarga del flujo y asegura que los datos estén correctos.

- Las líneas de comunicación se pueden compartir entre varios usuarios, o sea que, cualquier tipo de paquete puede transmitirse al mismo tiempo, y se ordenará y combinará cuando llegue a su destino.
- Los datos no tienen que enviarse directamente entre dos computadoras.
- Los paquetes no necesitan seguir la misma trayectoria, o sea que, la red puede llevar cada paquete de un lugar a otro y usar la conexión más idónea que esté disponible en ese instante.
- La flexibilidad del sistema lo hace muy confiable, es decir que, si un enlace se pierde, el sistema usa otro.

1.2.1. Las capas del modelo TCP/IP.

TCP/IP no es un único protocolo, en realidad lo que se conoce con este nombre es a un conjunto de protocolos que cubren los distintos niveles del modelo OSI. Los dos protocolos más importantes son el TCP (Transmission Control Protocol) y el IP (Internet Protocol), que son los que dan nombre al conjunto.

El modelo TCP/IP tiene únicamente 3 capas: capa de red, capa de transporte y capa de aplicación. No tiene las capas de sesión ni de presentación que, por otro lado, estaban prácticamente vacías en el modelo OSI. Tampoco dice nada de las capas física y de enlace de datos. Sin embargo, se seguirá

a un modelo de referencia fruto de combinar los modelos OSI y TCP/IP. Se trata del modelo real que se está utilizando actualmente en las redes TCP/IP. La figura 1.2 refleja las 5 capas del modelo.



FIGURA 1.2: Capas del Modelo TCP/IP

Los niveles o capas del Modelo TCP/IP se detallan a continuación:

- **Capa de Aplicación:** Se corresponde con los niveles OSI de aplicación, presentación y sesión. Aquí se incluyen protocolos destinados a proporcionar servicios, tales como correo electrónico (SMTP), transferencia de ficheros (FTP), conexión remota (TELNET) y otros como el protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol).
- **Capa de Transporte:** Coincide con el nivel de transporte del modelo OSI. Los protocolos de este nivel, tales como TCP y UDP, se encargan de manejar los datos y proporcionar la fiabilidad necesaria en el transporte de los mismos.

- **Capa de Internet:** Es el nivel de red del modelo OSI. Incluye al protocolo IP, que se encarga de enviar los paquetes de información a sus destinos correspondientes. Es utilizado con esta finalidad por los protocolos del nivel de transporte.
- **Capa de Red:** Es la interfaz de la red real. TCP/IP no especifica ningún protocolo concreto, así es que corre por las interfaces conocidas, como por ejemplo: 802.2, CSMA/CD, X.25, Ethernet, Token Ring, etc.
- **Capa Física:** Análoga al nivel físico del modelo OSI.

El TCP/IP necesita funcionar sobre algún tipo de red o de medio físico que proporcione sus propios protocolos para el nivel de enlace de Internet. Por este motivo hay que tener en cuenta que los protocolos utilizados en este nivel pueden ser muy diversos y no forman parte del conjunto TCP/IP. Sin embargo, esto no debe ser problemático puesto que una de las funciones y ventajas principales del TCP/IP es proporcionar una abstracción del medio de forma que sea posible el intercambio de información entre medios diferentes y tecnologías que inicialmente son incompatibles.

Para transmitir información a través de TCP/IP, ésta debe ser dividida en unidades de menor tamaño. Esto proporciona grandes ventajas en el manejo de los datos que se transfieren y, por otro lado, esto es algo común en

cualquier protocolo de comunicaciones. En TCP/IP cada una de estas unidades de información recibe el nombre de datagrama, y son conjuntos de datos que se envían como mensajes independientes.

1.2.2. Comparación entre el modelo OSI y el modelo TCP/IP.

En la figura 1.3 se puede observar la posición que ocupan los protocolos TCP/IP respecto al modelo teórico de referencia OSI. Tres de las capas en el modelo de referencia TCP/IP corresponden con una o más capas del modelo OSI.

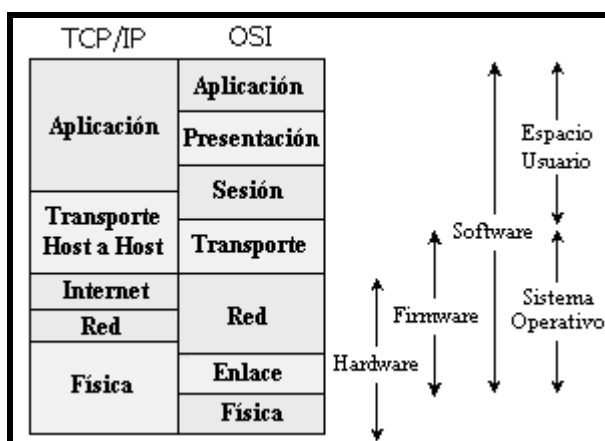


FIGURA 1.3: Comparación entre el Modelo OSI y el Modelo TCP/IP

Una de las contribuciones más importantes del modelo OSI es la distinción que hace entre servicios, interfaces y protocolos. Originalmente el modelo TCP/IP no distinguía claramente entre estos tres conceptos, aunque posteriormente se ha reajustado para hacerlo más parecido a OSI.

En el modelo OSI se ocultan mejor los protocolos que en el modelo TCP/IP y se pueden reemplazar con relativa facilidad al cambiar de tecnología. El modelo OSI se definió antes que los protocolos, mientras que en TCP/IP se definieron primero los protocolos y el modelo fue en realidad una descripción de los protocolos existentes, por lo que los protocolos se ajustaban perfectamente al modelo. El único problema es que el modelo no se ajustaba a ninguna pila de protocolos, por lo que no fue de mucha utilidad para describir redes que no fueran del tipo TCP/IP. Los principales puntos de comparación entre ambos modelos son los siguientes:

- **Número de capas:** Una diferencia obvia entre los dos modelos es el número de capas. El modelo OSI tiene 7 capas y el TCP/IP tiene 5.
- **Capa de Internet:** El esquema de capas OSI no tiene una capa como la capa de Internet del modelo TCP/IP.
- **Capa de Sesión:** El modelo OSI dedica una capa completa para los protocolos de sesión, que han perdido mucha importancia a medida que los ordenadores han cambiado desde sistemas de tiempo compartido a estaciones de trabajo. En esta capa es muy importante para el desarrollo de las siguientes capas.
- **Comunicación no orientada / orientada a la conexión:** El modelo OSI considera ambos tipos, pero en la capa de transporte donde es más importante, lo hace únicamente con la comunicación orientada a la conexión. El modelo TCP/IP en la capa de red sólo tiene el modo

sin conexión pero considera ambos modos en la capa de transporte, ofreciendo una alternativa a los usuarios.

1.3. PAR TRENZADO.

El par trenzado surge como una alternativa del cable coaxial en 1.985; básicamente, el par trenzado se divide en dos categorías:

- Sin blindaje (UTP - Unshielded Twisted Pair)
- Con blindaje (STP - Shielded Twisted Pair)

Consiste en hilos de cobre de tipo circular aislados por una cubierta plástica de polietileno coloreado y torzonado entre sí. Debido a que es un medio muy susceptible al ruido y a interferencias electromagnéticas, estos se trenzan con distintos pasos de torsión y se suelen recubrir con una malla externa para evitar dichas interferencias.

Este tipo de medio es el más utilizado debido a su bajo coste pero su inconveniente principal es su poca velocidad de transmisión y su corta distancia de alcance. Se utilizan con velocidades inferiores al MHz (de aproximadamente 250 KHz) y se consiguen velocidades de hasta 16 Mbps. Con estos cables, se pueden transmitir señales analógicas o digitales. El blindaje consiste en una malla similar a la del cable coaxial, y su función es la misma. Los componentes principales del par trenzado son los siguientes:

- Dos conductores de cable aislado con polyvinil chloride (PVC), calibre 22 o 24 AWG.
- Si es par trenzado con blindaje, se hace presente una capa de malla de aluminio entretrejido destinado a disminuir el ruido magnético del exterior.

Tipo	Origen	Uso
Unshielded Twisted Pair	1.990	Redes Ethernet, Token Ring y ARCnet
Shielded Twisted Pair	1.990	Token Ring de IBM

TABLA 1.2: Tipo, Origen y Uso del Par Trenzado

A menudo se agrupan una serie de hilos de par trenzado y se encierran en un revestimiento protector para formar un cable. El número total de pares que hay en un cable puede variar. El trenzado elimina el ruido eléctrico de los pares adyacentes y de otras fuentes como motores, relés y transformadores.

El cable de par trenzado utiliza conectores telefónicos RJ-45 para conectar a un equipo y son similares a los conectores telefónicos RJ-11. El conector RJ-45 contiene ocho conexiones de cable, mientras que el RJ-11 sólo contiene cuatro. Por lo general, la estructura de todos los cables de par trenzado no difiere significativamente, aunque es cierto que cada fabricante

introduce algunas tecnologías adicionales mientras los estándares de fabricación se lo permitan. Sus paneles de conexiones son ampliables, existen diferentes versiones que admiten hasta 96 puertos y alcanzan velocidades de transmisión de hasta 100 Mbps. Las clavijas RJ-45 dobles o simples se conectan en paneles de conexiones y placas de pared las cuales permiten dos o más enganches.

Se recomienda utilizar el cable de par trenzado si:

- La red LAN tiene una limitación de presupuesto.
- Se desea una instalación relativamente sencilla, donde las conexiones de los equipos sean simples.

No es recomendable si:

- La red LAN necesita un gran nivel de seguridad y se debe estar absolutamente seguro de la integridad de los datos.
- Los datos se deben transmitir a largas distancias y a altas velocidades.

1.3.1. ADSL.

1.3.1.1. Definición.

El ADSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica) desempeña un papel protagónico dentro de las tecnologías de acceso de banda ancha. No sólo

se busca aumentar la velocidad de acceso a la red sino también asegurar una determinada calidad de servicio (QoS – Quality of Service) para aquellas aplicaciones de tiempo real como el video bajo demanda (VoD) o la transmisión de voz paquetizada.

ADSL es una tecnología de módem para la transmisión de datos que transforma las líneas telefónicas o el par de cobre del abonado en líneas de alta velocidad permanentemente establecidas. Esta técnica sobre el par de cobre es estandarizada por el ANSI en su estándar T1.413 y acogida por la UIT-T en la recomendación G.992.1. Facilita el acceso a Internet de alta velocidad así como el acceso a redes corporativas para aplicaciones como el teletrabajo, tele tutorías en línea y aplicaciones multimedia como foros, juegos en línea y videoconferencia; a demás todo a lo que se refiera con transmisión de datos.

1.3.1.2. Módems.

Los módems ADSL operan en un margen de frecuencia mucho más amplio que los módems de banda vocal (de 300 a 3.4 KHz), y este margen va desde los 24 hasta los 1.104 Khz., aproximadamente.

Lo dicho anteriormente permite que el ADSL pueda coexistir en un mismo lazo de abonado con el servicio telefónico, pues no se solapan sus intervalos

de frecuencia, lo que no es posible con un módem convencional pues opera en la misma banda que la telefonía.

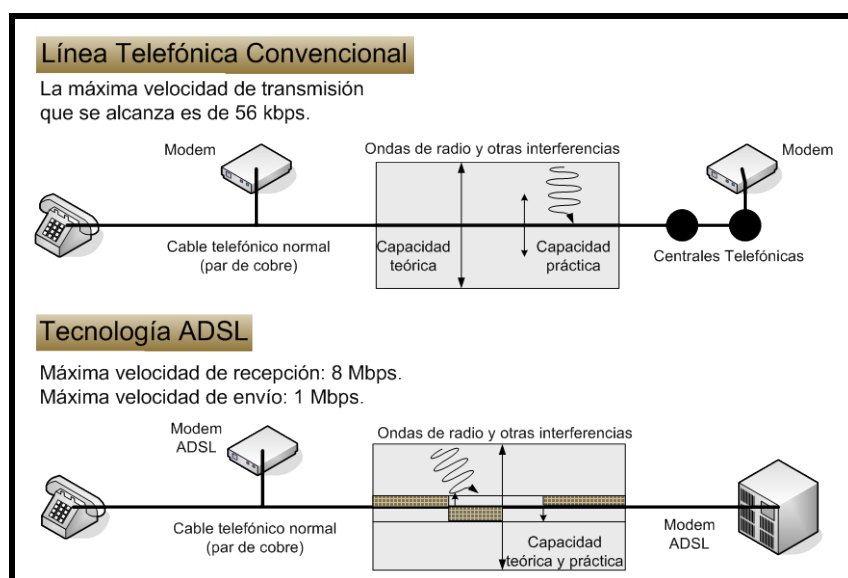


FIGURA 1.4: Comparación entre Tecnología Convencional y ADSL

Al tratarse de una modulación asimétrica, en torno a los 128 Kbps (Upstream) y 256 Kbps (Downstream), el módem ADSL situado en el extremo del usuario es distinto del ubicado al otro lado del lazo en la central local. Para conseguir estas tasas de transmisión de datos, esta tecnología establece tres canales independientes sobre la línea telefónica estándar:

- Dos canales de alta velocidad, uno de recepción de datos y otro de envío de datos.
- Un tercer canal para la comunicación normal de voz, para servicio telefónico básico.

En la figura 1.5 se muestra un enlace ADSL entre un usuario y la central local de la que depende, donde se observa que además de los módems situados en el domicilio del usuario (ATU-R o ADSL Terminal Unit-Remote) y en la central (ATU-C o ADSL Terminal Unit-Central), delante de cada uno de ellos existe un splitter (conjunto de dos filtros: uno paso alto y otro paso bajo) con la finalidad de separar las señales transmitidas, permitiendo la utilización simultánea del servicio telefónico básico (RTC) y del servicio ADSL.

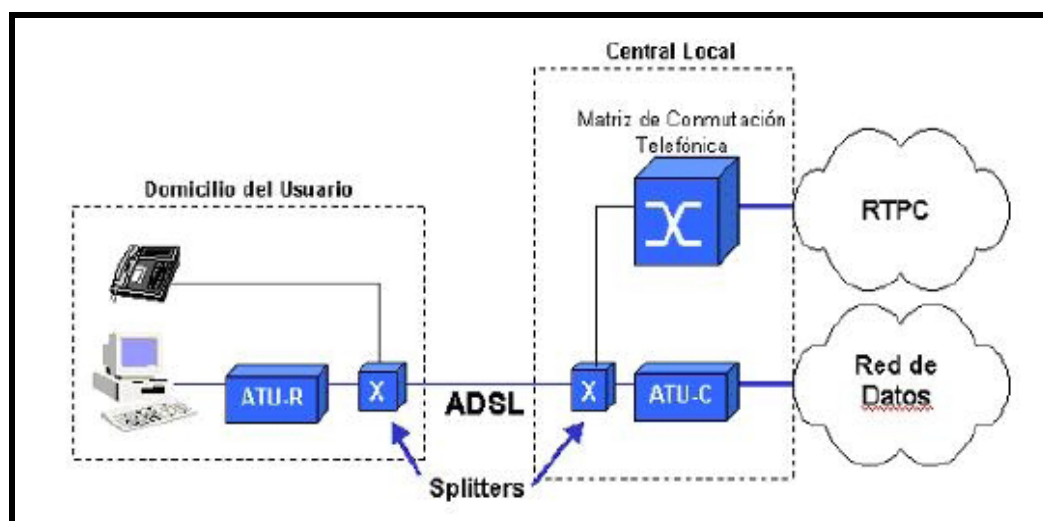


FIGURA 1.5: Enlace ADSL entre Usuario y Central Local

Aunque no se presenta en la figura anterior, en la central local está ubicado un equipo llamado Multiplexor de Acceso DSL (DSLAM), que agrupa un gran número de tarjetas, cada una de las cuales consta de varios módems ATU-C, y que además concentra el tráfico de todos los enlaces ADSL hacia la red WAN.

1.3.1.3. Técnica de modulación.

La técnica de modulación empleada en ADSL es el DMT (Discrete MultiTone, Modulación Multitono Discreto). Básicamente consiste en el empleo de múltiples portadoras (denominadas subportadoras), cada una de las cuales es modulada en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Esta técnica de codificación digital permite ampliar el rendimiento del cableado telefónico actual.

Las subportadoras están separadas entre sí 4,3125 Khz., y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 kHz. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal/Ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, mayor es el caudal que puede transmitir por una subportadora. En los estándares originales se soportan velocidades de datos máximas netas de 6,144 Mbps hacia el destino y de 640 Kbps hacia el origen. La separación de los trayectos en ADSL se efectúa mediante Multiplexación por División en Frecuencias (FDM) o por Cancelación de Eco, permitiendo mayores caudales al usar la parte baja del espectro ADSL (24 a 130 Khz. aproximadamente) para el envío de información en ambos sentidos de transmisión; como consecuencia se produce una mayor complejidad en el diseño.

1.3.1.4. Estándar G.Lite.

El estándar G.992.2 de la UIT, más conocido con el nombre G.Lite y que es un tipo de ADSL, se diferencia de éste en que se sustituyen los splitters del lado del cliente por microfiltros conectados a la entrada del teléfono, que actúan como filtros pasabajo, por lo que su implantación se ve favorecida al no requerir de la intervención del operador en el domicilio del cliente. El estándar ADSL provee velocidades de hasta 8 Mbps en sentido descendente y 928 Kbps en sentido ascendente sobre distancias por encima de los 5 Km.

El inconveniente de G.Lite es que soporta velocidades menores que ADSL, 1,536 Mbps y 512 Kbps en sentido descendente y ascendente respectivamente. G.Lite soporta sólo transporte ATM (Modo de Transferencia Asíncrono) a diferencia de ADSL que soporta tanto ATM como STM (Modo de Transferencia Sincrónico). En la actualidad, muchas computadoras integran módems G.Lite por lo que se ha extendido en gran medida su uso.

1.3.2. VDSL.

1.3.2.1. Generalidades.

VDSL ha sido desarrollado con la idea de que pueda ser utilizado como un método de transmisión entre el hogar (o negocio) y el punto de acceso a la red de fibra óptica localizado en las cercanías del usuario, o sea que está

destinado a ser utilizado en conjunción con FTTC (Fiber To The Curb) o FTTB (Fiber To The Basement). La conexión local al backbone de datos se hace a grandes velocidades con fibra óptica.

Esta tecnología puede suministrar rangos de flujo de datos entre 13 Mbps y 60 Mbps. La tasa de datos a la que se puede establecer la comunicación depende de la longitud de la línea, por lo que, se utiliza VDSL para llegar al hogar o negocio utilizando el lazo local existente de par de cobre. Las operadoras de telecomunicaciones podrían utilizar VDSL para enviar video bajo demanda a los hogares, usando televisión de alta definición (HDTV). Otra aplicación potencial de VDSL es la de ser utilizada para realizar tráfico sobre ATM.

1.3.2.2. Funcionamiento.

La combinación de cables de fibra óptica alimentando a unidades ópticas de red (ONU, Optical Network Units) en los sectores residenciales con la conexión final a través de la red telefónica de cobre, permite alcanzar altas velocidades de transmisión de datos.

Dentro de las topologías empleadas por VDSL se incluyen las llamadas FTTX (Fiber To The X), donde se llega con fibra a localidades cercanas al usuario final, se transmiten datos a alta velocidad sobre distancias cortas y

se puede operar tanto en modo simétrico como en el asimétrico. Desde allí, el servicio de cableado telefónico es utilizado para transmitir la información a los hogares. La figura 1.6 muestra un diagrama de la configuración de una conexión VDSL.

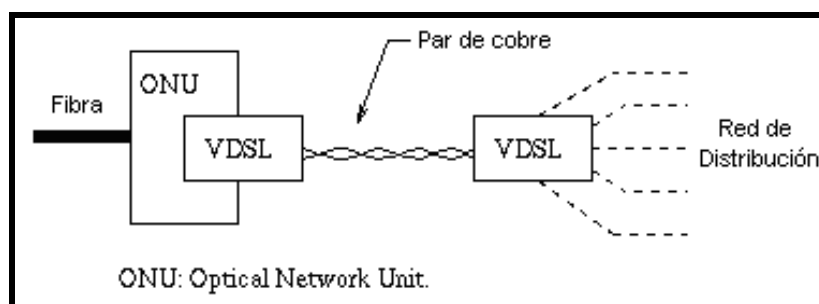


FIGURA 1.6: Conexión VDSL

La máxima velocidad de transmisión de la red al cliente está entre 51 y 55 Mbps sobre líneas de 300 metros de longitud. Las velocidades del cliente a la red van a ser también mayores que en ADSL.

Un acuerdo general del FSAN (Full Service Access Network, Red de Acceso de Servicios Completos) especifica al ATM como la tecnología de transporte primaria, utilizando fibra en el núcleo de la red y VDSL en la última milla. La arquitectura especificada incluye las topologías FTTCab y FTTB.

VDSL puede considerarse como la sucesora de ADSL desde el punto de vista tecnológico por las siguientes razones:

- Puede transportar datos de video y de otros tipos de tráfico a velocidades de cinco a diez veces superiores a ADSL.
- Se adapta mejor a las exigencias del mercado al instalarse de forma simétrica o asimétrica,
- Ofrece a los usuarios residenciales, video de una calidad superior al transmitido mediante difusión, junto con tráfico de Internet y las habituales llamadas telefónicas de voz.

Entre las aplicaciones comerciales típicas que esta tecnología puede soportar, se encuentran la interconexión de VPN y LAN. Como se ha venido mencionando, VDSL es suministrada a menudo desde un gabinete situado en la calle equipado con una fibra óptica conectada al backbone. Esta topología es la FTTCab y se muestra en la figura 1.7:

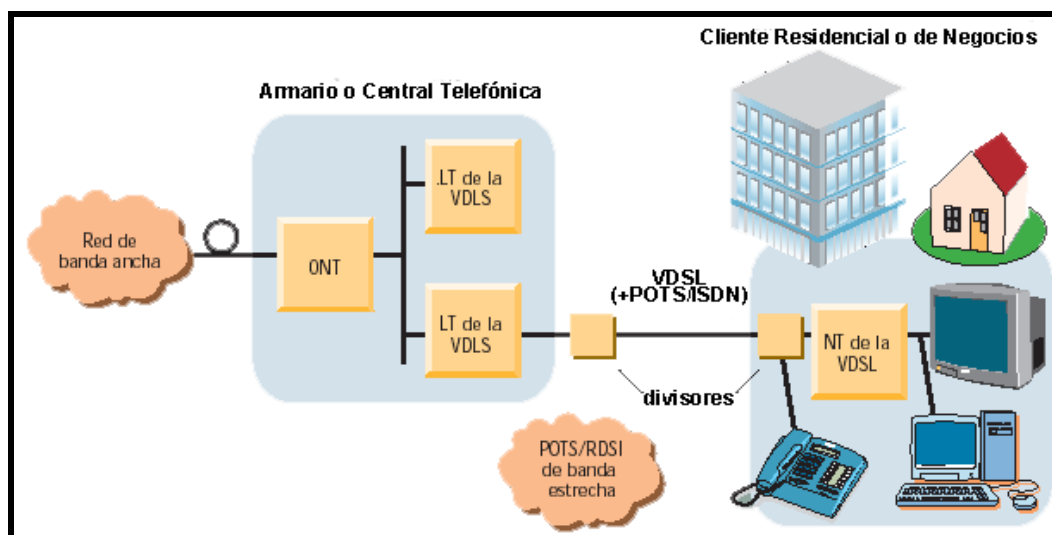


FIGURA 1.7: Topología FTTCab

Es también posible el funcionamiento simultáneo de VDSL y de los servicios de banda estrecha tradicionales como POTS (Telefonía Pública) y RDSI (Red Digital de Servicios Integrados), sobre una única línea telefónica. Esto requiere de un splitter en cada extremo de la línea para separar la señal VDSL de mayor frecuencia de la señal POTS o RDSI de menor frecuencia.

1.3.2.3. Códigos de línea.

El TM6 del ETSI y el Comité T1E1.4 del ANSI han adoptado dos códigos de línea principales para los estándares de VDSL: modulación DMT y modulación QAM/CAP. Además, se ha seleccionado FDD (Duplexación por División de Frecuencia) como la técnica de duplexación por parte del ETSI, ANSI y de la UIT. En el equipamiento presente en el mercado se demuestra que el método basado en FDD-DMT es preferido por los fabricantes.

Para conseguir las velocidades tan altas sobre líneas telefónicas, la anchura de banda de la comunicación tiene que extenderse mucho más allá de los 1.1 MHz ocupados por ADSL, usando el mayor espectro de frecuencia disponible sobre el par de cobre por encima de las frecuencias usadas por los servicios POTS y RDSI.

En principio, los sistemas VDSL pueden utilizar un espectro de hasta 30 MHz, aunque en la actualidad sólo se ha especificado el plan de frecuencias

hasta 12 MHz. La asignación actual del espectro varía en dependencia de la velocidad de la línea. Los métodos considerados en el uso de VDSL son:

- CAP - Carrierless AM/PM.
- DMT - Discrete Multitone.
- DWMT – Discrete Wavelet Multitone.

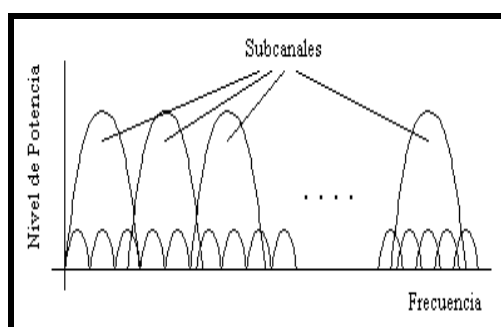


FIGURA 1.8: Espectro Multitono Discreto

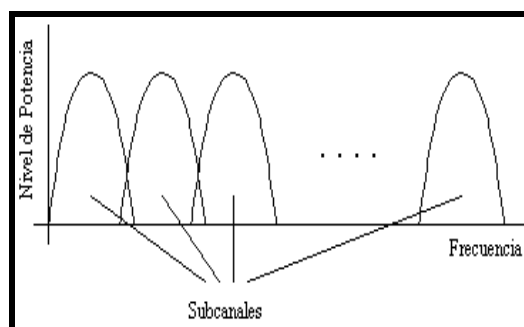


FIGURA 1.9: Espectro Discreto Multitono Wavelet

1.3.2.4. Selección del ancho de banda.

Si el código de línea utilizado para VDSL es CAP (una variante de QAM), entonces el ancho de banda del sistema mapea directamente algún valor para un rango de símbolo. El rango del bit es dado por el tipo de QAM utilizado. El ruido en el canal impone un límite sobre el rango del símbolo y los bits por símbolo que pueden ser utilizados. En un sistema asimétrico, con un radio de 10:1 en los rangos de datos (downstream/upstream), el modelo de ruido toma en consideración principalmente el crosstalk far-end (FEXT).

Esta fuente de ruido es una consecuencia del acoplamiento capacitivo entre diferentes pares trenzados en un mismo cable multipar. Otra importante fuente de ruido presente en este medio es el ruido Gaussiano con una altura espectral de dos lados de -140 dBm/Hz, y la Interferencia Radiofrecuencial (RFI). Una implementación de VDSL que utiliza el esquema de transmisión banda base PAM (Pulse Amplitude Modulation) tiene la ventaja que hace uso de bandas de frecuencia baja, las cuales están menos sujetas al ruido (atenuación y crosstalk). Por otro lado, utilizando el esquema CAP se permite utilizar POTS (servicio de voz) o ISDN (Integrated Services Digital Network) simultáneamente con VDSL. La figura 1.10 muestra una comparación de la capacidad de transmisión de VDSL usando PAM y CAP, donde el número de perturbadores es el número de pares trenzados en el mismo cable multipar que pueden estar interfiriendo uno a otro si portan también señales VDSL.

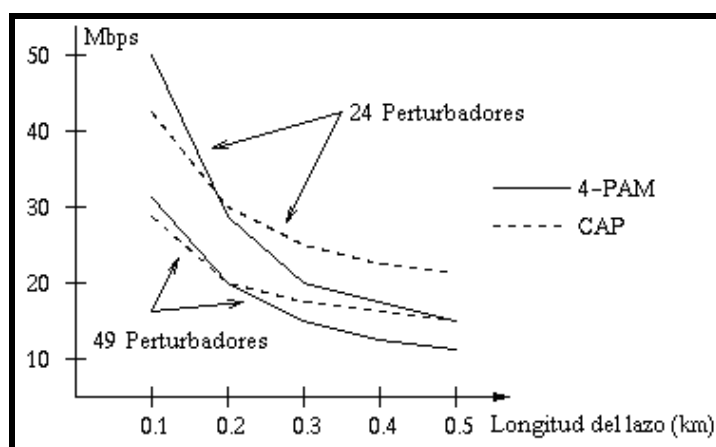


FIGURA 1.10: Capacidad de transmisión para PAM y CAP basada en VDSL

1.3.2.5. Aplicaciones.

Dado que VDSL es utilizado para proveer conexión de última milla entre redes ópticas y abonados, los rangos de datos de downstream proyectados que VDSL proveerá son 1/12, 1/6, y 1/3 de la velocidad de SONET (155.52 Mbps). Estas velocidades están disponibles para diferentes longitudes de línea. La tabla 1.3 muestra algunas velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea, para los modos de funcionamiento asimétrico y simétrico.

Distancia (metros)	Velocidad de datos en sentido descendente (Mbps)	Velocidad de datos en sentido ascendente (Mbps)
300	52	6.4
300	26	26
1000	26	3.2
1000	13	13
1500	13	1.6
1500	1.6	1.6

TABLA 1.3: Velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea

Los rangos del canal de subida de datos comienzan desde los 1.6 Mbps, a la misma velocidad del canal descendente. Iguales flujos hacia arriba y abajo sólo pueden ser realizados en las líneas más cortas, y requerirán configuraciones simétricas de VDSL. Las primeras versiones de VDSL son asimétricas, al igual que ADSL.

Para cortas distancias, la VDSL simétrica es atractiva debido a que puede simplificar la interfaz de la red corporativa LAN y estar en concordancia con el futuro de FTTH (Fiber To The Home). Los sistemas como FTTC y FTTB podrían ser utilizados con un sistema simétrico VDSL que usa 26 Mbps, el cual es un rango saludable para ATM.

1.4. CABLE COAXIAL Y FIBRA ÓPTICA.

1.4.1. Generalidades del Cable Coaxial.

El Cable Coaxial consiste en un núcleo (sólido o de hilos) de cobre rodeado por un aislante, un apantallamiento de metal trenzado y una cubierta externa tal como se muestra en la figura 1.11. Tiene más costo que el par trenzado, pero se puede utilizar a distancias mayores con velocidades de transmisión superior, menos interferencia y atenuación, y permite conectar más estaciones, lo que significa que a pesar de que el costo de inversión sea mayor vamos a tener más ahorro viéndolo en macro.

También se suele utilizar para transmitir señales analógicas o digitales, así como: televisión, telefonía a larga distancia, redes de área local, conexión de periféricos a corta distancia, etc. Sus inconvenientes principales son: la atenuación, el ruido térmico y el ruido de intermodulación. Para señales analógicas se necesita un amplificador cada pocos kilómetros y para señales digitales un repetidor cada kilómetro.

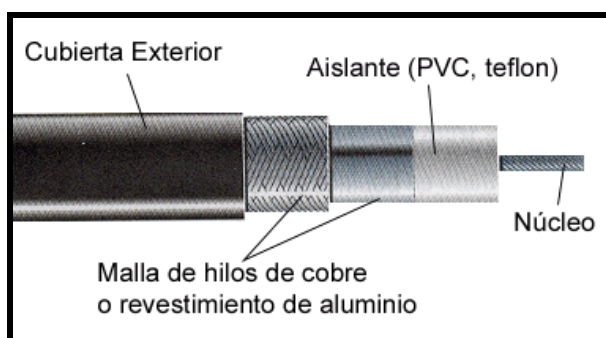


FIGURA 1.11: Partes del Cable Coaxial

El término apantallamiento hace referencia a la malla de metal (u otro material) que rodea algunos tipos de cable. El apantallamiento protege los datos transmitidos absorbiendo las señales electrónicas espurias, conocidas como ruido, de forma que no pasan por el cable y no distorsionan los datos.

Al cable que contiene una lámina aislante y una capa de apantallamiento de metal trenzado se le denomina cable apantallado doble. Si llegaran a tocarse el núcleo de conducción y la malla de hilos, el cable experimentaría un cortocircuito, y el ruido o las señales que se encuentren perdidas en la malla circularían por el hilo de cobre. Este contacto causa un flujo directo de corriente (o datos) en un camino no deseado.

Con dispositivos electrónicos que utilizan bajos voltajes, el resultado a menudo casi no se detecta y generalmente causan un fallo en el dispositivo y lo habitual es que se pierdan los datos.

El cable coaxial es una buena opción para grandes distancias y para soportar de forma fiable grandes cantidades de datos con un equipamiento poco sofisticado. Existen dos tipos de cable coaxial: el cable fino (Thinnet) y el cable grueso (Thicknet). El tipo de cable más apropiado depende de las necesidades de la red en particular.

1.4.2. Generalidades de la Fibra Óptica.

La Fibra Óptica es un medio muy fino y flexible que transporta señales digitales de datos en forma de pulsos modulados de luz. Físicamente, el cable de fibra está constituido por: un núcleo formado por una o varias fibras (hebras) muy finas de cristal o plástico y un revestimiento que es un cristal o plástico con diferentes propiedades ópticas distintas a las del núcleo. Cada fibra viene rodeada de su propio revestimiento, y alrededor de este conglomerado se encuentra la cubierta (constituida de material plástico o similar) que se encarga de aislar el contenido de: aplastamientos, abrasiones, humedad, y el entorno en general.

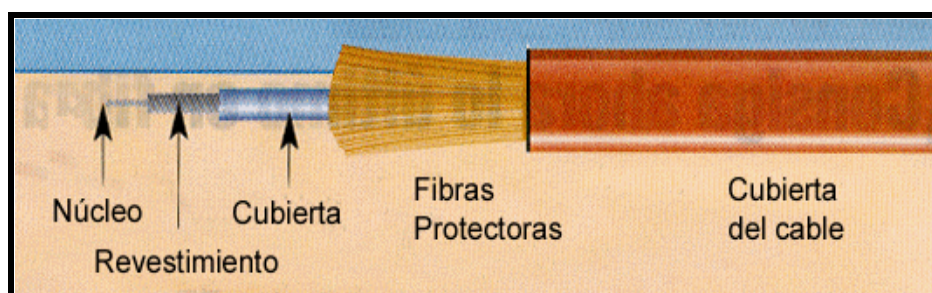


FIGURA 1.12: Partes de la Fibra Óptica

Esta es una forma relativamente segura de enviar datos debido a que, a diferencia de los cables de cobre que llevan los datos en forma de señales electrónicas, los cables de fibra óptica transportan impulsos no eléctricos. Esto significa que el cable de fibra óptica no se puede pinchar y sus datos no se pueden robar. Es apropiado para transmitir datos a velocidades muy altas y con grandes capacidades debido a la carencia de atenuación de la señal y a su pureza.

A pesar de ser un medio mucho más caro y difícil de manejar, sus ventajas sobre otros medios lo convierten muchas veces en una muy buena elección al momento de observar el rendimiento y la calidad de transmisión.

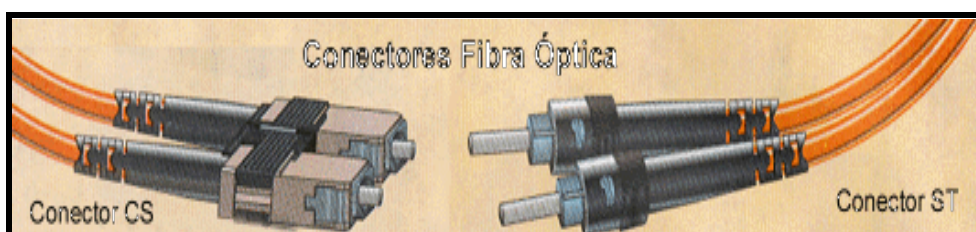


FIGURA 1.13: Conectores de Fibra Óptica

Debido a que por los hilos de vidrio pasan las señales en una sola dirección, un cable de fibra consta de dos hilos en envolturas separadas, uno para transmisión y otro para recepción. En el conector de fibra óptica, las fibras de Kevlar se colocan entre los dos cables. Una capa de plástico de refuerzo alrededor de cada hilo de vidrio y de las fibras Kevlar ofrece solidez.

Las transmisiones del cable de fibra óptica no están sujetas a intermodulaciones eléctricas y son extremadamente rápidas, comúnmente transmiten a 100 Mbps con velocidades de hasta 1 Gbps, y pueden transportar una señal varios kilómetros en un medio muy seguro. Además, permiten un gran número de canales y tienen un B_c (50 Ghz máx., 2 Ghz típico) y R_{max} (2 Gbps máx.) enorme. Es un medio muy apropiado para largas distancias e incluso últimamente para redes LAN.

1.4.3. HFC.

Las redes de cable Híbridas de Fibra óptica/Coaxial (HFC) constituyen una plataforma tecnológica de banda ancha que permite el despliegue de todo tipo de servicios de telecomunicación, además de la distribución de señales de TV analógica y digital interactiva. Son un tipo de red de acceso que se está convirtiendo en una de las opciones preferidas por los operadores de telecomunicaciones de todo el mundo para ofrecer a sus abonados un abanico de servicios y aplicaciones cada vez más amplio.

El acceso a alta velocidad a redes de datos (Internet, Intranets, etc.) mediante cablemódems parece que se está convirtiendo en uno de los grandes atractivos de estas redes y en una fuente de ingresos importante para sus operadores. Paralelamente al despliegue de servicios de TV y datos, los operadores de redes HFC están muy interesados en ofrecer

servicios de telefonía a sus abonados, tanto residenciales como empresariales.

El desarrollo de las nuevas redes de comunicación por cable viene regulado a nivel de transporte por normativas generadas por comités como el IEEE 802.14, el DAViC (Digital Audio Visual Council) o por el propio CCITT y ATM Forum en B-ISDN (ISDN Banda Ancha), o los comités MPEG a nivel de servicios. Los estándares 802.14 y MCNS (Sistemas de Redes de Canal Multimedia) están diseñados sobre las especificaciones de protocolos de capa física y del protocolo MAC (Control de Acceso al Medio) para implementar redes bidireccionales HFC.

La arquitectura de red especifica un Híbrido de Fibra óptica/Coaxial que puede abarcar un radio de 80 Km. desde la cabecera. El objetivo primordial del protocolo de red en el diseño es el de transportar diferentes tipos de tráficos del IEEE 802.2 LLC (Control de Enlace Lógico), como por ejemplo Ethernet. El grupo de trabajo IEEE 802.14 define el protocolo de capa física y el control de acceso al medio de las redes HFC. Las diferentes tecnologías basadas en redes híbridas de fibra óptica y cable coaxial son:

- **FTTH (Fiber To The Home):** La fibra hasta el usuario es la de mayor ancho de banda y la más cara. Su topología es tipo estrella llegando una fibra a cada usuario.

- **FTTC (Fiber To The Curb):** La fibra procede desde el nodo hasta el edificio cercano al usuario, desde allí el cable coaxial o par de cobre llega hasta el usuario. Es más barato que FTTH.
- **FTTN (Fiber To The Node):** Cada 300 o 500 usuarios se unen con un cable coaxial en forma de bus. Luego, los coaxiales se concentran en los nodos que se unen mediante fibra óptica. Es el más barato y más utilizado.

Una red HFC puede amortizarse prestando simultáneamente una multiplicidad de servicios, uno de los cuales consiste en alquilar parte del excedente de capacidad de transmisión de la red troncal de fibra óptica a empresas o instituciones que la necesiten para interconectar redes locales de edificios distantes entre sí o para cursar tráfico telefónico directamente entre éstos.

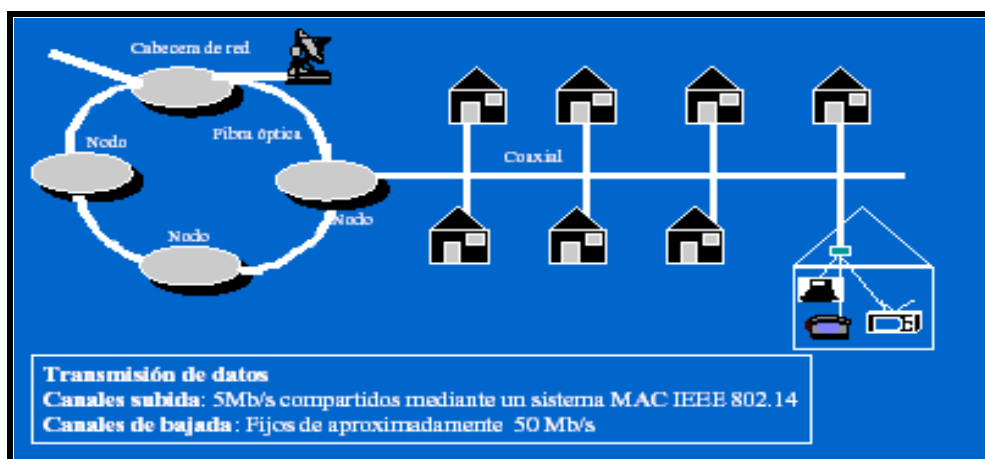


FIGURA 1.14: Red HFC

El uso de fibra óptica en la troncal de las redes de cable ha permitido, gracias a su capacidad de transmisión, la incorporación de servicios interactivos tales como: telefonía, datos e Internet, y vídeo bajo demanda (VOD, Video On Demand), que requieren que la red permita la comunicación en ambos sentidos. Una red de acceso HFC está constituida, genéricamente, por tres partes principales: elementos de red, infraestructura HFC y terminales de usuario. En la figura 1.15 se muestra un esquema típico de este tipo de redes:

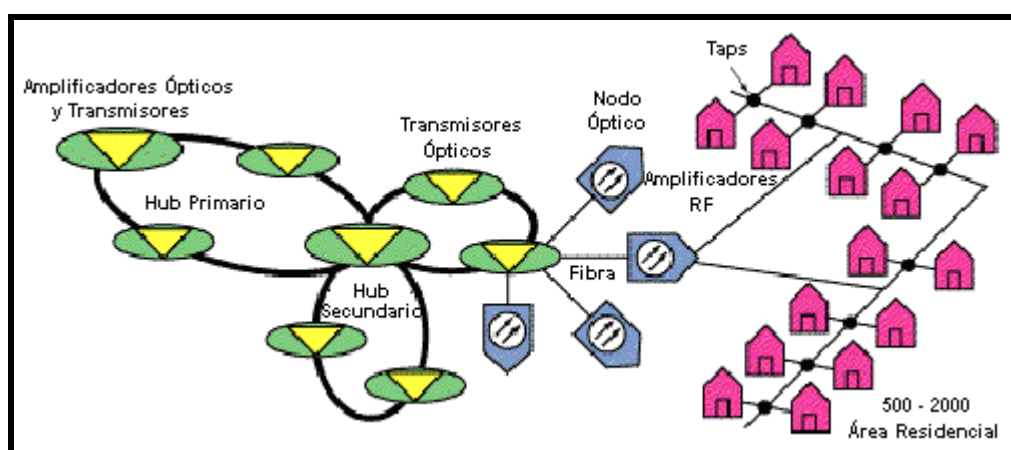


FIGURA 1.15: Esquema de una Red HFC

Con mayor ancho de banda, los operadores disponen de mayor espectro para ofrecer servicios que generen beneficio. El ancho de banda de la red HFC es la clave en la que se fundamentan las ventajas de este tipo de redes, entre las que se incluyen: la posibilidad de ofrecer una amplia gama de servicios tanto analógicos como digitales, la capacidad de adaptación

dinámica a los cambios de la demanda y del mercado, y brindar soporte de servicios conmutados y de difusión.

1.4.4. SDV.

Las redes HFC y los sistemas SDV (Switched Digital Video) luchan por el privilegio de cablear los hogares y las oficinas con servicios de banda ancha y comparten muchas características y tecnologías comunes, pero se diferencian fundamentalmente en sus arquitecturas. Mientras que ambos sistemas pueden transportar voz, video, y datos en hogares y pequeñas empresas, la arquitectura conmutada y la conectividad ampliable de SDV permiten ofrecer una variedad más amplia de servicios. Aparte de estos aspectos operacionales de redes también debe notarse que la inteligencia embebida en las redes SDV las hace más fáciles de manejar y mucho más capaces de adoptar nuevos servicios a medida que se presentan, esto hace que estas redes sea más robusta.

A pesar de su aceptación inicial, los resultados de prueba en el terreno y estudios detallados plantearon muchas preguntas sobre el coste real de HFC, la exactitud de su modelo de negocio, y su capacidad de soportar muchos de los avanzados servicios de comunicaciones que pueden convertirse en partes críticas de la economía de mañana. Un estudio cuidadoso revela que HFC es solamente rentable al ofrecer un ancho de

banda simple, limitado, y servicios interactivos para áreas con baja densidad de suscriptores.

SDV es la distribución del contenido interactivo de la televisión y del vídeo en un formato digital vía tecnologías estándares basadas en red tales como ATM y Ethernet. Cuando se tiene una PON (Red Óptica Pasiva) en la última milla, SDV da a los proveedores de servicio y a los consumidores la flexibilidad de participar en una gama completa de servicios de banda ancha intensivos.

SDV hace referencia a la tecnología FTTC, mientras que HFC se refiere básicamente a la tecnología FTTN. Esto implica que SDV trae la fibra lo más cerca posible al usuario final. La diferencia clave entre HFC y SDV es la configuración y el ancho de banda en el enlace desde el punto de terminación óptica hasta el hogar. Se utiliza una configuración en estrella.

Este enlace típicamente es una conexión ATM conmutada de 51 Mbps, lo que proporciona suficiente capacidad para varios programas MPEG2 así como también para la telefonía, el Internet, etc. Puesto que la conexión es bidireccional, el número de programas que pueden ser proporcionados no se limita a la capacidad de enlace de 51 Mbps. El usuario tiene la capacidad de tener acceso a otros programas vía Set-Up-Box que enviará comandos de

subida (upstream) para conmutar el programa al nodo de usuario. El medio de transmisión físico para SDV es el par trenzado o el cable coaxial y típicamente utiliza la Modulación de Amplitud y Fase 16 Carrierless o la Modulación 16-QAM.

Una ventaja de SDV es que cada usuario tiene un enlace privado, dedicado, y bidireccional de vuelta hacia el punto de terminación óptica de la red. Esto contrasta con HFC en el cual los usuarios deben compartir un canal de retorno físico común con ruido asociado y problemas de seguridad. Sin embargo, SDV, puede sufrir ciertos problemas de interferencia cuando se utilizan cables UTP como enlace final hacia el hogar.

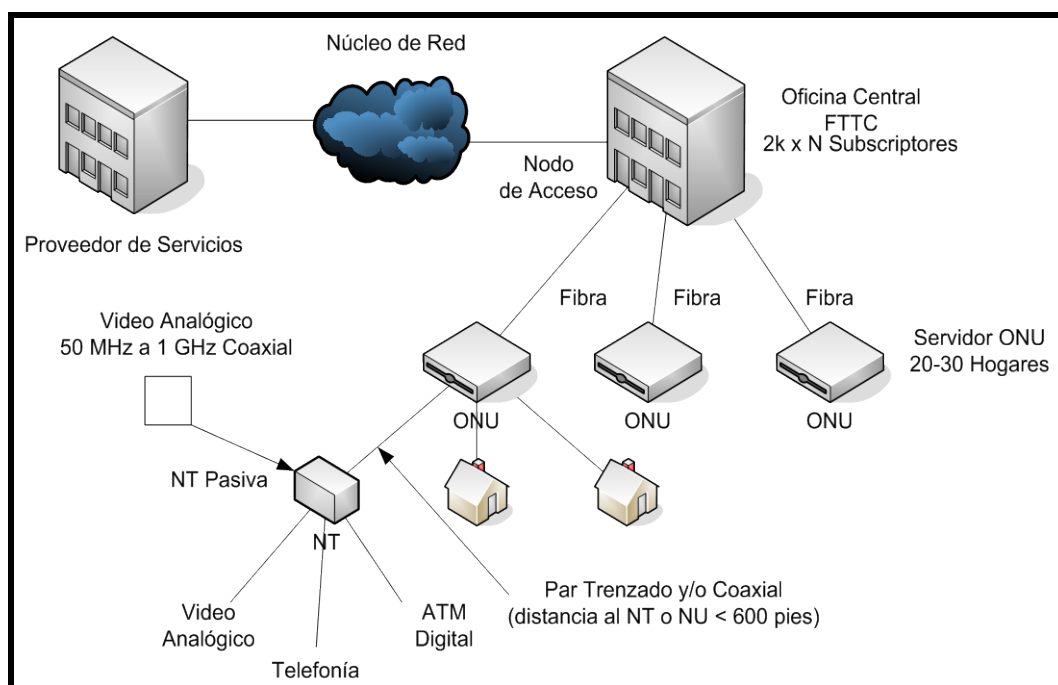


FIGURA 1.16: Arquitectura de Red SDV

1.5. TODO FIBRA.

Las redes ópticas se encargan de descomprimir y destrabar los cuellos de botella producidos en las redes de acceso y que suponen en la actualidad el bucle local, ofreciendo un ancho de banda flexible capaz de soportar los nuevos servicios de telecomunicaciones aumentando la calidad de los mismos.

Evidentemente, las principales características que se buscan en estos equipos son su bajo costo, la facilidad de gestión, de configuración y mantenimiento remoto. La categoría de acceso óptico engloba los sistemas donde se llega hasta el usuario final con fibra y pueden clasificarse de dos maneras:

- Por el uso de elementos pasivos y/o activos: Redes PON.
- Por la cercanía del tramo de fibra al domicilio de cliente: Red FTTH.

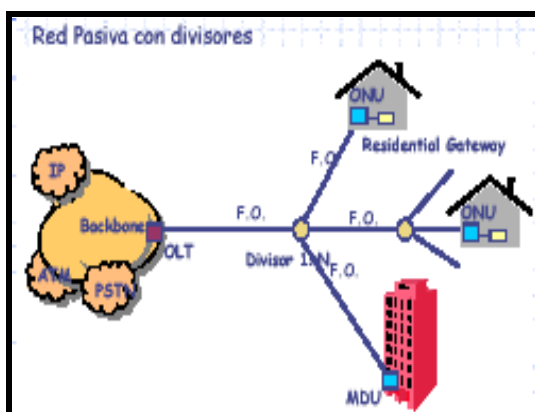


FIGURA 1.17: Red PON

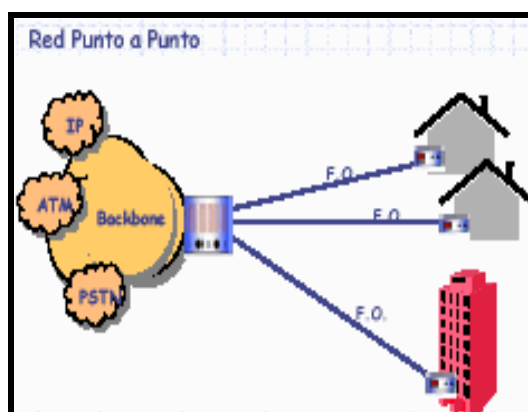


FIGURA 1.18: Red FTTH

1.5.1. PON.

Esta tecnología de fibra óptica transporta un total de 622 Mbps de ATM y tráfico de banda angosta en dirección descendente (hacia el cliente). Cada PON puede repartirse ópticamente, dependiendo de los niveles de potencia de transmisión óptica y de la distancia entre la central y el punto de terminación de red.

Una cuota típica de distribución sería 1 a 16 Mbps o 1 a 32 Mbps. Además, está en condiciones de ofrecer de modo integrado servicios POTS, ISDN y CM (Movilidad Inalámbrica), junto con servicios de banda ancha, realizando un auténtico servicio múltiple de acceso a redes de banda ancha. La cantidad total de tráfico ascendente que se puede juntar en una única PON es de 200 Mbps.

La asimetría del tráfico transportado en dos direcciones refleja la asimetría intrínseca de las características del servicio. Servicios como la navegación en Internet, VoD y hallazgo de información requieren gran capacidad del canal en la red en dirección del cliente, mientras que una cantidad limitada de amplitud de banda se requiere en dirección opuesta.

El tráfico de banda ancha es llevado por la estructura de serie de bits de PON con formato de celdas ATM hasta el decodificador. Ello extiende los

conocidos beneficios de la tecnología ATM en el acceso a la red, garantizando una convergencia regular de la red PON respecto a B-ISDN.

La arquitectura de una PON elimina la electrónica en la planta externa. Estas redes cubren principalmente el rango de servicios entre 1,5 Mbps y 155 Mbps que otras redes de acceso no llegan a cubrir. Los principales tipos de tecnologías PON son: ATM PON (APON) y Ethernet PON (EPON).

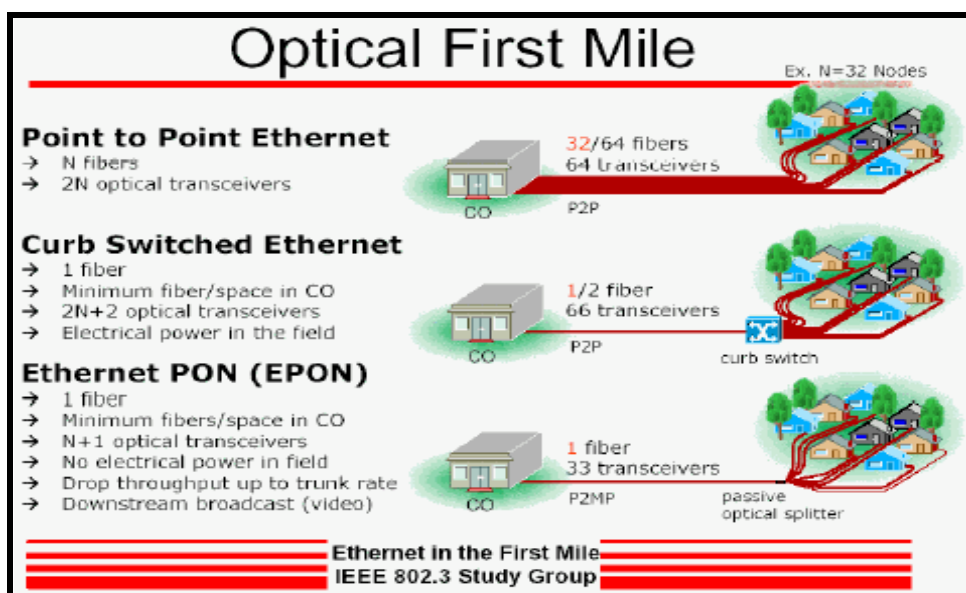


FIGURA 1.19: Alternativas de Última Milla Óptica

Una red APON típica es la que utiliza accesos VDSL, donde la ONU está a pocos metros del cliente y convierte los pulsos de luz al formato deseado: ATM, Ethernet, etc. El standard G.983 de la ITU especifica los elementos activos de la red:

- **OLT (Optical Line Terminal):** que entrega datos usando TDM en 1.550 nm y downstream a 155 o 622 Mbps.
- **ONU (Optical Network Unit):** cercano al equipo de abonado que entrega datos a 1.310 nm y upstream a 155 Mbps.

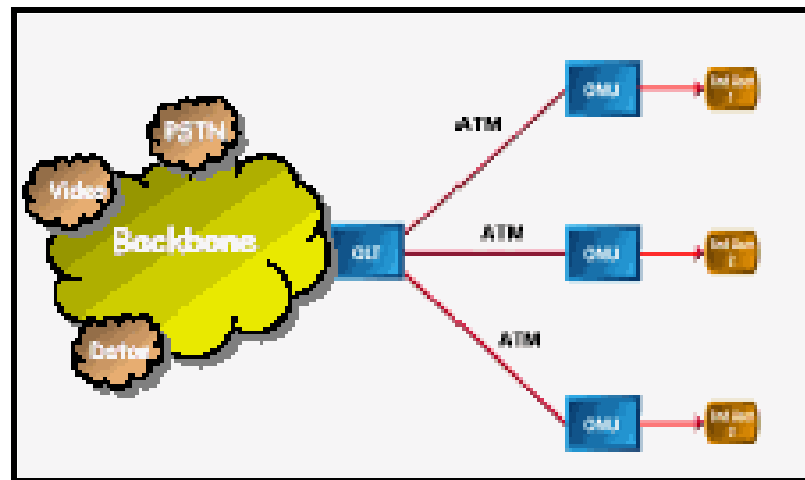


FIGURA 1.20: Topología de Red APON

La red EPON surge pensando en la evolución de las redes LAN de Ethernet a Fast Ethernet o Gigabit Ethernet. Sus características son las siguientes:

- Eliminan la conversión ATM/IP en la conexión WAN-LAN.
- Disminuye la complejidad de los equipos.
- EPON es más eficiente en el transporte de tráfico basado en IP.
- Disminuye el costo de equipos y simplifica la arquitectura.
- Ethernet Óptica en sus variantes Punto a Punto (P2P) y Punto a Multipunto (P2MP) es adecuada para el acceso local.

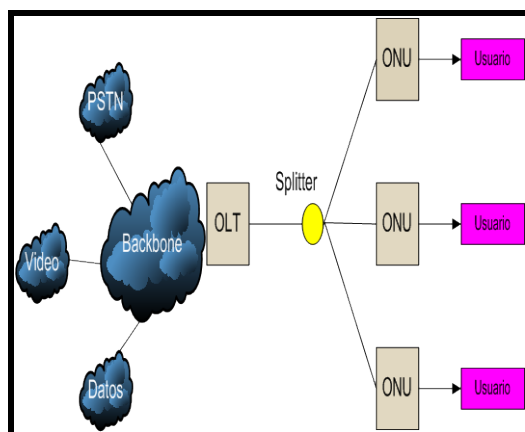


FIGURA 1.21: Topología de Red

EPON

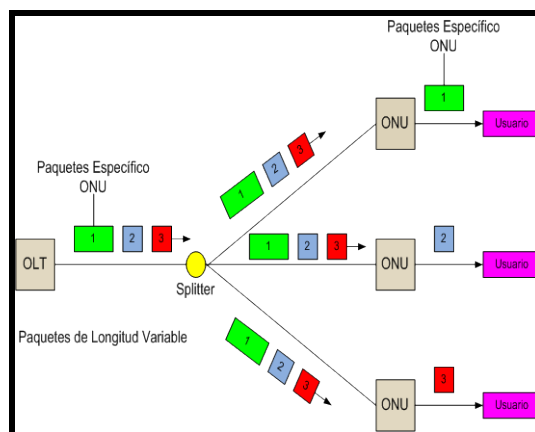


FIGURA 1.22: Trafico Downstream

EPON

EPON es apta para suministrar servicios de POTS, ISDN y LAN a abonados remotos, pudiendo ser servidos hasta un máximo de 30 abonados. El alcance de esta red es de unos 7 Km. desde la Central hasta el Nodo de derivación.

En el caso de usuarios residenciales se despliega la fibra hasta el domicilio del abonado y, mediante la ONU se le proporciona el servicio de vídeo a través del STB (Set Up Box) conectado al receptor de televisión, y el servicio telefónico o de transmisión de datos.

En este caso la técnica de transmisión más utilizada es la WDM - Wavelength División Multiplexing (Multiplexación por División en Longitud de onda) y su configuración es punto a punto.

Los usuarios de negocios, comunidades científicas o educativas se suelen conectar a un anillo de distribución SDH que permite velocidades de varios cientos de Mbps. Al ser toda la infraestructura de fibra óptica, se proporciona una transmisión muy segura libre de errores, con una alta capacidad de transferencia si se emplea, por ejemplo, ATM. El anillo se puede conectar a una LAN a través de un firewall para separar la Intranet de la Internet.

El networking de acceso óptico (OAN - Optical Access Networking), una tecnología de red emergente, representa una alternativa disponible para eliminar los crecientes cuellos de botella que aparecen entre las LAN y las WAN. OAN permite a los operadores y proveedores de servicios suministrar servicios de banda ancha basados en fibra a empresas de todos los tamaños.

OAN no requiere disponer de costosos componentes electrónicos activos en la planta externa, permitiendo a los proveedores de servicios aportar a las organizaciones los servicios de ancho de banda que requieren a un precio atractivo.

Esta tecnología emergente está conformada por tres componentes: el Conmutador de Acceso Óptico (OAS - Optical Access Switch), el Terminal Óptico Inteligente (IOT - Intelligent Optical Terminal), y la PON. En las redes

de acceso, disponer de una capacidad fija como lo hace E1, E3 y DSL no siempre soluciona los problemas. Es preferible utilizar OAN, que permite a las empresas recibir un ancho de banda flexible, en el rango de 1 a 100 Mbps, en longitudes de onda dedicadas. Es más, OAN hace posible que los clientes puedan cambiar rápidamente el volumen de ancho de banda que reciben para soportar las fluctuaciones que se producen en sus necesidades.

1.5.2. SONET/SDH.

SONET (Synchronous Optical NETwork) o Red Óptica Síncrona, propuesta por BellCoRe (Bell Communication Research) y después normalizada por la ANSI (American National Standards Institute), es una tecnología de capa física diseñada para proporcionar una transmisión universal de diferentes tipos de formato a través de una sola línea con grandes proporciones en la transmisión del Gigabit por segundo, funcionamientos sofisticados y sistemas de dirección. Define además un estándar para señales ópticas, una estructura de trama para el multiplexado de tráfico digital y un tráfico de operaciones.

Esta tecnología está destinada a proporcionar una especificación que aproveche las ventajas de la alta velocidad que proporciona la transmisión digital usando fibra óptica. La comunicación entre redes diferentes es muy costosa debido a las diferencias en jerarquías de señal, técnicas de

codificación y estrategias de multiplexación; SONET estandariza estos formatos para resolver este problema.

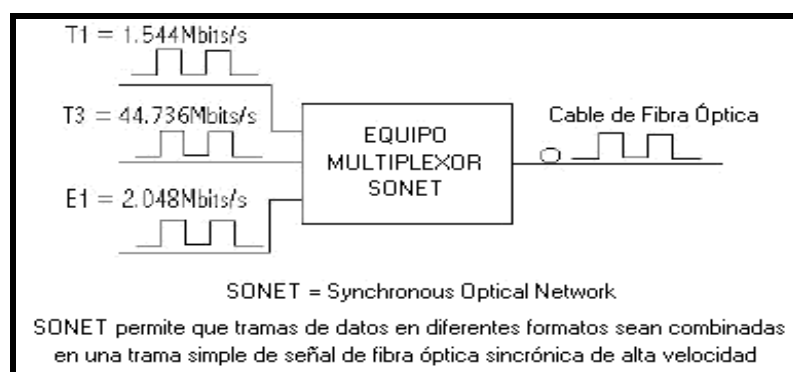


FIGURA 1.23: Multiplexación de tramas

El aumento de la flexibilidad de configuración y el ancho de banda disponible de SONET provee significativas ventajas sobre antiguos sistemas de telecomunicaciones. Estas ventajas incluyen:

- Reducción en requerimiento de equipos y un incremento de confiabilidad en la red.
- Definición de un formato de multiplexación sincrónico para llevar niveles de señal digital de bajo nivel (como DS1, DS3) y una estructura sincrónica que simplifica la señal de interfaz a switches digitales.

SONET se despliega típicamente sobre fibra óptica a modo de anillo dual, como el mostrado en la figura 1.24:

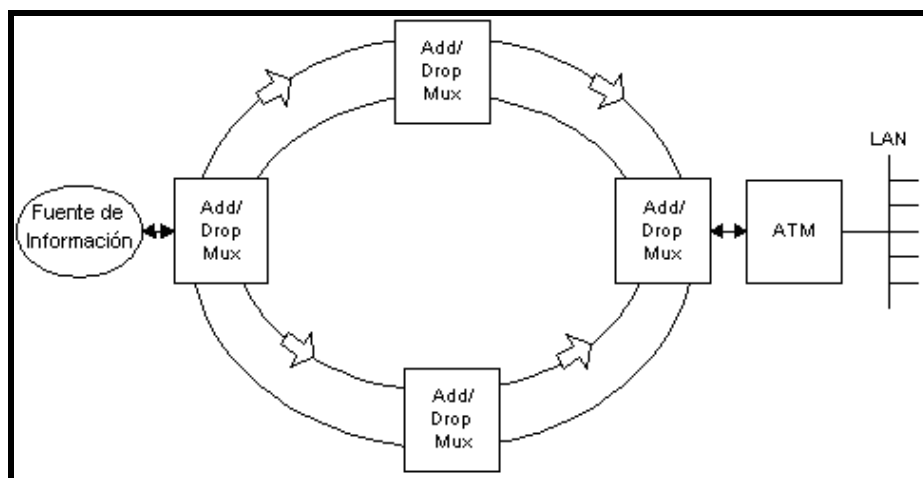


FIGURA 1.24: Red SONET a modo de Anillo Dual

Los Multiplexores Add/Drop (ADM) quitan e insertan el payload del usuario originado en las fuentes de información como un interruptor de ATM, en las tramas de SONET que circulan en el anillo. Los anillos duales habilitan la tolerancia a fallos ejecutando un cambio de anillo, del anillo de funcionamiento al anillo alterno de protección cuando ocurre un fracaso en la comunicación.

Una Señal de Transporte Síncrono (STS - Synchronous Transport Signal) consta de dos partes: la Carga Útil (Payload) que se encarga de los datos y llevar la información, y el Encabezado (Overhead) que lleva la señal y el protocolo de información. Las especificaciones de SONET definen una jerarquía de tasa de datos digitales normalizados tal como se muestra en la tabla 1.4:

Nomenclatura SONET	Nomenclatura CCITT	Razón de datos (Mbps)	Razón de la carga útil (Mbps)
STS-1/OC-1		51,84	50,112
STS-3/OC-3	STM-1	155,52	150,336
STS-9 / OC-9	STM-3	466,56	451,008
STS-12 / OC-12	STM-4	622,08	601,344
STS-18 / OC-18	STM-4	933,12	902,016
STS-24 / OC-24	STM-4	1.244,16	1.202,688
STS-36 / OC-36	STM-4	1.866,24	1.866,24
STS-48 / OC-48	STM-4	4.248,8	2.405,376

TABLA 1.4: Jerarquía de SONET

En el nivel más bajo denominado STS-1 (Synchronous Transport Signal Level 1) u OC-1 (Optical Carrier Level 1) de SONET, la razón es de 51,84 Mbps. Esta razón de datos se puede utilizar para transportar una única señal DS3, o un grupo de señales DS1 (T1), DS1C, DS2. En la jerarquía digital síncrona de la UIT-T, denominada STM-1, la razón de datos más baja es de 155,52 Mbps y puede alojar una señal UIT-T de nivel 4 a 139,264 Mbps.

Una señal convertida a STS puede viajar a través de varias redes de SONET en el formato STS hasta que finalice. El equipo terminal convierte la STS al formato de usuario. Una conexión típica SONET End-to-End despliega los siguientes tipos de elementos de la red: el Equipo de Ruta Terminal (PTE - Path Terminating Equipment), la Sección de Equipo Terminal (STE - Section

Terminating Equipment), y el Equipo Terminal de Línea (LTE - Line Terminating Equipment).

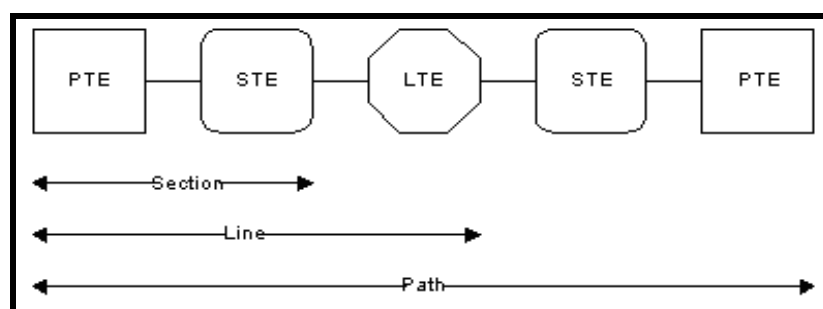


FIGURA 1.25: Elementos de Red de SONET

Una tecnología similar a SONET regularizada por la ITU, el SDH, es un sistema síncrono con Multiplexación por División en el Tiempo (TDM) que transmite una trama de datos cada 125 ms (8.000 tramas por segundo), haya o no datos útiles que transmitir.

Su diseño básicamente se hizo con el objetivo de posibilitar la interoperación entre carriers, la unificación de los sistemas digitales de Europa, USA y Japón, y la multiplexación de canales lentos en unos más rápidos de forma simple.

Existen distintos tipos de canales estandarizados para distintas velocidades como se pudo observar en la tabla 1.4, cada uno con un tamaño de tramas diferentes. Así, en STS-1 (51.84 Mbps) las tramas son de 810 bits.

1.6. WIRELESS.

La tecnología inalámbrica se ha convertido en la más excitante área de las telecomunicaciones e interconexión de redes. El rápido crecimiento del uso de la telefonía móvil, los servicios satelitales, el Internet inalámbrico, y las WLAN (LAN inalámbricas), están generando grandes cambios en este campo.

Los servicios de telecomunicaciones inalámbricos han experimentado a lo largo de los años, y principalmente en las últimas décadas, una acelerada evolución y revolución mundial. Existe en forma creciente la demanda de soluciones para satisfacer las necesidades de comunicación de los diferentes nichos de usuarios personales y empresariales, así como el ámbito favorable de desarrollo tecnológico para el soporte de las infraestructuras físicas y lógicas en las redes de comunicaciones inalámbricas. Esto ha motivado la permanente introducción de servicios nuevos y personalizados.

1.6.1. Celular.

1.6.1.1. Descripción de los sistemas celulares.

Las tecnologías inalámbricas han tenido mucho auge y desarrollo en estos últimos años. Una de las que ha tenido un gran desarrollo ha sido la telefonía celular. Desde sus inicios a finales de los 70 ha revolucionado enormemente las actividades que se realizan diariamente. Los teléfonos

celulares se han convertido en una herramienta primordial para la gente común y de negocios; las hace sentir más seguras y las hace más productivas.

Los sistemas celulares se basan en la división del área de cobertura de un operador en lo que se denomina células o celdas. Estas células se caracterizan por su tamaño, que viene determinado por la potencia del transmisor pero de modo que sea lo más baja posible a fin de poder reutilizar el mayor número de frecuencias; esto es lo que siempre se persigue en los sistemas celulares.

El porque de tener un mayor número de frecuencias disponibles tiene que ver con que a mayor número de frecuencias libres, mayor es el número de usuarios que pueden hacer uso del sistema. Cada usuario puede usar una frecuencia sin interferir en la de otro, aunque realmente no se utiliza una frecuencia por usuario pero la idea general es esta.

De este modo todas las bandas de frecuencias se distribuyen sobre las celdas a lo largo del área de cobertura del operador de manera que todos los canales de radio se encuentran disponibles para ser usados en cada grupo de celdas (clusters) lo cual no sucedería si se produjese una emisión de la señal con una potencia superior porque se podría interferir en otras celdas

adyacentes interfiriendo en las frecuencias disponibles. La distancia que debe existir entre dos celdas debe ser lo suficientemente grande como para que no se produzca interferencia entre ellas, hay que decir también que hay determinados canales que se reservan para labores de señalización y control de toda la red.

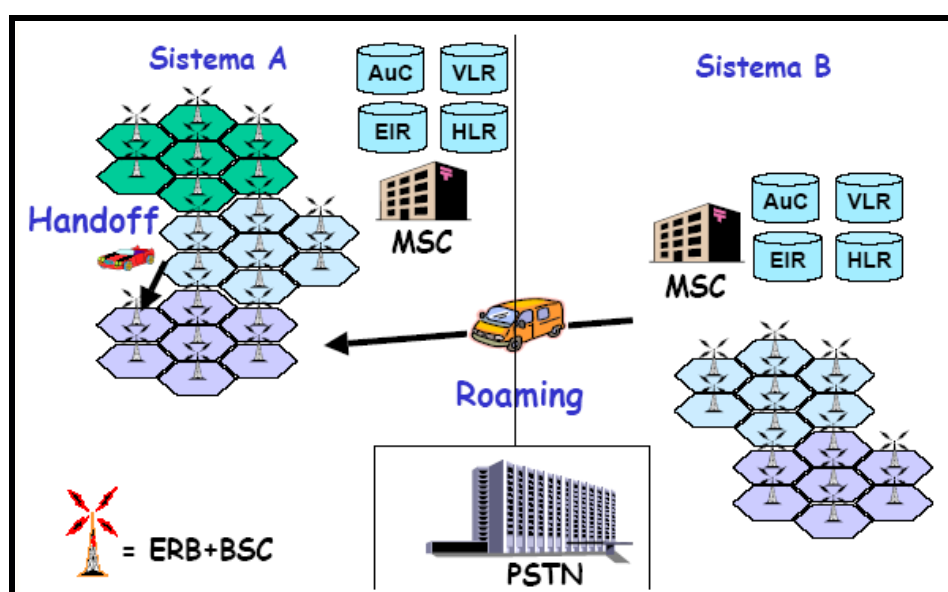


FIGURA 1.26: Esquema de un Sistema Celular

Lo dicho anteriormente se resume en dos condiciones que las celdas deben de verificar para que este sistema funcione:

- El nivel de potencia del transmisor debe de ser el mínimo para reducir las interferencias con los transmisores de las celdas vecinas.
- Las celdas vecinas no pueden compartir los mismos canales, el motivo es similar al anterior, reducir el nivel de interferencias

Un cluster es un conjunto de celdas agrupadas entre sí, se suelen agrupar en conjuntos de 4, 7, 12 o 21 celdas distintas que se distribuyen por toda el área de cobertura del operador, tal como se muestra en la figuras 1.26 y 1.27. Lo más normal es que las celdas se unan entre sí mediante cable, aunque la gran mayoría de operadores dentro y fuera del país lo hacen mediante radioenlaces así como con la red telefónica fija.

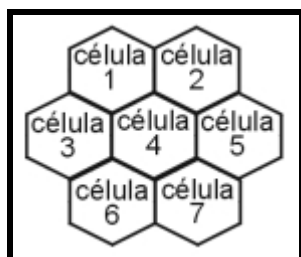


FIGURA 1.27: Clúster de 7 celdas

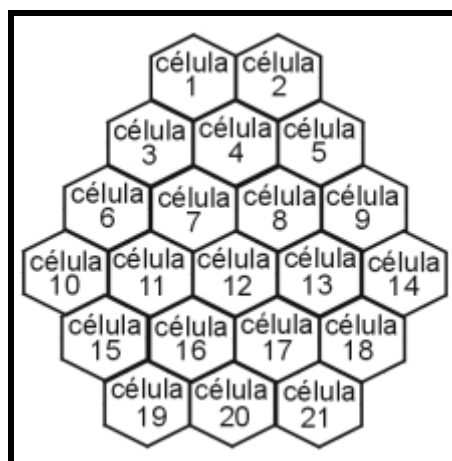


FIGURA 1.28: Clúster de 21 celdas

1.6.1.2. Breve historia de la telefonía celular.

Martin Cooper fue el pionero en esta tecnología, a él se le considera como "el padre de la telefonía celular" al introducir el primer radioteléfono, en 1.973, en Estados Unidos, mientras trabajaba para Motorola; pero no fue hasta 1.979 cuando aparecieron los primeros sistemas comerciales en Tokio, Japón por la compañía NTT. En 1.981, los países nórdicos introdujeron un sistema

celular similar a AMPS (Advanced Mobile Phone System). Por otro lado, en Estados Unidos, gracias a que la entidad reguladora de ese país adoptó reglas para la creación de un servicio comercial de telefonía celular, en 1.983 se puso en operación el primer sistema comercial en la ciudad de Chicago. Con ese punto de partida, en varios países se diseminó la telefonía celular como una alternativa a la telefonía convencional inalámbrica. La tecnología tuvo gran aceptación, por lo que a los pocos años de implantarse se empezó a saturar el servicio. En ese sentido, hubo la necesidad de desarrollar e implantar otras formas de acceso múltiple al canal y transformar los sistemas analógicos a digitales, con el objeto de darles cabida a más usuarios.

1.6.1.3. Las generaciones de la telefonía inalámbrica.

Para separar una etapa de la otra, la telefonía celular se ha caracterizado por contar con diferentes generaciones.

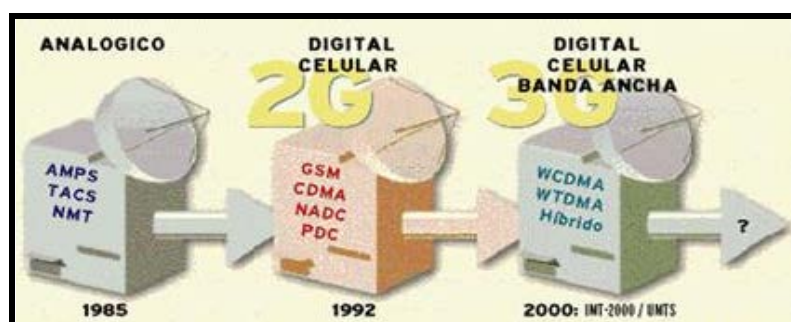


FIGURA 1.29: Evolución de los Sistemas Inalámbricos

A continuación, se describen cada una de ellas:

- **Primera Generación (1G):** La 1G de la telefonía móvil hizo su aparición en 1.979 y se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces era muy baja, tenían baja velocidad (2.400 baudios).

En cuanto a la transferencia entre celdas, era muy imprecisa ya que contaban con una baja capacidad (basadas en FDMA, Frequency Division Multiple Access) y, además, la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación es AMPS.

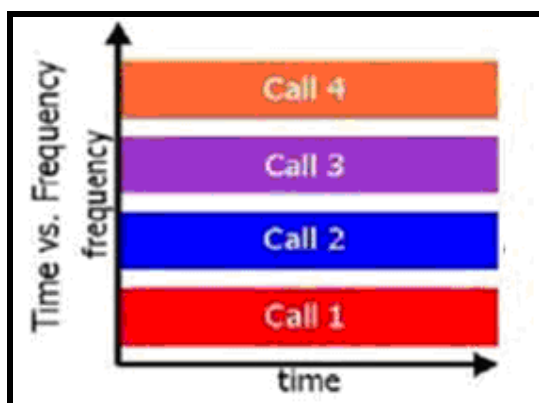


FIGURA 1.30: FDMA

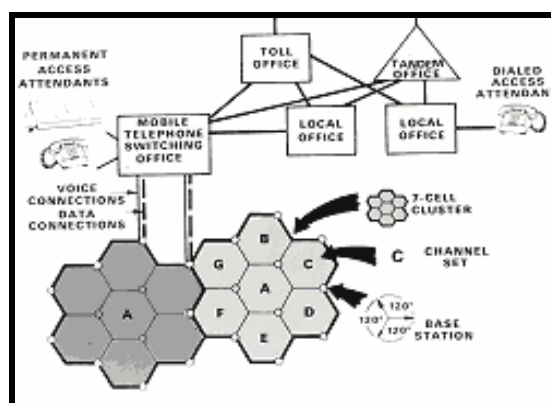


FIGURA 1.31: AMPS

- **Segunda Generación (2G):** La 2G arribó hasta 1.990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital. El sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y se emplea en los sistemas de telefonía celular actuales.

Las tecnologías predominantes son: GSM (Global System for Mobile Communications), IS-136 (conocido también como TIA/EIA136 o ANSI-136), CDMA (Code Division Multiple Access) y PDC (Personal Digital Communications), éste último utilizado en Japón.

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas para voz, pero limitadas en comunicación de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares, como datos, fax y SMS (Short Message Service). La mayoría de los protocolos de 2G ofrecen diferentes niveles de encriptación. En Estados Unidos y otros países se le conoce a 2G como PCS (Personal Communications Services).

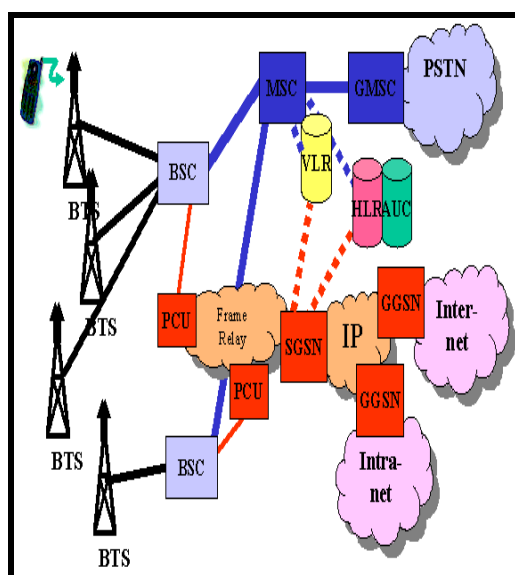


FIGURA 1.32: GSM

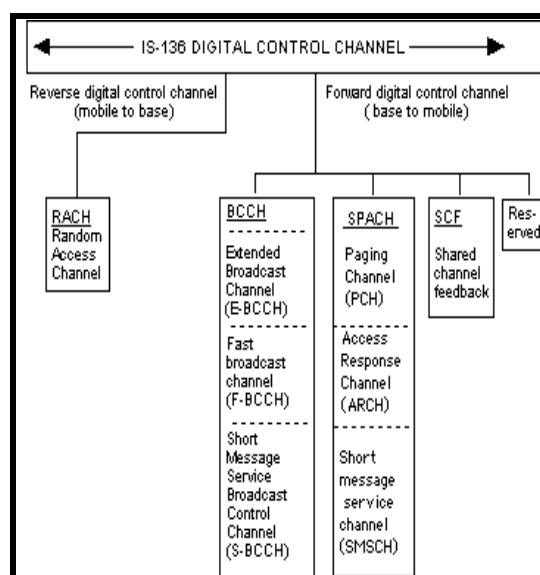


FIGURA 1.33: IS-136

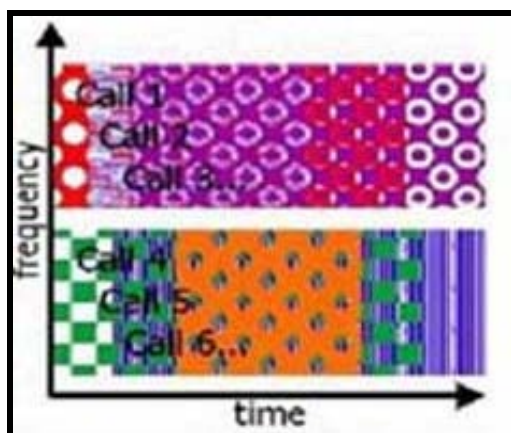


FIGURA 1.34: CDMA

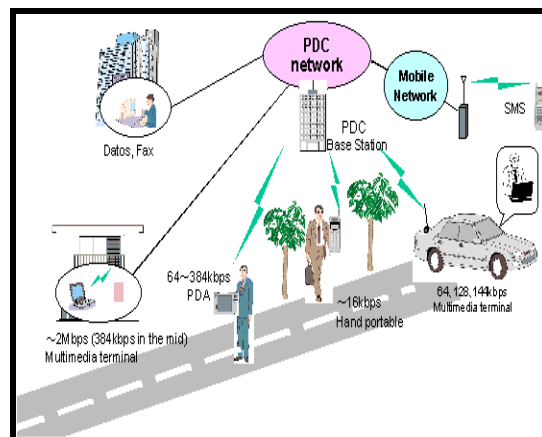


FIGURA 1.35: PDC

- **Generación 2.5G:** La tecnología 2.5G es más rápida, y más económica para actualizar a 3G. La generación 2.5G ofrece características extendidas, cuenta con más capacidades adicionales que los sistemas 2G, como: GPRS (General Packet Radio System), HSCSD (High Speed Circuit Switched), EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), IS-136B e IS-95B, entre otros.

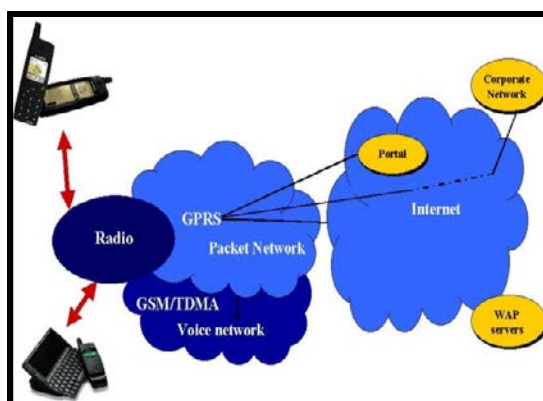


FIGURA 1.36: GPRS

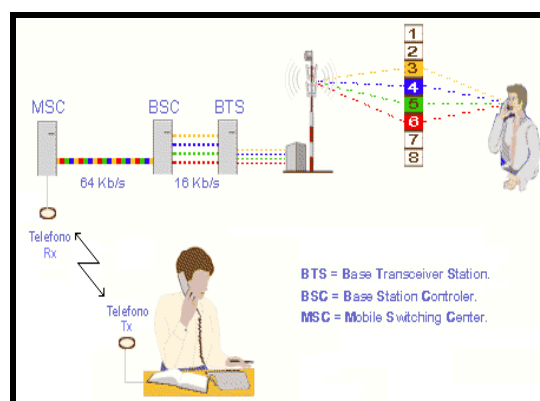


FIGURA 1.37: HSCSD

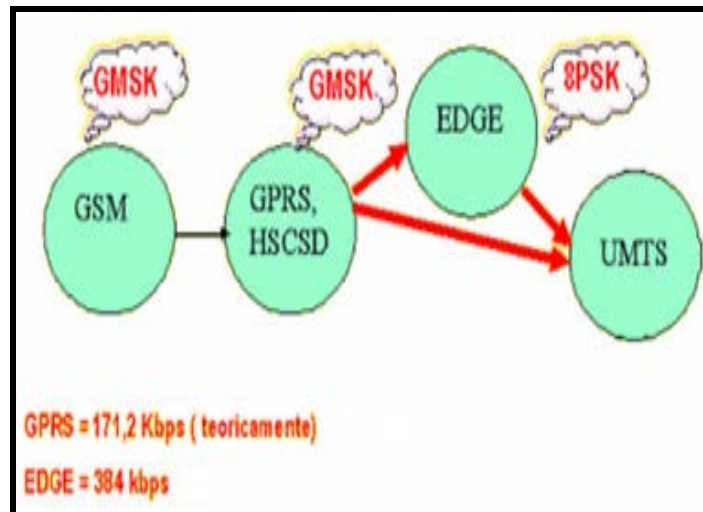


FIGURA 1.38: EDGE

- **Tercera Generación (3G):** La 3G se caracteriza por contener a la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet; en otras palabras, es apta para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información y están enfocados para aplicaciones más allá de la voz como audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos.

Los sistemas 3G alcanzan velocidades de hasta 384 Kbps, permitiendo una movilidad total a usuarios viajando a 120 Km./H en ambientes exteriores. También alcanzan una velocidad máxima de 2 Mbps, permitiendo una movilidad limitada a usuarios caminando a

menos de 10 Km./H en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores.

1.6.1.4. Estándares celulares digitales.

Estos sistemas, que han visto un crecimiento bastante rápido desplazarán a los analógicos en muy poco tiempo. Los estándares celulares digitales más importantes son: GSM - Sistema Global para las Comunicaciones Móviles, TDMA (Time Division Multiple Access) - Acceso Múltiple por División de Tiempo, E-TDMA (Enhanced TDMA) - TDMA Mejorado, y CDMA - Acceso Múltiple por División de Código.

GSM domina el mercado celular digital con 71% de suscriptores y está concentrado en Europa. El sistema celular digital desempeña un papel importante en proporcionar WLL (Wireless Local Loop), puede soportar una mayor cantidad de suscriptores que los sistemas analógicos, y también ofrece funciones que satisfacen mejor la necesidad de emular las capacidades de las redes cableadas avanzadas. Su desventaja es que no es tan escalable como el sistema celular analógico.

Aunque GSM domina actualmente el mercado celular digital móvil, poco se ha hecho para usarlo como plataforma WLL. Puesto que la configuración de GSM fue diseñada para manejar roaming internacional, lleva implícito una

gran cantidad de gastos indirectos que lo hacen poco manejable y costoso para aplicaciones WLL. A pesar de estas limitaciones, es probable que aparezcan productos GSM - WLL.

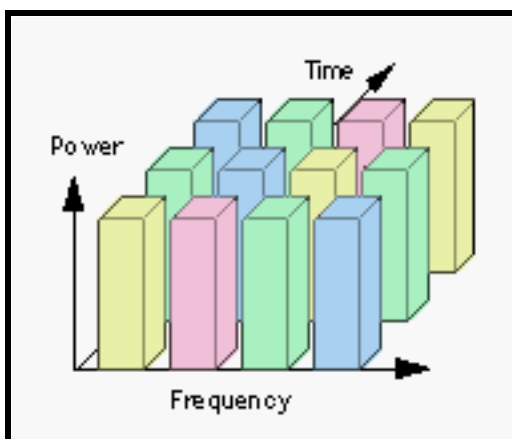


FIGURA 1.39: TDMA

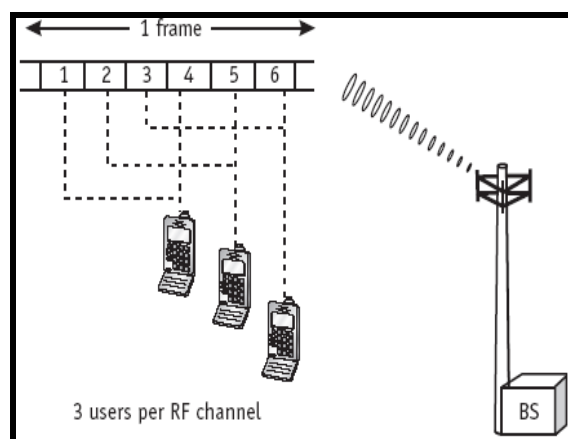


FIGURA 1.40: E-TDMA

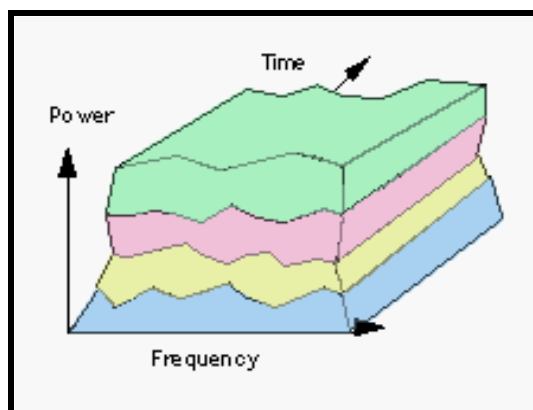


FIGURA 1.41: CDMA

CDMA parece ser el estándar mejor colocado para aplicaciones WLL. CDMA emplea una técnica de modulación para separar el espectro, según la cual

una amplia gama de frecuencias se utiliza para la transmisión, y la señal de baja potencia del sistema se separa a través de la frecuencia de banda ancha. Asimismo ofrece mayor capacidad que los otros estándares digitales celulares (10 a 15 veces mayor que los analógicos), voz relativamente de alta calidad y un alto nivel de aislamiento.

1.6.1.5. CDMA.

1.6.1.5.1. Generalidades.

La tecnología CDMA cambia la naturaleza de la estación del suscriptor, de un dispositivo predominante analógico a uno predominante digital. En CDMA los receptores no eliminan el proceso analógico completamente, separan la comunicación por medio de una pseudo modulación al azar que es aplicada en el dominio digital y no en base a la frecuencia. Los usuarios múltiples ocupan la misma banda de frecuencia. Esta frecuencia universal no es fortuita, al contrario, es crucial para la muy alta eficacia espectral que es el sello de CDMA.

Constituye una solución de comunicaciones vía radio, junto con GSM, NADC (North American Digital Cellular) y PDC, que se enmarca en lo que se ha dado en llamar la segunda generación de sistemas de radio conocida como 2G y con una importante presencia en Estados Unidos. CDMA es una de las mejores opciones que tiene la telefonía celular por los siguientes motivos:

- Mejora la capacidad de tráfico telefónico.
- Mejora la calidad de la voz y eliminación de los efectos audibles del fading (atenuación) multitrayecto.
- Reduce el número de lugares necesarios para soportar cualquier nivel de tráfico telefónico.
- Simplifica de la selección de lugares.
- Disminuye las necesidades en despliegue y costes de funcionamiento debido a que se necesitan muy pocas ubicaciones de celdas.
- Reduce la incidencia de llamadas perdidas.
- Su mecanismo de transporte es fiable.
- Reduce la potencia promedio transmitida.
- Reduce la interferencia con otros dispositivos electrónicos.
- Reduce los potenciales riesgos de salud.

1.6.1.5.2. Capacidad.

La capacidad de un sistema se refiere a la cantidad de usuarios que pueden compartir simultáneamente el recurso físico disponible (ancho de banda) manteniendo un nivel de calidad adecuado. En el caso de una comunicación que utiliza el esquema de acceso múltiple CDMA, se tiene que la interferencia en la comunicación proviene de dos fuentes diferentes: una interna y una externa. La interferencia externa proviene de las células que son vecinas y que están utilizando las mismas frecuencias. La interferencia

interna proviene de las transmisiones que realizan los demás usuarios y que se están haciendo por el mismo canal, al mismo tiempo, con códigos diferentes.

A diferencia de los esquemas TDMA y FDMA que tienen una capacidad limitada, en CDMA la capacidad está limitada únicamente por la calidad de la comunicación que se desee prestar. Como todos los usuarios comparten la misma frecuencia al mismo tiempo, lo que ocurre es que al adicionar usuarios nuevos se produce más interferencia. Para reducir ésta, tanto interna como externa, lo primero que se hace es aprovechar las características de las conversaciones telefónicas, y luego tratar de realizar una buena gestión de potencia. Las conversaciones telefónicas humanas se caracterizan porque el ciclo de actividad de la voz humana es del orden del 35% al 40%.

Si los equipos transmisores detectan períodos de silencio, y durante estos disminuyen la transmisión o simplemente no transmiten, se disminuye la interferencia interna del orden del 60% al 65%. CDMA es la única tecnología que saca provecho de este fenómeno.

En cuanto a la gestión de potencia hay que hacerla en ambos sentidos. Se debe regular la potencia que se está transmitiendo de la base al móvil para

tratar de disminuir la interferencia externa. Igualmente, hay que regular la potencia que se está transmitiendo del móvil a la base. Esto se hace con el fin de que un móvil que esté muy cerca de la base no presente una señal tan potente que interfiera demasiado con la señal proveniente de equipos remotos.

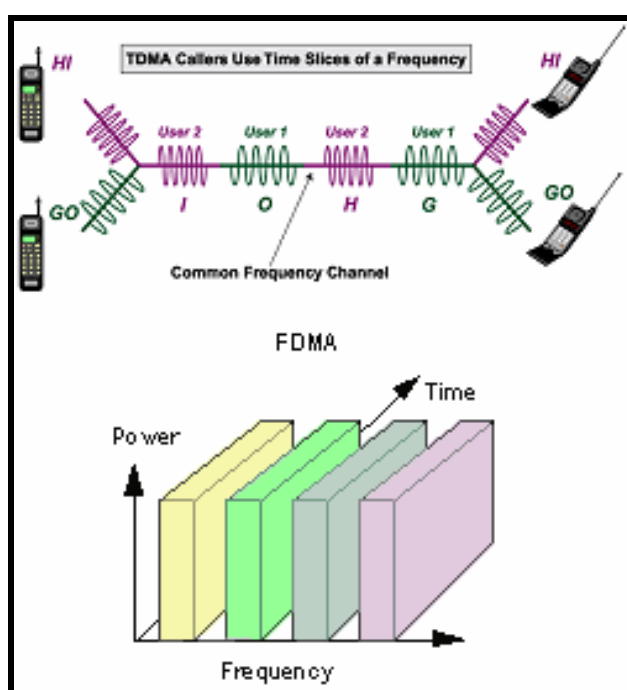


FIGURA 1.42: TDMA Vs. FDMA

Dicho en otras palabras, la potencia de transmisión del móvil se debe gestionar de manera tal que en la base todos los móviles se reciban con igual intensidad. Esto trae como ventaja adicional mayor economía en la alimentación de los equipos móviles y una mayor duración de las baterías. Un estudio comparativo entre la capacidad real (canales/célula) que ofrecen

el TDMA, FDMA y CDMA muestra que con CDMA se obtiene una capacidad veinte veces mayor que la de FDMA y cuatro veces mayor que la de TDMA.

1.6.1.5.3. Funcionamiento.

CDMA es un tipo de tecnología de comunicación digital que se basa en un método de acceso múltiple por división de código. Esto funciona dividiendo la señal de voz (o datos) en pequeños paquetes que viajan en un amplio espectro de frecuencias.

Cada paquete es identificado por un código digital. El receptor reorganiza los paquetes en su forma original, restaurando la voz (o datos). Los microprocesadores que manipulan esta operación de codificación y decodificación son tan rápidos, que no existe un atraso perceptible.

La distribución celular y la reutilización de frecuencias son dos conceptos estrechamente relacionados con la tecnología CDMA; el objetivo es realizar una subdivisión en un número importante de células para cubrir grandes áreas de servicio. En los sistemas basados en la subdivisión celular (típicamente células hexagonales) y en el principio de reutilización de frecuencias, el nivel de prestaciones depende de modo crítico del control de la interferencia mutua debida a la reutilización de frecuencias. En lo que concierne al concepto de reutilización, aunque hay cientos de canales

disponibles, si cada frecuencia fuera asignada a una sola célula, la capacidad total del sistema sería igual al número total de canales en base al concepto de probabilidad de Erlang, lo cual originaría que el sistema pudiera albergar solamente a unos pocos miles de abonados.

Mediante la reutilización de canales en un gran número de células, el sistema puede crecer sin límites geográficos. Desde un punto de vista de distribución celular, la tecnología CDMA se puede contemplar como una superación de la tradicional subdivisión celular hexagonal.

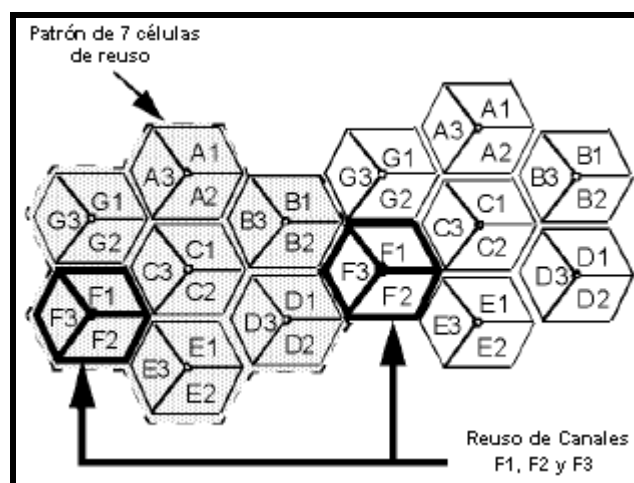


FIGURA 1.43: Reuso de canal celular usando 3 sectores por celda

CDMA se fundamenta en la técnica SS (Spread Spectrum) - Espectro Esparcido/Disperso, una técnica que se ha estado utilizando habitualmente en el sector de defensa como medio para eliminar interferencias

(antijamming) o para encriptación. De hecho, CDMA fue propuesto como esquema teórico, a modo de spinn-off del ámbito militar, a finales de la década de los 40 pero su aplicación práctica en el sector comercial tuvo lugar unos 40 años más tarde.

SS se basa en esparcir el espectro de frecuencias de una señal en un ancho de banda mayor que el mínimo necesario para la transmisión a lo largo de toda la línea, es decir, las frecuencias que componen la señal viajan esparcidas a lo largo de todo el enlace con lo cual se consigue ocultar la señal. Al llegar al receptor la señal se recompone, es decir, las frecuencias se juntan de nuevo para obtener la señal inicial que ha partido del emisor. De esta forma, se pueden obtener una serie de enlaces que utilizan la misma banda de frecuencia simultáneamente sin que se produzcan interferencias.

La técnica de Spread Spectrum presenta dos modalidades:

- **FHSS - Frequency Hopping Spread Spectrum:** La técnica de Salto de Frecuencia se la puede describir en términos de que la señal se esparce transmitiendo una ráfaga corta en una frecuencia para, a continuación, saltar a otra frecuencia emitiendo otra ráfaga corta y así sucesivamente. Divide la banda en múltiples subcanales de 1 MHz y usa una portadora de banda angosta que cambia la frecuencia en un patrón conocido tanto para el transmisor como para el receptor. La

secuencia de salto debe ser sincronizada entre el transmisor y el receptor, caso contrario la información se pierde. Esta tecnología es menos susceptible a la interferencia porque la frecuencia está constantemente desplazándose y hace que sea extremadamente difícil de interceptar ofreciendo un alto nivel de seguridad. Para bloquear un sistema FHSS, se debe bloquear toda la banda.

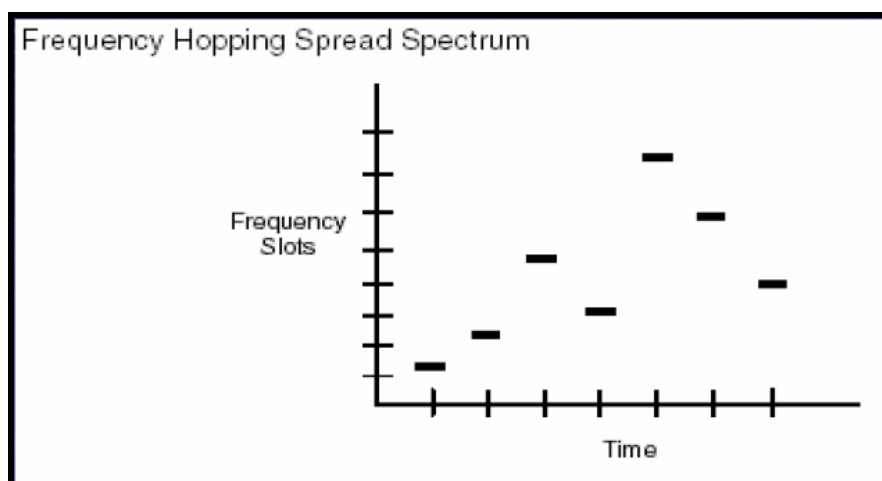


FIGURA 1.44: Esquema FHSS

- **DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum:** La técnica de Secuencia Directa se la puede describir en términos de que utiliza una secuencia de códigos de alta velocidad conjuntamente con la información básica que se quiere transmitir. Esta secuencia se utiliza directamente para modular la portadora de radiofrecuencia, de ahí su nombre. En este esquema de secuencia directa cada símbolo (grupo

de bits) se lo multiplica por un código de esparcimiento (secuencia de chip) realizando el conocido spreading de forma que la banda de frecuencias de la señal se aumenta. La razón entre el número de chips por bit, que se conoce como la relación de spreading, constituye un factor de gran importancia para evaluar la resistencia de la señal ante interferencias. CDMA utiliza el esquema de secuencia directa.

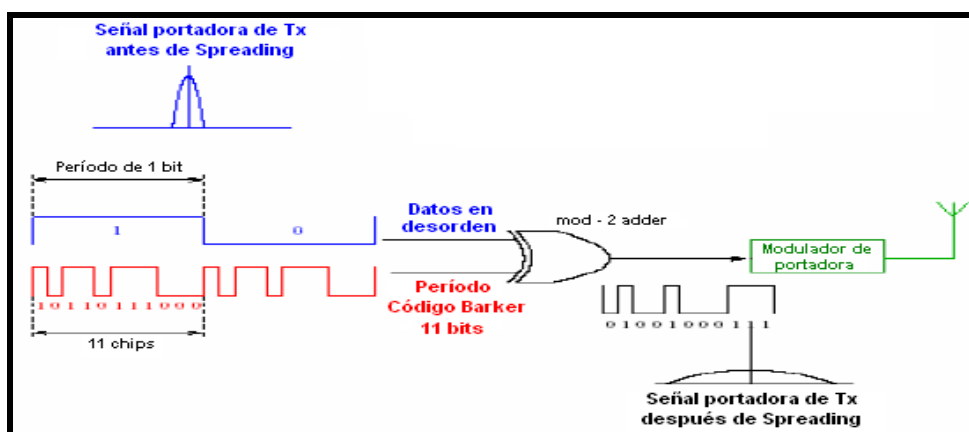


FIGURA 1.45: Esquema DSSS

1.6.1.5.4. Sincronización.

En la fase final del radioenlace, sentido estación base - móvil, una llamada no se transmite de forma continua. CDMA agrega un pseudo código especial al azar a la señal y cada cierto tiempo se conmuta entre los distintos usuarios y parte de la llamada se transmite con el pseudo código correspondiente; proceso que debe repetirse continuamente para que un usuario no pierda la llamada al momento de no reconocer su código concreto. Por

ello las estaciones base deben estar sincronizadas con una referencia de tiempo común.

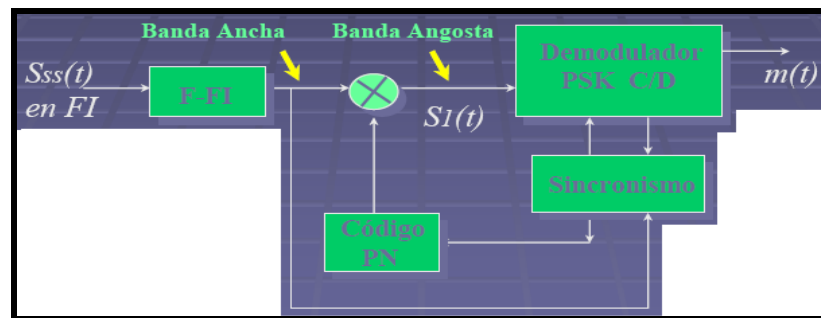


FIGURA 1.46: Diagrama de bloques de un radioenlace CDMA

CDMA depende de la manera en que el sistema se diseña. De hecho, dos características del sistema primarias, la Calidad y la Capacidad, deben ser equilibradas para llegar a un nivel deseado de rendimiento del sistema. En un sistema CDMA estas dos características están fuertemente relacionadas. Podría lograrse una capacidad más alta aún a través de algún nivel de degradación en la calidad, y aún así los operadores no podrían tener siempre lo mejor. Por ejemplo, el codificador de voz de 13 Kbps proporciona una calidad legítima buena, pero reduce la capacidad del sistema comparado con uno de 8 Kbps.

1.6.1.5.5. Desarrollo de una llamada.

Cuando se enciende un móvil, éste conoce la frecuencia asignada para el servicio CDMA en el área local. Se sintoniza en dicha frecuencia y busca la

señal piloto. Puede encontrar varias señales piloto provenientes de diferentes estaciones base, pero éstas pueden ser diferenciadas porque tienen diferentes desplazamientos de tiempo. El móvil selecciona la señal piloto más potente y establece referencias de tiempo y frecuencia a partir de ella.

Una vez realizado este proceso de selección de la base, el móvil comienza a demodular con el código Walsh 32 que corresponde al canal de sincronización. El canal de sincronización contiene el valor futuro del registro de desplazamiento de código largo (42 bits). El móvil carga dicho valor en su registro y queda sincronizado con el tiempo de la estación base.

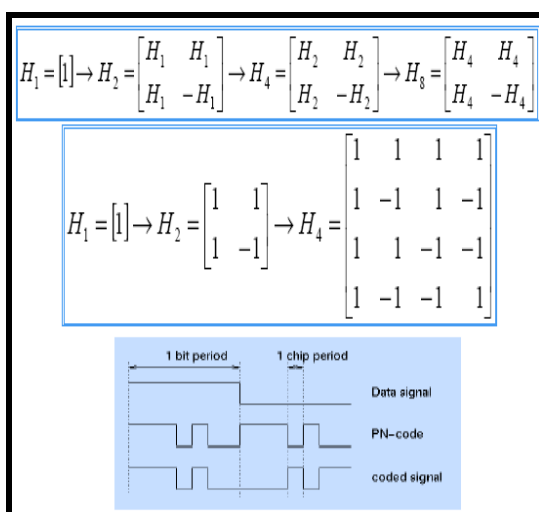


FIGURA 1.47: Código ortogonal Walsh

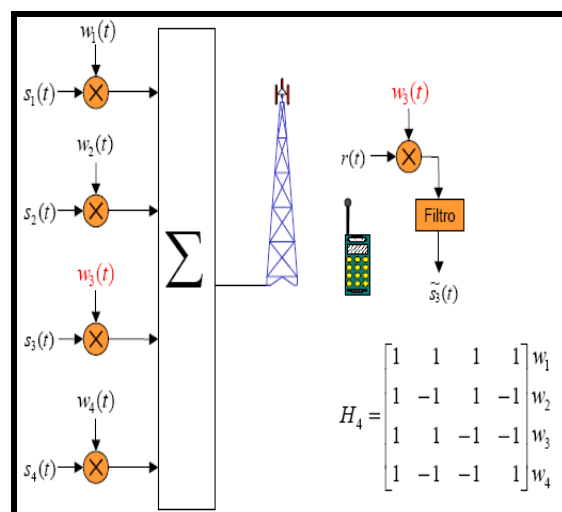


FIGURA 1.48: Funcionamiento del Código Walsh 32

Adicionalmente se requiere que el móvil se registre en la base; de esta manera, ésta sabe que el móvil está disponible para recibir llamadas y cuál es su ubicación. Cuando un móvil pasa de una zona a otra y no hay una llamada en curso, realiza un proceso de Idle-State Handoff. Cuando el usuario realiza una llamada, el móvil intenta contactar la estación base con un acceso de prueba. El código largo que se utiliza está basado en los parámetros de la celda. Si ocurre una colisión, el móvil no recibe respuesta, y espera un tiempo aleatorio antes de intentar de nuevo.

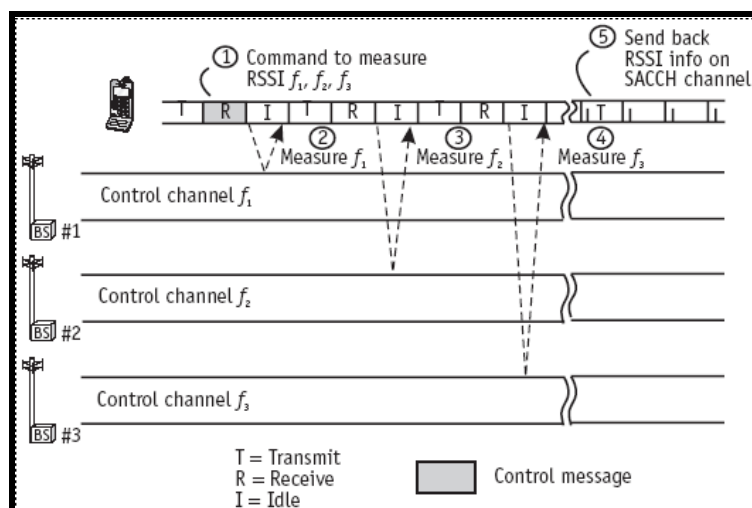


FIGURA 1.49: Hand-Off móvil asistido

Al establecer contacto con la estación base, ésta le asigna un canal de tráfico mediante un código Walsh. A partir de este momento el móvil cambia el código largo por uno basado en su número de serie. El código Walsh se utiliza en el Forward-Link, mientras que el código largo se utiliza en el

Reverse-Link. Cuando un móvil comunicado con una base detecta otra señal piloto suficientemente potente, solicita un proceso de Soft Handoff. Al móvil se le asigna otro código de Walsh y otra temporización piloto. El móvil debe estar en capacidad de recibir ambas señales y combinarlas. Cuando la señal de la base original haya disminuido lo suficiente, el móvil solicita el fin del Soft Handoff. Al finalizar una llamada los canales se liberan, y cuando el móvil se apaga genera una señal registro de apagado que se envía a la base para indicar que no está disponible para llamadas.

1.6.1.6. GSM.

1.6.1.6.1. Historia y Concepto.

GSM es un sistema de comunicaciones basado en el uso de células digitales que fue desarrollado para crear un sistema único de teléfonos móviles que sirviese de estándar para Europa y que fuese compatible con los servicios existentes y futuros sobre ISDN o RDSI.

En 1.982, un grupo de países europeos creó el Group Spéciale Mobile (GSM) para desarrollar una tecnología celular que proporcionara roaming internacional imperceptible al usuario y soporte para servicios avanzados no disponibles en las redes analógicas. El Instituto Europeo de Normas para Telecomunicaciones (ETSI) se hizo cargo del proyecto en 1.989 y completó la primera serie de especificaciones técnicas. La primera red GSM fue

lanzada en 1.991, y fue seguida por varias más el año siguiente. Al adoptarse la tecnología en países no europeos, se hizo evidente que GSM sería una tecnología global y no europea; así fue como la sigla GSM comenzó a significar "Sistema Global para Comunicaciones Móviles".

GSM es una tecnología digital inalámbrica de segunda generación (2G) que presta servicios de voz de alta calidad, así como servicios de datos conmutados por circuitos en una amplia gama de bandas de espectro, entre las cuales se encuentran las de 450, 850, 900, 1.800 y 1.900 MHz. Se encuentra disponible en más del 95% de los países del mundo. Con la tecnología GPRS se puede disponer de todos los servicios que hoy son posibles con CDPD (Cellular Digital Packet Data), sumándole además la posibilidad de beneficiarse de éstos a través de un terminal móvil, y con una mayor velocidad de transmisión.

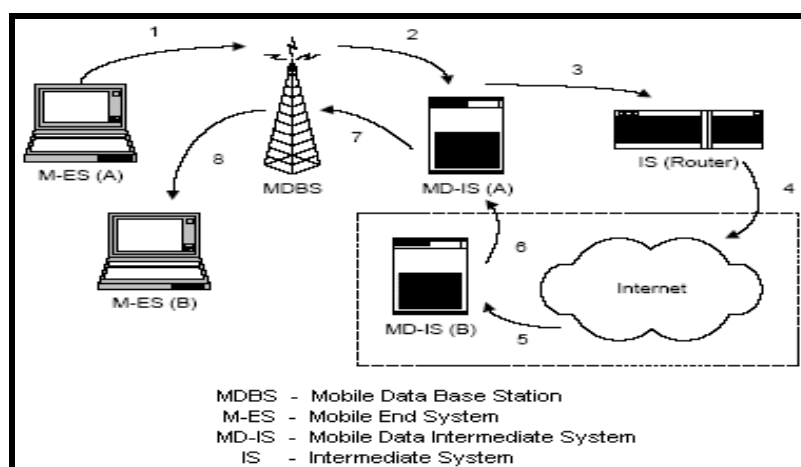


FIGURA 1.50: CDPD

Los terminales GSM/GPRS están siempre conectados y no es necesario establecer una llamada para acceder a la información. Se podrá realizar y recibir llamadas de voz mientras se está transmitiendo datos y no es necesario reiniciar la transmisión de datos una vez finalizada la conversación. En el caso de recibir una llamada de voz mientras se está transmitiendo datos, se atiende la llamada y luego se retoma automáticamente a la comunicación de datos.

1.6.1.6.2. Ventajas y Beneficios.

Las principales ventajas para el usuario de esta tecnología son:

- **Universalidad:** Esta tecnología es la más utilizada y avanzada del mundo, con más de 600 operaciones en más de 200 países y cerca de 1.000 millones de usuarios, que representan más del 70% de las personas que utilizan telefonía móvil en el mundo.
- **Terminales:** Presentan mejores prestaciones que los actuales AMPS/DAMPS, y con una mejor relación costo/beneficio.

Los principales beneficios vienen dados por:

- Una gran variedad en marcas y modelos de terminales (más de 600).
- Precios sensiblemente inferiores.
- Tecnología SIM (Subscriber Identity Module), que hace que en un chip se encuentren almacenados todos los principales datos del usuario y

sus servicios contratados, con lo que el usuario puede cambiar de terminal, o usar uno prestado utilizándolo como si fuera el suyo propio.

- Todos los terminales vienen con Mensajería SMS (envío y recepción), MMS (Multimedia Message Service), envío y recepción de fotografías, y capacidad de transmisión de datos GPRS.

1.6.1.6.3. Tipos de celdas.

En GSM se distinguen cuatro tipos diferentes de celdas:

- **Macrocelas:** Son celdas de gran tamaño utilizadas en áreas de terreno muy grandes y donde la distancia entre áreas pobladas es de consideración.
- **Microcelas:** Se utilizan en áreas donde hay una gran densidad de población, el objetivo es que a mayor número de células mayor número de canales disponibles que pueden ser utilizados por más usuarios simultáneamente.
- **Celdas Selectivas:** En muchas ocasiones no interesa que una celda tenga una cobertura de 360 grados sino que tenga un alcance y un radio de acción determinado, en este caso es donde aparecen las celdas selectivas. El caso más típico de celdas de este tipo son aquellas que se disponen en las entradas de los túneles, en los cuales no tiene sentido que la celda tenga un radio de acción total (360 grados) sino un radio de acción que vaya a lo largo del túnel.

- **Celdas Sombrilla:** Este tipo de celdas se utilizan en aquellos casos en los que se tiene un elevado número de celdas de tamaño pequeño y continuamente se producen cambios (handovers) del terminal de una celda a otra. Para evitar que suceda esto se agrupan conjuntos de microceldas, de modo que se aumenta la potencia de la nueva celda formada y así se pueda reducir el número de handovers que se producen.

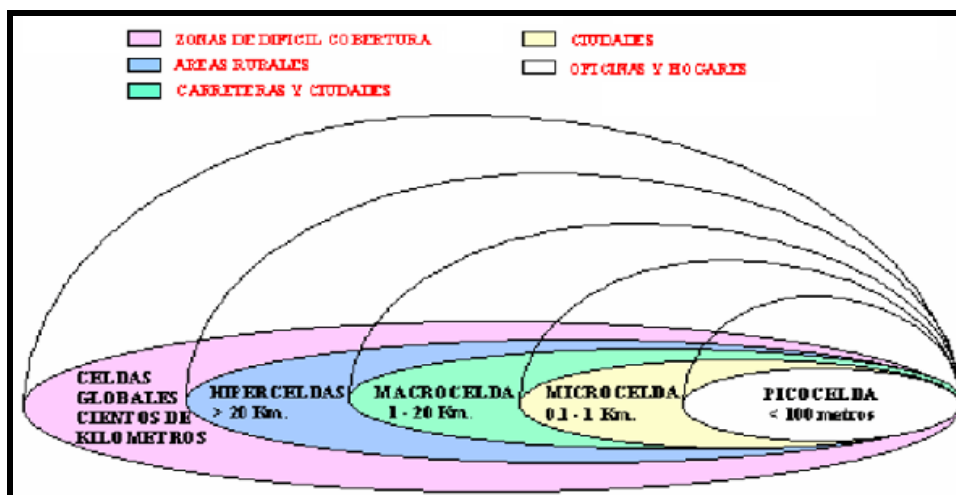


FIGURA 1.51: Estructura jerárquica de celdas

1.6.1.6.4. Arquitectura de Red.

Todas las redes GSM se pueden dividir en cuatro partes fundamentales y bien diferenciadas:

- **MS - Mobile Station:** La Estación Móvil consta a su vez de dos elementos básicos, el terminal o equipo móvil y el SIM. La diferencia

entre equipos móviles radica fundamentalmente en la potencia que tienen, que va desde los 20 vatios (generalmente instalados en vehículos) hasta los 2 vatios (terminales de uso común). El SIM es una pequeña tarjeta inteligente que sirve para identificar las características del terminal, está protegida por un número de cuatro dígitos que recibe el nombre de PIN (Personal Identification Number). Esta tarjeta se inserta en el interior del móvil y permite al usuario acceder a todos los servicios que hayan disponibles por su operador. Sin la tarjeta SIM, el terminal no serviría de nada y no se podría hacer uso de la red. La mayor ventaja de estas tarjetas es que proporcionan movilidad al usuario ya que se puede cambiar de terminal y llevar consigo el SIM aunque esto en la práctica en muchas ocasiones no resulta tan sencillo. Una vez que se introduce el PIN en el terminal, éste busca su red GSM y trata de validarse en ella, una vez que la red lo ha validado queda registrado en la celda respectiva.

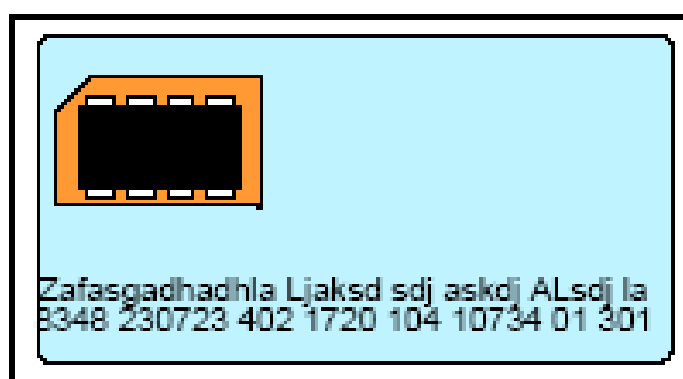


FIGURA 1.52: Tarjeta SIM

- **NSS - Network and Switching Subsystem:** El Subsistema de Conmutación y Red se encarga de administrar las comunicaciones que se realizan entre los diferentes usuarios de la red; para poder hacer este trabajo la NSS se divide en siete sistemas diferentes, cada uno con una misión dentro de la red:
 - **MSSC - Mobile Services Switching Center:** Es el componente central del NSS y se encarga de realizar las labores de conmutación dentro de la red, así como de proporcionar conexión con otras redes.
 - **GMSC - Gateway Mobile Services Switching Center:** Ya que un gateway es un dispositivo traductor (puede ser software o hardware) que se encarga de interconectar dos redes haciendo que los protocolos de comunicaciones que existen en ambas se entiendan, la misión del GMSC es la de servir de mediador entre las redes de telefonía fija y la red GSM, es decir internamente descodifica y codifica.
 - **HLR - Home Location Register:** Es una base de datos que contiene información sobre los usuarios conectados a un determinado MSSC. Entre la información que almacena el HLR se tiene fundamentalmente la localización del usuario y los servicios a los que tiene acceso. El HRL funciona en unión con el VLR.

- **VLR - Visitor Location Register:** Contiene toda la información sobre un usuario necesaria para que dicho usuario acceda a los servicios de red. Forma parte del HLR con quien comparte funcionalidad.
- **AuC - Authentication Center:** Proporciona los parámetros necesarios para la autenticación de usuarios dentro de la red; también se encarga de soportar funciones de encriptación.
- **EIR - Equipment Identify Register:** También se utiliza para proporcionar seguridad en las redes GSM pero a nivel de equipos válidos. La EIR contiene una base de datos con todos los terminales que son válidos para ser usados en la red. Esta base de datos contiene los IMEI (International Mobile Equipment Identify) de cada terminal, de manera que si un determinado móvil trata de hacer uso de la red y su IMEI no se encuentra localizado en la base de datos del EIR, no puede hacer uso de la red.
- **GIWU - GSM Interworking Unit:** Sirve como interfaz de comunicación entre diferentes redes para la comunicación de datos.
- **BSS - Base Station Subsystem:** El Subsistema de Estación Base sirve para conectar a las estaciones móviles con los NSS, además de ser los encargados de la transmisión y recepción de información. Tal

como los MS, también constan de dos elementos diferenciados: el BTS (Base Transceiver Station) o Estación Base y el BSC (Base Station Controller). La BTS consta de transmisores y antenas usadas en cada celda de la red y que suelen estar situadas en el centro de la misma, generalmente la potencia de transmisión de la antena determina el tamaño de la celda. Los BSC se utilizan como controladores de los BTS y tienen como funciones principales las de estar a cargo de los handovers, los saltos de frecuencia y los controles de las frecuencias de radio de los BTS.

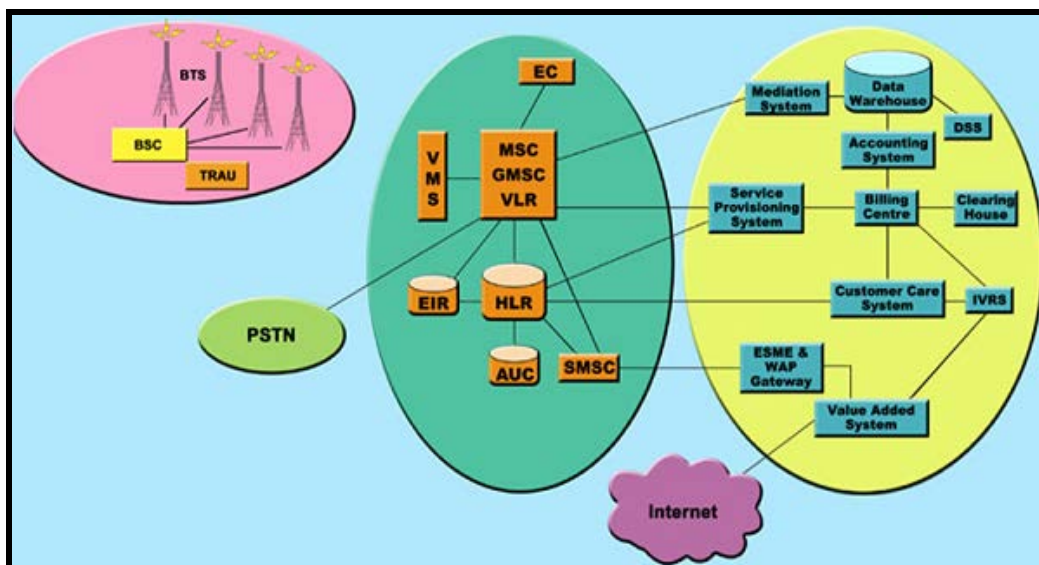


FIGURA 1.53: Arquitectura de redes GSM

- **OSS - Operation and Support Subsystem:** Los Subsistemas de Soporte y Operación se conectan a diferentes NSS y BSC para

controlar y monitorizar toda la red GSM. La tendencia actual en estos sistemas es que, dado que el número de BSS se está incrementando, se pretende delegar funciones a los BTS que actualmente se encarga de hacerlas el OSS, de modo que se reduzcan los costes de mantenimiento del sistema.

1.6.1.6.5. Roaming y Handover.

El Roaming se produce siempre que un móvil que se intenta validar dentro de una red GSM, no es capaz de encontrar su red. Esto pasa fundamentalmente en zonas fuera de una región local donde existe la misma red, pero no es la del operador de la región local. En este caso, el roaming consiste en la utilización de la red que se encuentre disponible y con la que el operador local tiene un acuerdo de colaboración. De este modo, el móvil puede seguir conectado a la red independientemente de que se esté fuera del alcance del operador local.

Existe un problema con el roaming que hay que tener en cuenta, y es que en el caso de que ocurra una llamada cuando el terminal se encuentra en roaming, el coste de la misma se divide de manera que, el usuario que llama paga la parte nacional de la llamada y el propietario del terminal corre con los gastos de la parte internacional; esto se debe a que en el roaming el operador local no sabe de antemano en qué lugar se encuentra el móvil, se

está en una red que no le pertenece y por tanto no puede establecer la tarifa que debe aplicar.

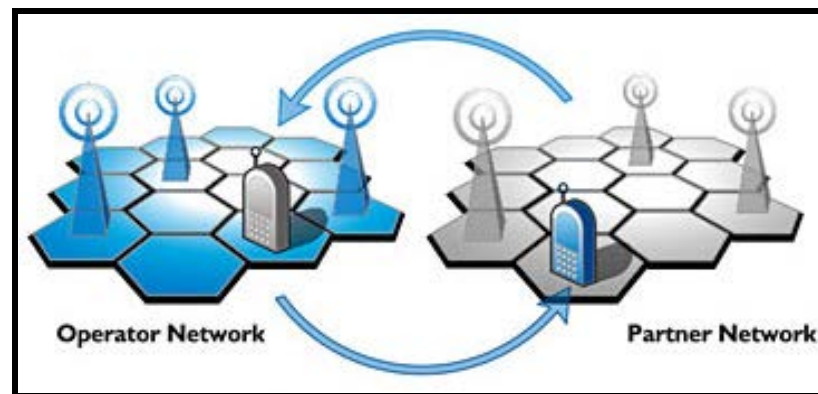


FIGURA 1.54: Roaming

El Handover consiste en la transición que se produce cuando se pasa del rango de acción de una celda al rango de acción de otra, que normalmente ocurre cuando se viaja. Es el responsable de mantener el servicio de manera constante y de que las transiciones entre una celda y otra sean lo suficientemente pequeñas como para pasar desapercibidas por los usuarios.

Hay distintos tipos de handover en función de las celdas que intervengan en el proceso. Según esto, se puede hablar de cuatro tipos diferentes de handover que pueden producirse:

- Handover de canales en la misma celda.
- Handover de celdas controladas por el mismo BSC.

- Handover de celdas que pertenecen al mismo MSC, pero controladas por diferentes BSC.
- Handover de celdas de diferentes MSC.

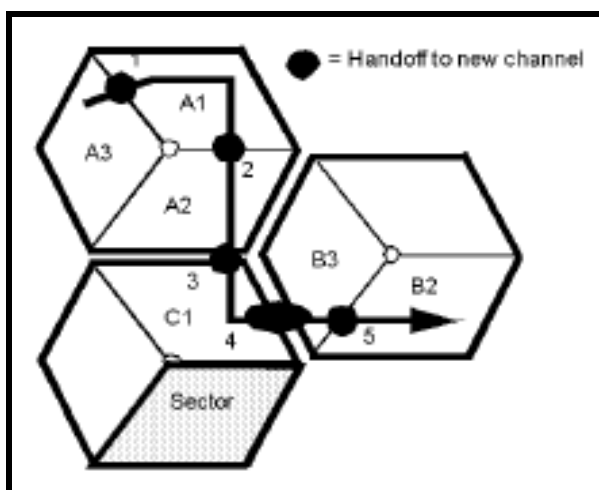


FIGURA 1.55: Handover

1.6.1.6.6. Radioenlaces.

A través de una interfaz de radio, se produce la unión entre los dispositivos móviles y las infraestructuras fijas que hay en las celdas. En GSM se han especificado dos bandas de frecuencia para poder ser usadas y con dos fines distintos:

- **890 - 915 MHz:** Se utiliza para transmitir desde el terminal móvil a la estación base.
- **935 - 960 MHz:** Se utiliza para transmitir en sentido contrario, es decir, desde la estación base al terminal móvil.

Hay que señalar que de estas dos bandas de frecuencias (en total se tienen 25 MHz en cada banda de frecuencias), no se pueden usar todas, algunas se encuentran no disponibles por motivos militares y por compatibilidad con algunos sistemas analógicos anteriores al GSM.

Existen dos mecanismos fundamentales utilizados para poder proporcionar acceso múltiple a un medio limitado como son las frecuencias, y son: FDMA y TDMA. En el caso de FDMA a cada usuario se le asigna una frecuencia de manera que el máximo número de usuarios que pueden usar el sistema viene determinado por el máximo número de frecuencias disponibles. Mediante TDMA, diferentes usuarios pueden utilizar el mismo canal, y para ello, a cada usuario se le asigna un determinado tiempo en el cual puede hacer uso del canal.

TDMA se usa en los sistemas GSM sobre la estructura de FDMA, de la siguiente manera: Los 25 MHz de banda de frecuencia se dividen en 125 partes denominadas frecuencias portadoras, las cuales se encuentran separadas unas de otras por una frecuencia intermedia de 200 KHz; de las 125 frecuencias portadoras, una de ellas (generalmente la primera) se utiliza para comunicar a GSM con servicios de baja frecuencia, por lo que, de las 125 realmente solo 124 van a estar disponibles en todo momento. Posteriormente, cada portadora se divide siguiendo el esquema de TDMA en

aproximadamente espacios de 0.577 ms, que son asignados a un usuario en particular.

1.6.2. PCS.

1.6.2.1. Generalidades.

La gama de aplicaciones que conforman el concepto de comunicaciones inalámbricas incluyen sistemas de telefonía local inalámbrica, de radio búsqueda, telefonía celular y servicios móviles satelitales. Cada uno de estos sistemas se ha diseñado para atender diferentes requerimientos, desde el manejo de centrales privadas de conmutación inalámbricas, bucle local de abonado inalámbrico, servicios móviles para facilitar el desempeño de funciones como seguridad pública, servicios de comunicaciones entre grupos cerrados de usuarios (con aplicaciones para el sector empresarial y el control del transporte), hasta la introducción de sistemas inalámbricos que ofrecen mayor movilidad e integran facilidades de transporte, procesamiento y generación de cualquier tipo de información creada y requerida por los usuarios (voz, datos, video).

Como resultado de la evolución lógica de los diferentes sistemas de telecomunicaciones inalámbricas, surge entonces el reto de la convivencia entre ellos y no basta la interacción independiente de los mismos con la Red Telefónica Pública Conmutada. Se incrementan las exigencias de aspectos

como personalización, globalización, movilidad sin transiciones, cubrimiento interior y exterior, capacidad, flexibilidad, funcionalidad e interoperabilidad, entre otros, surgiendo de esta forma mayor énfasis en el concepto de servicios, en el que pierden protagonismo los sistemas y las tecnologías, para dar respuesta a las demandas de los usuarios, cada vez más exigentes en cuanto a soluciones rápidas y nuevos servicios de valor agregado.

Bajo este marco, nace el concepto y las iniciativas nacionales y regionales de PCS, Servicios de Comunicación Personal, como una alternativa a los sistemas de telefonía celular con tecnología digital. Su evolución también apunta hacia los mismos retos mencionados y que en esencia se resume en la integración de un solo sistema de comunicación móvil, de los diferentes servicios inalámbricos existentes, así como su convivencia con los nuevos desarrollos que exige el mercado.

1.6.2.2. Concepto.

La evolución de los sistemas celulares converge con otros sistemas de comunicaciones móviles e inalámbricas, en una tendencia mundial, llegando a sistemas como PCS en Estados Unidos o UMTS (Universal Mobile Telecommunications Systems) como son llamados en Europa. Por otro lado, la UIT viene promoviendo el IMT-2000 (International Mobile Telecommunications at year 2000) donde los conceptos, características y

objetivos de cada uno de estos nuevos sistemas de comunicación son semejantes, estos aspectos son:

- **Movilidad personal y movilidad de terminal:** Consiste en ofrecer servicios de comunicación sin importar la localización del usuario. Para esto, los sistemas deben tener interfaces de conexión con redes actuales como PSTN (Public Switched Telephone Network), la red RDSI, redes de telefonía celular y los sistemas móviles basados en satélites y otras redes.
- **Servicios multimedia de calidad:** Consiste en ofrecer una amplia gama de servicios multimedia con buena calidad de voz, altas velocidades de datos, vídeo full motion y el equivalente de aquellos servicios en la red RDSI.
- **Servicio de Roaming global y automático:** Aquí no hay limitación a una red.
- **Único número:** Este único número que identifica al usuario servirá de base a la movilidad personal.
- **Alta capacidad:** Consiste en aplicar técnicas avanzadas que permitan tener sistemas de alta capacidad.
- **Handset universal:** Es un único y pequeño terminal manual o handset para acceder a los servicios disponibles.
- **Seguridad:** Consiste en mejorar aspectos de autenticación y privacidad, usando mecanismos de encriptación.

Existen diversas definiciones de PCS provenientes de distintas entidades u organizaciones nacionales e internacionales. La FCC (Federal Communications Comision), que es el organismo regulador de las telecomunicaciones en Estados Unidos, define a PCS como "un sistema por el cual cada usuario puede intercambiar información con alguien a cualquier hora, en cualquier lugar, a través de algún tipo de dispositivo y usando un único número".

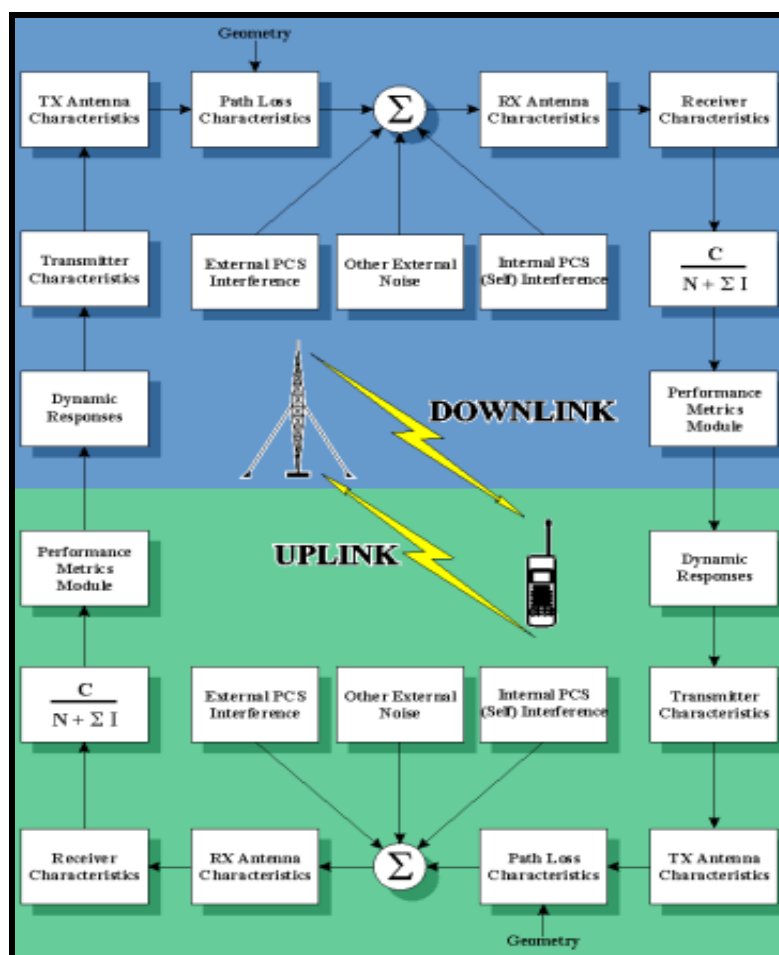


FIGURA 1.56: Sistema PCS

Por otro lado, la TIA (Telecommunications Industry Association), lo define como "un conjunto de capacidades que permite algunas combinaciones de servicios de movilidad terminal y movilidad personal". El ANSI, por su parte, define a PCS como "un conjunto de capacidades que permiten alguna combinación de movilidad terminal, movilidad personal y manejo del perfil de servicio". De forma análoga el mismo concepto para lo que en síntesis se conoce como "sistemas inalámbricos de tercera generación", es definido en Europa como UMTS.

Las definiciones realizadas convergen hacia el mismo concepto, cuyas características más relevantes son: la integración de la radiolocalización, la telefonía móvil y la telefonía local inalámbrica dentro de una nueva generación de telefonía celular digital, la utilización de un único terminal y un único número de identificación de usuario, y las facilidades de interconexión de los usuarios tanto a la red pública como a la red inalámbrica sin limitaciones de lugar u hora para la utilización de cualquier servicio de comunicaciones.

De acuerdo con la banda de operación y la cantidad de espectro asignado a cada licencia de operación, los PCS se clasifican en dos grandes grupos:

- **PCS Banda Estrecha**, que operan en la banda de 900 MHz y utilizan 50 KHz por licencia.

- **PCS Banda Ancha**, que operan en la banda de 1.900 MHz y son asignados 30 MHz por licencia.

Los servicios PCS de Banda Estrecha incluyen todos los servicios basados en texto, es decir, todos los tipos de paging convencional (buscapersonas), los cuales representan la mensajería en tiempo no real. Sin embargo, los sistemas PCS Banda Estrecha pueden ser utilizados para proveer nuevos servicios tales como mensajes de voz y reconocimiento bidireccional, así como también para el desarrollo de sistemas avanzados de paging.

Los servicios PCS de Banda Ancha incluyen la telefonía digital celular y la telefonía básica inalámbrica, es decir, servicios de comunicación en tiempo real. Pueden ser usados en el desarrollo de servicios telefónicos inalámbricos más avanzados que permiten ubicar al suscriptor en cualquier sitio dado. Su utilidad es proveer una variedad de servicios móviles incluyendo una familia entera de nuevos dispositivos de comunicación, entre ellos teléfonos portátiles muy pequeños, livianos y multifunción, facsímiles portátiles y dispositivos con capacidades bidireccionales de datos. Adicionalmente, estos servicios tienen la capacidad de interacción con otras redes telefónicas, así como también con asistentes digitales personales, permitiendo a los suscriptores enviar y recibir datos y/o mensajes de video en forma inalámbrica.

1.6.2.3. Estándares.

Se debe anotar que inicialmente se pensó que las tecnologías PCS serían diferentes de las celulares, pero con una connotación de mayor simplicidad y economía. No obstante, la mayoría de los fabricantes han montado sus sistemas PCS sobre estándares celulares.

En 1.993 se constituyó un JTC (Joint Technical Committee) para llegar a un acuerdo sobre 17 propuestas para la estandarización de los PCS en Estados Unidos. El Comité estaba conformado por la TIA, en representación de los fabricantes, y por el comité T1 de la ATIS (Alliance for Telecommunications Industry Solutions), en representación de los proveedores de servicios.

Después de un tiempo de deliberaciones, surgieron siete estándares, los cuales están fundamentados en diferentes tecnologías. Los estándares resultantes se presentan en la tabla 1.5.

Estándar	CDMA Híbrido	IS-95 A	PACS	DAMPS	PCS 1900	PWT	WCDMA
Tecnología en la que está basado	Nueva Propuesta	IS-95 CDMA	WACS PHS	IS-136A	GSM	DECT	Versión Banda Ancha de IS-95

TABLA 1.5: Estándares propuestos para PCS

1.6.2.4. Arquitectura.

Los sistemas PCS heredan características de arquitectura de su anterior generación, conocida como celulares digitales. Las diferencias que se generaron en su constitución, proporcionan el ofrecimiento de nuevos servicios y suple las necesidades de alta movilidad tanto de terminal, como personal.

A continuación presentamos la estructura general de una red PCS, en la que visualizamos cinco componentes principales:

- **Terminal portátil:** Son terminales de mano o instalados en automóviles.
- **Estación base:** Encargada de retransmitir las señales.
- **Oficina de conmutación inalámbrica:** Sirve para la conmutación y el enrutamiento de las llamadas telefónicas inalámbricas.
- **Base de datos:** Sitio donde se almacena la información de clientes y otras celdas.
- **Conexión a la oficina central PSTN.**

Esta estructura de red se puede ver como un sistema celular con arquitectura, tanto microcelular que son celdas de menor tamaño, como macrocelular que son celdas para cubrir áreas geográficas extensas y de mayor demanda de servicios, que implica mayor cantidad de estaciones

base. Las implicaciones técnicas incluyen numerosos handoffs entre las celdas para mantener las llamadas de los usuarios móviles y la necesidad de un alto procesamiento de potencia.

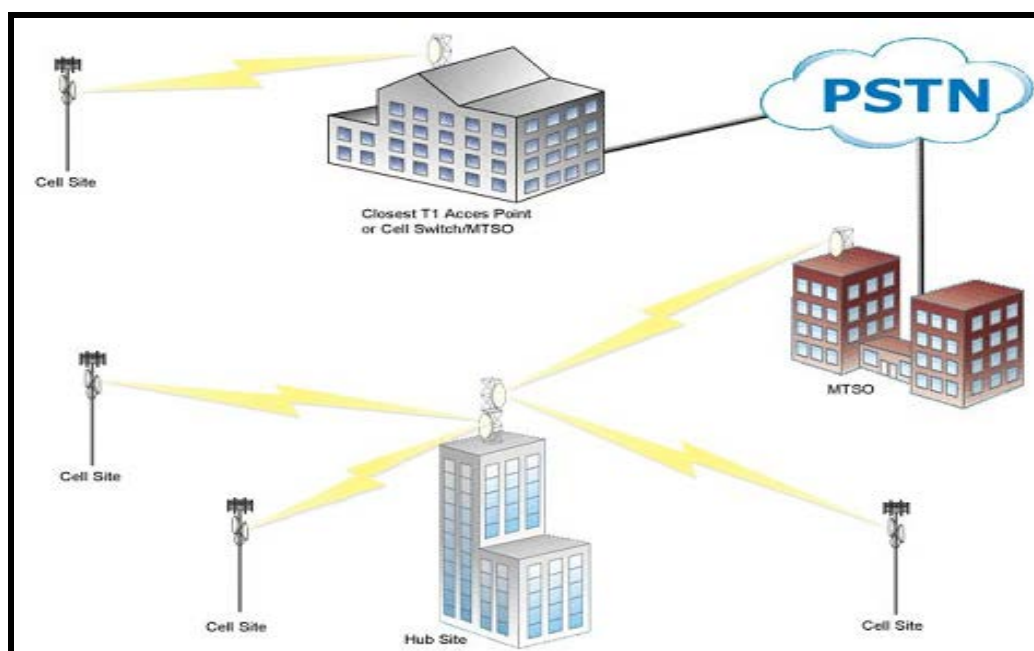


FIGURA 1.57: Arquitectura de redes PCS

1.6.2.5. Sistemas principales.

1.6.2.5.1. Sistema de conmutación.

El sistema de conmutación es responsable del procesamiento de la llamada y de las funciones relacionadas con el suscriptor. Este sistema incluye diferentes unidades funcionales:

- **HLR – Home Location Register:** Es la base de datos para el almacenamiento y la gestión de los suscriptores. Almacena datos

permanentes de los suscriptores, incluyendo el perfil del servicio de suscriptor, información de localización y los estados de actividad.

- **MSC - Mobile Switching Center:** Realiza las funciones de conmutación de telefonía del sistema. Controla las llamadas hacia y desde otro teléfono y sistemas de datos, además realiza funciones de conexión de red y señalización de canal común, entre otros.
- **VLR - Visitor Location Register:** Es una base de datos que contiene información temporal sobre los suscriptores que es utilizada por el MSC para atender a los suscriptores visitantes. El VLR siempre se integra con el MSC. Cuando una estación móvil se mueve en una nueva área MSC, el VLR conectado a ese MSC pedirá datos sobre la estación móvil al HLR. Después, si la estación móvil hace una llamada, el VLR tendrá la información necesaria para la configuración de la llamada sin tener que interrogar al HLR en cada momento lo que lo hace más rápido.
- **AuC - Authentication Center:** Proporciona la autenticación y los parámetros de encriptación que identifican la identidad del usuario y aseguran la confidencialidad de la llamada.

1.6.2.5.2. Sistema de estación base.

Todas las funciones de interfaz de radio se realizan en el sistema de estación base. El BSS está compuesto por:

- **BSC - Base Station Controller:** Controla las funciones y enlaces físicos entre el MSC y las BTS. Es un interruptor de alta capacidad que proporciona funciones como el handover, datos de configuración de celdas y control de los niveles de potencia de las frecuencias de radio en las estaciones base trancceptoras. Varios BSC son atendidos por un MSC.
- **BTS - Base Transceiver Station:** Maneja la interfaz de radio a la estación móvil. Es el equipo de radio (antenas y trancceptores) necesario para atender a cada celda en la red. Un grupo de BTS es controlado por un BSC.

1.6.2.5.3. Sistema de soporte de operaciones.

El OMC, Centro de Operaciones y Mantenimiento, se conecta a todo el equipo en el sistema de conmutación y al BSS. La implementación de OMC es el sistema de soporte de operaciones OSS. El OSS es la entidad funcional con la que el operador de la red supervisa o controla el sistema.

El propósito del OSS es ofrecer soporte rentable al cliente, regional y local, para las actividades de operación y mantenimiento centralizado que se requieren para una red. Una función importante de OSS es proporcionar una apariencia global de la red y soportar las actividades de mantenimiento de las diferentes operaciones y organizaciones.

1.6.2.5.4. Elementos funcionales adicionales.

- **Centro de mensajes:** Es un nodo que proporciona voz integrada, envío de fax y mensajes de datos. Algunas de las funciones que maneja el centro de mensajes son: SMS, correo de voz, fax, e-mail y notificaciones, si una vez configurado el centro de mensajes por error se lo cambia en el equipo terminal, no se va a poder realizar la operación.
- **Nodo de servicio móvil:** Es aquel que maneja los servicios móviles de red inteligente.
- **Unidad para interworking:** Consiste en el hardware y software que provee una interfaz de comunicación con las diferentes redes existentes. A través de esta unidad los usuarios pueden acceder a los servicios prestados por una red de configuración diferente aumentando de esta forma la cobertura de la red.

1.6.3. Comparación de las Tecnologías Celulares.

- GSM/GPRS/EDGE es el 69% del mercado digital (63,2% del total de abonados móviles, con 473 millones de usuarios, en 392 redes en 164 países),
- CDMA es el 13% del mercado digital con 82 millones de abonados.
- TDMA es el 10% del mercado digital con 64 millones de abonados.
- PDC es el 8% del mercado digital con 51 millones de abonados.

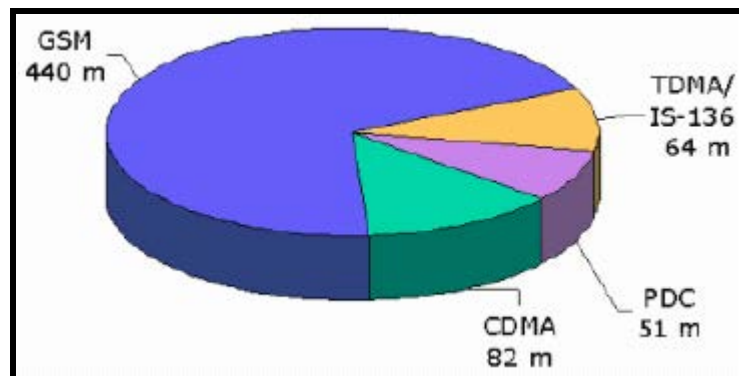


FIGURA 1.58: Comparación de la Tecnología Celulares

A continuación indicaremos las ventajas que tenemos con la tecnología TDMA:

- La técnica TDMA tiene tres veces la capacidad de un sistema analógico que utiliza el mismo número de canales.
- Elimina las mayorías de redundancias en periodos y periodos de silencios en las telecomunicaciones.

Luego la ventajas que se tiene con la tecnología CDMA son:

- Información paquetizada. Las redes basadas en CDMA están construidas bajo protocolos IP (Internet Protocol).
- Ajuste dinámico del tamaño de las celdas.
- Control de nivel de potencia.
- Pocas llamadas caídas.
- Resistencia a la interferencia, ruido del ambiente y multitrayectorias.
- Implementación más rápida.

Mientras que en GSM tenemos ventajas como:

- Compatibilidad hacia delante y hacia atrás.
- Calidad de voz mejorada
- Tecnología ampliamente reconocida..
- Simcard inteligente para manejo de información.

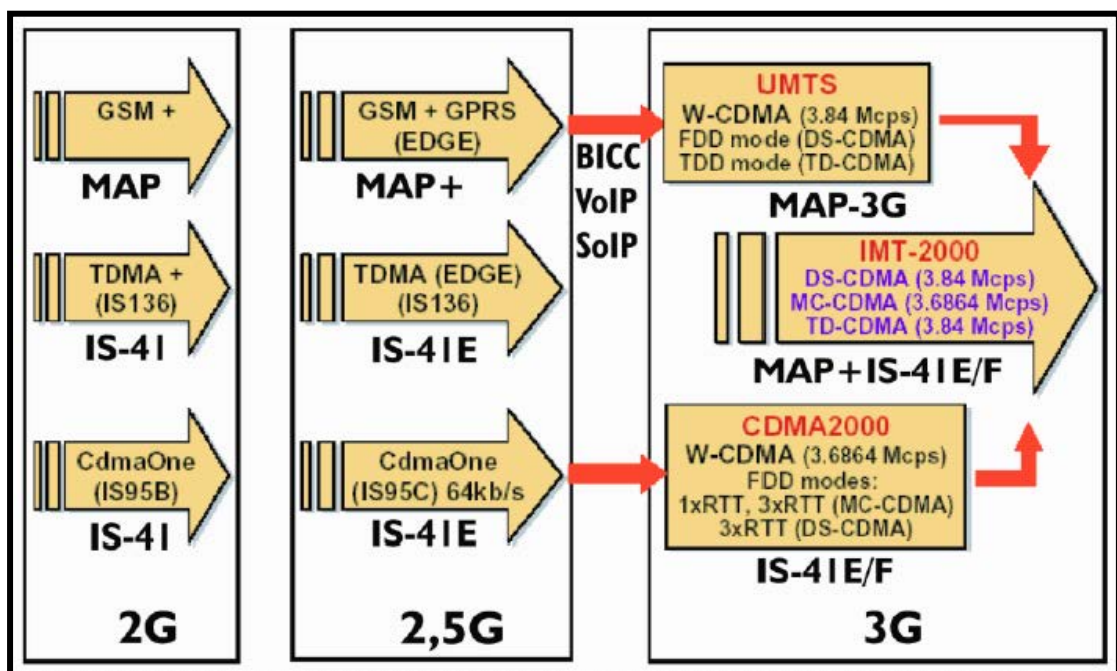


FIGURA 1.59: Generaciones de la telefonía Celular

1.6.4. MMDS.

La tecnología MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System) surgió en EE.UU. en los años 80, con la idea de utilizar la banda de 2,5 a 2,686 GHz para la distribución de programas de televisión en aquellas zonas en las que sus características hacían desaconsejable la implantación del cable.

En otros países la misma tecnología opera de 2 a 3 GHz. La banda de 186 MHz, se dividió en subbandas de 6 MHz, lo que permitía la transmisión de 31 canales de televisión analógica NTSC. Este número de canales se podía aumentar utilizando técnicas de compresión y transmisión digital (hasta 5 canales digitales por uno analógico), esto significa que pudiésemos tener hasta 155 canales de televisión con la misma banda de 186 MHz, la reutilización de los canales nos ayuda para conseguir esta compresión.

Estos sistemas se bautizaron popularmente con el paradójico nombre de "wireless" cable o cable inalámbrico, queriendo significar que equivalían a los conocidos sistemas de distribución de televisión por cable coaxial, pero sin la necesidad de disponer de cable físico. Estaban orientados a entornos rurales o de baja densidad, en donde el tendido de cable convencional para la distribución de TV podía resultar poco económico.

Básicamente, los datos se transmiten mediante microondas utilizando un esquema TDM de multiplexación por división de tiempo. Entonces cada suscriptor dispone de un módem inalámbrico mediante el cual se recibe la señal en espera de la información dirigida a un usuario en particular.

Los datos de retorno, también llamados upstream, son enviados utilizando la línea telefónica. El canal de downstream está compartido, con lo que es

necesario algún tipo de algoritmo para administrar el empleo del canal por parte de los suscriptores.

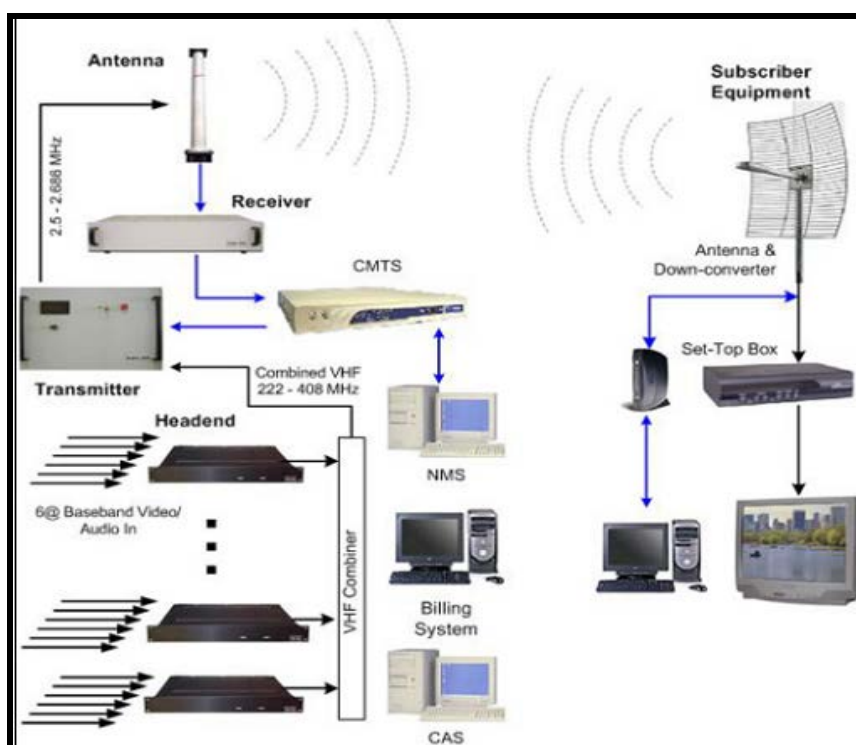


FIGURA 1.60: Sistema MMDS

El MMDS se basa en la distribución directa desde un punto de las señales a transmitir hacia los usuarios. A este servicio también se le llama cable sin hilos, porque al igual que la televisión por cable puede distribuir varias señales hacia sus abonados. Como este sistema usa microondas, se requiere que no exista ningún tipo de obstáculo físico entre la antena emisora y la receptora. De esta forma, y para obtener la máxima eficiencia posible de

transmisión, el equipo transmisor se instala en el punto de cota de terreno más alto.

Pero esta tecnología se está desarrollando en la actualidad para su utilización en más ámbitos de las comunicaciones, y no sólo para utilizarse en la recepción de la señal de televisión. Por ejemplo, se está estudiando la utilización de MMDS para proveer acceso a Internet a alta velocidad, ya que unos pocos canales con un ancho de banda de 6 MHz pueden servir para dar servicio de conexión a Internet de unos 10 Mbps de bajada atendiendo entre 500 a 4.000 subscriptores por canal.

Conjuntamente con la tecnología LMDS (Local Multipoint Distribution System), es decir Sistema Local de Distribución Multipunto, se está ofreciendo un acceso más rápido a los proveedores de información con el objetivo de proporcionar servicios de televisión por cable, acceso a Internet, sistemas de videoconferencia y otros servicios multimedia.

MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service), funciona en el tramo de 2,2 a 3,5 GHz. (de 2,2 - 2,4 GHz. en EE.UU. y 3,5 GHz en Europa). Permite velocidades de acceso a Internet de hasta 3 Mbps, por lo que tiene menos capacidad que la banda de 26 GHz, pero superior a la de las actuales líneas telefónicas básicas por hilos cuya máxima velocidad es de 56,6 Kbps.

Esta tecnología ofrece un radio más amplio de acción que la macrobanda (de 15 a 24 kilómetros), siendo ésta una de las razones por la que la instalación de la red es más económica que la de la macrobanda.

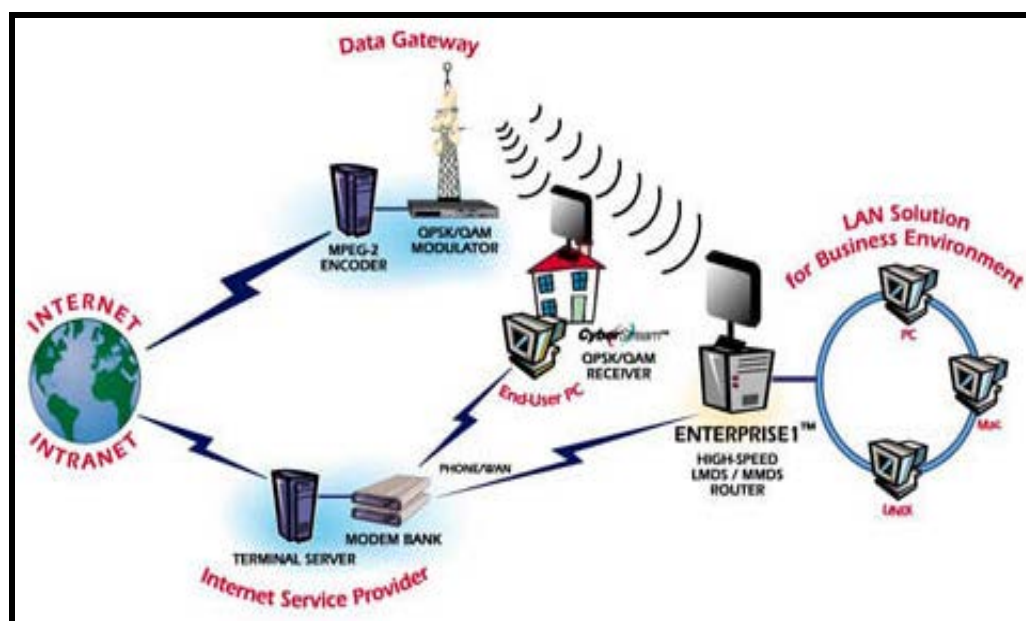


FIGURA 1.61: Arquitectura de redes MMDS

1.6.5. Satelital.

1.6.5.1. Generalidades.

Un sistema satelital básicamente es un sistema repetidor. La capacidad de recibir y retransmitir se debe a un dispositivo receptor-transmisor llamado transponder, cada uno de los cuales escuchan una parte del espectro, lo amplifican y retransmiten a otra frecuencia para evitar la interferencia de señales.

Un sistema satelital consiste en un cierto número de transponders además de una estación terrena maestra para controlar su operación, y una red de estaciones terrenas de usuarios, cada uno de los cuales posee facilidad de transmisión y recepción. El control se realiza generalmente con dos estaciones terrenas especiales que se encargan de la telemetría, el rastreo y la provisión de los comandos para activar los servicios del satélite.

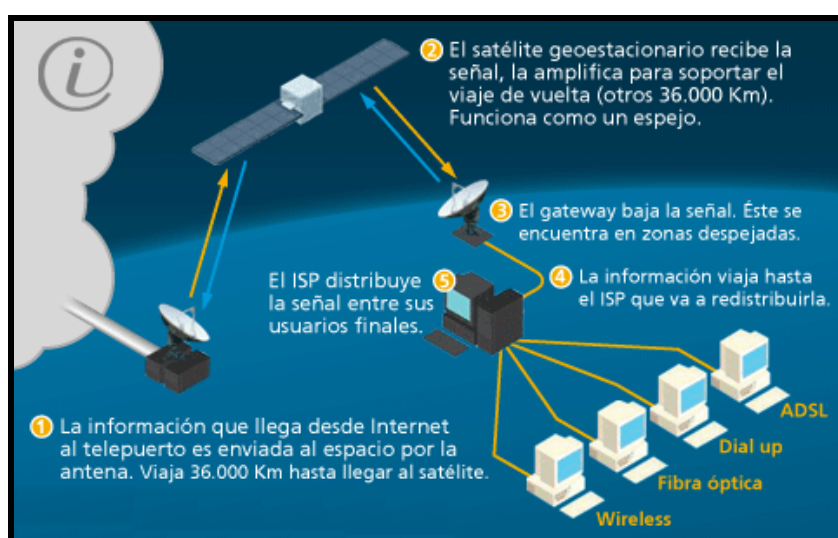


FIGURA 1.62: Funcionamiento de los sistemas satelitales

Un vínculo satelital consta de:

- **Uplink:** Es un enlace tierra-satélite o enlace ascendente.
- **Downlink:** Es un enlace satélite-tierra o enlace descendente.

El satélite permanece en órbita por el equilibrio entre la fuerza centrífuga y la atracción gravitatoria. Si se lo ubica a una altura de 35.860 Km. sobre el plano del Ecuador, gira en torno a la tierra a una velocidad de 11.070 Kph,

con un período de 24 Hrs. Esto hace que permanezca estacionario frente a un punto terrestre, de allí su nombre de *satélite geoestacionario*. De este modo las antenas terrestres pueden permanecer orientadas en una posición relativamente estable en un sector orbital. Debido a su gran potencia, los satélites para TV necesitan de un espaciamiento de por lo menos 8 grados, para así evitar que el haz proveniente desde la Tierra ilumine a los satélites vecinos también. Hay algunas técnicas que permiten que los satélites estén cercas (relativamente) pero sin que haya interferencia.

1.6.5.2. Partes del sistema.

Los sistemas satelitales constan de las siguientes partes:

- **Transponder:** Es un dispositivo que realiza la función de recepción y transmisión. Las señales recibidas son amplificadas antes de ser retransmitidas a la tierra, y para evitar interferencias se cambia la frecuencia.
- **Estaciones terrenas:** Controlan la recepción con y desde el satélite, regula la interconexión entre terminales, administra los canales de salida, codifica los datos y controla la velocidad de transferencia.

Constan de 3 componentes:

- **Estación receptora:** Es la que recibe toda la información generada en la estación transmisora y retransmitida por el satélite.

- **Antena:** Es la que debe captar la radiación del satélite y concentrarla en un foco donde está ubicado el alimentador. Una antena de calidad debe ignorar las interferencias y los ruidos en la mayor medida posible. Estos satélites están equipados con antenas receptoras y con antenas transmisoras. Por medio de ajustes en los patrones de radiación de las antenas, pueden generarse cubrimientos globales (INTELSAT), cubrimiento a solo un país (satélites domésticos), o conmutar entre una gran variedad de direcciones.
- **Estación emisora:** Esta compuesta por el transmisor y la antena de emisión. La potencia emitida es alta para que la señal del satélite sea buena. Esta señal debe ser captada por la antena receptora. Para cubrir el trayecto ascendente, se envía la información al satélite con la modulación y portadora adecuada. Como medio de transmisión físico se utilizan medios no guiados, principalmente el aire. Se utilizan señales de microondas para la transmisión por satélite, estas son unidireccionales, sensibles a la atenuación producida por la lluvia, pueden ser de baja o de alta frecuencia y se ubican en el orden de los 100 MHz hasta los 10 GHz.

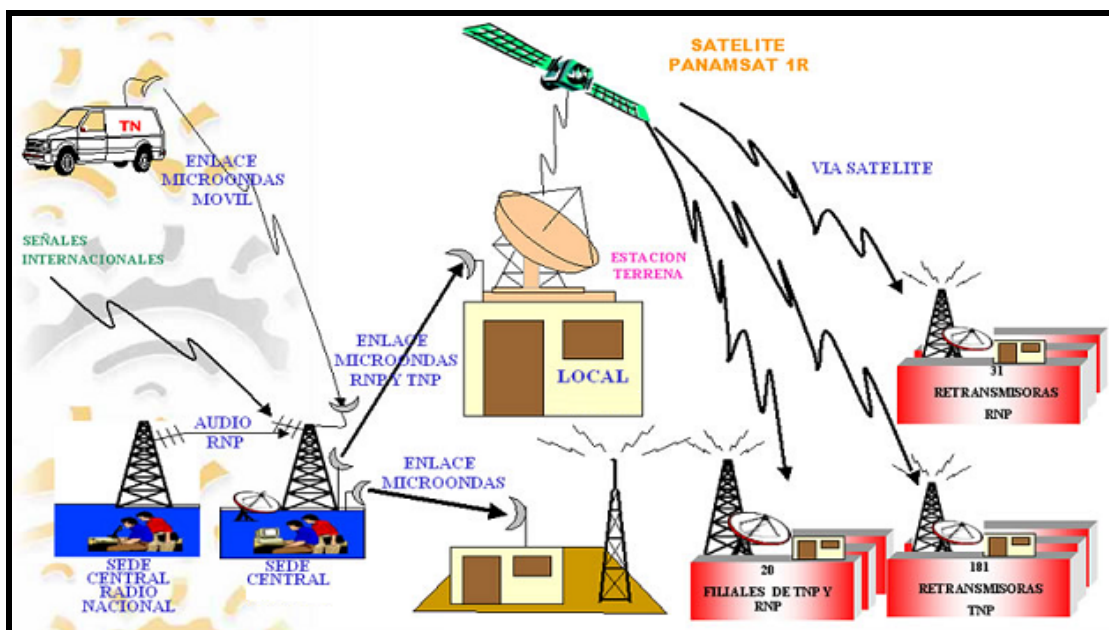


FIGURA 1.63: Sistema satelital

1.6.5.3. Bandas de frecuencia.

Se han dispuesto a nivel mundial varias bandas de frecuencia para uso comercial por satélite. La más común de estas consta de una banda central de 500 MHz centrada en 6 GHz en el Uplink (hacia el satélite) y centrada en 4 GHz en el Downlink (hacia la Tierra).

La banda de 500 MHz, en cada una de las frecuencias, esta normalmente dividida en 12 bandas, servidas por cada transponder, de 36 MHz de ancho de banda cada una, más 2 MHz a ambos extremos para protección (el espaciamiento entre las bandas es el responsable del ancho de banda en exceso). Cada banda de transponder está, a su vez, dividida en un cierto

número de canales de frecuencia, dependiendo del tipo de aplicación o de la señal que se esté transmitiendo. Las bandas de frecuencia usadas son:

- **C:** uplink 5,925-6,425 GHz, downlink 3,7-4,2 GHz.
- **Ku:** uplink 14-14,5 GHz, downlink 11,7-12,2 GHz.
- **Ka:** uplink 19,7 GHz, downlink 31Ghz.

Las bandas inferiores se encuentran superpobladas. No así las bandas superiores. En la banda Ku los satélites pueden espaciarse a diferentes grados. Pero estas ondas tienen un inconveniente, la lluvia, ya que el agua es un gran absorbente de estas microondas tan cortas.

1.6.5.4. Métodos de múltiple acceso.

El múltiple acceso es una técnica donde más de un par de estaciones terrenas puede simultáneamente usar un transponder del satélite. La mayoría de las aplicaciones de comunicaciones por satélite involucran un número grande de estaciones terrenas comunicándose una con la otra a través de un canal (de voz, datos o video).

El concepto de múltiple acceso involucra sistemas que hacen posible que múltiples estaciones terrenas interconecten sus enlaces de comunicaciones a través de un simple transponder. Estas portadoras pueden ser moduladas por canales simples o múltiples que incluyen señales de voz, datos o video.

Existen muchas implementaciones específicas de sistemas de múltiple acceso, pero existen solo tres tipos de sistemas fundamentales: FDMA, TDMA, y CDMA.

1.6.5.5. Ventajas y desventajas de la transmisión.

Por presentar una cobertura territorial muy amplia genera serios problemas de seguridad, ya que cualquier estación puede captarlos con solo sintonizar la frecuencia del satélite. Para evitarlo se adicionan medidas de seguridad que son: cifrado y encriptado de transmisiones.

Debido a que esta tecnología trabaja en bandas de frecuencias muy altas, cada satélite es capaz de soportar varios miles de canales telefónicos. Por ejemplo, un satélite moderno esta formado por diez transponder y cada uno con capacidad de 48 Mbps. Las condiciones meteorológicas adversas pueden afectar la señal durante su camino entre la estación terrena y el satélite. Otra desventaja es la del retardo que puede originar problemas, ya que la señal recorre 36.000 Km. de subida y otros tantos de retorno a la Tierra. Periódicamente el sol, el satélite y la estación terrena quedan alineados provocando una elevación del ruido térmico que supera la intensidad de la señal. En las grandes ciudades existe actualmente congestión de microondas, ya que se han instalado tantas antenas de microondas que interfieren unas a otras y las ondas en el aire están

saturadas. Esto obliga a buscar un medio de transmisión alternativo como los enlaces vía satélite. Pero otra desventaja con respecto al satélite propiamente dicho es que la construcción, el lanzamiento y el mantenimiento del mismo resultan muy costosos.

1.6.6. LMDS.

Aparece como una prometedora tecnología de gran valor estratégico en el marco de las comunicaciones inalámbricas de banda ancha. Su importancia se debe fundamentalmente a tres razones. En primer lugar, los sistemas LMDS se pueden desplegar e instalar muy rápidamente en comparación con las tecnologías homólogas basadas en cable e incluso con relación a sus homólogas inalámbricas.

Además, estos sistemas pueden ser ampliados muy fácilmente con un nivel de riesgo realmente bajo, gracias a la naturaleza intrínsecamente modular de su arquitectura. En segundo lugar, LMDS permite el acceso a Internet de alta velocidad, tanto para el sector residencial como para el empresarial, gracias a las técnicas digitales que se han incorporado recientemente. Finalmente, esta tecnología presenta un importante potencial como tecnología de acceso (especialmente compatible con las redes de fibra óptica) para nuevos operadores que no dispongan de grandes recursos financieros, así como para los CLEC (Competitive Local Exchange Carrier).

Sirve de complemento al cable en dichas zonas, ya que tiene prestaciones similares a un coste inferior y una mayor accesibilidad. Permite la utilización de la infraestructura implantada para la mayoría de servicios en los que se utiliza cable, ya sea: telefonía avanzada, transmisión de datos, comunicaciones multimedia, acceso a Internet a alta velocidad, videoconferencia de alta calidad, difusión de señal de televisión y servicio de vídeo bajo demanda (Video On Demand).

Con esta tecnología se consigue que las personas que trabajan en lugares lejanos de los núcleos urbanos puedan disponer de los mismos servicios que se obtienen si la ubicación fuera en cualquier centro tecnológico o una ciudad.

De esta manera, se consigue una total independencia desde dónde una persona pueda trabajar o simplemente disfrutar de los servicios de las telecomunicaciones, ya sea en el campo, en la ciudad o en su empresa.

Además, también permite que los usuarios puedan acceder a información mediante su ordenador portátil sin tener que disponer de conexiones físicas a la línea y sin depender de la cobertura ofrecida por las redes GSM, lo que indica que la tecnología es más eficiente si la comparamos con las anteriores.

1.6.6.1. Definición.

Local Multipoint Distribution System (LMDS) es una tecnología de comunicaciones inalámbricas de punto a multipunto que se inscribe en el marco del multimedia y se basa en una concepción celular. Utiliza ondas radioeléctricas a altas frecuencias en torno a 28 y 40 GHz. De acuerdo con esta filosofía, estos sistemas utilizan estaciones base distribuidas a lo largo de la zona que se pretende cubrir, de forma que en torno a cada una de ellas se agrupa un cierto número de usuarios, generando así de una manera natural una estructura basada en células, también llamadas áreas de servicio.

El territorio a cubrir se divide en células de varios kilómetros de radio (3-9 Km. en la banda de 28 GHz, 1-3 Km. en la banda de 40 GHz). El abonado al sistema recibe la señal mediante una de tres vías: desde el emisor principal de la célula, si existe visibilidad directa entre éste y el receptor; desde un repetidor, en zonas de sombra; y mediante un rayo reflejado en alguna superficie plana (paredes de edificios, reflectores / repetidores pasivos, etc.). La antena receptora puede ser de dimensiones muy reducidas (antenas planas de 16 x 16 cm.) con capacidad de emisión en banda ancha (señal de TV o datos a alta velocidad) o estrecha (telefonía o datos de baja velocidad), estos arreglos van a depender de la situación y configuración que se presente.

Dado el gran ancho de banda disponible, LMDS puede ser el soporte de una gran variedad de servicios simultáneos: televisión multicanal (difusión, PPV, Video On Demand), telefonía, datos, servicios interactivos multimedia (teleeducación, telemedicina, acceso a Internet en banda ancha, etc.). Se diferencia de otras tecnologías de transmisión inalámbrica, como WLL, en que puede proveer acceso a los mencionados servicios multimedia a más altas velocidades (hasta 8 Mbps).

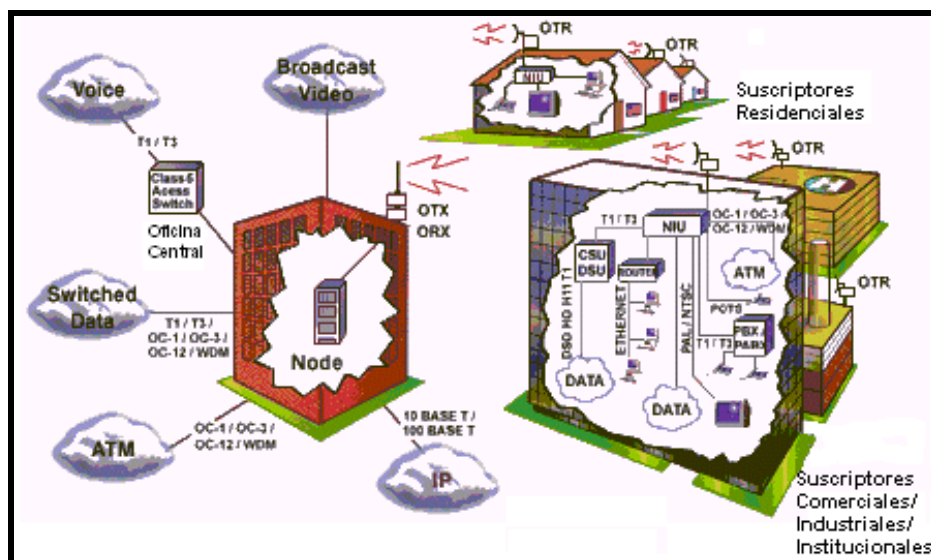


FIGURA 1.64: Bosquejo de un Sistema LMDS

En definitiva, se trata del acceso al bucle local vía radio. La tecnología LMDS se basa en la conversión de las señales en ondas de radio que se transmiten por el aire. Esta nueva tecnología presenta una serie de ventajas hasta ahora inalcanzables a través de las conexiones vía cable: alta capacidad de

transmisión, despliegue e instalación muy rápida, crecimiento inmediato y simplicidad en el mantenimiento.

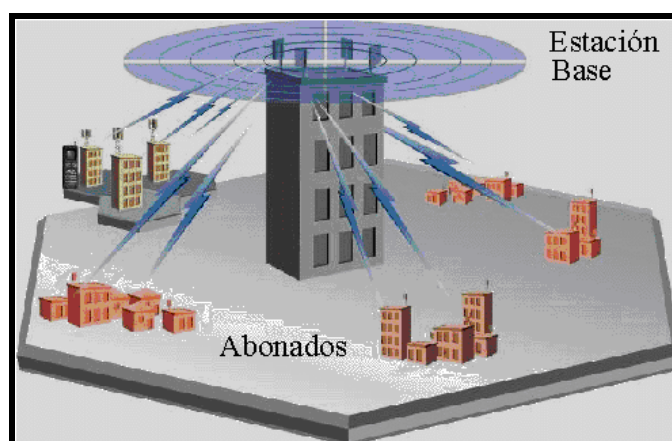


FIGURA 1.65: Acceso al bucle local vía radio

1.6.6.2. Modo de funcionamiento.

Su modo de funcionamiento se basa en dividir el diagrama de radiación de la antena en sectores, de forma que se puedan crear diferentes nodos de área de servicio. Así, si se dispone de un determinado margen de frecuencias X en la antena para cubrir una zona en la que se encuentran Y abonados, según el principio de sectorización de la antena, esta zona se podría dividir en, por ejemplo, Z sectores, de modo que cada uno de ellos, donde habría Y/Z abonados, utilizaría la frecuencia X completa para su propio servicio, con lo cual se obtiene una multiplicación de la capacidad del sistema en términos del número de abonados al que se puede dar servicio, al mismo tiempo que cada sector presenta un conjunto de servicios previamente determinado.

Este tipo de antenas aparece habitualmente en el ámbito de las comunicaciones celulares.

En LMDS la sectorización se realiza en cuadrantes, normalmente utilizando polaridades alternadas horizontal y vertical en cada sector. Esta diversidad en la polarización permite optimizar la reutilización de frecuencia; en el caso de 4 sectores se obtiene una ventaja de 4:1 con respecto a otros sistemas que no emplean técnicas de reutilización de frecuencia, lo cual proporciona una importante ventaja competitiva en términos de costes. Los niveles de reutilización del espectro obtenidos se acercan al cien por ciento.

Puede transmitir a velocidades que van desde 51,84 Mbps hasta 622 Mbps (también conocida como OC-12, similar a la existente para fibra óptica). Una simple célula LMDS puede soportar el equivalente a 128 líneas E1 o el equivalente a 3.800 líneas telefónicas por cada par de canales asignados de 56 MHz.

El equipo asociado a la estación base está configurado en función de una filosofía modular, de forma que se pueda realizar el despliegue para prácticamente cualquier número de circuitos por sector. En líneas generales, se puede afirmar que la capacidad de estos sistemas es realmente notable comparándolos con las otras tecnologías.

1.6.6.2.1. Tipos de modulación.

La tecnología LMDS utiliza el método de modulación QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) que permite reducir las interferencias y aumentar casi hasta el cien por ciento la reutilización del espectro. El ancho de banda conseguido gracias a estas características se acerca a 1 Gbps. Por otra parte, en lo que respecta al contexto de protocolos, LMDS aparece como un sistema especialmente neutro, lo cual aumenta su potencial integrador pudiendo trabajar en entornos ATM, TCP/IP y MPEG-2.

1.6.6.3. Bandas de operación.

Como resultado de las características de propagación de las señales en este rango de frecuencias, los Sistemas LMDS utilizan una arquitectura de red basada en celdas, por lo cual los servicios proveídos son fijos y no móviles. En los Estados Unidos, un ancho de banda de 1.3 MHz (27.5 B 28.35 GHz, 29.1 B 29.25 GHz, 31.075 B 31.225 GHz, 31 B 31.075 GHz, y 31.225 B 31.3 GHz) ha sido reservado para transmitir servicios de banda ancha punto a punto o punto a multipunto basado en LMDS, tanto para consumidores comerciales como residenciales.

A continuación veremos las bandas que utilizan en diferentes partes del mundo para desarrollar la tecnología LMDS, donde nos podremos dar cuenta que generalmente las bandas están entre 26 y 30 GHz:

PAÍSES	BANDAS
Venezuela	24, 25, 26, 28 y 29 GHz.
EE.UU.	24, 28 y 31 GHz.
Canadá	26 – 28 GHz.
Europa	28 y 42 GHz
Ecuador	27.5 – 28.35 y 29.1 – 29.25

TABLA 1.6: Bandas asignadas para la Tecnología LMDS

1.6.6.4. Arquitectura y Topología de Red.

En estos sistemas, el territorio a cubrir se divide en celdas de varios kilómetros de radio (10-15 Km. en la banda 3,5 GHz, 3-9 Km. en la banda de 28 GHz, 1-3 Km. en la banda de 40 GHz). El usuario recibe la señal mediante una de estas tres posibles vías: desde el emisor principal de la célula, si existe visibilidad directa entre éste y el receptor; desde un repetidor, en zonas de sombra; mediante un rayo reflejado en alguna superficie plana (paredes de edificios, reflectores/repetidores pasivos, etc.). La antena receptora puede ser de dimensiones muy reducidas como antenas planas, con capacidad de emisión en banda ancha o en banda estrecha.

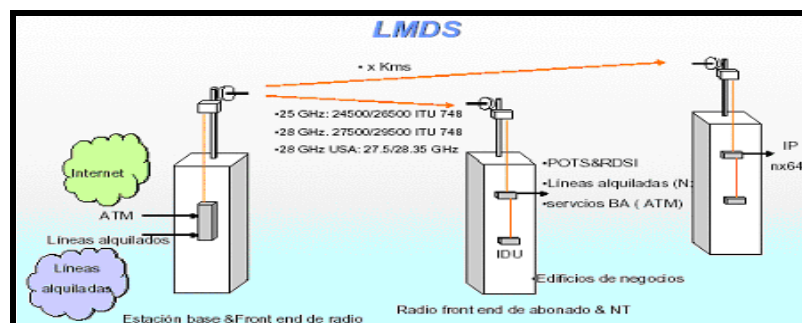


FIGURA 1.66: Estructura de una red punto a multipunto

Las redes de acceso inalámbricas se caracterizan por una estructura punto a multipunto: una estación base ubicada en un lugar apropiado, ofrece cobertura a un conjunto de estaciones de abonado, que entran dentro de su zona de cobertura. Así la estructura de una red de acceso inalámbrica coincide con la de cualquier red de tipo celular; pero con las ventajas propias de que los terminales a los que hay que proporcionar servicio no son móviles, sino fijos.

Ello implica que los mismos pueden tener mayor tamaño y consumo mayor, pudiendo funcionar a frecuencias más altas, de mayor anchura de banda y capacidad, aunque necesitan línea de vista directa entre la estación base y las estaciones de abonado. Una red inalámbrica como LMDS tiene normalmente opciones de acceso cableado, en la práctica por medio de fibra óptica. Por ello en muchas ocasiones se denomina a LMDS como una red de acceso HFR, es decir Híbrida Fibra Radio, ya que las estaciones base se encuentran interconectadas con fibra óptica. Además el equipamiento puede verse en forma separada la parte del operador y la de los clientes o CPE (Equipamiento de la Instalación del Cliente).

En el diseño de sistemas LMDS son posibles varias arquitecturas de red. La mayoría de los operadores de sistemas utilizan diseños de acceso inalámbrico punto a multipunto, a pesar de que se pueden proveer sistemas

punto a punto y sistemas de distribución de TV con el sistema LMDS. La arquitectura de red LMDS consiste principalmente en cuatro partes:

- **NOC:** Es el Centro de Operaciones y Administración de la Red o Cabecera.
- **Backbone:** Es la infraestructura de fibra óptica.
- **Estación Base.**
- **CPE:** Es el equipo del cliente.

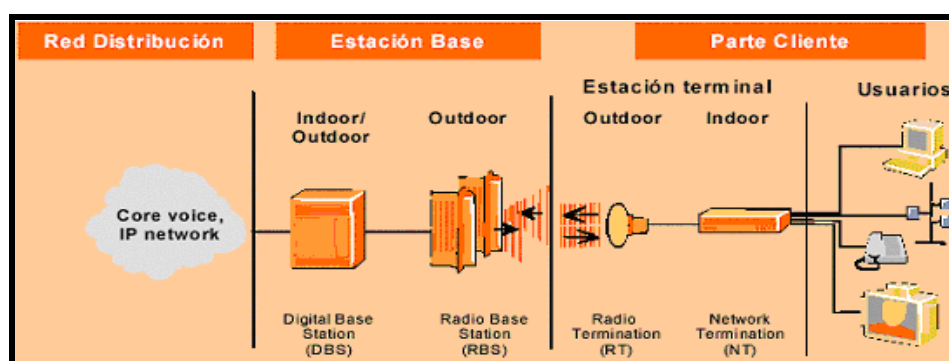


FIGURA 1.67: Esquema de Red LMDS

El Centro de Operaciones de la Red (Network Operation Center – NOC) contiene el equipo del Sistema de Administración de la Red (Network Management System – NMS) que está encargado de administrar amplias regiones de la red del consumidor. Se pueden interconectar varios NOC's.

La infraestructura basada en fibra óptica, típicamente consiste en Redes Ópticas Síncronas (SONET), señales ópticas OC-12, OC-3 y enlaces DS-3,

equipos de oficina central (CO), sistemas de conmutación ATM e IP, y conexiones con la Internet y la Red Telefónica Pública (PSTNs).

En la estación base es donde se realiza la conversión de la infraestructura de fibra a la infraestructura inalámbrica. Los equipos que permiten la conversión incluyen la interfaz de red para la terminación de la fibra, funciones de modulación y demodulación, equipos de transmisión y recepción de microondas ubicados típicamente en techos o postes. Entre sus características se encuentra la conmutación local que puede no estar presente en diferentes diseños. Si la conmutación local se encuentra presente, los consumidores conectados a la estación base pueden comunicarse entre sí sin tener que entrar en la infraestructura de fibra óptica. De esta manera, la administración del canal de acceso, registro y autenticación ocurren localmente en la estación base.

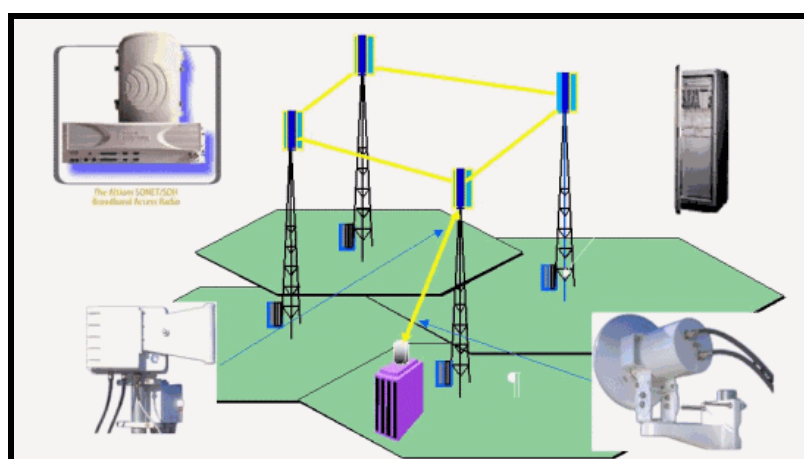


FIGURA 1.68: Equipos e Interconectividad de celdas de un sistema LMDS

La arquitectura estación-base alternativa simplemente provee enlace a la infraestructura de fibra óptica. Todo el tráfico dentro de la infraestructura de fibra debe terminar en switches ATM o equipos de oficina central. Bajo esta premisa, si dos consumidores conectados a una misma estación base desean comunicarse entre ellos, la comunicación se lleva a cabo en una zona centralizada. Las funciones de autenticación, registro y administración de tráfico se realizan centralizadamente.

Las configuraciones del equipo especial del cliente varían entre vendedor y vendedor y dependen de las necesidades del cliente. Principalmente, toda configuración incluye equipo microondas externo y equipo digital interno capaz de proveer modulación, demodulación, control y funcionalidad de la interfaz del equipo especial del cliente.

El equipo del cliente puede añadirse a la red utilizando métodos de división de tiempo (Time Division Multiple Access – TDMA), división de frecuencia (Frequency Division Multiple Access – FDMA) o división de código (Code Division Multiple Access – CDMA), en cualquiera de estos tres métodos el equipo del cliente tendrá acceso a la red.

Las interfases de los equipos del cliente cubrirán el rango de señales digitales desde nivel 0 (DS-0), servicio telefónico (POTS), 10BaseT, DS-1 no

estructurado, DS-1 estructurado, Frame Relay, ATM25, ATM serial sobre T1, DS-3, OC-3 y OC-1.

Las necesidades de los clientes pueden variar entre grandes empresas (por ejemplo: hospitales, universidades y edificios de oficinas) en las cuales el equipo microondas es compartido por muchos usuarios, en tiendas de centros comerciales y residencias, en las que serán conectadas oficinas utilizando 10BaseT y/o dos líneas telefónicas (POTS). De acuerdo a los requerimientos del cliente se necesitarán diferentes configuraciones de equipo y distintos costos.

1.6.6.5. Clases de antenas.

Estos sistemas trabajan en bandas de frecuencias distintas dependiendo del país. Por lo tanto, las antenas utilizadas serán ligeramente diferentes. Las antenas utilizadas en las estaciones base tienen ganancias menores, pudiendo emplearse bien antenas omnidireccionales (6-15 dB) o bien sectoriales (15-25 dB). En cambio, la antena de usuario es bastante directiva y, por lo tanto, de ganancia elevada (30-35 dB).

En el caso de las antenas de la estación base, interesa radiar las señales de tal forma que todos los usuarios de la celda reciban un nivel comparable de potencia, al mismo tiempo que fuera de la celda se reciba la menor potencia

posible por cuestiones de interferencia. Suponiendo un esquema sectorial, la mejor solución para ello es emplear una antena con un determinado diagrama de radiación en elevación y lóbulos secundarios acimutales muy bajos. En este caso también suele especificarse una plantilla donde se limita el nivel de los lóbulos secundarios en los sectores adyacentes, y de la radiación de polarización cruzada.

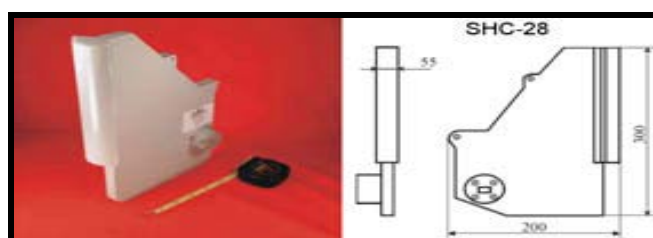


FIGURA 1.69: Antena sectorial utilizada en la Estación Base (15-25 dB)

Por otro lado, los clientes LMDS requieren de antenas similares a las empleadas en los enlaces punto a punto, aunque con diferencias notables en cuanto a costo y fiabilidad. Esto se traduce en antenas e instalaciones menos sofisticadas y de menor costo, similares a las de TV satélite.



FIGURA 1.70: Antena directa instalada en emplazamiento usuario (30-35 dB)

1.6.6.5.1. Diagrama vertical y atenuación por lluvia.

Es necesario conformar un cierto diagrama de radiación en el plano vertical para que los distintos usuarios de un sistema LMDS reciban un nivel de señal comparable independientemente de su distancia a la estación base y de esta forma disminuir la posible atenuación.

La forma que debe adquirir este diagrama es del tipo cosecante al cuadrado (Csc^2). Considerando la geometría de enlace representada en la Figura, donde se ha tomado una celda de 3 Km. de radio y 2 usuarios situados en el borde de la celda y a una distancia de 100 m de la estación base, se obtienen unos ángulos de elevación para las antenas de los usuarios 1 y 2 de $16,7^\circ$ y $0,6^\circ$ respectivamente. La potencia de señal recibida por cada uno de estos usuarios es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia recorrida por las ondas radioeléctricas, la cual a su vez puede ser inversamente proporcional al seno del ángulo de elevación.

Por lo tanto, la potencia recibida es directamente proporcional al cuadrado del seno (Sen^2) del ángulo de elevación, es decir, para que ambos usuarios reciban la misma potencia es necesario colocar una antena en la estación base con un diagrama de radiación en el plano vertical del tipo Csc^2 . Así, normalizando la ganancia de la antena con respecto al usuario 2, el usuario 1 requiere una ganancia relativa de aproximadamente -29 dB.

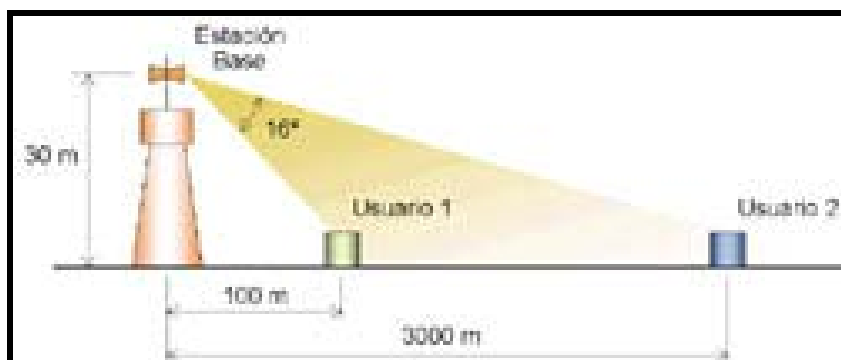


FIGURA 1.71: Geometría de enlace

Todos estos cálculos previos tienen en cuenta tan sólo las pérdidas de propagación en espacio libre, sin considerar ningún fenómeno adicional. En el caso de sistemas operando a frecuencias milimétricas, la lluvia es un importante factor de degradación. Bajo condiciones de fuerte lluvia (15 mm/h por ejemplo), la atenuación puede llegar a ser mayor de 3 dB/Km. para frecuencias cercanas a los 28 GHz. Así, la señal del usuario 2 sufriría pérdidas adicionales de 9 dB, mientras que en el caso del usuario 1 tan sólo de 0,3 dB. Esta atenuación por lluvia limita el alcance y las prestaciones del sistema, especialmente para los usuarios que se encuentran más alejados.

Por lo tanto, para compensar los efectos provocados por condiciones atmosféricas adversas se tiene que, o bien sustituir los transceptores por equipos de mayor potencia y mejor sensibilidad, o bien modificar el diagrama de radiación de la antena para tener en cuenta la atenuación por lluvia. En el primer caso los costes son considerables, mientras que en el segundo caso resultan marginales.

La distancia entre las antenas de transmisión y recepción va desde 1,6 hasta 6,4 Kilómetros, dependiendo de las condiciones meteorológicas, aunque la distancia óptima de emisión va aproximadamente desde 2,4 hasta 4,8 Kilómetros.

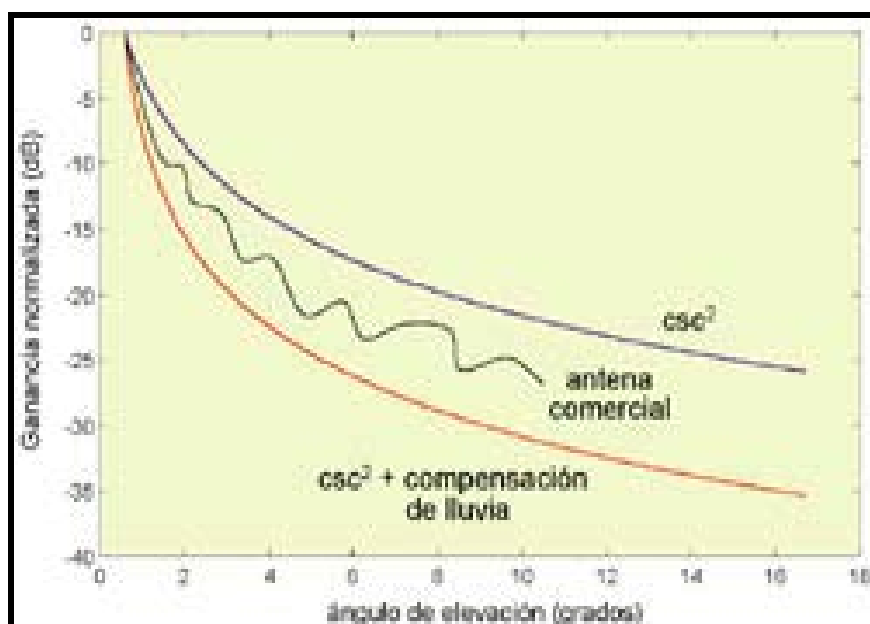


FIGURA 1.72: Diagrama de radiación de una antena en la Estación Base

El cambio necesario en el diagrama de radiación de la estación base para considerar los efectos de la atenuación por lluvia se muestra en la Figura anterior (curva roja). Como puede observarse, la ganancia debe aumentar considerablemente para los usuarios más alejados (ángulos de elevación menores), mientras que debe mantenerse prácticamente igual para los usuarios más cercanos (ángulos de elevación mayores). Esto significa que la antena debe tener un diagrama de radiación con una caída inicial más

abrupta que el diagrama convencional del tipo Csc^2 . En el ejemplo del gráfico anterior se ha supuesto un margen de atenuación por lluvia de 10 dB. Las antenas comerciales suelen diseñarse para que su diagrama de radiación se encuentre.

1.6.6.6. Comparación con otras tecnologías.

A continuación se tiene un cuadro comparativo que permite evaluar las distintas tecnologías de acceso en cuanto a prestaciones e idoneidad para los servicios más importantes, disponibilidad y penetración.

	Acceso Ethernet	Cable Módem	ADSL	LMDS	MMDS
Infraestructura	Red dedicada a Internet	Red de CATV	Red Telefónica	Acceso inalámbrico (banda de 24.5 GHz a 26.5 GHz)	Acceso inalámbrico (banda de 2 GHz a 4 GHz)
BW Descendente Posible	100 Mbps	35 Mbps, compartido	8 Mbps	50 Mbps	10 Mbps
BW Descendente Actual	10 Mbps	10 Mbps, compartido (aprox. 500 Kbps por usuario)	2 Mbps	26 Mbps	500 Kbps – 1 Mbps
BW Ascendente Posible	100 Mbps	1.5 Mbps, compartido	500 Kbps	2 Mbps	2 Mbps
BW Ascendente Actual	10 Mbps	Aprox. 100 Kbps por usuario	150 Kbps	512 Kbps	512 Kbps
Módem	No	Cable Módem	ADSL Módem	Wireless Módem	Wireless Módem
Estándar	Sí (Ethernet)	No, dependiente del proveedor	Sí	No, dependiente del proveedor	No, dependiente del proveedor
BW Escalable	Sí, hasta 100 Mbps o incluso 1 Gbps	No	No	Sí	Sí

TABLA 1.7: Comparación con otras tecnologías

	Acceso Ethernet	Cable Módem	ADSL	LMDS	MMDS
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Gran capacidad • Bidireccional 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ofrecer gran capacidad (35 Mbps) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta velocidad • No depende del propietario o del edificio 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil instalación. • Permite ofrecer servicios de banda ancha donde el cable o xDSL no están disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil instalación • Permite ofrecer servicios de banda ancha donde el cable o xDSL no están disponibles
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> • Depende del propietario del edificio • No presta servicio a particulares aislados 	<ul style="list-style-type: none"> • Medio compartido • Depende del propietario o comunidad de vecinos del edificio 	<ul style="list-style-type: none"> • Asimétrico • Alto coste • No está disponible en cualquier lugar 	<ul style="list-style-type: none"> • Asimétrico • Visión directa • Equipos muy caros • Falta de estándares • Sensible a la lluvia 	<ul style="list-style-type: none"> • Asimétrico • Visión directa • Equipos muy caros • Falta de estándares

TABLA 1.8: Comparación con otras tecnologías (Continuación)

CAPÍTULO II

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS OPERADORES DE TELEFONÍA CELULAR EN GUAYAQUIL.

2.1. OPERADORAS DE TELEFONÍA CELULAR DEL ECUADOR.

Actualmente en nuestro país tenemos tres compañías que ofrecen como primer servicio la telefonía celular, estas tres compañías son: CONECEL (PORTA), OTECEL (MOVISTAR), y TELECSA (ALEGRO). Se habla de primer servicio, estas empresas quieren y están en la obligación de diversificar su tecnología implementada ofreciendo diferentes servicios de manera que puedan generar más ingresos económicos para sus empresas. Al mismo tiempo, tienen la oportunidad de ofrecer al usuario final más opciones de telecomunicaciones con una apertura de visión en la tecnología mundial.

La zona de cobertura de cada una de ellas abarca gran parte del país en provincias y regiones donde la demanda del servicio es considerable, exceptuando ciertos tramos en carreteras interurbanas donde por no existir

tal demanda, el servicio no se da, dejando incomunicados a todos los usuarios que se trasladan a lo largo de ellas privándolos de comunicación en caso de presentarse algún imprevisto. Esto para el caso de ciertas Operadoras, no todas en general.

Sus redes son amplias y escalables, por lo que no existirían zonas pobladas sin capacidad de recibir el servicio de telefonía móvil, o algún otro nuevo servicio de comunicación que se llegara a implementar. Todas las operadoras cuentan con diferente número de Estaciones Base, éstas a veces muy cercanas entre operadoras y bien distribuidas sobre una región en particular para generar los conocidos clusters y así obtener un área de cobertura total.

Día a día cada empresa intenta atraer nuevos clientes de diversas maneras ofreciendo promociones, tales como: planes corporativos, bajos costos por minuto en el uso del canal de comunicaciones, facilidades de mensajería tanto SMS como MMS, roaming internacional, Internet móvil, entre otros; y es allí donde surge la idea de ofrecer un servicio innovador y diferente como son los servicios multimedia fijos aplicando la tecnología de última milla LMDS para zonas comerciales, residenciales y rurales. Se aprovecha parte de su infraestructura de telefonía móvil para el montaje de antenas y la ubicación en refugios seguros de los equipos de backbone.

En este capítulo se mostrará la situación actual de cada una de estas Operadoras, es decir, desglosaremos todos los servicios de tecnología que ofrecen al usuario como empresa, requisitos para obtener dichos servicios, costos y todo lo concerniente a servicios, sea su servicio principal (Telefonía Celular) o servicios adicionales (Internet, datos, etc.). Esta revisión se llevará a cabo de manera individual, no se harán comparaciones entre Operadoras, ese no es el objetivo que se persigue en el presente trabajo.

2.1.1. Estrategias de competencia.

Una vez que TELEFÓNICA llegó a un acuerdo con BellSouth para adquirir todos sus activos de telefonía móvil en Latinoamérica, pasó a gestionar a más de 78 millones de clientes, alcanzando presencia en todos los mercados clave de Latinoamérica y una posición de liderazgo en la región. Ante su llegada a Ecuador, sus competidoras buscaron alternativas, y tal fue el caso de CONECEL, que al tener 2 millones de abonados, no quiso perder el liderazgo en el Ecuador. Con ese objetivo, un equipo de técnicos y administradores especializados de CONECEL diseñaron un plan que contempla inversiones, diversificación de servicios y hasta premios, para impedir que TELEFÓNICA le quite sus nichos de mercado.

Si bien la plaza fuerte de CONECEL es la región costa, donde BellSouth no pudo ganar muchos clientes, no se descarta que el mejor servicio ofrecido y

la conexión con España anunciados por TELEFÓNICA pueda atraer inclusive a los clientes actuales de Porta, por lo novedoso de los planes. La meta de CONECEL es mantener el 66% del mercado de telefonía celular en sus manos (1'961.034 de clientes), cosa que tiene que pelearla inteligentemente, frente al 33% que posee ahora TELEFÓNICA (1'051.174 abonados).

Por su parte, TELECSA alcanzó uno de sus primeros sueños, al lograr el intercambio de mensajes entre las tres compañías operadoras. Pero eso no lo es todo, ya que se ha creado un plan de campaña clave para ganar esos nichos de mercado que aún no han sido atendidos. Claro que para ello necesita una fuerte inversión si se quiere llegar a provincias que no tienen cobertura y a sectores rurales donde el servicio desaparece.

Esto prueba que existe una gran competencia en el campo de las comunicaciones móviles. Lo importante es que el desarrollo de la telefonía celular dinamiza la economía, crea mayores fuentes de trabajo y produce un desarrollo proporcional del país en todos los niveles.

2.1.2. TELEFÓNICA.

2.1.2.1. Información General.

Telefónica Móviles Ecuador inició sus operaciones el 14 de Octubre de 2004 con la adquisición del 100% de las acciones de OTECEL S.A., concesionaria

del servicio de telefonía móvil desde 1993. Esta empresa gestiona los activos de telefonía móvil del Grupo Telefónica en todo el mundo. Es una de las primeras operadoras de telefonía móvil del mundo y la empresa líder del sector en los mercados de habla hispana y portuguesa. Tiene operaciones en tres continentes y 80 millones de clientes gestionados (a febrero de 2005), incluyendo los de las operaciones de BellSouth en Latinoamérica, cuya adquisición concluyó en enero de 2005.

En el año 2004, Telefónica Móviles obtuvo un beneficio neto de 1.634 millones de euros. Los ingresos por operaciones alcanzaron los 11.828 millones de euros en el conjunto del año, con un crecimiento interanual de 17,5%.

2.1.2.2. Descripción del Grupo.

El Grupo TELEFÓNICA es uno de los líderes mundiales del sector de las telecomunicaciones, presente en Europa, África y Latinoamérica. Es el operador de referencia en los mercados de habla hispana y portuguesa, la segunda compañía integrada de telecomunicaciones del mundo y la tercera compañía por capitalización bursátil del sector.

Se está convirtiendo en el líder de los proveedores multiservicio y multidoméstico alrededor del mundo. En primer lugar, porque define para

cada país una oferta ajustada a las singularidades de cada mercado, adaptándose a las necesidades de cada sociedad, siendo capaz de ser global y local, grande y accesible a la vez. En segundo lugar, porque es el único operador con peso significativo de mercado en todos los países relevantes para su negocio. Y en tercer lugar, porque la contribución al margen de explotación procedente de mercados distintos a su país de origen es superior a la mayoría de sus competidores. El Grupo consolidado tiene más de 173.000 empleados, de los cuales el 34% se encuentra en España y el 62% en Latinoamérica, además, ofrece soluciones integrales de telecomunicación a empresas y su base de clientes en el mundo supera los 120 millones de clientes.

TELEFÓNICA es una empresa totalmente privada. Cuenta con casi 1,7 millones de accionistas directos y su capital social está dividido en la actualidad en 4.955'891.361 acciones ordinarias que cotizan en el mercado continuo de las bolsas españolas (Madrid, Barcelona, Bilbao y Valencia) y en las bolsas de Londres, París, Frankfurt, Tokio, Nueva York, Lima, Buenos Aires, Sao Paulo y SEAQ Internacional de la Bolsa de Londres.

2.1.2.3. Presencia internacional.

La actividad de TELEFÓNICA se centra fundamentalmente en los negocios de telefonía fija y telefonía móvil, con la banda ancha como herramienta

clave para el desarrollo de ambos negocios. Tiene una fuerte presencia en Latinoamérica, con una inversión acumulada en infraestructuras y adquisiciones que supera los 70.000 millones de euros.

Desarrolla operaciones en tres continentes, y si bien realiza operaciones en aproximadamente 40 naciones, su presencia es significativa en 15 países donde actúa con una clara estrategia de crecimiento: España, Marruecos, Brasil, México, Guatemala, El Salvador, Panamá, Nicaragua, Venezuela, Colombia, Perú, Ecuador, Argentina, Chile y Uruguay.

2.1.2.4. Presencia en Ecuador.

Nace Movistar en Ecuador con una imagen innovadora, que se ve reforzada por la presencia institucional de la marca TELEFÓNICA. Es parte de la mayor comunidad de telefonía móvil de habla hispana, en una operación sin precedentes en el mercado de las telecomunicaciones. En Ecuador, más de 3.500 personas han trabajado para que hoy Movistar esté presente en todo el país. Los clientes de BellSouth pasan a ser clientes de Movistar sin que por ello tengan que cambiar ni de número ni de terminal.

2.1.2.5. Organización.

TELEFÓNICA es el impulsador del ADSL en España y Latinoamérica. A lo largo de los últimos años, el Grupo ha concentrado su negocio de

telecomunicaciones, reforzando su presencia en los mercados de telefonía fija y telefonía móvil.

Como resultado de ello, el modelo de negocio se orienta a satisfacer las expectativas y necesidades de comunicación de sus clientes mediante soluciones integrales personalizadas, gestionando la integración de toda la tecnología necesaria (voz, datos y sistemas de información).

Su servicio comprende toda la cadena de valor, desde la conectividad hasta la consultoría, el desarrollo, y la implantación de las soluciones de comunicación. Cuenta con un amplio catálogo de servicios y soluciones, y asegura calidad extremo a extremo, flexibilidad y servicio integral.

Todas las inversiones de TELEFÓNICA en el sector de la telefonía fija en Latinoamérica se gestionan a través de TELEFÓNICA Latinoamérica, que presta servicios de telefonía básica, llamadas de larga distancia nacional e internacional, telefonía de uso público, Internet, alquiler y venta de equipos y terminales, radiobúsqueda, ISP, televisión por cable (en el caso de Perú) y otros servicios de valor agregado. Con ello, se prevé que en Ecuador es muy probable la implementación de soluciones más ágiles de comunicación y entretenimiento. Los negocios del grupo TELEFÓNICA se organizan conforme a las siguientes actividades:

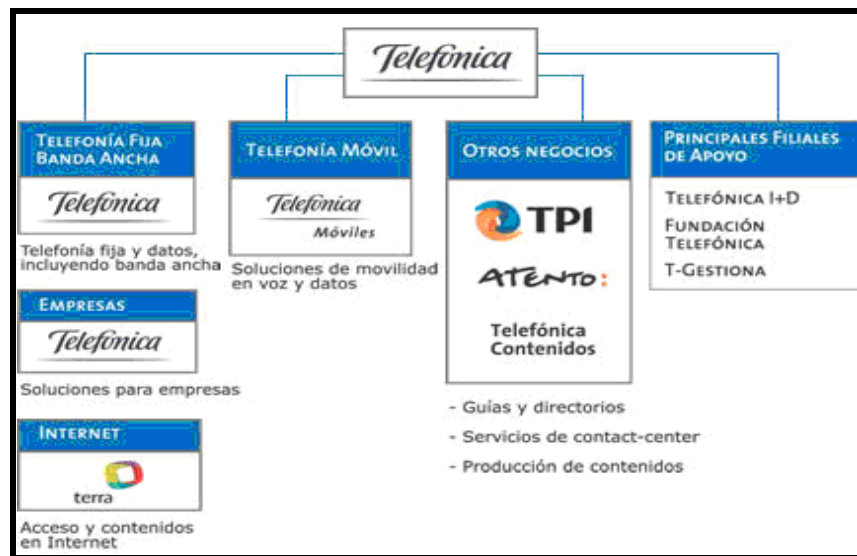


FIGURA 2.1: Grupo Telefónica.

El grupo TELEFÓNICA Latinoamérica se está concentrando en extender el servicio a toda la sociedad:

Argentina	1
Brasil	1
Chile	1
Colombia	2
Ecuador	2
El Salvador	2
Guatemala	3
México	2
Nicaragua	1
Panamá	1
Uruguay	2
Venezuela	1

FIGURA 2.2: Posición de Mercado de Telefónica en Latinoamérica.

2.1.2.6. Reconocimiento de los mercados financieros.

TELEFÓNICA se sitúa actualmente entre los mayores operadores de telecomunicaciones por capitalización bursátil. Los mercados financieros han

Certificado el éxito de la estrategia de este Grupo y su firme compromiso con sus accionistas. Los resultados obtenidos por TELEFÓNICA y su mejora gradual, han permitido que la Compañía pueda aplicar una política de retribución al accionista muy activa. Esta política, se convierte en una de las más ambiciosas del sector de las telecomunicaciones europeas. TELEFÓNICA tiene un compromiso explícito y a largo plazo, que se asienta en dos principios fundamentales:

- En primer lugar, la vuelta al pago de un dividendo en efectivo como forma de retribución directa en sustitución de las ampliaciones de capital liberadas que se venían realizando desde 1998.
- En segundo lugar, la recompra de acciones propias como alternativa realizada de forma selectiva en función de la cotización de las acciones para aumentar el valor del activo de los accionistas.

2.1.2.7. Servicios actuales y Proyectos a mediano plazo.

Actualmente, Movistar en Ecuador ofrece como primer servicio la telefonía celular, este operador trabaja en el Ecuador con una tecnología muy robusta, CDMA 2000 1X, y gracias a este hecho, ha podido ofrecer a sus clientes algunos servicios dentro de la telefonía celular tales como: Llamada en espera, envío de mensajes escritos (local, entre operadores, internacionales), envío de mensajes multimedia, navegación wap, etc. También ofrecen el servicio de conectividad móvil en donde instalando un software en una

computadora y conectando este al teléfono celular (usado como modem) se puede obtener conexión a Internet. Una de las desventajas en nuestro medio de trabajar con la tecnología CDMA versus trabajar con GSM, es que la variedad de equipos terminales en CDMA es considerablemente baja comparada con la de GSM, y tomando en cuenta que en nuestro país al usuario final le interesa más lo novedoso que sean los equipos y no la tecnología con la trabajen.

Movistar recientemente ha ingresado al mercado con la tecnología 3GSM y esperan capturar usuarios de su competencia (Porta), a pesar de que recién la están implementando entran al mercado con mucha agresividad lo que significa una mayor competencia que al final beneficia al usuario final.

Por esto, Movistar ha decidido como siguiente proyecto implementar la tecnología 3GSM, lo que significa una gran inversión. Ellos están seguros de que con esta tecnología tendrán una incidencia más fuerte hacia los próximos usuarios, incluyendo a los de otras operadoras, y de esta forma competir de forma más efectiva con Porta que tiene implementada 3GSM.

2.1.2.8. Resumen de Usuarios del primer semestre 2005.

Hasta el momento según un reporte de la SUPTEL sobre las redes de Movistar, se encuentran 1'672.595 usuarios reportados hasta julio del 2005.

En la tabla 2.1 se muestra mes a mes nuevos usuarios se siguen incrementando a esta empresa sea para servicio prepago o postpago.

FECHA	TELEFONICA (Movistar) (TDMA y CDMA)		TOTAL
	PREPAGO	POSTPAGO	
Enero - 05	960.065	246.121	1.206.186
Febrero - 05	990.543	265.784	1.256.327
Marzo - 05	1.029.994	288.259	1.318.253
Abril - 05	1.171.843	307.219	1.479.062
Mayo - 05	1.269.317	333.692	1.603.009
Junio - 05	1.319.037	338.579	1.657.616
Julio - 05	1.331.901	340.694	1.672.595

TABLA 2.1: Resumen de Usuarios de TELEFÓNICA.

2.1.3. CONECEL.

2.1.3.1. Descripción del Operador.

El Consorcio Ecuatoriano de Telecomunicaciones, S.A. CONECEL es un operador de telecomunicaciones inalámbricas en Ecuador. La red celular de esta empresa utiliza tecnología digital TDMA y cubre aproximadamente el 77% del área geográfica del Ecuador y aproximadamente el 85% de su población.

Hasta junio de 2.002, tenían aproximadamente 653.000 suscriptores, representando un 59% de la participación del mercado inalámbrico del Ecuador. PORTA está operando desde 1.993, es la empresa de telefonía

celular líder en Ecuador con más de 2.8 millones de usuarios, con servicio en todas las provincias del Ecuador cubriendo más de 1.000 poblaciones, 3.800 kilómetros de carreteras y caminos vecinales en las 4 regiones del país.

Es además, una compañía subsidiaria del grupo mexicano América Móvil que surge de la necesidad de fortalecer la agresiva estrategia de internacionalización del grupo para afianzar sus operaciones en todos los mercados donde tiene presencia.

2.1.3.2. Tecnología TDMA y 3GSM.

En el Ecuador, TDMA esta presente desde 1.993. Con TDMA los teléfonos funcionan en forma digital, y brindan ventajas significativas al usuario final, tales como: capacidad de almacenamiento de información, 2 canales de comunicación diferentes y gran variedad de opciones de red. Con TDMA, PORTA reafirma su compromiso con sus clientes, ofreciendo servicios integrales de telecomunicaciones en todo el territorio Ecuatoriano.

Además, PORTA se suma a las empresas de telecomunicaciones implementando en Ecuador su red 3GSM. Esta tecnología es líder en 200 países con más de 1.000 millones de usuarios, y según las estadísticas, 7 de cada 10 usuarios en el mundo la utilizan para sus comunicaciones móviles. 3GSM se diferencia de otras tecnologías en que todos los teléfonos

funcionan con un CHIP inteligente que se inserta en la parte posterior de los mismos y brinda ventajas significativas al usuario final, tales como:

- Excepcional claridad de voz.
- Traslado de un número y agenda personal.
- Cambio de TDMA a 3GSM con el mismo número.
- Comunicación inclonable e inviolable.
- Cobertura Nacional.
- Gran variedad de teléfonos.
- Alta velocidad de transmisión de datos.
- Roaming Internacional automático.

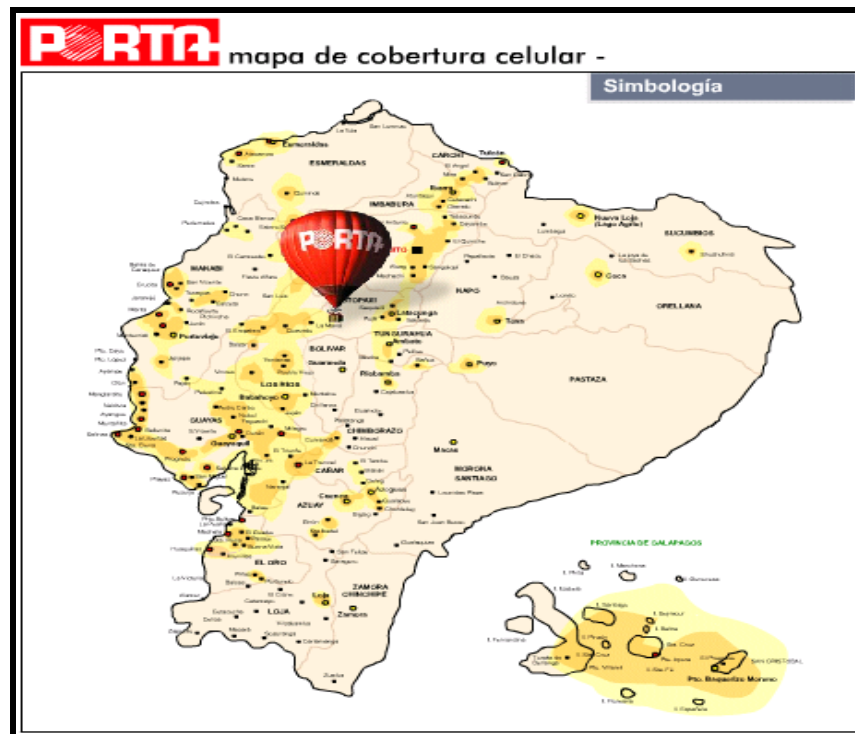


FIGURA 2.3: Cobertura con la red TDMA.

Otro servicio adicional a los anteriores, es el llamado Datum que es una marca de Porta que promete cubrir las necesidades de conectividad empresarial a Internet, pasando por la provisión de enlaces o circuitos virtuales de datos (usando la red de transporte de banda ancha más grande del país), hasta un sistema avanzado de transmisión de datos vía red celular, conocida en el mundo como CDPD (Cellular Digital Packet Data), GPRS en el 2004. Las características del sistema son:

- Enlace dedicado 24 horas a Internet ilimitado.
- No usa la red telefónica pública.
- Anchos de banda desde 64 Kbps en adelante.
- La última milla es Clear Channel.
- Direcciones públicas fijas validas en internet.
- Soporte técnico y calidad de servicio 7x24x365.
- Soporte en la configuración de Proxys, servidor de correo, sistema operativo de red, etc.

El servicio de Internet Corporativo actualmente comercializa dos productos: Redes Dedicadas, que son enlaces permanentes de última milla hacia el internet, permitiendo a la empresa una conexión 7x24x365 y con velocidades superiores a una conexión Dial Up; y Redes Conmutadas, orientadas a pequeñas empresas, que aprovechan una conexión Dial Up vía una computadora central.

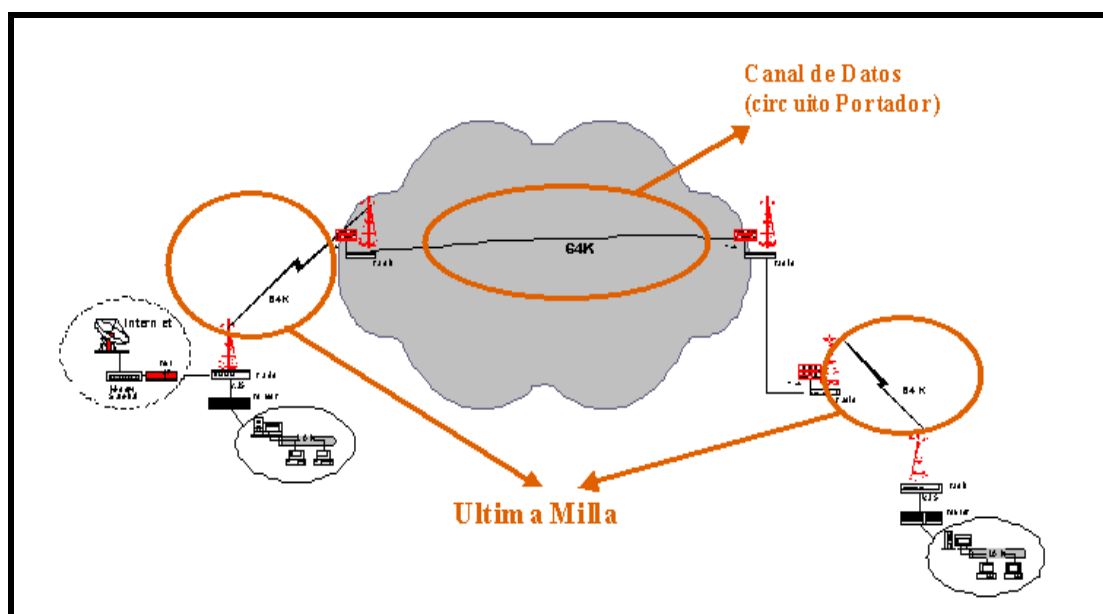


FIGURA 2.5: Transmisión de datos a través de DATUM.

PORTA también ofrece Internet Dial Up con su servicio llamado Portanet, que puede ser contratado como paquetes mensuales o prepagado con las mismas tarjetas utilizadas al ingresar saldo en el equipo celular.

2.1.3.4. Telefonía y Salud.

Las investigaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), demuestran como las radiaciones no ionizantes emitidas por la red celular, no genera ningún impacto en la salud. Las radiobases celulares y equipos de transmisión de porta, no generan ningún tipo de radiación que afecte a la salud humana. El crecimiento en América Latina y el Caribe de los servicios de telecomunicaciones inalámbricas ha originado un notable beneficio para la población, incremento en la penetración, comunicando e integrando a más

personas, potenciando oportunidades de negocios y trabajo, mejorando la calidad de vida; evidenciando el aumento de estaciones de radiocomunicaciones, las cuales generan campos electromagnéticos.

Hoy en día, nos encontramos expuestos, en mayor o menor grado, a los campos electromagnéticos de las antenas de las diversas estaciones de los sistemas de comunicaciones (radiodifusión, buscapersonas, telefonía móvil celular, radio convencional, televisión, etc.) así como también de los mismos terminales portátiles o móviles, lo cual ha generado ciertas inquietudes relacionadas a los efectos que podrían estar produciendo dichos campos. Al usar un teléfono celular, necesitamos de redes instaladas para completar nuestras llamadas y continuar conectados. Sin una red de estaciones base en lugares donde la gente quiere utilizar sus teléfonos éstos simplemente no funcionarían.

2.1.3.5. Resumen de Usuarios del primer semestre 2005.

Conecel es la empresa de Telecomunicaciones que tiene más abonados, hasta el mes de julio, la SUPTEL reportó 3.216.202 abonados a su red de telefonía celular. De la misma manera que ocurrió con Movistar, los clientes de Porta siguen aumentando mes a mes, y nos da una perspectiva de que todavía en Ecuador existe un mercado bastante amplio de telefonía móvil y de Internet, tal como lo muestra la tabla 2.2.

FECHA	CONECEL (Porta) (TDMA y GSM)		TOTAL
	PREPAGO	POSTPAGO	
Enero - 05	2.204.825	246.121	1.206.186
Febrero - 05	2.289.595	221.117	2.510.712
Marzo - 05	2.394.702	232.339	2.627.041
Abril - 05	2.565.857	242.792	2.808.649
Mayo - 05	2.688.343	256.644	2.944.987
Junio - 05	2.781.736	271.769	3.053.505
Julio - 05	2.929.394	286.808	3.216.202

TABLA 2.2: Resumen de Usuarios de CONECEL.

2.1.4. TELECSA.

Alegro PCS es el nombre comercial de Telecomunicaciones Móviles del Ecuador, TELECSA, concesionaria del Estado Ecuatoriano para la prestación del Servicio Móvil Avanzado (SAM). TELECSA maneja en nuestro país una tecnología CDMA con 1.900 Mhz en PCS.

2.1.4.1. Cobertura.

Alegro comenzó a operar en Diciembre del 2.003 con cobertura en dos ciudades, Guayaquil y Quito, un par de meses después cubrieron Cuenca, ésta talvez fue una de las desventajas tomando en consideración que la primera intención de Alegro era captar el mercado de usuarios que tenían las otras dos operadoras, pero la cobertura no les ayudó, al usuario se le hacía

difícil la idea de cambiarse a otra operadora que no tenga por lo menos la misma cobertura que la que su operador actual.

En la actualidad, es una desventaja superada, Alegro en estos casi dos años ha logrado cubrir gran parte del territorio ecuatoriano tal como se puede apreciar en la figura 2.6.



FIGURA 2.6: Cobertura de la red CDMA de Alegro.

2.1.4.2. Servicios Adicionales.

Alegro sabía muy bien que su entrada al mercado ecuatoriano no sería nada fácil, tomando en cuenta que las otra dos operadoras se encontraban firmes, por lo tanto, su estrategia fue y sigue siendo captar a los futuros clientes de telefonía celular y además atraer a los clientes que se encuentran ya en las otras operadoras.

Para poder realizar esto, era necesario ofrecer servicios más atractivos, y esto es lo que la empresa trata de hacer con promociones, planes y servicios adicionales que a continuación se mencionan: Dúate, Tríate, Mondo, Mensajes de texto Alegro a Alegro, Mensajes de Texto a Otros Operadores, Mensajes de Texto Internacional, Mensajes de Texto Banking, Identificador de Llamadas, Llamada en espera, Conferencia Telefónica, Desvío de Llamadas, Código Secreto, Facturación Detallada, Cambio de Número, Cambio de Plan, Cesión de Contrato, Consulta de Saldo, Transferencia de Llamada, Buzón de mensajes, Larga Distancia Internacional, Número Privado, Alegro Seguro, y Alegro Asistencia.

Uno de los logros más importantes de Alegro en esta dura batalla de la competencia fue el poder presionar hasta que se llegue a un acuerdo entre las tres operadoras actuales de telefonía celular para que se haga la apertura tecnológica y se pueda enviar mensajes entre operadores, esto fue bien visto

por los clientes en general y ha sido atribuido a las gestiones de Alegro. Tiene además, dos servicios adicionales que recientemente se han implementado, “Niu Total” que ofrece Internet usando el celular como modem a un costo de \$30 mensual además del kit de instalación que depende de la marca y modelo del equipo; y “Niu Banda Ancha” que ofrece Internet banda ancha inalámbrica. Para usar el servicio NIU Banda Ancha se necesita una tarjeta PCMCIA II disponible en el mercado local a un costo de \$330 incluido IVA o \$119 incluido IVA con subsidio si se contrata el servicio por 18 meses. El costo mensual del servicio es \$69 y ofrecen velocidades desde 128 Kbps hasta 1.024 Kbps con un promedio de 300 y 600 Kbps. Cabe indicar que este servicio está limitado para los sectores más económicamente activos de las ciudades de Guayaquil y Quito.

2.1.4.3. Resumen de Usuarios del primer semestre 2005.

FECHA	TELECSA (Alegro) (CDMA)		TOTAL
	PREPAGO	POSTPAGO	
Enero - 05	93.401	26.456	119.857
Febrero - 05	104.856	26.440	131.296
Marzo - 05	112.874	27.766	140.640
Abril - 05	117.707	29.141	146.848
Mayo - 05	125.173	29.548	154.721
Junio - 05	130.707	30.027	160.734
Julio - 05	138.149	30.444	168.593

TABLA 2.3: Resumen de Usuarios de TELECSA.

2.2. Ubicación de Estaciones Base en la ciudad de Guayaquil.

Para cubrir el área de Guayaquil (20 km² aproximadamente) las operadoras necesitan tener instaladas como promedio 140 Radio Bases. En el anexo 1 se tienen las especificaciones de algunas de las radio bases más importantes instaladas en la ciudad de Guayaquil por una de las operadoras de telefonía celular. Cabe indicar que para el propósito de nuestro sistema se seleccionarán ciertas estaciones base, que según las especificaciones técnicas para la implementación de LMDS, son las más convenientes.

2.3. Arquitectura de las Radio bases.

Una Radio Base debe ser instalada en un terreno macizo, es necesario que la base de la antena este bien asentada debido al peso que va a soportar.

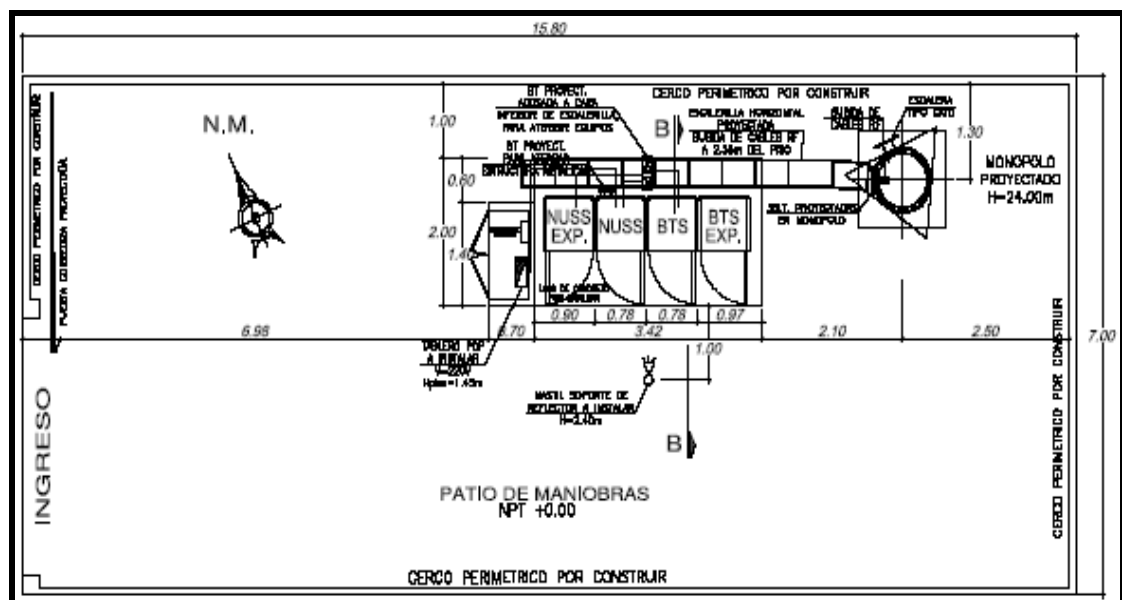


FIGURA 2.7: Arquitectura de una Radio Base

Como se puede observar en la gráfica, debe haber un espacio donde se monte el cuarto de equipos. Algo importante de señalar es que debe haber una conexión a tierra común para poder aterrizar todas las conexiones. En la Figura 2.8 se tiene una vista frontal de una antena triangular.

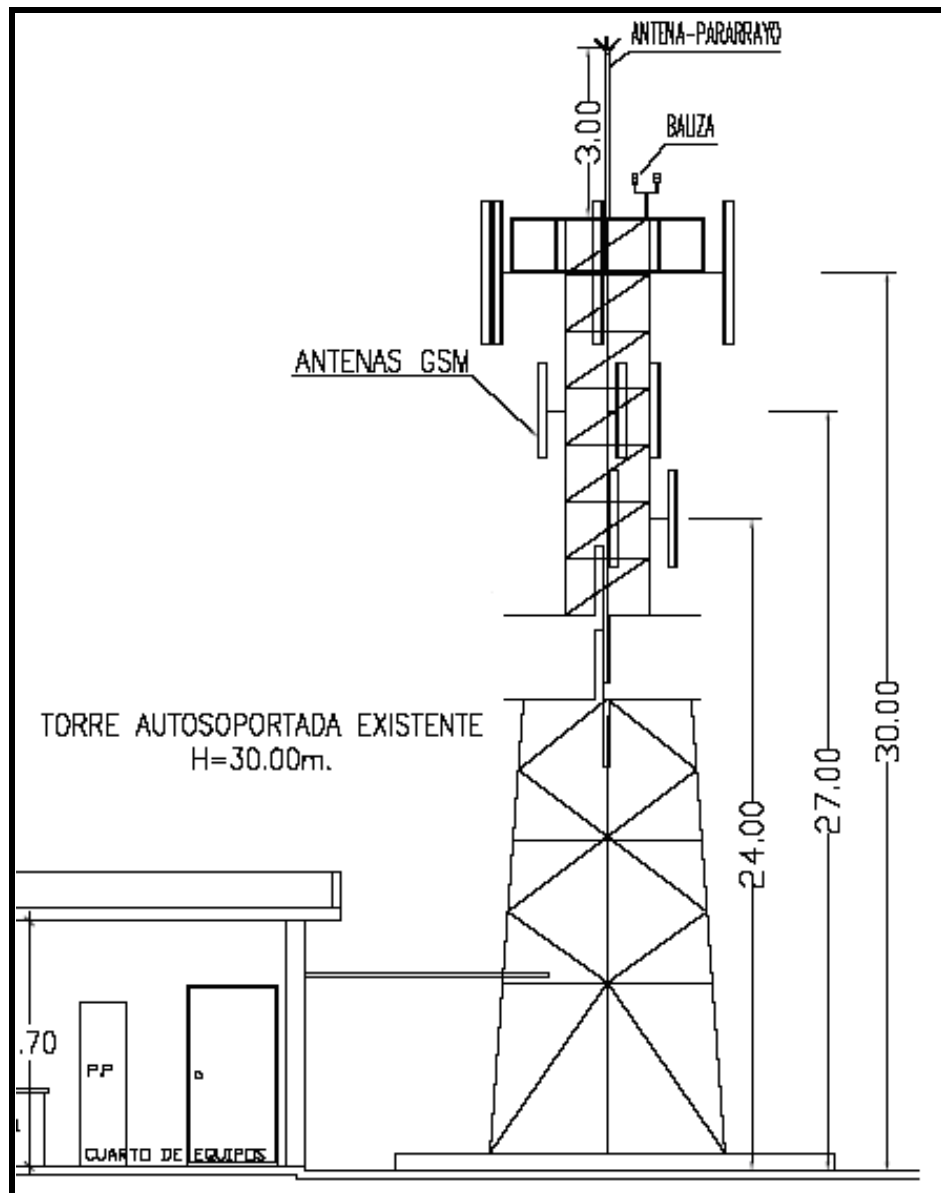


FIGURA 2.8: Vista frontal de una Antena Triangular

2.4. Estudio de la demanda de usuarios de Servicios de Telecomunicaciones en el Ecuador.

2.4.1. Evolución y Crecimiento.

Servicio	Unidad	1996	Julio-2005	% promedio Anual jul-2005/1996)
Telefonía Fija	Usuarios	800.763	1.664.939	8,91
Telefonía Móvil Celular	Usuarios	59.779	4.888.797	67,08
Servicio Móvil Avanzado**	Usuarios		168.593	-
Troncalizado	Usuarios	1.534	20.139	35,00
Portadores	Usuarios	46	20.959	104,11
Valor Agregado - Acceso a la Internet *	Usuarios	0	179.981	77,91
Concesionarios Privados	Concesionarios	1.388	5.585	17,62
Frecuencias Privadas	Frecuencias	4.329	14.709	15,32
Estaciones Privadas	Estaciones	58.219	127.915	9,61
Radiodifusión Sonora	Estaciones	831	1.174	4,11
Televisión	Estaciones	231	323	3,98
Televisión Codificada	Canales	705	578	-2,29
Nota (*): Crecimiento de los servicios de Valor Agregado en el período dic. 98 a julio 2005 (**): Datos del Servicio Móvil Avanzado desde dic. 2003 a julio 2005				

TABLA 2.4: Evolución de los Servicios de Telecomunicaciones

En general, el crecimiento anual de los servicios de telecomunicaciones en el Ecuador se muestra en la siguiente tabla desde julio de 2.004 hasta julio de 2.005:

Servicio	Unidad	Julio-2004	Julio-2005	% de crecimiento Anual
Telefonía Fija	Usuarios	1.585.938	1.664.939	4,98
Telefonía Móvil Celular	Usuarios	2.933.705	4.888.797	66,64
Servicio Móvil Avanzado	Usuarios	59.131	168.593	185,12
Troncalizado	Usuarios	17.819	20.139	13,02
Portadores	Usuarios	8.246	20.959	154,17
Valor Agregado Acceso a la Internet	Usuarios	181.541	179.981	-0,86
Concesionarios Privados	Concesionarios	5.091	5.585	9,70
Frecuencias Privadas	Frecuencias	13.328	14.709	10,36
Estaciones Privadas	Estaciones	116.437	127.915	9,86
Radiodifusión Sonora	Estaciones	1.087	1.174	8,00
Televisión	Estaciones	314	323	2,87
Televisión Codificada	Canales	678	578	-14,75

TABLA 2.5: Crecimiento anual de los Servicios de Telecomunicaciones

2.4.2. Servicios Portadores.

Los servicios de banda ancha y de telefonía móvil tanto de voz, mensajes de texto, datos, video, entre otros, han tenido gran acogida en nuestra ciudad y más aún en el Ecuador. Según la SUPTEL del Ecuador del año en curso, un promedio de 7 de cada 10 habitantes en Guayaquil y 5 de cada 10 en el Ecuador utilizan estos servicios a diario. Algunas de las Operadoras de Telefonía Celular brindan servicios portadores a menor escala, y nuestro objetivo es que por lo menos una de éstas crezca hasta el nivel de las que lo hacen a gran escala. Para tener una visión general de mercado a nivel de país, la siguiente tabla muestra un listado de las más importantes empresas de servicios portadores con la cantidad de clientes y enlaces que manejan.

No.	Operadora	Cobertura	Número de usuarios	Número de enlaces
1	ANDINATEL S.A.	Territorio Nacional	3.227	6.098
2	CONECEL S.A.	Territorio Nacional	77	174
3	ECUADORTELECOM S.A.	Territorio Nacional	-	-
4	ETAPA	Cantón Cuenca	170	203
5	ETAPATELECOM S.A.	Territorio Nacional	71	139
7	GRUPO BRAVCO CIA. LTDA.	Territorio Nacional	8	12
8	IMPSATEL DEL ECUADOR S.A.	Territorio Nacional	363	1.804
9	MEGADATOS S.A.	Territorio Nacional	384	840
10	NEDETEL S.A.	Territorio Nacional	33	41
11	OTECEL S.A.	Territorio Nacional	39	77
12	PACIFICTEL S.A.	Territorio Nacional	165	590
14	QUICKSAT S.A.	Territorio Nacional	1	1
15	SETEL S.A.	Territorio Nacional	1.179	1.204
16	SURATEL SA.	Territorio Nacional	14.361	16.031
17	TELCONET S.A.	Territorio Nacional	860	1.125
18	TELEHOLDING S.A.	Territorio Nacional	9	27
19	TRANSELECTRIC S.A.	Territorio Nacional	2	80
20	TRANSNEXA S.A.	Territorio Nacional	10	82
		TOTAL:	20.959	28.528

TABLA 2.6: Número de usuarios y enlaces de Operadoras de Servicios Portadores en Ecuador

2.4.3. Servicio de Internet.

Asimismo, la demanda del servicio de Internet es variable entre las Operadoras más importantes del país, hay que indicar que estas operadoras van en aumento, y la cantidad de usuarios con cuentas personales (Dial Up) y corporativas se detalla a continuación:

No.	Operadora	Cobertura	Cuentas Dial Up O Personales	Cuentas Corporativas
1	ANDINATEL S.A.	De acuerdo al contrato de concesión	25.831	2.059
2	ASAPTEL S.A.	Machala, Guayaquil y Puerto Baquerizo (Galápagos), Ambato.	30	9
3	AT&T GLOBAL NS	Quito, Guayaquil	108	15
4	COMPIM S.A.	Guayaquil	23	0
5	CONECCEL S.A.	Quito, Guayaquil	3.088	111
6	COSINET S.A.	Quito, Guayaquil	110	6
7	EASYNET	De acuerdo al contrato de concesión	10.778	145
8	EFICENSA S.A.	Guayaquil	19	0
9	ELECTROCOM (LK-TRO-COM)	Guayaquil	0	70
10	ESPOLTEL	Guayaquil	999	64
11	GRUPO BRAVCO	Quito, Guayaquil y Cuenca	1.299	23
12	IMPSATEL	Quito, Guayaquil, Lago Agrio, Loja	247	282
13	INFONET ECUADOR	Quito Guayaquil	0	30
14	INFRATEL CIA. LTDA.	Quito	0	18
15	INTELLICOM INFORMÁTICA (ECUAENLACE)	Guayaquil	235	7
16	JAIME BEJAR FEIJOO	Guayaquil	190	0
17	LUTROL S.A. (INTERACTIVE)	Guayaquil, Quito, Cuenca, Machala, Ambato, Manta.	10.148	2.866
18	MARKETING S.A.	Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato y Machala	2	21
19	MEGADATOS S.A.	Quito, Guayaquil, Cuenca	1.844	473
20	ONNET S.A.	Quito, Guayaquil, Cuenca, Manta, Esmeraldas, Machala, Libertad, Bahía de Caráquez	1.375	9
21	SPEEDNET S.A.	Guayaquil	337	1
22	PANCHONET	Quito y Guayaquil	4.009	105
		SUB-TOTAL 1:	53.107	5.726

TABLA 2.7: Número de usuarios del Servicio de Internet en el Ecuador

No.	Operadora	Cobertura	Cuentas Dial Up O Personales	Cuentas Corporativas
23	OTECEL S.A. (BELLSOUTH)	Tulcán, Ibarra, Cayambe, Quito y valles, Guayaquil, Salinas, Ambato, Latacunga, Riobamba, Cuenca, Esmeraldas, Manta, Portoviejo, Machala, Loja, carretera Santo Domingo-Guayaquil.	187	0
24	PARADYNE (Ecuador On Line)	Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato, Machala, Manta, Portoviejo	19	45
25	PUNTO NET S.A.	Quito, Guayaquil, Ambato, Riobamba, Santo Domingo, Machala, Manta, Cuenca	7.686	608
26	SATNET	Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato, Machala y Manta	9.256	376
27	SITA	Quito, Guayaquil, Cuenca, Manta, Machala, Ambato, Santo Domingo, Latacunga, Riobamba, Ibarra, Otavalo, Loja, Milagro, Salcedo, Azoguez, Santa Rosa, Huaquillas, Cayambe y Portoviejo	19	163
28	SETEL	Quito, Guayaquil y Cuenca	0	1.196
29	SURATEL	Quito y Guayaquil	9.229	4.461
30	SYSTELECOM	Quito y Guayaquil	3	19
31	TELCONET	Guayaquil, Quito, Loja	4.961	96
32	TESAT S.A.	Quito y Guayaquil	9	0
33	TRANS-TELCO	Quito y Guayaquil	0	294
		SUB-TOTAL 2:	38.934	7.846
		TOTAL:	92.041	13.572

TABLA 2.8: Número de usuarios del Servicio de Internet en el Ecuador (Cont.)

2.4.4. Telefonía Fija.

En el siguiente cuadro estadístico se puede apreciar el aumento que existe en los usuarios de telefonía fija durante el primer semestre de 2.005, y esto

es importante, porque esta tecnología (LMDS) también permite ofrecer este tipo de servicio.

Meses	Líneas principales				Líneas en Centrales	Población	Densidad Telefónica Nacional (%)
	Abonados	Servicio	Teléfonos Públicos	Total			
enero	1.606.221	10.211	11.414	1.627.846	1.937.476	12.986.900	12,53%
febrero	1.606.159	10.146	11.647	1.627.952	1.953.646	13.009.597	12,51%
marzo	1.616.274	10.176	11.896	1.638.346	1.961.696	13.009.597	12,59%
abril	1.624.138	10.061	11.995	1.646.194	1.999.285	13.077.959	12,59%
mayo	1.635.284	9.506	12.162	1.656.952	2.010.574	13.077.959	12,67%
junio	1.632.199	9.065	12.202	1.653.466	2.010.766	13.100.836	12,62%
julio	1.643.551	9.116	12.272	1.664.939	2.010.766	13.123.758	12,69%

TABLA 2.9: Número de usuarios de Telefonía Fija.

CAPÍTULO III

3. PROYECTO Y APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA LMDS.

3.1. CLIENTES Y COBERTURA.

Así como la tendencia de los usuarios de Servicios de Telecomunicaciones se orienta hacia tecnologías innovadoras y efectivas que dan soluciones de comunicación, se pretende ofrecer a las Operadoras de Telefonía Celular, la oportunidad de ampliar sus servicios móviles a servicios multimedia fijos con la aplicación de la tecnología LMDS.

De acuerdo a la información del capítulo precedente, existe gran demanda de Servicios Portadores, Internet y Telefonía Fija o Móvil a nivel de país, con tendencia a seguir creciendo debido a que día a día aparecen nuevos clientes que optan por estos servicios de comunicación para múltiples propósitos. Esto quiere decir, siempre y cuando se realice una buena administración, el mercado de las telecomunicaciones resulta cada vez más amplio, competitivo y rentable.

Si bien es cierto, este no es el objetivo de mercado actual de las Operadoras de Telefonía Celular, podría ser una excelente alternativa de negocios brindar Servicios Portadores y ofrecer Transmisión de Datos, Internet, Televisión o Telefonía, de manera independiente o general de acuerdo a las necesidades de sus clientes. El hecho de contar con una amplia infraestructura celular en Guayaquil y casi todo el Ecuador, hace posible que nuestra propuesta de implementar un Sistema LMDS, se realice a un costo más económico que lo que sería comúnmente si se edificaran nuevas Estaciones Base mediante obra civil.

Cada Operadora podría brindar los siguientes servicios de acuerdo a lo que sería su nuevo plan de ventas: TV multicanal por suscripción, interconectividad de redes LAN a manera de WLL, Videoconferencia (IP o ISDN), Frame Relay, Circuitos Dedicados (E1/T1, V.35), ISP y Telefonía Fija Convencional (POTS). Debería tomarse en cuenta a clientes de banda ancha en general que migran hacia tecnologías inalámbricas, por su seguridad, alta velocidad en la transmisión de datos y costos de servicio asequibles.

Por tales ventajas, este proyecto se dirige a clientes residenciales y corporativos potenciales: Hogares, Empresas que establecen comunicación entre sus redes locales (matrices y agencias), Colegios, Universidades,

Sistemas de pago con tarjetas de crédito (DataFast), Hospitales, CyberCafés y Sectores Productivos de Guayaquil en general.

De acuerdo a información obtenida de diferentes empresas proveedoras de Servicios de Telecomunicaciones (Portadores, Internet, Televisión Pagada y Telefonía Fija) en Guayaquil, sus clientes se reparten entre 3 sectores específicos de la ciudad de acuerdo a la concentración de actividad comercial de los mismos, de la siguiente manera:

Sectores de Guayaquil	Transmisión de Datos	Internet	Video	Voz	TOTAL SECTOR
Norte	1.104	950	13.845	15.467	31.366
Centro	1.400	709	10.254	10.230	22.593
Sur	965	587	12.878	14.700	29.130
TOTAL CLIENTES	3.469	2.246	36.977	40.397	83.089

TABLA 3.1: Clientes de Servicios de Telecomunicaciones en la ciudad de Guayaquil

Aunque existen proveedores de este tipo de Servicios que ofrecen sus enlaces de última milla de manera inalámbrica a diferentes frecuencias, la mayoría utiliza aún Redes de Cobre y HFC en sus enlaces finales. Con LMDS, el uso de cableado en la última milla se elimina en gran medida, y todos los enlaces pasan a ser inalámbricos. A corto plazo, la última milla de cobre seguiría acaparando mercado con relación a tecnologías inalámbricas,

pero se prevé que la demanda en los próximos 5 años de LMDS crecerá y atraerá a muchos clientes. A mediano plazo, el sistema comenzará a ganar el mercado de los usuarios de Internet corporativo y residencial que deseen conectarse a altas velocidades. A largo plazo, las Operadoras de Telefonía Celular podrían convertirse en Carriers y brindar servicios de banda ancha fijos, adicionales a los existentes de telefonía móvil que en la actualidad se administran eficazmente.

Considerando la capacidad de inversión de las Operadoras en nuevas tecnologías, con el fin de incrementar sus utilidades y ser empresas líderes en servicios de telecomunicaciones, creemos que la implementación de este sistema cubrirá la mayor parte de las necesidades de comunicación que actualmente requiere el mercado.

Es posible dar cobertura a todos los sectores de Guayaquil, de manera inicial nos concentraremos en áreas donde hay mayor actividad comercial y se irá escalando conforme aumente la demanda de servicios. Clientes potenciales que actualmente utilizan medios cableados y requieren de un mayor ancho de banda para sus comunicaciones, recibirán servicios inalámbricos de costos semejantes a los que se ofrecen con red de cobre. Para la ubicación de antenas sectorizadas LMDS, se utilizarán algunas de las mismas torres ubicadas en radiobases de una Operadora de Telefonía Móvil en particular, y

además el mismo refugio de equipos sería utilizado si fuese diseñado con capacidad suficiente para proyecciones futuras de expansión de la red y sus servicios. Para la disposición de Estaciones Base de nuestro sistema, se han tomado como referencia localidades donde en la actualidad funcionan celdas de telefonía celular, cuya ubicación se detalla en el Anexo 1.

La cobertura de zonas marginales en la disposición anterior no se descarta, debido a que en la actualidad la Cámara de Comercio de Guayaquil se encuentra desarrollando proyectos de educación vía Web para escuelas, colegios y la comunidad en general con ayuda de la Empresa Privada.

Por lo tanto, consideramos que con la utilización de 10 Estaciones Base para la instalación de antenas LMDS sectorizadas en los sectores anteriormente detallados, quedarían cubiertos los puntos más importantes donde existe actividad comercial. Factores externos como la lluvia, humedad, obstáculos y zonas de sombra fueron tomados en cuenta para la ubicación de las mismas, obteniendo una cobertura máxima de 3 Km. por celda.

3.2. ANÁLISIS DE TRÁFICO.

En vista de que la mayoría de servicios que se pueden brindar con LMDS se basan en la transmisión y recepción de datos, se presentan dos análisis de tráfico anuales de los servicios de telecomunicaciones que más se utilizan en

la actualidad para actividades productivas: Transmisión de Datos e Internet. Con esta información, se puede orientar a la Operadora interesada en implementar nuestro sistema, hacia qué tipo de tráfico se enfrentaría anualmente.

En redes basadas en la tecnología Ethernet clásica de bus compartido, el análisis del tráfico de red se basa habitualmente en la utilización de sondas con interfaz Ethernet conectadas al bus.

Dichas sondas, con su interfaz Ethernet funcionando en modo promiscuo, capturan el tráfico a analizar y constituyen la plataforma en la que se ejecutarán, de forma más o menos permanente, aplicaciones propietarias o de dominio público, con las que se podrá determinar el tipo de información que circula por la red y el impacto que pudiera llegar a tener sobre la misma. Así por ejemplo podríamos determinar la existencia de virus o el uso excesivo de aplicaciones P2P que comúnmente degradan las prestaciones de la red, sobre todo si se habla de los enlaces principales que dan acceso a Internet.

En las redes modernas basadas en conmutadores (switches), la sonda deberá conectarse a cada conmutador. Para realizar análisis de tráfico existe una gran variedad de soluciones que van desde productos propietarios

que incluyen hardware y software, hasta soluciones gratuitas y de código abierto comúnmente utilizadas bajo sistemas Linux-UNIX.

3.2.1. Aplicaciones gratuitas para el análisis de tráfico.

- **Network Top (NTOPI):** Es una sonda de red que muestra el uso de la red discriminando protocolos, puertos y aplicaciones. Está basada en la librería de captura de paquetes “pcap” y bajo sistemas UNIX se le conoce como TCPDump. Se la puede ubicar en: www.ntop.org.
- **Ethereal:** Es un potente analizador de protocolos de redes, al igual que NTOPI sus bases residen en la librería “pcap”, y fue diseñado para máquinas Unix y Windows. Nos permite capturar los datos directamente de una red u obtener la información a partir de una captura en disco (puede leer más de 20 tipos de formato distintos). Esta aplicación destaca también por su impresionante soporte de más de 300 protocolos. Se la puede ubicar en: www.ethereal.com.

3.2.2. Calidad de Servicio (QoS).

La calidad de servicio es el rendimiento de extremo a extremo de los servicios electrónicos tal como lo percibe el usuario final. Los parámetros de QoS son: el retardo, la variación del retardo y la pérdida de paquetes. Una red debe garantizar que puede ofrecer un cierto nivel de calidad de servicio para un nivel de tráfico que sigue un conjunto especificado de parámetros.

La implementación de Políticas de Calidad de Servicio se puede enfocar en varios puntos según los requerimientos de la red, los principales son:

- Asignar ancho de banda en forma diferenciada.
- Evitar y/o administrar la congestión en la red.
- Manejar prioridades de acuerdo al tipo de tráfico.
- Modelar el tráfico de la red.

3.2.3. Tráfico anual promedio de Transmisión de Datos e Internet.

El tráfico anual promedio de una empresa que brinda Servicios de Transmisión de Datos aparece en la figura 3.1. El análisis se efectúa en un concentrador por donde circula de manera segura toda la información de los clientes. El tráfico de subida y bajada de datos varía de mes a mes debido a los diferentes usos de los canales de comunicación y a la constante entrada o salida de clientes.

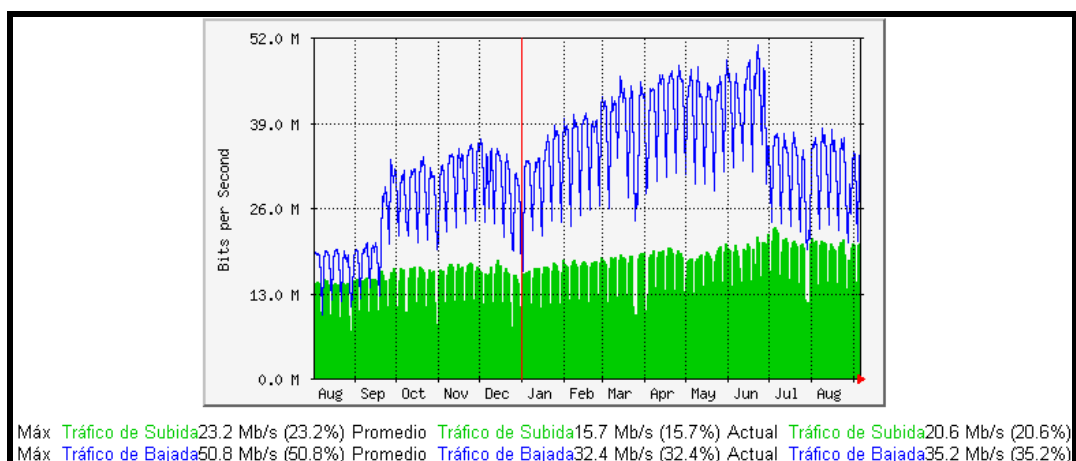


FIGURA 3.1: Análisis de Tráfico anual de Transmisión de Datos

El tráfico de un ISP (Internet Service Provider) en la ciudad de Guayaquil típicamente se comporta como se muestra en la figura 3.2. El análisis se efectúa en el conmutador primario del proveedor de Internet, de tal manera que siempre se puede monitorear el uso de ancho de banda por parte de los clientes. El tráfico de subida y bajada de datos varía de mes a mes dependiendo de la actividad de los enlaces, o también debido al ingreso de nuevos usuarios o a la salida de estos.

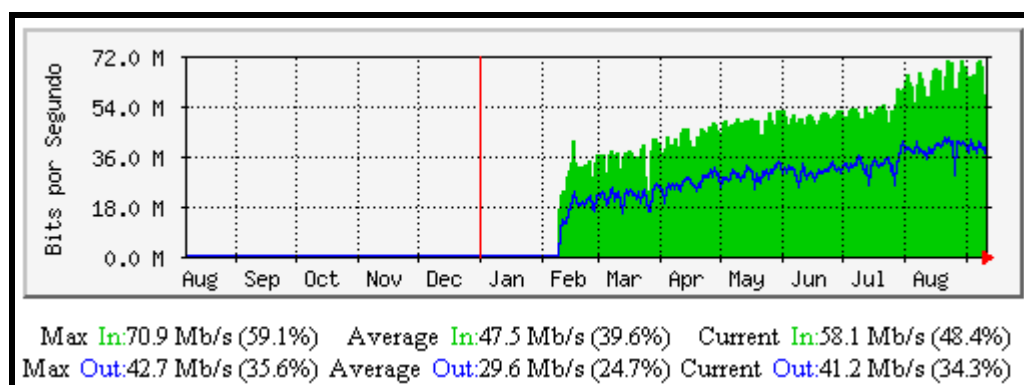


FIGURA 3.2: Análisis de Tráfico anual de Internet

3.3. DISEÑO DE LA NUEVA RED CON LMDS.

3.3.1. Descripción del sistema.

Este sistema de acceso inalámbrico de banda ancha punto a multipunto es el ideal para empresas de telecomunicaciones competitivas que buscan la diversificación de sus servicios, y para aquellas que ofrecen servicios portadores a pequeñas y medianas empresas dentro de una localidad, sectores industriales y suscriptores residenciales. Utiliza una asignación

dinámica de ancho de banda para maximizar su capacidad y brindar a su vez una gama más amplia de transmisión de datos a alta velocidad y servicios de voz a un costo más bajo para los clientes. Considerando que el sistema opera en la banda de 28 GHz, se maximizará el desempeño del volumen de datos proveyendo una total capacidad por celda, 256 Mbps a una frecuencia de 28 MHz y más de 512 Mbps a 56 MHz utilizando solo un tipo de polarización, sea vertical u horizontal. Una Estación Base de este sistema puede soportar aproximadamente hasta 2.048 Estaciones Terminales con tasas pico de datos de 4 Mbps. El sistema asegura que los servicios de voz y datos sean rápidos, consistentes y seguros, y ofrece un amplio rango de características de los equipos a utilizarse que incluyen:

- Fácil instalación y bajo costo de propiedad que permite la penetración rápida de mercado, una suscripción creciente, y servicios mejorados de valor agregado.
- Una sola plataforma combina todas las tecnologías de comunicación e información, incluyendo IP, Ethernet, Frame Relay, Líneas dedicadas, POTS e ISDN.
- Tecnología de conmutación de paquetes optimizada para aplicaciones basadas en IP, y siempre en conectividad.
- Conectividad eficiente para Estaciones Base de sistemas inalámbricos de banda angosta fijos y móviles, que garantiza una cobertura superior.

- Alta eficiencia espectral: 2,5 - 3 Bit/Sec/Hz.
- El mapeo de IP QoS/CoS (Quality of Service / Cost of Service) a ATM QoS en la Estación Base elimina la necesidad de múltiples unidades externas sobre los emplazamientos de usuario.
- La QoS utiliza el estándar IETF (Internet Engineering Task Force) en servicios diferenciales.
- El tipo de modulación asegura la más alta capacidad, cobertura y disponibilidad.
- Infraestructura y equipos del cliente altamente rentables.
- Sistema de gestión remoto fácil de utilizar basado en SNMP (Simple Network Management Protocol), permitiendo la configuración y actualizaciones simultáneas múltiples de unidades.

Este sistema utiliza la tecnología de acceso de radio Multi-Portador TDMA-FDD que asigna rápidamente un ancho de banda confiable, asimétrico y dinámico entre la Estación Base y las Estaciones Terminales. Esto asegura una QoS constante para servicios de Internet, voz y datos, incluyendo una conectividad de Internet permanente, VPNs, VLANs, VoIP, POTS, e ISDN – BRI (Basic Rate Interface) y PRI (Primary Rate Interface). Además proporciona una infraestructura inmediata e independiente, que se despliega con costos operativos y de construcción de infraestructura más bajos que cualquier otra solución en el mercado.

3.3.2. Diseño básico.

Como se ha mencionado, LMDS es un sistema de acceso inalámbrico utilizado para conectar localmente cientos de clientes finales a una central local de telecomunicaciones. El sistema planteado puede proveer conectividad a distancias aproximadamente de 2,5 a 3 Kms., teniendo una capacidad de carga útil muy similar a sistemas que trabajan a menor frecuencia.

El sistema LMDS provee mediante microondas una variedad de servicios de telecomunicaciones como POTS, IP, ISDN - BRI (ISDN – Basic Rate Interface) y Frame Relay, que pueden ser desplegados en áreas de difícil acceso donde los medios cableados no son la mejor alternativa de última milla, o en áreas donde la demanda de usuarios requiera de mayor cobertura. LMDS puede ser visto como una evolución de los sistemas de radio punto a punto de baja capacidad, que opera con línea de vista (LOS – Line Of Sight).

En terminología LMDS, a la Central Local se denomina Estación Base (BS – Base Station) y al Usuario Final se denomina Estación Terminal (TS – Terminal Station), el conjunto de varias TSs conectadas a la BS forman una celda. La figura 3.3 muestra configuraciones básicas Punto a Punto y Punto a Multipunto.

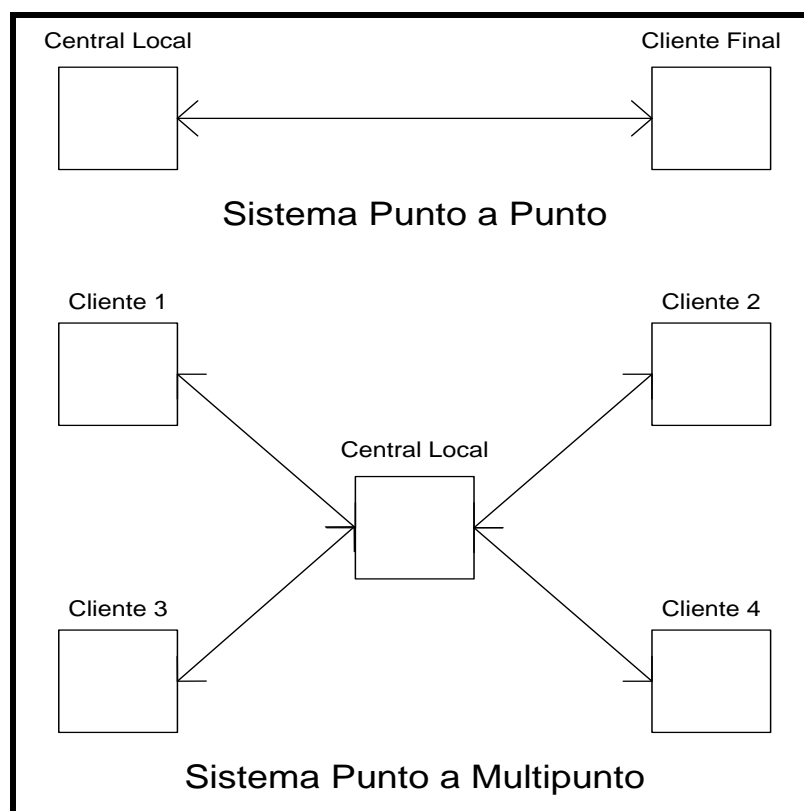


FIGURA 3.3: Conectividades Punto a Punto y Punto a Multipunto

LMDS opera en base sectorial, así en nuestro diseño, la BS se sitúa en el centro de la celda dividiendo su espacio en 4 sectores con diferentes TSs dispersas alrededor de la misma. Por cada sector se tienen diferentes unidades tanto internas como externas: Unidades Básicas de Estación Base (BSBUs – Base Station Basic Units), Unidades Básicas de Estación Terminal (TSBUs – Terminal Station Basic Units), Antenas, RFUs (Radio Frequency Units), Cables IF (Intermediate Frequency), etc. Todas estas unidades funcionan en un sector independientemente de las unidades de otros sectores.

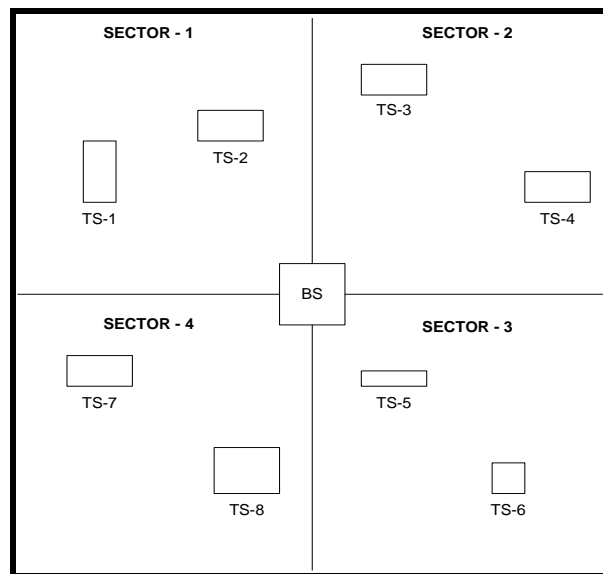


FIGURA 3.4: Vista sectorial del sistema LMDS

En las BSs se tienen módulos llamados BSBUs y en las TSs se tienen módulos llamados TSBUs. Para cada sector se asignan 16 BSBUs, cada una de estas unidades se conecta a 16 TSBUs como mínimo para que en un sector puedan conectarse $16 * 16 = 256$ TSBUs.

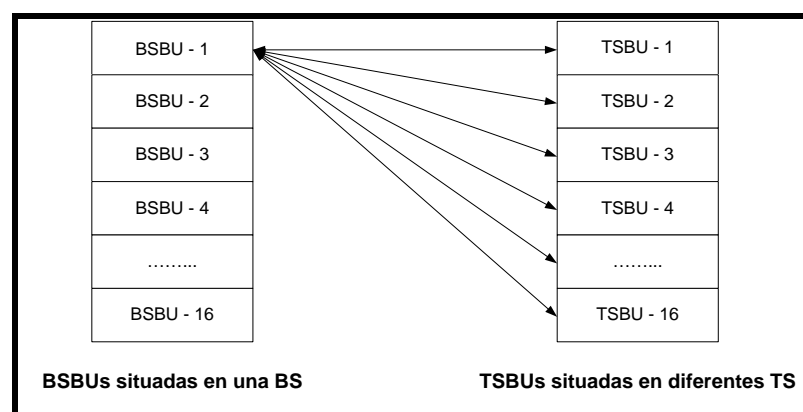


FIGURA 3.5: Conectividad de una BSBUs con 16 TSBUs como mínimo

Se puede ampliar la conectividad BSBU-TSBU a 2 TSBU por cada TS mediante el uso de un splitter, de esta manera, en un sector pueden conectarse máximo $16 * 32 = 512$ TSBU. Para la operación de cada BSBU se asigna una frecuencia portadora, así se tienen 16 portadoras por sector. Cada portadora provee la conectividad de una BSBU con 16 TSBU, y la carga útil de datos máxima de este canal de comunicaciones es de 2 E1s, o sea 4 Mbps.

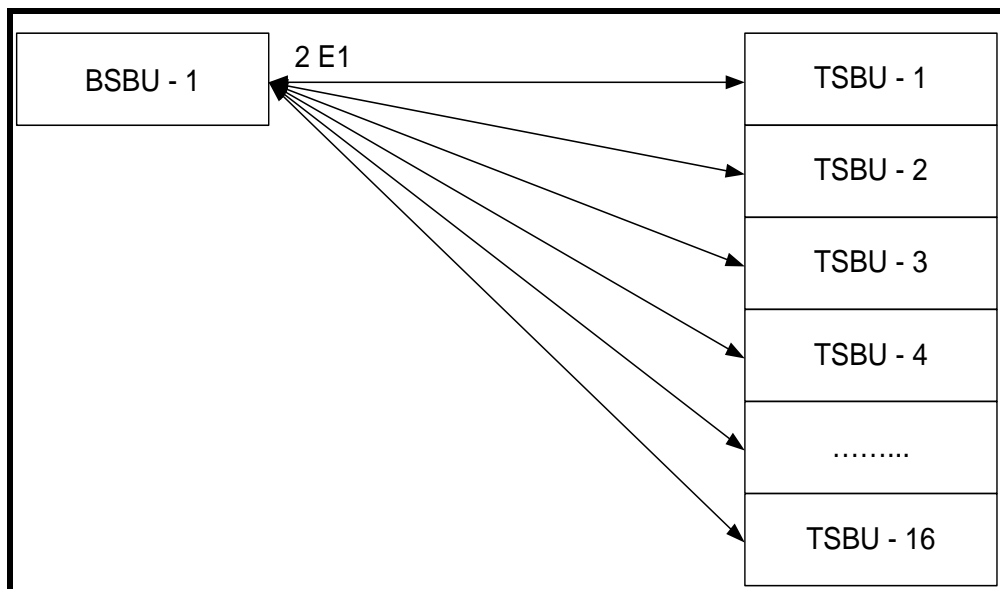


FIGURA 3.6: Capacidad de carga útil de datos máxima del canal de comunicaciones de una BSBU

Como cada sector tiene 16 BSBUs, se puede tener una capacidad máxima de $16 * 2 = 32$ E1s en un sector específico, o sea que cada celda (4 sectores) tendrá una capacidad de comunicación de hasta 128 E1s.

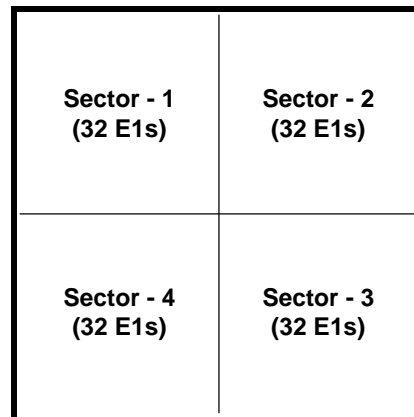


FIGURA 3.7: Capacidad de comunicación de una celda del sistema

Para una comunicación libre de interferencias se requieren por sector 16 portadoras diferentes para las 16 BSBU, y para evitar la interferencia entre sí de los 4 sectores de la celda, se utiliza diferente polarización de antena y 2 frecuencias diferentes para los 4 sectores. La cantidad de BSBU en una BS depende de las necesidades de cobertura. En primera instancia, no se requieren necesariamente todas las BSBU.

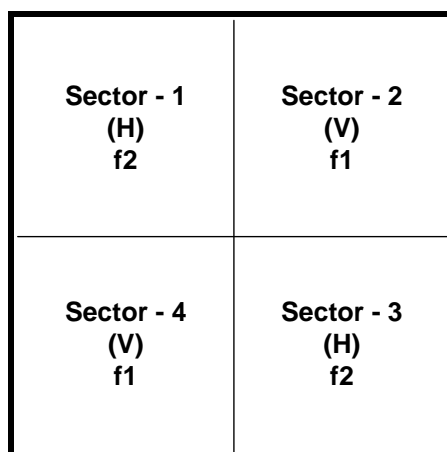


FIGURA 3.8: Polarización y frecuencias diferentes en los 4 sectores

Nuestro sistema operará en la banda Ka de 28 GHz con un alcance de 3 a 9 Kms. sin la consideración de fenómenos meteorológicos. Al considerarlos a estos, se puede llegar hasta 2.5 Kms. Se tendrá presente la asignación de frecuencias por parte de la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones del Ecuador para el funcionamiento legal del sistema.

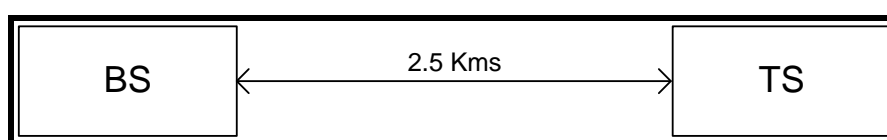


FIGURA 3.9: Alcance máximo para un sistema LMDS de 28 GHz

El ancho de banda de operación para el sistema de 28 GHz va desde 27.65 GHz hasta 28.15 GHz, con un ancho de banda de uplink o envío de datos desde la TS hacia la BS que va desde 28 GHz hasta 28.15 GHz y un ancho de banda de downlink o envío de datos desde la BS hacia la TS que va desde 27.65 GHz hasta 27.80 GHz, dejando una ventana espectral de 200 MHz entre uplink y downlink.

3.3.3. Operación básica.

Cada BSBU tiene asignada una portadora específica que tiene una frecuencia de downlink y una de uplink. Dentro de cada BSBU, las señales que provienen de diferentes TSBUs son multiplexadas por división de tiempo, utilizando la tecnología TDMA. Como cada BS tiene 16 BSBU (16

portadoras) por sector, todas las portadoras se multiplexan por división de frecuencia utilizando la tecnología FDMA, y se transmiten con una separación de portadora de 1.75 MHz. De este modo, desde la BS hacia la TS se tienen ambos tipos de multiplexación tanto TDMA como FDMA, mientras que desde la TS hacia la BS se tiene únicamente TDMA.

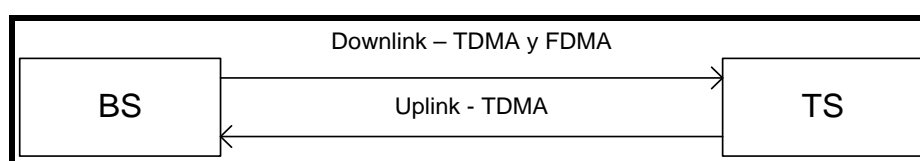


FIGURA 3.10: Operación básica del sistema LMDS

3.3.3.1. Gestión de la Estación Base.

Previo a la activación del sistema, se habilita una BSBU y se selecciona la frecuencia de BS de acuerdo al tipo de sistema, luego se transmite una señal de prueba por el canal deseado que consta de señales de radio continuas de 1.75 MHz de ancho de banda, simulando el tráfico a través del canal. Las actividades de la BS se basan en la configuración de listas de TSs asociadas a ella y en servicios varios, aunque lo último no es un requisito para el establecimiento de un enlace.

3.3.3.2. Mensajes de registro.

Los mensajes de registro son enviados desde las BSs a varias TSs asociadas a través de un Canal de Operaciones Embebido (EOC –

Embedded Operation Channel) con el fin de inicializar un enlace, este canal se utiliza para señalización, manejo y mantenimiento del canal de comunicaciones. A su vez, la BS utiliza el EOC para proveer a la TS de todos los parámetros de servicio de configuración necesarios. La TS fija un bit de señalización EOC hasta que ésta recibe un reconocimiento desde la BS. El mensaje de registro se continúa enviando a la TS que no haya completado aún su inicialización.

3.3.3.3. Gestión de la Estación Terminal.

Cuando el sistema se ponga en marcha, realizará las siguientes actividades de manera secuenciada:

- a) Configuración:** Esto incluye el ajuste de los parámetros de radio y el número de identificación del equipo (IDN - ID Number).
- b) Búsqueda de Frecuencias:** Previo a la transmisión, la TS únicamente localiza frecuencias. La búsqueda continúa hasta que la potencia de la BS sea detectada y el modem sea capaz de sincronizarse con la señal recibida.
- c) Sincronización:** Ocurre una vez que el modem está listo para demodular la señal localizada.
- d) Autenticación:** La TSBU espera por el mensaje de registro proveniente de la BS. Este mensaje, transmitido a través del canal EOC, contiene un IDN que se compara con el IDN de la TS. Si el

mensaje se recibe pero el IDN de ambas no coincide, el modem presenta automáticamente un mensaje de pérdida de dicho número, y por lo tanto este equipo queda fuera del alcance de la BS. Por el contrario, si estos números coinciden, el proceso de inicialización del enlace continúa.

- e) **Balance de Potencia:** La primera transmisión de la BSBU se inicia con una señal de baja potencia. La TSBU incrementa o disminuye la potencia transmitida hasta encontrar el nivel de potencia de recepción deseado en la BS. En otras palabras, se realiza un proceso de control que continúa hasta que se establece el enlace.
- f) **Servicios Operacionales:** Antes que la BS provea a la TS de todos los parámetros de configuración necesarios sobre el canal EOC, la TS enviará información del hardware hacia la BS. Los servicios se inician tan pronto como los requerimientos de configuración de la BS encuentren los parámetros de hardware de la TSBU. Realizado este proceso, el enlace inalámbrico queda formalmente establecido.

3.3.4. Diagramas de bloques básicos.

3.3.4.1. Estación Base.

La BS está conformada por una unidad interna (IDU – Indoor Unit) y una unidad externa (ODU – Outdoor Unit). En la unidad interna se tienen a las 16 BSBUs conectadas en cascada y al multiplexor de IF (Frecuencia

Intermedia). Este multiplexor posee 16 puertos que proveen conectividad a las 16 BSBU. El voltaje de alimentación de las BSBU y del multiplexor IF es de 48 V_{DC}.

En la ODU se tiene la Unidad de Radiofrecuencia (RFU) y la antena. La antena se conecta a la RFU por medio de un cable pequeño RF de 1 m. de longitud aproximadamente. La antena en la BS es diferente a la ubicada en la TS debido al tipo de polarización que utiliza, sea horizontal o vertical. La ODU se conecta con la IDU por medio del cable IF, y su fuente de alimentación se extiende por medio del mismo cable.

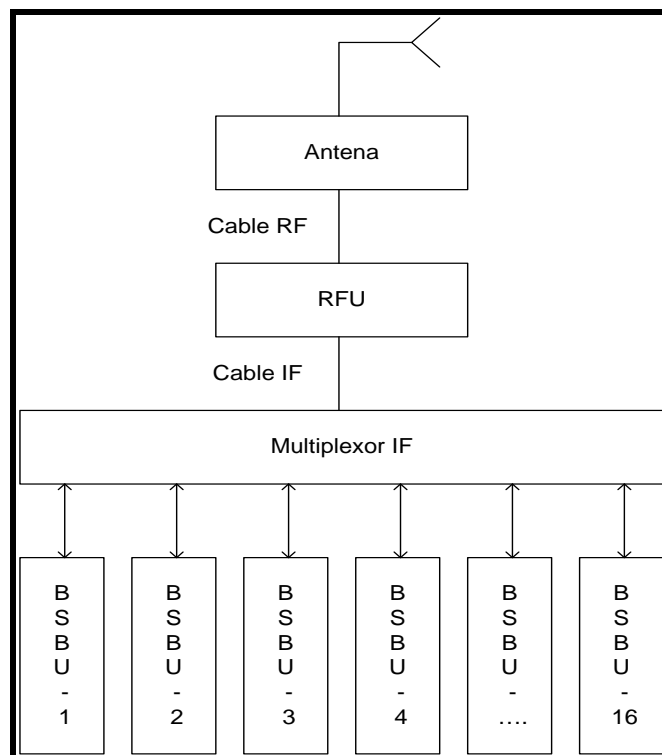


FIGURA 3.11: Estación Base

3.3.4.2. Estación Terminal.

La TS también consta de una IDU y una ODU. La IDU contiene al multiplexor IF (si fuese necesario) y a la TSBU, la cual posee diferentes interfases de telecomunicación dependiendo de la marca de equipo a utilizarse: E1, V.35, ISDN BRI, E1-FR y 10/100 BaseT para servicios Ethernet. En general, el voltaje de alimentación de la TSBU es de 48 V_{DC} o 110/220 V_{AC}. Cada TSBU puede proveer un máximo de 2 E1s, si se desea obtener 4 E1s en un sitio específico, se pueden multiplexar máximo hasta 2 TSBUs por medio del multiplexor correspondiente. Esto evitaría el uso de mayor cantidad de cable IF y la adquisición de una nueva antena.

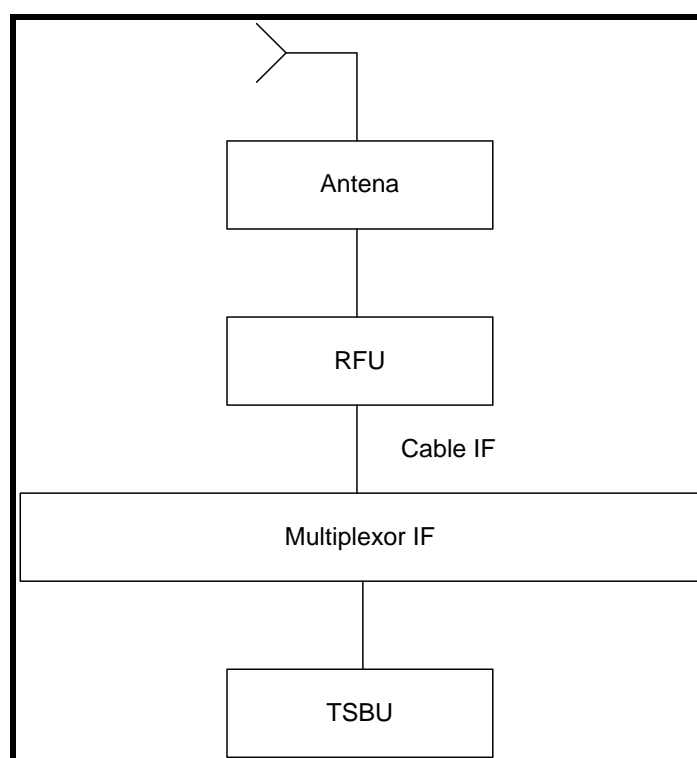


FIGURA 3.12: Estación Terminal

La TS posee una RFU que incluye a la antena, y se alimenta por medio del cable IF. Esta antena puede ser utilizada para ambos tipos de polarización simplemente cambiando su orientación. Al igual que en la BS, la IDU y la ODU se conectan por medio del cable IF.

3.3.5. Funcionamiento de equipos.

3.3.5.1. Equipo de Estación Base.

Mediante la conexión del backbone de red y el multiplexor IF, la BSBU interviene en la duplexación de Datos Distribuidos por Fibra (FDD – Fiber Distributed Data) para diferentes frecuencias de transmisión y recepción, mientras emplea TDMA para manejar el tráfico de hasta 16 Estaciones Terminales. La topología consistente de múltiples BSBUs permite el despliegue de un esquema de portadoras múltiples, proveyendo a cada portadora de 1.75 MHz de espectro.

Los bloques principales de la BSBU son: el módem, las tarjetas de interfaz de telecomunicaciones y el módulo de IF. Cada BSBU convierte las señales de IF a señales de voz y datos, proporcionando diferentes servicios. Las tarjetas de interfaz se instalan sobre tarjetas hija (Daughter Boards) existentes en la BSBU, permitiendo flexibilidad máxima. El multiplexor IF multiplexa las señales de transmisión de las BSBUs y combina la señal de salida con una señal eléctrica de poder de $48 V_{DC}$ para alimentar la RFU y la

antena tal como se había mencionado. La señal de IF se envía a la RFU situada cerca a la antena por medio de un cable coaxial, el proceso inverso se aplica para las señales de recepción. El multiplexor interconecta la RFU con las BSBU, y puede conectar hasta 16 BSBU, vía puertos SMA.

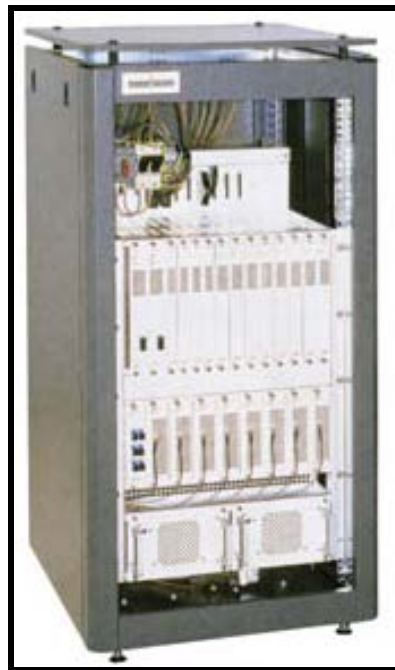


FIGURA 3.13: Equipo de Estación Base

La RFU sirve de interconexión entre el multiplexor IF y la antena, convierte la señal de IF recibida del multiplexor a una señal de RF que se amplifica para ser transmitida a través de la antena. Este sistema ofrece un solo punto de acceso inalámbrico que combina todos los servicios de comunicación de negocios, incluyendo Internet, VPN, línea dedicada, Ethernet, Frame Relay, POTS e ISDN.

3.3.5.2. Equipo de Estación Terminal.

La TS se instala típicamente en la localidad del cliente, y se interconecta con la BS designada proporcionando una amplia gama de servicios avanzados de voz y datos. La TSBU interconecta al Equipo de Propiedad del Cliente (CPE – Customer Premises Equipment) con la RFU/Antena de la TS por medio de un cable coaxial, utilizando el protocolo TDMA para manejar el tráfico hacia y desde la BS. La antena se puede montar fácilmente en un estante, en la pared, o ajustarla convenientemente en un escritorio. Una vez que la señal de IF alcanza a la RFU, se convierte a RF y se transmite al aire. Cada TSBU contiene un puerto especial que es utilizado por un terminal local de trabajo para propósitos de la instalación y de mantenimiento. Las TSs se alimentan por medio de una fuente estándar de 48 V_{DC} o una fuente de corriente alterna situada en la IDU.



FIGURA 3.16: Equipo de Estación Terminal

3.3.6. Características especiales del sistema.

3.3.6.1. Control automático de potencia de transmisión. (ATPC)

Esta característica es inherente en el sistema LMDS. Actúa en la dirección de envío de datos (uplink), o sea de la TS a la BS. Gracias a esta ventaja, la BS se ajusta a un nivel de recepción nominal, por ejemplo a -80 dBm, y debido al ATPC, la TS siempre ajusta su potencia de transmisión tal como se ajusta el nivel de recepción a -80 dBm en la BS.

3.3.6.2. Redundancia.

El equipo LMDS en la BS tiene la ventaja de poder agregar una RFU y una Antena redundantes que permanecen en standby siempre que no ocurran inconvenientes con las unidades activas en la celda. Para esto, se encuentran separados el cable IF, la RFU y la antena en modos de trabajo normal y standby. Si debido a alguna razón las unidades principales fallan, las unidades redundantes sustituyen el tráfico dentro de 3 a 5 minutos, período en que el tráfico es alterado. Si las unidades principales se ajustan correctamente luego de superar la falla, pasan a ser redundantes y se encuentran listas para controlar el tráfico en caso de que un nuevo fallo se produzca, esto quiere decir que la redundancia es reversible. En la BSBU, la redundancia es del tipo 4+1 y 3+1, o sea, una BSBU standby cada 4 BSBU en modo normal de trabajo y una BSBU standby cada 3 BSBU en modo normal de trabajo. Cuando una pequeña falla del BSBU se rectifica, la

conmutación no es reversible. La BSBU rectificada ahora se configura como redundante por otros BSBUs que se encuentran trabajando y que son parte del mismo grupo.

3.3.6.3. Sincronización.

El equipo LMDS tiene una característica de sincronización donde puede obtener diferentes fuentes de reloj sincronizadas como nuevos relojes tributarios y relojes externos de 2 MHz, o con su propio reloj interno. Las prioridades de estos relojes no pueden ser ajustadas, vienen fijadas por defecto. La sincronización opera en dos modos:

- **Modo Automático:** En este modo, las prioridades por defecto son los relojes de la interfase de telecomunicaciones en el puerto 0 seguidas por el puerto 1 y luego el puerto 2. Si todos estos relojes fallan, el sistema correría con su reloj interno.
- **Modo No Automático:** En este modo, forzosamente se puede asignar cualquier reloj, sea un reloj interno o externo al equipo. El sistema puede correr con un reloj externo, pero si este reloj falla, se desplazará a su reloj interno.

3.3.6.4. Alojamiento dinámico de ancho de banda.

Esto implica que a cualquier usuario en particular no se le da un ancho de banda fijo. En lugar de ello, obtiene un ancho de banda instantáneo para su

requerimiento. El ancho de banda puede variar entre los clientes basándose en sus requerimientos de tiempo real. Esta característica es designada especialmente a los servicios de datos.

3.3.6.5. Sistema de monitoreo de la red. (NMS)

El NMS (Network Management System) de las marcas propuestas, tiene una capacidad para monitorear entre 2.000 BSs y 32.000 TSs. En los servicios, puede activarse el medidor de BER para realizar pruebas, esto no interfiere con los servicios operativos ni se reducen los time slots. El Sistema de manejo de la red es un SNMP (Simple Network Management Protocol) basado en NMS para el manejo de redes LMDS. Se puede comunicar con las BSBU's por medio de protocolos estándar SNMP, y puede operar sobre Windows NT, 2000 o XP. También activa la gestión de alarmas mostrándolas gráficamente a manera de lista. Cada alarma se asocia con el color de un LED específico en el panel frontal para fallas de BSBU's o TSBU's. El NMS muestra el panel frontal actual del equipo LMDS, las celdas, sectores y racks para cada BSBU utilizando mapas de bit.

3.3.7. Diagrama de red general.

En el Anexo 2 se muestra un diagrama de red general del sistema LMDS propuesto para la ciudad de Guayaquil, desde una BS hacia varios sectores de pequeñas y medianas empresas, y suscriptores residenciales, donde se

produce una mayor concentración de actividad comercial. Concretamente, el diagrama muestra un esquema típico del modo de funcionamiento de uno de los sectores de las celdas a implementarse. Las nubes de acceso a los servicios propuestos, sea Internet, Telefonía, Datos o Televisión, dependen de la infraestructura de red previa que posean las operadoras.

3.3.8. Marcas de equipos y especificaciones técnicas.

3.3.8.1. Alvarion WALKair 3000.

Parámetro	Descripción	
General	Cobertura	3 Km.
	Método de acceso de radio	Multiportador TDMA/FDMA
	Standard	ETSI TM4
	Ancho de banda por portadora	1.75 MHz
Radio	Banda de frecuencia	27.65 GHz a 28.15 GHz
	Eficiencia espectral	2.5 Bit/Sec/Hz
	Tipo de modulación	64 QAM
	Técnica de codificación	TCM – Trellis Coding Modulation
	Sectores por celda	4 a 6
	Capacidad máxima	16 TSs por BSBU
	Carga útil (Payload)	2 E1 (4 Mbps)
	Portadoras por sector	16 (16*1.75 MHz = 28 MHz)
	Sensibilidad en la BS	-85 dBm
	Potencia emitida de la BS	10 dBm a 22 dBm por portadora
	Potencia emitida de la TS	-20 dBm a 10 dBm por portadora
	Sensibilidad en la TS	-85 dBm
	Potencia máxima BS RFU	-35 dBm
	Potencia máxima TS RFU	-45 dBm
Ancho de rayo de antena (Beamwidth)	BS = 90°, 60° o 45° TS = 2.5°	
Ambiental	Temperatura IDU	-5° a 45° C
	Temperatura ODU	-45° a 55° C
Capacidad	Ancho de banda por BS	130 Mbps
	Ancho de banda por usuario	64 Kbps a 4 Mbps

TABLA 3.2: Parámetros del sistema Alvarion WALKair 3000

Equipo	Estación Base	Estación Terminal
Antena	20 cm. en forma de asta	33 cm. en forma de plato
IDU	Dimensiones: 48x23x4.4 cm. Peso: 4 Kg.	Dimensiones: 48x23x4.4 cm. Peso: 3 Kg.
ODU	Dimensiones: 28x25x12 cm. Peso: 5.5 Kg.	Dimensiones: 28x20x10 cm. Peso: 4.5 Kg.
Interfaces	E1/G.703 V.35/X.21 Ethernet (10/100 BaseT) E1-FR V.35/X.21 FR	E1/G.703 V.35/X.21 ISDN BRI Ethernet (10/100 BaseT) E1-FR V.35/X.21 FR
Servicios	ISDN BRI Líneas dedicadas Frame Relay IP	ISDN BRI/PRI Líneas dedicadas Frame Relay IP POTS (Mux externo)
Consumo de Potencia	40 W / BSBU	40 W / TSBU
Voltaje	48 V _{DC}	48 V _{DC} o 110/220 V _{AC}
Señalización	V5.2	V5.1

TABLA 3.3: Especificaciones técnicas de BS y TS de Alvarion

3.3.8.2. Alcatel 7390.

Parámetro	Descripción	
General	Cobertura	5 Km.
	Método de acceso de radio	TDMA/FDMA
	Standard	ETSI
	Ancho de banda por portadora	1.75 MHz
Radio	Banda de frecuencia	24.25 GHz a 29.50 GHz
	Eficiencia espectral	3 Bit/Sec/Hz
	Tipo de modulación	QPSK
	Técnica de codificación	Reed-Solomon
	Sectores por celda	4
	Capacidad máxima	1.000 TSs por sector
	Carga útil (Payload)	2 E1 (4 Mbps)
	Portadoras por sector	16 (16*1.75 MHz = 28 MHz)
	Sensibilidad en la BS	-80 dBm
	Potencia emitida de la BS	20 dBm por portadora
Potencia emitida de la TS	15 dBm por portadora	

TABLA 3.4: Parámetros del sistema Alcatel 7390

Parámetro	Descripción	
Radio	Sensibilidad en la TS	-80 dBm
	Potencia máxima BS RFU	20 dBm
	Potencia máxima TS RFU	15 dBm
	Ancho de rayo de antena (Beamwidth)	BS = 45° - 180° TS = 10°
Ambiental	Temperatura IDU	-5° a 55° C
	Temperatura ODU	-33° a 55° C
Capacidad	Ancho de banda por BS	140 Mbps
	Ancho de banda por usuario	64 Kbps a 4 Mbps

TABLA 3.4: Parámetros del sistema Alcatel 7390 (Continuación)

Equipo	Estación Base	Estación Terminal
Antena	30 cm. en forma de cubo	36 cm. en forma de plato
IDU	Dimensiones: 120x60x60 cm. Peso: 135 Kg.	Dimensiones: 44.5x24x4.5 cm. Peso: 3 Kg.
ODU	Dimensiones: 30x25x12 cm. Peso: 15 Kg.	Dimensiones: 36x20x10 cm. Peso: 2 Kg.
Interfaces	ATM STM-1 ATM OC-3 ATM E3/G.703 ATM T3/G.703 E1/G.703 T1/G.703	E1/G.703-X.21 T1/G.703 n x 64/G.703-G.704-X.21
Servicios	Ethernet 10Base-T Ethernet 100Base-T Frame relay STM-1/OC-3 ISDN PRI/BRI VoIP	Ethernet 10Base-T Ethernet 100Base-T Frame relay STM-1/OC-3 ISDN PRI/BRI VoIP
Consumo de Potencia	120 W / BSBU	65 W / TSBU
Voltaje	48 V _{DC}	48 V _{DC}
Señalización	V5.2	V5.1

TABLA 3.5: Especificaciones técnicas de BS y TS de Alcatel

3.3.8.3. Siemens SRA Series 3.

Parámetro	Descripción	
General	Cobertura	4 Km.
	Método de acceso de radio	TDMA
	Standard	ITU-R y FCC
	Ancho de banda por portadora	1.75 MHz
Radio	Banda de frecuencia	27.50 GHz a 29.50 GHz
	Eficiencia espectral	2.5 Bit/Sec/Hz
	Tipo de modulación	32 TCM – 128 QAM
	Técnica de codificación	Reed Solomon
	Sectores por celda	4 a 5
	Capacidad máxima	700 TSs por sector
	Carga útil (Payload)	155 Mbps
	Portadoras por sector	16 (16*1.75 MHz = 28 MHz)
	Sensibilidad en la BS	-75 dBm
	Potencia emitida de la BS	20 dBm por portadora
	Potencia emitida de la TS	15 dBm por portadora
	Sensibilidad en la TS	-75 dBm
	Potencia máxima BS RFU	-25 dBm
	Potencia máxima TS RFU	-30 dBm
Ancho de rayo de antena (Beamwidth)	BS = 45°, 60°, 90° TS = 8°	
Ambiental	Temperatura IDU	-5° a 45° C
	Temperatura ODU	-33° a 55° C
Capacidad	Ancho de banda por BS	100 Mbps
	Ancho de banda por usuario	64 Kbps a 4 Mbps

TABLA 3.6: Parámetros del sistema Siemens SRA Series 3

Equipo	Estación Base	Estación Terminal
Antena	20 cm. en forma de plato	20 cm. en forma de plato
IDU	Dimensiones: 44.7x24x4.4 cm. Peso: 4 Kg.	Dimensiones: 44x23x4 cm. Peso: 3 Kg.
ODU	Dimensiones: 26x26x12 cm. Peso: 5 Kg.	Dimensiones: 28x20x10 cm. Peso: 4 Kg.
Interfaces	E1/G.703 E1-FR Ethernet (10/100 BaseT)	E1/G.703 ISDN BRI Ethernet (10/100 BaseT) V.35/X.21 E1-FR

TABLA 3.7: Especificaciones técnicas de BS y TS de Siemens

Equipo	Estación Base	Estación Terminal
Servicios	Frame relay STM-1 ISDN PRI/BRI IP	Frame relay STM-1 ISDN PRI/BRI IP VoIP
Consumo de Potencia	60 W / BSBU	60 W / TSBU
Voltaje	48 V _{DC}	48 V _{DC}
Señalización	V5.2	V5.1

TABLA 3.7: Especificaciones técnicas de BS y TS de Siemens

3.3.9. Selección de sistema LMDS.

Considerando las especificaciones técnicas anteriormente expuestas, la calidad del servicio, el buen funcionamiento de los equipos en otros países, su facilidad de convergencia hacia las redes de datos de las Operadoras de Telefonía, y por ser más robusto y confiable que las otras alternativas de mercado, seleccionamos al Sistema Alcatel 7390.

3.4. DISEÑO DE LA NUEVA RED PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.

Desde el Anexo 3 hasta el Anexo 12 se plantea la ubicación ideal de las radiobases del sistema LMDS para cualquier operador de telefonía celular. Para la ubicación de las celdas se han seleccionado las torres más altas con el objetivo de tener una clara línea de vista entre las BSs y las TSs de los usuarios. El radio de cobertura de nuestro diseño es de 3 Kms. por cada celda considerando posibles pérdidas por factores climáticos de Guayaquil. Inicialmente, se puede implementar celdas en los sectores más productivos de la ciudad, para luego dar cobertura a toda la ciudad.

3.5. PROBLEMAS EN LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA LMDS.

Los sistemas de 28 GHz son más susceptibles a efectos de lluvia, ésta produce una reducción en el nivel de la señal. La lluvia causa la despolarización de las señales, conduciendo al nivel disminuido de la señal y al aislamiento disminuido de interferencia entre los sectores adyacentes y los sitios adyacentes de la célula.

El principal problema de propagación en bandas de baja frecuencia es el desvanecimiento en múltiples direcciones, que no debería ser un efecto importante. Primero, las frecuencias de LMDS son mucho más dependientes de la línea de vista, lo que significa que el efecto de sombra y la difracción no ocurren como a menudo a frecuencias bajas. Segundo, este sistema ubica a la antena del cliente en la parte alta de su localidad. La altura de la antena del cliente desempeña un papel importante en la reducción de efectos de múltiple dirección.

Tercero, las antenas del sistema son altamente direccionales (apuntando a una sola celda), mientras que las antenas celulares y PCS tienen características omnidireccionales o sectorizadas libremente. Al usar antenas direccionales, se reducen los efectos de múltiple dirección. Cuarto, en sistemas celulares y PCS la antena del cliente puede moverse, mientras que las antenas LMDS permanecen fijas sobre el emplazamiento de usuario.

Una vez que la antena se fija, los instaladores pueden elegir el mejor lugar como en el tejado, conduciendo a un funcionamiento mejorado.

En vista de estos factores, la distancia de cobertura de la celda variará dependiendo de las estadísticas de lluvia en un área particular. La altura de la torre en lo referente a alturas de edificios comerciales y residenciales también necesita ser examinada para determinar el porcentaje de tejados de edificios que pueden ser iluminados desde cualquier sector particular de la antena de Estación Base.

Es interesante considerar los tamaños de célula aproximados que son posibles dentro de un sistema LMDS. A cierto plazo, estos tamaños de celda aumentarán basados en los avances de la tecnología de amplificación de potencia de microondas. El tamaño de las celdas se ve fuertemente afectado por el ambiente de propagación.

Elementos como torre, índices de lluvia, altura de la antena de transmisión, y altura de la antena del cliente, son los factores primarios que deben ser considerados. Cuando se hace un planeamiento detallado del área de cobertura de la celda, es necesario explicar las obstrucciones, el terreno y los detalles de topología locales que pueden afectar la distancia que el sitio de la celda puede soportar. También se considera lo siguiente:

- Mientras que la disponibilidad requerida para el enlace aumenta, la distancia disminuye. Por ejemplo, si un operador de este sistema proporciona un servicio que requiere un 99,9% de disponibilidad, la distancia de enlace puede llegar hasta 5 Km. Los clientes a esa distancia de la celda no recibirán el servicio por ocho horas al año, y los clientes más cercanos a la celda tendrán disponibilidad, que es lo mejor. Sin embargo, si el operador del sistema elige proporcionar servicios que requieren un 99,99 % de disponibilidad, la distancia de cobertura de la celda se puede reducir a 4 Km. Asimismo, si el operador del sistema proporciona un servicio que requiere un 99,999% de disponibilidad, la distancia de cobertura de la celda se reduce a 2,5 Km. Estos números son aproximados y dependen de detalles específicos del sistema de ventas.
- La elección del tipo de modulación afecta la distancia también. Por ejemplo, la distancia de QPSK y de 4-QAM puede ser de 10 Km., mientras que la distancia de cobertura del 16 QAM podría ser de 5 Km. y la distancia de 64-QAM podría ser de 2,5 Km.
- La distancia de cobertura también depende de las regiones de lluvia. Por ejemplo, un sistema LMDS Alcatel en Miami puede soportar una distancia de 3 Km. a un 99,99%. El mismo diseño de sistema en Denver puede soportar una distancia de 5 Kms. o más.

CAPÍTULO IV

4. FACTIBILIDAD E INSTALACIÓN DEL PROYECTO.

4.1. ANÁLISIS AMBIENTAL.

Aparte de los edificios, las zonas de sombra y en general, la geografía del terreno, también se debe especificar todo lo concerniente a factores climáticos o ambientales que afectan a las redes inalámbricas, y sobre todo a altas frecuencias. Los factores principales que influyen son: precipitaciones, humedad, temperatura, ruidos industriales o vehiculares, entre otros. Para frecuencias mayores de 5 GHz, de manera especial LMDS, hay que considerar además la intensidad instantánea de lluvia y el nivel de precipitación que ésta pueda alcanzar, en vista que estos factores producen absorción o dispersión de las ondas electromagnéticas por medio del vapor de agua. Para frecuencias superiores a los 10 GHz, la señal se vuelve totalmente sensible a la lluvia, niebla, nieve, polvo y al oxígeno del aire, todos estos factores se comportan como dipolos eléctricos o magnéticos que absorben parte de la energía irradiada. Mientras mayor sea la frecuencia transmitida, mayor será la influencia de estos factores. Sin embargo, este

tipo de problemas es solucionable aumentando la potencia de transmisión. Para obtener una medida exacta de cuánto se pierde por condiciones climáticas o ambientales, se tiene la siguiente fórmula:

$$P_{amb} = \left[7.19 \times 10^{-3} + \frac{6.09}{f^2 + 0.227} + \frac{4.81}{(f - 57)^2 + 1.5} \right] \times f^2 \times 10^{-3} + \left[0.067 + \frac{3}{(f - 22.3)^2 + 7.5} \right] \times f^2 \times \rho \times 10^{-4} \left[\frac{db}{Km} \right]$$

donde: $\rho < 12 \text{ g/m}^3$ (siendo un valor típico 7.5); y, f (frecuencia en GHz) < 30 GHz.

Como se aprecia, obtener el valor exacto de este tipo de pérdidas resulta muy complicado, sin embargo, estos valores pueden obtenerse en tablas, y el resultado es muy confiable. Por tratarse de equipos construidos fundamentalmente con semiconductores en alta integración y la utilización continua de soportes magnéticos, es necesario dotar a los refugios destinados para albergar a los equipos LMDS, de los medios necesarios que garanticen los requisitos ambientales, climáticos y de humedad más relevantes que se destacan a continuación:

- Deben existir acondicionadores de aire capaces de regular simultáneamente temperatura y humedad.

- No se deberían utilizar acondicionadores de ventana, por tomar aire del exterior introduciendo polvo y gases perjudiciales.
- El sistema de refrigeración debe ser independiente del que exista en un edificio en particular.
- El sistema de acondicionadores que se aconseja es el de tipo consola, ya sean de refrigeración por agua o por condensación de aire, teniendo como ventaja no contaminar el refugio, puesto que el aire recircula sin tomarlo del exterior. Una segunda ventaja se consigue al tener la salida de aire en el sentido de abajo hacia arriba, situándose en el primer tercio de la altura del refugio.
- Se puede dotar al refugio de un termómetro de máxima - mínima y un termostato de regulación digital monitoreado desde el sistema central de red.
- La temperatura de funcionamiento del sistema se puede mantener en un margen entre 20° C y 25° C. La temperatura máxima no debe ser más 30° C, por un lapso de 48 horas. Si esto ocurriera se desconectará automáticamente la alimentación de los equipos.
- El sistema funcionará fiablemente si la humedad relativa del aire se mantiene entre 30% y 70% sin que se produzca condensación. Los niveles más bajos de humedad producen electricidad estática, mientras que niveles más altos pueden causar problemas de alimentación.

- La variación instantánea de temperatura no debe ser brusca, porque también afecta a los sistemas de refrigeración de los equipos. Esta no debe ser superior a los 0.9° C/min.
- Otros elementos ambientales perjudiciales son: el polvo y la contaminación atmosférica, que deberán ser eliminados con aspiradores, evitando utilizar instrumentos que lo dispersen como escobas, cepillos, etc. La concentración de polvo no debe exceder de los 0.2 mg/m³ en suspensión y la sedimentación del polvo no debe de exceder de 35 mg/m³ al día.

Por último, se deben limpiar los refugios al término de los trabajos de acondicionamiento de éstas y antes de la instalación de los equipos. Además, de realizar una limpieza periódica cada mes, con los instrumentos adecuados.

4.2. ANÁLISIS TÉCNICO.

Al momento de realizar la planificación y despliegue de nuestro sistema LMDS existen varios factores que deben tenerse en cuenta adicionales a la zona geográfica y orografía del terreno, densidad de abonados y consumo de tráfico, tales como: modulación, capacidad del sistema, tamaño y número de celdas, planeamiento de la red, equipamiento del cliente y de estación base, backbone, centro de operaciones y monitoreo de la red.

4.2.1. Modulación.

Los métodos de modulación de los sistemas LMDS se separan generalmente en PSK (Phase Shift Keying) y AM (Amplitude Modulation). Las opciones de modulación para los métodos de acceso TDMA y FDMA son casi las mismas. Los métodos de modulación de un enlace TDMA típicamente no incluyen 64 - QAM (Quadrature Amplitude Modulation), sin embargo nuevos sistemas con este tipo de enlace lo están implementando. Los métodos de modulación del acceso FDMA se listan en la tabla 4.1 y se clasifican en una escala estimada en la cantidad de ancho de banda requerida por ellos en una conexión de 2 Mbps CBR (Constant Bit Rate), sin contar con el overhead debido a ATM y FEC. Los valores son aproximados, pues hay otros factores que pueden ser importantes cuando intervienen en la relación entre el ancho de banda de la microonda y la tasa de datos.

Nombre	Método de modulación	MHz para una conexión de 2 Mbps CBR
BPSK	Binary Phase Shift Keying	2.8 MHz
QPSK	Quaternary Phase Shift Keying	1.4 MHz
DQPSK	Differential QPSK	1.4 MHz
8QPSK	Octal Phase Shift Keying	0.8 MHz
4 – QAM	Quadrature Amplitude Modulation, 4 states	1.4 MHz
16 – QAM	Quadrature Amplitude Modulation, 16 states	0.6 MHz
64 – QAM	Quadrature Amplitude Modulation, 64 states	0.4 MHz

TABLA 4.1: Métodos de modulación del acceso FDMA

4.2.2. Capacidad del sistema.

La capacidad de nuestro sistema puede ser estimada en términos de tasa de datos y número máximo de clientes para ambos tipos de acceso: FDMA y TDMA.

4.2.2.1. Acceso FDMA.

4.2.2.1.1. Capacidad en términos de tasa de datos.

Para los cálculos en términos de tasa de datos, la capacidad del sistema es igual al número de celdas dentro del sistema multiplicado por la capacidad de cada celda. La capacidad de cada celda es igual al número de sectores dentro de la misma multiplicado por la capacidad de cada sector; y la capacidad de cada sector es igual al ancho de banda del enlace multiplicado por la eficiencia espectral del tipo de modulación a utilizarse en el sistema.

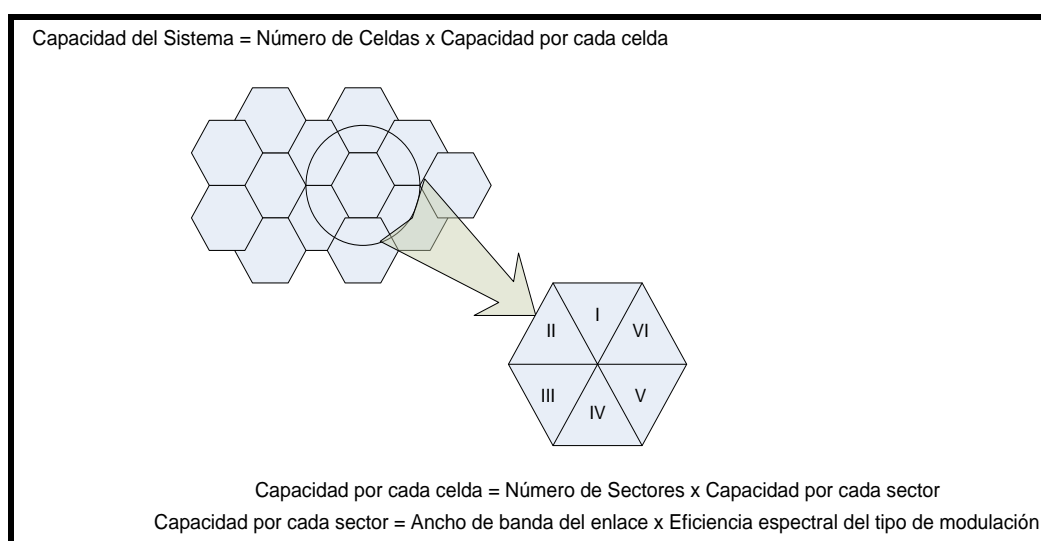


FIGURA 4.1: Capacidad del sistema LMDS

Los ejemplos planteados a continuación muestran cómo se realizan los cálculos para obtener la capacidad del tipo de enlace entre la BS y el cliente final en Mbps, y toman como referencia los valores de eficiencia espectral tabulados en la tabla 4.2. La eficiencia espectral se mide en bits por segundo por Hertz (b/s/Hz) y es una figura de mérito básica para diferentes esquemas de modulación.

Modulación	Eficiencia Espectral
4 – QAM	1.5 b/s/Hz
16 – QAM	3.5 b/s/Hz
64 – QAM	5 b/s/Hz

TABLA 4.2: Eficiencias espectrales

Con los valores de la tabla anterior, y asumiendo 1.000 MHz de espectro utilizable con un reuso de frecuencia de 2, nuestro sistema tendría 500 MHz de espectro utilizable por cada sector. Asumiendo enlaces simétricos, especialmente para el servicio de transmisión de datos, habría 250 MHz de upstream y 250 MHz de downstream por sector. La manera de calcular la capacidad de un sector se muestra con los siguientes ejemplos:

Ejemplo 1

Si el equipo de Estación Terminal utiliza enlaces FDMA de 5 MHz con una modulación 16 – QAM, es capaz de proveer al cliente de $5 \text{ MHz} \times 3.5 \frac{\text{Bps}}{\text{Hz}} =$

17.5 Mbps. Luego, existirían $\frac{250 \text{ MHz}}{5 \text{ MHz/ Enlace}} = 50$ de estos enlaces por sector, dando un total de $50 \times 17.5 \text{ Mbps} = 875 \text{ Mbps}$ de upstream. Debido a que los enlaces son simétricos y poseen un mismo tipo de modulación, también se tienen 875 Mbps de downstream.

Ejemplo 2

Si el equipo de Estación Terminal utiliza enlaces FDMA de 5 MHz con una modulación 64 – QAM, es capaz de proveer al cliente de $5 \text{ MHz} \times 5 \frac{\text{Bps}}{\text{Hz}} = 25$

Mbps. Una vez más, existirían $\frac{250 \text{ MHz}}{5 \text{ MHz/ Enlace}} = 50$ de estos enlaces por sector, dando un total de $50 \times 25 \text{ Mbps} = 1.250 \text{ Mbps}$ de upstream. Asimismo, debido a la simetría de los enlaces de upstream y downstream, se tiene una capacidad de 1.250 Mbps para downstream.

4.2.2.1.2. Capacidad en términos de número máximo de clientes.

En los cálculos previos se asumió que el ancho de banda del canal FDMA era de 5 MHz. Utilizando la misma asunción para calcular el número total de usuarios, como se pudo apreciar, existirían $\frac{250 \text{ MHz}}{5 \text{ MHz/ Cliente}} = 50$ clientes por

sector. El número de sectores nos indica el número total de clientes por

celda. En ciertos casos, la localidad del cliente podría ser una Compañía con múltiples oficinas conectadas a la BS a través del mismo canal de 5 MHz.

4.2.2.2. Acceso TDMA.

4.2.2.2.1. Capacidad en términos de tasa de datos.

Los sistemas TDMA poseen una capacidad reducida en un 80% de tasa de datos comparada con los sistemas FDMA. TDMA no utiliza la modulación 64 – QAM, como resultado de ello, la muy densa tasa de datos alcanzable en los sistemas FDMA no está disponible en TDMA. Sin embargo, la modulación 64 – QAM es útil sólo en enlaces muy cortos como resultado del incremento de los niveles de señal requeridos para su operación. Por lo tanto, la modulación 64 – QAM en el acceso TDMA es útil únicamente cuando se tiene una tasa de datos considerable de clientes que se encuentra próxima a una BS.

4.2.2.2.2. Capacidad en términos de número máximo de clientes.

Los sistemas TDMA son la mejor opción para dar servicio a ciertos usuarios que no demandan de un flujo considerable de tasa de datos. Si se encuentra disponible dentro de un sector de nuestro sistema un ancho de banda de upstream de 250 MHz, además que los canales TDMA de 5 MHz son utilizados y que cada uno de ellos puede proveer aproximadamente al equipo de 80 DS – 0 (Digital Signal, Level 0) simultáneamente. Se tendría que, el

número total de usuarios simultáneos de estas señales digitales por cada sector de nuestro sistema TDMA sería de 80 DS – 0 por canal x 50 enlaces TDMA = 4.000.

Asimismo, el número total de usuarios simultáneos de las DS – 0 en las celdas depende del número de sectores. Si se tiene un rango de 5:1 como valor típico de concentración sobre un sector entero y la celda, el sistema TDMA permitiría un total de 20.000 conexiones DS – 0 por sector dentro de las probabilidades de bloqueo de nivel consistente con los diseños de sistemas de telecomunicaciones.

Se propuso un nivel de concentración de 1:5 para reflejar algunos usos del Internet (Teléfonos modems) y algunas líneas de fax sobre estas conexiones DS – 0. Tal como en el caso de un enlace FDMA, 20.000 líneas DS – 0 por sector son algo excesivo con respecto al área de cobertura de 2.5 a 3 Km. de nuestro sistema LMDS. Si se utilizan 10 sectores, implicaría que 200.000 líneas DS – 0 podrían ser administradas.

Basado en estos cálculos y los previos, sería importante hallar un efecto combinado de ambos métodos de acceso a fin de planificar y administrar de buena manera todos los requerimientos del cliente en cuanto a tasa de datos, ubicación y administración de sus equipos.

4.2.3. Planeamiento de red.

4.2.3.1. Diseño de celdas.

Durante la planificación de las celdas para nuestra red LMDS, es importante tomar en consideración los siguientes atributos:

- a) **Penetración de suscriptores:** El desempeño del sistema de distribución se mide con la penetración de los suscriptores, el cual es el porcentaje de suscriptores que poseen suficiente nivel de señal para lograr una excelente calidad de servicio.
- b) **Calidad de Servicio (Quality of Service – QoS):** Se encuentra afectada por varios factores como por ejemplo: la obstrucción del camino de transmisión, el solapamiento de celdas (15% es normal) y la redundancia del sistema.
- c) **Presupuesto de enlace:** Se utiliza para estimar la distancia máxima a la que un suscriptor puede estar localizado desde una celda teniendo aún aceptables niveles de confiabilidad del servicio, debe contabilizar todas las pérdidas y ganancias del sistema a través de varios tipos de equipos, y debe analizar varios parámetros de la red que incluyen: tasas de portadora a ruido (CNRs – Carrier to Noise Ratios), tasas de portadora a interferencia (C/I – Carrier to Interference Ratios) y márgenes de desvanecimiento del enlace. En algunos casos, el equipo microonda se puede canalizar para soportar una portadora simple.

- d) Selección del tamaño de la celda:** El tamaño máximo de celda para un área de servicio se relaciona con el nivel de confiabilidad deseado obtenido a partir del presupuesto del enlace. El tamaño de la celda puede variar dentro del área de cobertura debido al tipo de la antena, su altura y pérdida de señal. Estos efectos guardan relación con el tipo de área de cobertura, sea urbana, suburbana o cobertura de baja densidad. La selección del tamaño de la celda afecta al costo capital total para la cobertura del área requerida.
- e) Modelo costo – capital:** Se utiliza para estimar los requerimientos de capital de la red. El modelo encierra consideraciones de diseño tales como: presupuesto de enlace, tamaño de celda, solapamiento de celdas, número de celdas, capacidad de tráfico, número de sectores, costo capital por cada celda, y costo capital total.

4.2.3.2. Optimización de reuso de frecuencia.

Las siguientes técnicas son utilizadas para optimizar el reuso de frecuencia en nuestra red LMDS:

- Minimización de múltiples caminos y polarización cruzada utilizando antenas altamente direccionales y posicionándolas a grandes alturas.
- Maximización de la directividad de las antenas de las celdas a través de la sectorización del sistema de distribución; el equipo microondas de la celda se configura generalmente con múltiples sectores,

antenas, transmisores y receptores. Algunas celdas de nuestro sistema serán configuradas con cuatro sectores utilizando antenas de 90 grados de amplitud de rayo para proveer los servicios propuestos al conjunto de suscriptores. Cada una de estas antenas sectorizadas (transmisores y receptores) puede soportar el ancho de banda total del espectro reservado.

- Maximización del aislamiento entre sectores adyacentes a través de la polarización horizontal (H) y vertical (V). Estas pueden ser empleadas a lo largo del sistema según un patrón alternado entre los sectores como se muestra en la figura 4.2. La polarización horizontal y vertical se reutiliza a lo largo del sistema.

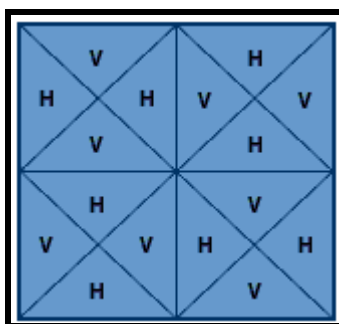


FIGURA 4.2: Reuso de polarización Horizontal y Vertical

4.2.4. Equipamiento del cliente.

El equipamiento del cliente puede variar bastante según el proveedor y el fabricante, depende incluso de las necesidades del cliente, pero la mayoría

de ellos incluyen una serie de elementos que soportan las características del estándar LMDS, IEEE 802.16. La función del equipamiento del cliente es dotar al usuario de un canal bidireccional de datos, y de una interfaz que posibilite la integración de todos los servicios, bajo un único enlace fijo vía radio. Las partes más importantes del equipamiento se detallan a continuación:

- **Antena:** Tipo disco de diámetro reducido (10 – 15 cm.).
- **Receptor / Transmisor RF:** Equipo que transmite y recibe la información. Utilizado para aplicaciones simétricas de tráfico, como telefonía, datos e Internet.
- **Receptor RF:** Equipo que transmite y recibe señales, denominado LNB (Low Noise Block). Utilizado para aplicaciones asimétricas y la recepción de TV mediante difusión.
- **Equipamiento adaptador:** Adapta las señales de RF para su recepción decodificada por el terminal del usuario, siendo a su vez una interfase a la red de acceso inalámbrica. Este es el caso de la TV, el Set Top Box, la tarjeta de red 10/100BaseT para PCs, y el splitter o módem radio para telefonía.

Sin embargo, no tiene que existir un equipo por usuario, los equipos terminales (IDUs) son elementos a los que se conectan diferentes abonados de forma común. La estructura de una red de acceso inalámbrica no exige la

existencia de un equipo terminal por abonado, sino que un mismo equipo terminal puede dar servicio a un número elevado de abonados, actuando como multiplexor de acceso.

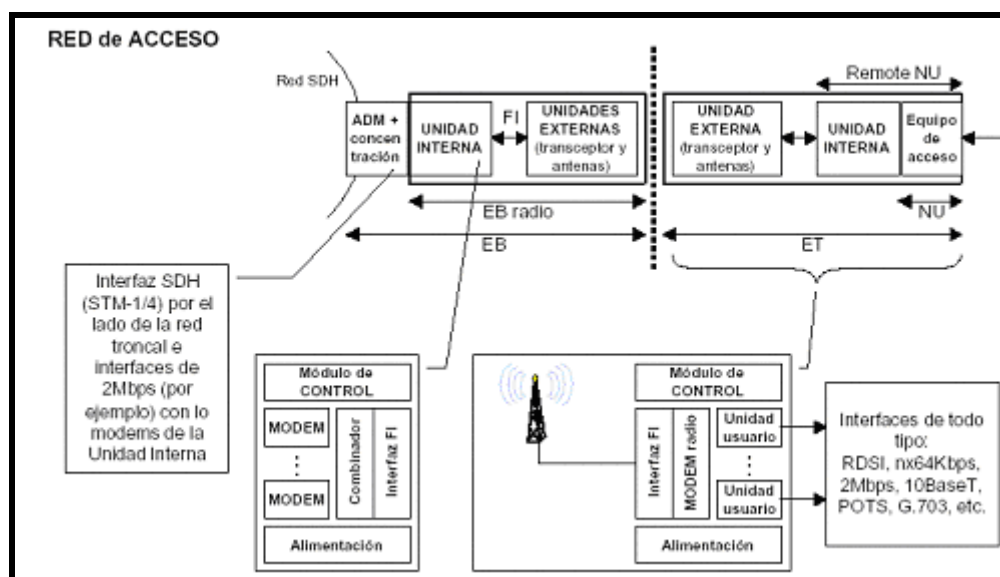


FIGURA 4.3: Red de acceso LMDS a nivel funcional

Las interfaces que presenta un equipo terminal suelen ser un parámetro configurable del mismo, siendo éste un aspecto muy dependiente del fabricante en cuestión. Dentro de esta estructura general, y considerando que a pesar de ser un servicio que utiliza el espectro radioeléctrico, el sistema es fiable (con disponibilidad prácticamente igual a la de los servicios ofrecidos por cable). A manera de resumen y en términos muy generales, la antena en el segmento de usuario (CPE – Customer Premise Equipment) capta la señal emitida por la estación base y la unidad de interfaz de red la

convierte en voz, vídeo y datos, y la distribuye por todos los cables existentes en la planta del edificio o localidad del cliente, según sea su origen y su aplicación. Los terminales de usuario pueden ser: teléfonos convencionales o RDSI, televisores, u ordenadores personales.

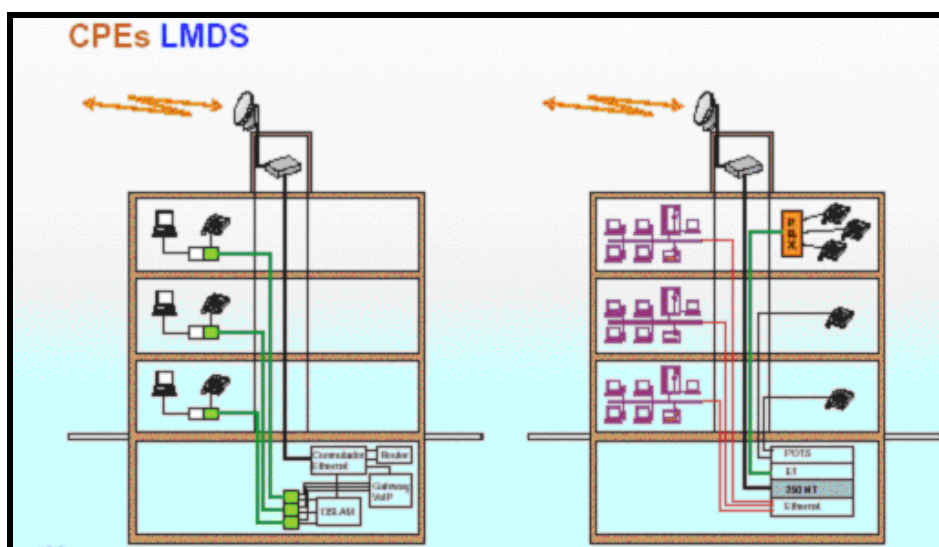


FIGURA 4.4: Esquema de los CPE y las IDU dentro de un edificio

4.2.5. Equipamiento de Estación Base.

Típicamente consiste en una torre de 30 mts. de altura, dónde se instalan dos o más antenas que dan cobertura a los usuarios ubicados en la celda. Se pretende que la estación base proporcione una cobertura omnidireccional, situándose sobre estructuras o edificios ya existentes, como es el caso de las torres de transmisión de las operadoras de telefonía celular, a una altura determinada para poder disminuir al máximo las zonas de sombra. Las

estaciones base, por un lado, se conectan a las redes públicas o privadas de voz y datos, con interfaces ATM, IP, etc., mientras que por el otro ofrecen la interfaz a la red de acceso inalámbrica, es decir son la pasarela entre la red de acceso inalámbrica y la red del operador.

La BS se comunica con las TSs ubicadas en los emplazamientos de usuario, bajo el esquema de red punto – multipunto. Aquí se encuentran los equipos de transmisión y recepción de microondas (incluyendo las antenas) más las correspondientes funcionalidades de modulación y demodulación (o detección) de la banda base de información respecto de las portadoras de radiofrecuencia. La transmisión de una BS puede realizarse bajo un patrón omnidireccional, o bien en forma sectorizada. La antena sectorizada permite reutilizar frecuencias, lo cual produce un notable incremento de la capacidad global del sistema en lo que concierne a la generación de servicios en dos sentidos. Esto se debe a que el funcionamiento de la misma se basa en dividir su diagrama de radiación en sectores, de forma que se puedan crear diferentes nodos de área de servicio.

Dentro de la BS, en lo que se conoce como unidad interna (IDU), también se realiza la conversión de red inalámbrica a red cableada, prevista con fibra óptica de transporte. El equipamiento del sistema seleccionado incluye una interfaz de red para la terminación de la fibra. Adicionalmente, en la IDU

podría haber conmutación local a nivel de banda base, estableciendo comunicación entre los clientes de la misma BS sin entrar ni pasar por el backbone de fibra. Pero con esta nueva funcionalidad, el registro, la autenticación, la facturación, y la administración en general del acceso y uso del canal, deben realizarse en la propia BS.

Si todo el tráfico entra y sale por la misma BS u otra, un conmutador ATM o IP en el backbone de fibra es el encargado de manejar la trayectoria de las comunicaciones. Esta topología facilitaría la centralización de las funciones anteriores, manejando todo el conjunto de BSs del sistema. Así, la BS queda construida alrededor de un conmutador de gran velocidad que soporta circuitos virtuales tanto permanentes como conmutados en una red ATM (si la red fuera ATM). Una tarjeta propia o una caja aparte proveen el sistema de transmisión correspondiente con el sistema de módems.

4.2.6. Backbone o Red de Transporte.

Tiene la función de conectar la cabecera de red con otras redes de todo tipo (voz, datos, Internet ó TV). Es bastante común utilizar una infraestructura basada en ATM, para el soporte lógico de las aplicaciones. En la troncal de red se pueden utilizar anillos SDH de fibra óptica y/o enlaces microondas punto a punto. En el backbone, la red de transmisión por fibra óptica puede utilizar enlaces OC – 48 / STM – 16, OC – 12 / STM – 4, y OC – 3 / STM – 1

de SDH / SONET, o bien DS – 3. Fundamentalmente, las plataformas de conmutación son ATM o IP, o ambas en muchos casos. Además existen interconexiones con redes telefónicas tradicionales y a Internet.

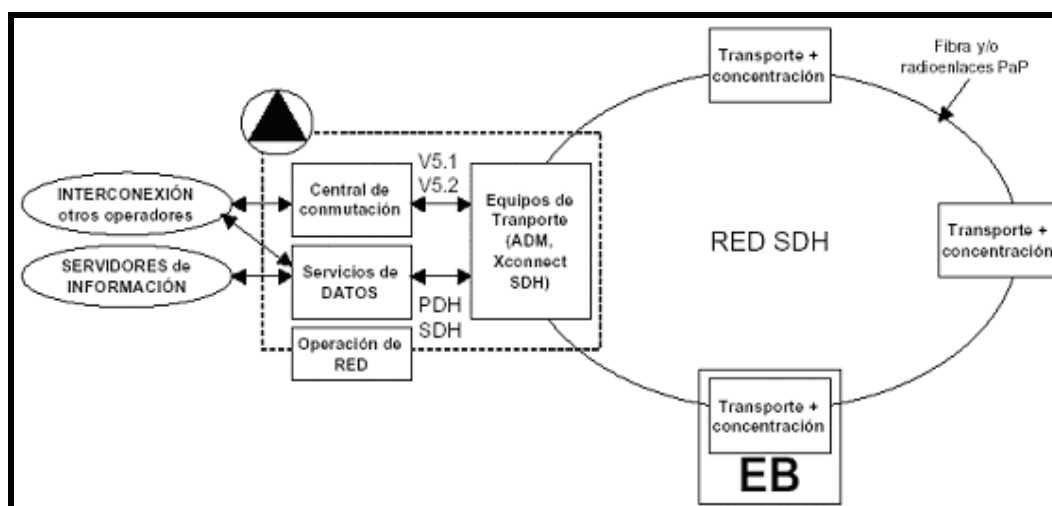


FIGURA 4.5: Arquitectura de la Cabecera y Backbone típico de LMDS.

En la BS es donde se realiza la conversión de la infraestructura de fibra a la infraestructura inalámbrica. Los equipos que permiten esta conversión incluyen una interfaz de red para la terminación de la fibra, funciones de modulación y demodulación, y equipos de transmisión y recepción de microondas. Entre sus características se encuentra la conmutación local que puede no estar presente en diferentes diseños. Si la conmutación local se encuentra presente, los clientes conectados a la BS pueden comunicarse entre sí sin tener que pasar por la infraestructura de fibra óptica. De esta

manera, la administración del canal de acceso, registro y autenticación ocurren localmente en la BS.

4.2.7. Centro de Operaciones y Gestión de la Red o Cabecera.

El Centro de Operaciones es el encargado de dar soporte a la transmisión de los diferentes servicios ofertados (voz, datos, TV, Internet, etc.), procesando la información y enviándola a todas las BSs. Los Centros de cada BS controlan el tráfico que entra y sale de la misma especialmente en cuanto a rendimiento y seguridad, así como en cuanto al uso de los recursos por parte de los clientes. También permiten la configuración o reconfiguración de servicios e interfaces, y manejan las situaciones de errores que se puedan producir con los sistemas de respaldo vía backbone. Estos Centros se interconectan entre sí mediante fibra óptica formando el backbone de la red que mantiene un sistema centralizado de control. La Cabecera incluye las siguientes funcionalidades:

- Conexión de alta capacidad a Internet, con los correspondientes Routers y servicios de autenticación y gestión.
- Servidor de aplicaciones interactivas Web TV y de vídeo avanzado.
- Sistema de captación de canales de TV por satélite, generación de canales propios, y generación de la señal de TV correspondiente a los diferentes paquetes ofertados, remitida por un proveedor de contenidos.

- Sistema de conmutación de voz.
- Sistema de acceso condicional para TV.
- Sistema de gestión de red que incluye: Monitoreo de fallas, rendimiento y seguridad, Configuración de equipos terminales y de estación base, y Facturación de servicios.
- Sistema de acceso para la optimización del uso del ancho de banda entre los diferentes clientes.

4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO.

Una vez seleccionado el sistema a implementar en base a características técnicas que garantizan una red robusta y confiable, se procederá con un análisis económico que compare cómo se realizaría la inversión inicial del proyecto construyendo una nueva infraestructura de red, y otro utilizando la existente. De esta manera, se podrá comprender que la implementación del sistema por parte de las Operadoras de Telefonía Celular resulta rentable.

4.3.1. Análisis del Mercado local.

Así como el Mercado de las Telecomunicaciones crece a nivel mundial día a día, las tendencias generales de apertura, competitividad y productividad obligan al sector empresarial de Guayaquil a mejorar su infraestructura de comunicaciones, sus sistemas de información gerencial y, por tanto, las oportunidades en el sector de las Telecomunicaciones presentan tendencias

positivas para quienes desean establecer una nueva empresa, o mejorar las tecnologías de acceso existentes.

La mayoría de usuarios conocedores de la calidad de servicio que brindan las Operadoras y debido a la gran acogida que ha tenido el mercado de la telefonía móvil en nuestra ciudad, no dudarían en contratar nuevas soluciones de comunicación y entretenimiento si las mismas ofrecieran servicios a bajos costos comparados con los de la competencia. Inclusive, mediante nuevas promociones y ofertas de productos se puede llegar a más clientes que lo esperado.

En la actualidad, la mayoría de los servicios de banda ancha ofrecidos por Proveedores de Internet y Empresas de Servicios Portadores se hacen por medio de cableado de cobre o coaxial, limitándose en ciertas ocasiones llegar a clientes en sectores regenerados y rurales. Asimismo, algunas dan soluciones WLL, y al igual que LMDS requieren de línea de vista, con la única diferencia que LMDS se distribuye por casi toda la ciudad creando celdas de cobertura, y WLL forma sólo una gran macrocelda limitada muchas veces por la presencia de edificios y la orografía del terreno. El acceso inalámbrico LMDS permitirá un mejor servicio a mayor velocidad dando cobertura donde el cliente lo requiera, y dependiendo de las necesidades de los mismos, mayor capacidad, y mejores precios.

4.3.1.1. Análisis de producción.

En toda empresa es imprescindible disponer de una estructura de comunicaciones correctamente diseñada, pues esta mejora la eficiencia en el trabajo, debido a que hace mucho más fluidas las comunicaciones tanto internas como externas, con la correspondiente disminución de costos. Conocedores del creciente protagonismo de las comunicaciones en el mundo de las organizaciones, las Operadoras de Telefonía Celular pueden incorporarse a la competencia y desarrollar nuevas actividades en el diseño y gestión de redes corporativas y de servicios de telecomunicaciones. Los servicios que se pueden ofrecer son los siguientes:

- Televisión multicanal por suscripción.
- Interconectividad de redes LAN.
- Videoconferencia (IP o ISDN).
- Enlaces Frame Relay.
- Circuitos de datos dedicados (E1/T1, nx64).
- Internet inalámbrico residencial y corporativo (WISP).
- Telefonía fija convencional (POTS).

4.3.1.2. Análisis de la demanda.

Inicialmente, la promoción de servicios debe estar orientada en su mayoría hacia sectores de mayor actividad comercial debido a que son un mercado de rápida penetración, para luego proceder de manera gradual con la

expansión de la red hasta dar cobertura a toda la ciudad de Guayaquil. Estos sectores, además de los servicios básicos, presentan mayor demanda en los servicios de telecomunicaciones, sea para: interconectar sus agencias o clientes (Servicio de Datos), establecer comunicaciones de voz (Telefonía), o simplemente para manejar sus recursos vía Web (Internet). Así, se puede tomar una decisión acertada al momento de crear nuevas celdas y dar cobertura a clientes que lo requieran.

Los clientes potenciales, en cuanto a servicios de transmisión de datos son pequeñas y medianas empresas que desean interconectar sus redes locales, en cuanto a entretenimiento e información por televisión son hoteles y zonas residenciales, en cuanto a Internet son la mayoría de cybers, hogares, y empresas que requieran de un plan corporativo, y en cuanto a telefonía son locutorios y empresas que requieran de una red de telefonía o voz digital.

Según las categorías definidas por la Superintendencia de Compañías del Ecuador, en Guayaquil se encuentran registradas: 23.606 Compañías Anónimas, 1 Compañía Multinacional Andina, 14 Compañías Anónimas en Predios Rústicos, 2.191 Compañías de Responsabilidad Limitada, 1 Compañía de Economía Mixta y 60 Sucursales Extranjeras; es decir, el mercado global está conformado por 25.873 Compañías. Para determinar las características del mercado se realizó una investigación de campo que

cubrió 150 empresas, con el propósito de tener un nivel de confiabilidad del 95% y un error de muestreo del 5%. Los principales resultados de esta investigación fueron:

- El 64% de las empresas posee conectividad a Internet.
- El 50% tiene acceso de última milla con cable coaxial, el 35% con cable de cobre, el 10% inalámbrico y el 5% con fibra óptica.
- El 82% tiene instalada una red de comunicaciones local. El 18% restante no tiene una red establecida por tener poco tiempo en marcha.
- El 77% posee sucursales o agencias con otras redes locales que requieren de conectividad entre sí. Además, los mismos tienen como mínimo 2 sucursales, y el 60% tiene conectividad entre las mismas.
- El 83% de los que poseen cableado de cobre en sus enlaces de última milla desean hacerlo por medio del sistema LMDS.
- El 30% perteneciente a la zona regenerada no ha tenido factibilidad en la instalación de Internet WLL debido a la presencia de edificios.
- Los beneficios que los clientes ven de optimizar el acceso local son:
 - Compartir más recursos 80%
 - Compartir información 85%
 - Consolidar información 70%
 - Eficiencia en procesos 40%
 - Acceso a servicios de información 65%

- Velocidades a nivel de Fibra Óptica 90%
- Control centralizado 73%
- Los factores más importantes al momento de decidir la contratación e instalación de los servicios son:
 - Precio 81%
 - Garantía y confiabilidad 79%
 - Soporte técnico 62%
 - Prestigio de la empresa 80%
 - Rapidez de implementación 90%

Con los resultados de la encuesta realizada en el Anexo 19, se definió que la gran mayoría de empresas registradas constituyen el mercado objetivo. No se ha previsto, para las proyecciones, un crecimiento del número total de empresas, por las condiciones generales muy variantes en la economía del Ecuador.

4.3.2. Inversión inicial.

Como se verá a continuación, el ahorro en el diseño y construcción de una nueva infraestructura (obra civil) para la implementación de celdas LMDS, es muy significativo, dado que las torres existentes sirven para el montaje de nuevas antenas por tener la altura suficiente para una clara línea de vista con los posibles clientes.

4.3.2.1. Costos de inversión.

Los Anexos 14 y 15 presentan en detalle los requerimientos de inversión para la construcción de una nueva infraestructura de red, Estaciones Base tipo Terreno o tipo Terraza propiedades de las Operadoras de Telefonía Celular, en el caso de que se necesite la creación de nuevas celdas en sectores donde no se ofrezca cobertura. Asimismo, el Anexo 16 presenta en detalle los requerimientos de inversión en equipos de Estación Base y Terminales de Usuario para un sector específico de una de las 10 celdas propuestas, el monto total en equipos para los 25 sectores planteados, el monto total de inversión en ambos tipos de Estación Base, y el ahorro en la construcción de los mismos. Inicialmente, se puede contar con la adquisición de 100 equipos de Estación Terminal por sector con sus respectivas antenas, e incrementar dicha adquisición a medida que nuevos usuarios aparezcan.

4.3.2.2. Financiamiento.

Debido a que las 3 Operadoras cuentan con recursos propios producto de la venta del Servicio de Telefonía Celular y sus servicios adicionales, se encuentran en total capacidad de implementar nuestro sistema.

4.3.3. Comercialización y facturación de servicios.

El costo de la instalación y de cada servicio que brindará nuestra red al usuario tiene 3 componentes:

- El costo de know-how, para la correcta configuración y asignación de recursos a los equipos de usuario.
- El costo de alquiler de los equipos de usuario.
- El costo de cables RF e IF, para la interconexión de equipos IDU y ODU.

Dado que las necesidades de las empresas son muy variadas, se han establecido para este proyecto 4 tipos de servicio al cliente (Internet, Transmisión de Datos, Telefonía y Televisión) que no incluyen IVA, y cuyos precios se encuentran 20% por debajo de lo que los mayores competidores cobran por sus redes cableadas.

El tipo de compresión 1 a 1 (1:1) ofrecido, tanto para el servicio de Internet como para el servicio de Transmisión de Datos, significa que la velocidad de acceso mínima garantizada en el enlace es igual a la velocidad de acceso máxima ofrecida en el mismo.

El tipo de compresión 1 a 4 (1:4) ofrecido, significa que la velocidad de acceso mínima garantizada en el enlace es igual a la velocidad de acceso máxima ofrecida en el mismo dividida entre 4. La comercialización, promoción y facturación de los servicios puede realizarse de la siguiente manera:

Acceso	Costo Mensual	Costo de Instalación
512 Kbps	\$ 760	\$ 150
1 Mbps	\$ 1.050	\$ 150
2 Mbps	\$ 1.350	\$ 150
4 Mbps	\$ 1.830	\$ 170

TABLA 4.3: Servicio de Acceso a Internet – 1:1

Acceso	Costo Mensual	Costo de Instalación
512 Kbps	\$ 220	\$ 150
1 Mbps	\$ 450	\$ 150
2 Mbps	\$ 750	\$ 150
4 Mbps	\$ 1.030	\$ 170

TABLA 4.4: Servicio de Acceso a Internet – 1:4

Acceso	Costo Mensual	Costo de Instalación
256 Kbps	\$ 210	\$ 150
512 Kbps	\$ 300	\$ 150
1 Mbps	\$ 450	\$ 150
2 Mbps	\$ 700	\$ 150

TABLA 4.5: Servicio de Transmisión de Datos – 1:1

Acceso	Costo Mensual	Costo de Instalación
512 Kbps	\$ 240	\$ 150
1 Mbps	\$ 315	\$ 150
2 Mbps	\$ 400	\$ 150

TABLA 4.6: Servicio de Transmisión de Datos – 1:4

Tipo de Llamada	Establecimiento	Normal
Metropolitanas	0.0794774	0.02436
Provinciales	0.0698320	0.02436
Interprovinciales	0.0698320	0.02436
Fijo – Móvil	0.0794774	0.22852
Zona A – Europa, EE.UU. y Canadá	0.1160000	0.06960
Zona B – Europa móviles	0.1160000	0.32480
Zona C – Europa oriental y Norte de África	0.1160000	0.39440
Zona D – Asia	0.1160000	0.75400
Zona E – Caribe	0.1160000	0.31378
Zona F – América Latina	0.1160000	0.49300
Zona G – Resto del mundo	0.1160000	1.01094

TABLA 4.7: Servicio de Voz Digital (Tarifas en ¢/min.)

Paquete	Costo Mensual	Costo de Instalación
Premium (36 canales)	\$ 22	\$ 8
Premium Gold (44 canales)	\$ 27	\$ 8
Premium Total (57 canales)	\$ 35	\$ 8
Premium Plus (64 canales)	\$ 39	\$ 8

TABLA 4.8: Servicio de Televisión Pagada

4.3.4. Estrategia y Proyecciones de ventas e ingresos.

Como estrategia de venta, se pueden realizar visitas a clientes potenciales para dar a conocer el servicio y la calidad del producto. Durante la venta se debe enfatizar en las ventajas competitivas que el cliente o empresa adquiriría al contratar los servicios establecidos, pues las empresas están más interesadas en el cumplimiento de sus requerimientos de servicio, dentro de los parámetros de calidad y precio establecidos, que en las características técnicas del producto. Para identificar a los clientes

potenciales, se utilizarán los listados empresariales suministrados por la Superintendencia de Compañías del Ecuador.

Las proyecciones de ventas e ingresos detalladas en el Anexo 17 muestran mes a mes, durante el primer año de funcionamiento de los Servicios LMDS, el precio de venta de cada Servicio y la cantidad de posibles clientes que adquirirían los mismos considerando el prestigio de la Operadora y los costos que impone la competencia actual. Además, en los dos años posteriores, se muestra un incremento significativo tanto en la cantidad de clientes como en el precio del producto, tomando en consideración el crecimiento de la red y la demanda de los Servicios de Telecomunicaciones en Guayaquil. Los valores de Ventas Totales al final de cada uno de los tres años de funcionamiento del sistema LMDS son utilizados para realizar el análisis de la rentabilidad de nuestro proyecto que se detalla en la siguiente sección.

4.3.5. Análisis de la rentabilidad del proyecto.

El costo de inversión de nuestro proyecto es de \$ 4'240.500 con opción a reinvertir los flujos de exceso de efectivo al 18% anual (TREMA – Tasa de Retorno Mínima Atractiva). Según nuestras proyecciones anuales al primer año se obtiene \$ 1'726.076 de ingresos, al segundo año \$ 1'994.690, y al tercer año \$ 2'445.370. En este periodo, se prevé recuperar el capital invertido, y en los años siguientes obtener mejores utilidades.

Como cada empresa cuenta con capitales propios para la implementación del sistema, mediante el método de la Tasa Externa de Retorno (TER) tomaremos en consideración una tasa de interés externa a nuestro proyecto a la cual los flujos de caja netos generados durante este período de 3 años pueden ser reinvertidos, para luego proceder con la comparación de la TER con la TREMA y verificar que nuestra alternativa es aceptable. El Anexo 18 muestra la tabla de interés y anualidades para capitalización discreta utilizada para la realización de nuestros cálculos.

$$\begin{aligned}
 4'240.500(F / P, TER, 3) &= 2'445.370 + 1'994.690(F / A, 18, 1) + 1'726.076(F / A, 18, 2) \\
 (F / P, TER, 3) &= \frac{[2'445.370 + 1'994.690(F / A, 18, 1) + 1'726.076(F / A, 18, 2)]}{4'240.500} \\
 (F / P, TER, 3) &= \frac{[2'445.370 + 1'994.690(1) + 1'726.076(2.18)]}{4'240.500} \\
 (F / P, TER, 3) &= \frac{8'202.905}{4'240.500} \\
 (F / P, TER, 3) &= \underline{1.9344}
 \end{aligned}$$

El resultado de la TER se lo halla por medio del método de interpolación, basado en la tabla del Anexo 18 que muestra los siguientes valores de capitalización discreta, $(F / P, 20\%, 3) = 1.7280$, y $(F / P, 25\%, 3) = 1.9531$.

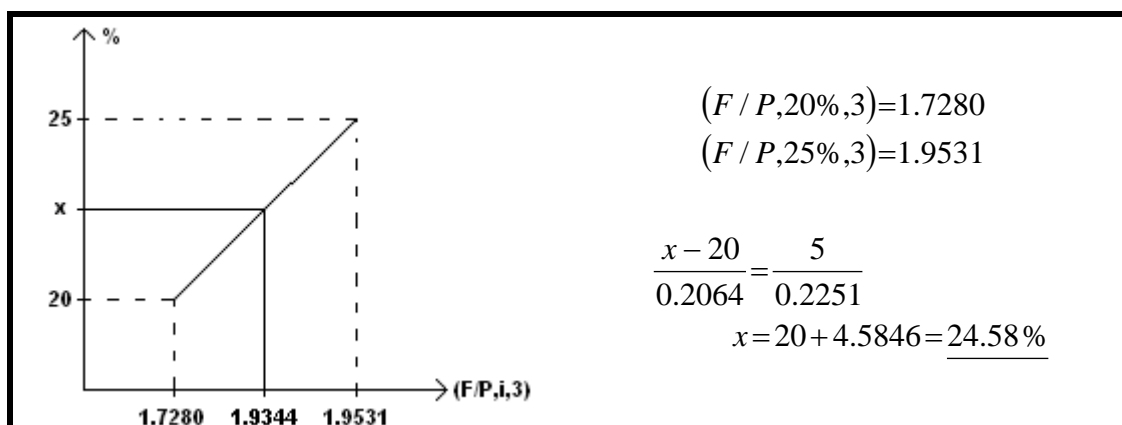


FIGURA 4.6: Método de interpolación

Luego, se obtiene que la TER de nuestro proyecto es de 24.58% superando a la TREMA, con lo cual nuestra alternativa es rentable. Considerando que el análisis se aplica a las Operadoras de Telefonía Celular que poseen una infraestructura de red, el ahorro en la construcción de las 10 BS propuestas representa aproximadamente un 9,83% del monto total de inversión en una Estación Base tipo terreno, y un 4,58% en una Estación Base tipo terraza.

4.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

4.4.1. Ventajas.

El sistema LMDS permite, con gran fiabilidad y calidad de señal, ofrecer prácticamente los mismos servicios que ofrecen las redes de fibra óptica, cable de cobre y cable coaxial. Nuestro sistema presenta una serie de ventajas hasta ahora inalcanzables a través de las conexiones vía cable:

- Alta capacidad de transmisión.

- Ahorro considerable en la construcción de estaciones base.
- Despliegue e instalación muy rápida.
- Crecimiento inmediato y simplicidad en el mantenimiento.
- Infraestructura escalable basada en la demanda, cobertura y concentración de edificios.
- Los costos de instalación y operación son realmente accesibles.
- Bajos costos de mantenimiento, manejo y operación del sistema.
- Otorga un ahorro a los operadores en cableado de zonas poco pobladas y en el mantenimiento de redes.
- Se posibilita la integración de los servicios sobre el mismo medio de transmisión.
- Un mismo usuario, mediante una plataforma única, puede recibir servicios muy diferentes tales como acceso a Internet, telefonía, televisión, información multimedia bajo demanda, datos, etc. Otras tecnologías inalámbricas tales como MMDS o el satélite no lo permiten.
- Permite utilizar el ancho de banda necesario según vayan cambiando las necesidades de comunicación del cliente, desde 64 a 10.000 Kbps.
- La calidad de la señal no se ve afectada por las redes de acceso local existentes, todo el bucle local se realiza independiente de las mismas, vía radio.

4.4.1.1. Costos.

Los costos de infraestructura y operación son menores a los equivalentes de una red convencional. La instalación no requiere de redes canalizadas, ni cableado de planta externa, la instalación típica de una BS puede durar de 24 a 48 horas. En lo que se refiere a costos, nuestro sistema presenta las siguientes ventajas:

- Se puede ofrecer el servicio y generar ingresos rápidamente en toda el área de cobertura (de seis a 18 meses, frente a cinco o siete años para completar una red de cable).
- El sistema es viable económicamente en áreas de poca densidad y sumamente competitivo en áreas de mayor densidad de población.
- La Operadora que implemente nuestro sistema evitaría incurrir en gastos relacionados con reparación y mantenimiento de planta externa, en comparación con empresas ADSL. Sin embargo, el mantenimiento de su backbone es asequible.

4.4.1.2. Velocidad y Versatilidad.

Esta banda de frecuencias es suficiente para proveer transmisión de datos, canales de vídeo digitales, canales telefónicos y acceso a Internet de alta velocidad a cada vivienda de un sector residencial específico, todo esto a altas velocidades y en forma simultánea. En lo que se refiere a velocidad y versatilidad, nuestro sistema presenta las siguientes ventajas:

- Puede combinar servicios de transmisión de datos, vídeo o voz según las necesidades de cada cliente en particular, y el Ancho de banda es rápidamente escalable.
- Crecimiento más rápido, fácil, y sus velocidades de acceso son de hasta 8 Mbps.
- Tiempo de retorno más rápido gracias a la rápida respuesta a las oportunidades de mercado.
- Habilidad para manejar múltiples puntos de acceso de alta velocidad, con tiempos de instalación reducidos.

4.4.1.3. Capacidad.

Una configuración básica de un equipo de usuario puede proveer circuitos de datos a empresas con características comparables a las ofrecidas por las fibras ópticas. En lo que se refiere a capacidad, nuestro sistema presenta las siguientes ventajas:

- Redistribución del ancho de banda entre clientes a tiempo real.
- Plataforma multiservicios y alta confiabilidad.
- Simetría o asimetría.

4.4.2. Desventajas.

Hasta hace poco tiempo se creía que las frecuencias utilizadas para la tecnología LMDS no ofrecían un servicio masivo y confiable. La razón

principal de esta creencia estaba íntimamente ligada a la atenuación que causaba la lluvia, y a las altas potencias de emisión que se requerían para lograr un cierto alcance de la señal. Aunque superables, nuestro sistema presenta las siguientes desventajas:

- Asimétrico.
- Necesidad de línea de vista.
- Alcance limitado.
- Tecnología nueva.
- Equipos muy caros.
- Falta de estándares.
- Sensible a la lluvia.

CAPÍTULO V

5. MARCO REGULATORIO.

5.1. REGULACIÓN DEL SISTEMA LMDS EN EL ECUADOR.

En Ecuador, el Marco Regulatorio está muy limitado en cuanto a sistemas inalámbricos fijos se refiere, pero se está comenzando a hacer una serie de análisis técnicos sobre los denominados Sistemas de Distribución Local Multipunto (LMDS) y sus respectivas bandas de frecuencias de operación, considerando el creciente interés mundial de operadores e inversionistas en estos sistemas de acceso de banda ancha.

En particular, se ha observado tanto su desarrollo tecnológico como de mercado en otros países, para tomar la mejor decisión sobre las bandas de frecuencias a licitar para la prestación de los servicios correspondientes.

En otros países tienen de dos o más frecuencias donde opera la tecnología LMDS, por ejemplo en Venezuela se utiliza 24, 25, 26, 28 y 29 GHz; en Estados Unidos 28 y 31 GHz; Canadá 26 y 28 GHz; Europa 28 y 42 GHz.

En Ecuador, la frecuencia permitida para operar con esta tecnología es de 28 y 35 GHz. Además, se debe considerar la regulación de Internet inalámbrico, debido a que de los servicios que presta esta tecnología, el Internet es el de mayor explotación. Nuestro sistema regulatorio está orientado a servicios y no a redes. En este punto analizaremos lo referente a los ISP, que en el marco legal se los cataloga como servicios de valor agregado. En cambio, para la parte inalámbrica, sólo hay que especificar lo que corresponde a la atribución y uso de la banda de frecuencia. El análisis se lo hace de manera separada puesto que los proveedores de servicios de Internet inalámbrico primero son ISP, y además, no existe una regulación escrita con respecto al acceso inalámbrico al Internet, puesto que se trata de una tecnología reciente.

Con el objeto de garantizar el buen funcionamiento y no la discriminación en la calidad del servicio de acceso a Internet prestado a los usuarios, los ISP deberán, previo al inicio de servicio, establecer y aceptar conexiones entre sí para cursar el tráfico nacional de Internet.

No cabe duda que las falencias de las que sufre la Ley Ecuatoriana y su reglamento, que hoy está en discusión y que además no puede reformarla, deben ser subsanadas inmediatamente con una reforma que trate a fondo todos los temas olvidados y deje quizás a un lado otros que no tienen la

trascendencia de los primeros. A futuro se debe realizar una reforma a la Ley de Telecomunicaciones o incluir un nuevo reglamento donde se especifique las condiciones para prestar servicios de Internet inalámbrico. El plazo de duración de los títulos habilitantes para la prestación de servicios de valor agregado será de 10 años, prorrogables por igual período de tiempo, a solicitud escrita del interesado, presentada con tres meses de anticipación al vencimiento del plazo original, siempre y cuando éste haya cumplido con los términos y condiciones del título habilitante. Las solicitudes para la obtención de los mismos deberán contener:

- Identificación y generales de ley del solicitante;
- Descripción detallada de cada servicio;
- Anteproyecto técnico para demostrar su factibilidad;
- Requerimientos de conexión; y,
- Certificado de la Superintendencia de Telecomunicaciones respecto de la prestación de servicios de telecomunicaciones del solicitante y sus accionistas incluida la información de imposición de sanciones en caso de haberlas.

Mostraremos a continuación los requisitos para la autorización del uso de frecuencias para operar un Sistema de Radiocomunicación, el solicitante deberá presentar a la SNT (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones) los siguientes requisitos de Información Legal:

- Solicitud dirigida al Secretario, detallando el tipo de servicio.
- Nombre y dirección del solicitante (para personas jurídicas, de la compañía y de su representante legal).
- Copia certificada de la escritura constitutiva de la compañía y reformas en caso de haberlas (para personas jurídicas).
- Nombramiento del representante legal debidamente inscrito (para personas jurídicas).
- Copia de la cédula de ciudadanía (para personas jurídicas, del representante legal).
- Copia del certificado de votación del último proceso electoral (para personas jurídicas, del representante legal).
- Certificado actualizado de cumplimiento de obligaciones otorgado por la Superintendencia de Compañías o Superintendencia de Bancos según el caso, a excepción de las instituciones estatales (para personas jurídicas).
- Registro único de contribuyentes.
- Fe de presentación al Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas para que otorgue el certificado de antecedentes personales del solicitante, a excepción de las instituciones estatales (para personas jurídicas, del representante legal).
- Otros documentos que la SNT solicite.

A demás se debe presentar información técnica. El estudio técnico del sistema elaborado en formulario disponible en la SNT será suscrito por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, inscrito en una de las filiales del Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Ecuador (CIEEE) y registrado en la SNT. La información técnica y operativa incluirá entre otros los siguientes aspectos:

- Descripción de los servicios que ofrecerá, con los detalles de las facilidades y limitaciones del sistema.
- Rango de frecuencias.
- Número de frecuencias requeridas, y la anchura de banda para cada una de ellas.
- Modo de operación.
- Tipo de emisión.
- Ubicación de las estaciones fijas.
- Cálculo de propagación del sistema.
- Diagramas de perfil, basados en un mapa geográfico 1:50.000.
- Cálculo del área de cobertura.
- Características técnicas de las antenas y equipos.
- Procedimientos de administración, operación, mantenimiento y gestión del sistema que se propone instalar.
- Plan de ejecución que describa la implementación del sistema para la provisión de los servicios a partir de la fecha de autorización.

- Plan de expansión del sistema.
- Otros documentos que la SNT solicite.

5.2. REGLAMENTO DEL USO DE FRECUENCIAS.

Considerando que el desarrollo de los LMDS se ha dado en mayor medida en las bandas de frecuencias alrededor de los 28 GHz y 31GHz, se estima conveniente que el despliegue de estos sistemas se lleve a cabo en Ecuador de manera inicial en estas mismas bandas, siendo deseable por la naturaleza de los servicios que potencialmente pueden prestarse y las características de propagación radioeléctrica de esas bandas, que se otorguen concesiones por el CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones). A continuación se enunciarán algunos fragmentos de los artículos más importantes sobre el uso de las frecuencias para los servicios inalámbricos fijos dispuestas por el CONATEL:

Con respecto a las disposiciones generales:

- a) Las tarifas establecidas en el presente Reglamento se aplicarán en todo el territorio nacional por el uso de frecuencias radioeléctricas.
- b) La autorización para el uso de frecuencias radioeléctricas ya establecidas tendrá un plazo definido, el que no podrá exceder de cinco años, renovable por períodos iguales.

Definiciones para la aplicación del reglamento:

- a) Estación radioeléctrica o estación: Es un transmisor o un receptor o una combinación de transmisor y receptor, incluyendo las instalaciones y accesorios necesarios para un servicio de radiocomunicaciones en un lugar determinado.
- b) Radiocomunicaciones Canal radioeléctrico: Es la anchura de banda de frecuencias que sirve de referencia para el cálculo de las tarifas correspondientes a las frecuencias definidas anteriormente. En las bandas de frecuencias por debajo de 30.01 MHz el canal radioeléctrico es de 5 KHz. En las bandas de frecuencias comprendidas entre 30.01 MHz y 1000 MHz el canal radioeléctrico es de 25 KHz.
- c) Sistema troncalizado: Es aquel en el que las estaciones establecen comunicación mediante el acceso en forma automática o cualquiera de las frecuencias asignadas al sistema que esté disponible. El sistema comprende las estaciones fijas, móviles repetidoras y centros de conmutación.

De las tarifas:

- a) Las tarifas expresadas en Salarios Mínimos Vitales del Trabajador en General (SMVTG) se calcularán en dólares al valor vigente del primer día del mes al que corresponde el pago.

- b)** Por cada canal para sistemas troncalizados se cobrará el valor equivalente a 10 SMVTG. Por renovación del contrato de autorización, cada cinco años, se cobrará el valor equivalente a 10 SMVTG.
- c)** Sistemas de radiocomunicaciones bajo 30.01 MHz: La autorización para cada frecuencia para los sistemas de radiocomunicaciones de los servicios fijo y móvil que operen bajo 30.01 MHz. se hará para un horario de operación mínimo de dos horas diarias y para cubrir todo el territorio nacional.
- d)** Para los sistemas que operen en frecuencias inferiores a 30.01 MHz. la tarifa mensual para cada frecuencia asignada será determinada multiplicando el valor equivalente a 0.01 SMVTG por el número de canales radioeléctricos asignados, por el número de horas diarias de operación y por el número de estaciones radioeléctricas.
- e)** Sistemas Troncalizados: La tarifa mensual se determina, para cada frecuencia asignada, multiplicando el valor equivalente a 0.045 SMVTG por el número de canales radioeléctricos, por el número de estaciones del sistema que utilicen la frecuencia y por el número de áreas unitarias de servicio.

Los enlaces radioeléctricos se registrarán por las tarifas establecidas para enlaces radioeléctricos. Esto se aplicará de la siguiente manera:

- a) Un grupo de 5 pares de frecuencias constituye un sistema troncalizado.
- b) El número mínimo de estaciones del sistema será de cien (100) estaciones.
- c) Para efecto del cálculo de la tarifa para cada frecuencia el número de estaciones del sistema que utilicen la frecuencia, se considerará como promedio el de cincuenta (50) estaciones. Sin perjuicio del número de estaciones con el que el CONATEL haya autorizado la operación del sistema.

5.3. REGULACIÓN PARA COMERCIALIZACIÓN DEL SERVICIO.

La Ley para la Transformación Económica del Ecuador (Ley 2000-4), publicada en el suplemento del Registro Oficial No. 34 del 13 de marzo del 2000, reforma la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada que determina: "Todos los servicios de telecomunicaciones se brindarán en régimen de libre competencia evitando los monopolios, prácticas restrictivas o de abuso de posición dominante, y la competencia desleal, garantizando la seguridad nacional y promoviendo la eficiencia, universalidad, accesibilidad, continuidad y la calidad del servicio". El reglamento de Radiocomunicaciones establece un listado de obligaciones y prohibiciones que el concesionario debe respetar para su comercialización correcta, entre sus obligaciones tenemos:

- a) Instalar, operar, comercializar y mantener el servicio de radiocomunicación, conforme a lo establecido en los contratos de concesión y de autorización de uso de frecuencias, y en las normas vigentes.
- b) Notificar a la SNT, con copia a la SUPTEL, el cambio de dirección y del representante legal.
- c) Operar el sistema en las frecuencias que la SNT le autorice para tal efecto. Las frecuencias no podrán ser modificadas sin previa autorización de la SNT.
- d) Prestar el servicio únicamente en las áreas autorizadas.
- e) Solucionar a su costo y responsabilidad problemas de interferencia perjudicial, o daños a terceros que cause su sistema.
- f) Notificar el inicio de operación del sistema, mediante la firma de un acta de puesta en operación conjuntamente con la SUPTEL.
- g) Solicitar a la SNT la aprobación de cualquier modificación de las características técnicas descritas en el contrato.
- h) Poner a disposición del Estado su Sistema de Radiocomunicación en los casos de guerra, emergencia nacional, regional o local declarados por el Presidente de la República mientras éstos duren, de conformidad con la Ley de Seguridad Nacional.
- i) Prestar todas las facilidades para que la SUPTEL conjuntamente con un representante del concesionario o usuario, inspeccione y realice las

pruebas necesarias para evaluar la precisión, calidad y confiabilidad del sistema.

- j)** Precautelar los intereses de los abonados mediante la asignación de códigos de seguridad a cada uno de los terminales de abonado.
- k)** Homologar los equipos y terminales de telecomunicaciones, de acuerdo con el Reglamento para Homologación de Equipos Terminales.
- l)** Prestar el servicio a sus abonados sin interrupciones, aún en el caso de mantenimiento del sistema, a no ser que existan razones de fuerza mayor o caso fortuito. Se excluyen los casos en que previa autorización de la SNT, la interrupción del servicio sea indispensable;
- m)** Presentar toda la información que requiera la SNT o la SUPTEL para cumplir con sus respectivas funciones.
- n)** Notificar por escrito a la SNT la voluntad del concesionario o usuario para terminar el contrato de autorización de uso de frecuencias. Esta comunicación deberá realizarse con un mínimo de treinta (30) días de anticipación al cese de operaciones del sistema y pagar todos los valores adeudados hasta la fecha de cancelación de la autorización;
- o)** Sujetarse a las condiciones que establezca la SNT, respecto a los convenios bilaterales o multilaterales vigentes, para la cobertura de zonas fronterizas.

- p)** Identificar sus estaciones mediante indicativos de llamada que serán otorgados por la SNT o indicativos digitales propios del equipo de ser el caso, de conformidad con lo establecido en el presente reglamento.
- q)** Colocar los documentos de identificación de ser el caso, suministrados por la SNT en sus estaciones de radiocomunicaciones.
- r)** Cumplir con las demás obligaciones contempladas en la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada, en el presente reglamento, en el contrato de autorización de uso de frecuencias, y en los reglamentos, normas, planes o resoluciones que expidan sobre la materia los órganos de regulación, administración y control, dentro del ámbito de su competencia.

Mientras que como prohibiciones del concesionario tenemos:

- a)** Utilizar distorsionadores de voz u otros dispositivos que hagan ininteligible la comunicación sin la autorización de la SNT.
- b)** Operar los sistemas de radiocomunicación en horarios no autorizados.
- c)** Hacer uso en las transmisiones, de códigos o claves no autorizados por la SNT.
- d)** Operar equipos de radioaficionados o banda ciudadana en actividades diferentes del servicio destinado o en bandas de frecuencias atribuidas a otros servicios.

- e) No cumplir con los parámetros técnicos de los enlaces satelitales establecidos en el contrato de autorización y no cumplir con las certificaciones de los proveedores del segmento espacial.
- f) Prestar servicios de mantenimiento, instalación, puesta en funcionamiento de sistemas de radiocomunicación y arriendo de infraestructura a personas que no tienen contrato de concesión o autorización de uso de frecuencias otorgado por la SNT o que se hallen en trámite.
- g) Utilizar o permitir el uso del sistema de radiocomunicación para actividades ilícitas penadas por las leyes ecuatorianas.
- h) Cursar comunicaciones de tipo delictivo a juicio de la autoridad competente.
- i) Enajenar, traspasar, alquilar, ceder o gravar en todo o en parte la concesión o autorización de uso de frecuencias o los derechos que de ella se derivan, sin autorización previa de la SNT.
- j) Utilizar un proveedor del segmento espacial sin previa autorización de la SNT.
- k) No dar cumplimiento sin justificación a los plazos para iniciar la operación de los servicios establecidos en el contrato de concesión o contrato de autorización de uso de frecuencias, así como también, los del plan de ejecución.

Hay que indicar, que a pesar de que algunas empresas se encuentran interesadas en ofrecer otros servicios de telecomunicaciones, específicamente con la tecnología LMDS, no pueden seguir desarrollando esta idea, lamentablemente la parte de reglamentación de este sistema no está aún estipulada en la SUPTEL.

Sabemos por el CONARTEL (Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión) que en la agenda del próximo año se va a incluir este tema para poderlo regularizar, mientras tanto lo que se sabe en cuanto a posibles costos de concesión es un valor aproximado, según otras tecnologías de similares características. Para la concesión del sistema LMDS se estima un valor de \$ 4.000 para las ciudades de Guayaquil y Quito, y para ciudades medianas como Manta, Riobamba, y Cuenca se estima un valor de \$ 1.500. Es posible utilizar las subastas como método de licitación, que consiste en recibir ofertas de todas las empresas que desean implementar esta tecnología para luego proceder con el análisis de las mismas, y escoger una o varias ofertas que cumplan el mínimo de los requerimientos técnicos y económicos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Dos razones importantes hay que considerar con LMDS: su facilidad de instalación en comparación con otras tecnologías como las de cable de cobre u otras tecnologías inalámbricas; y su compatibilidad con redes de fibra óptica.
- El sector tiene que ser el adecuado al momento de instalar la Estación Base y prestar los diferentes servicios al usuario, se debe evitar que la comunicación entre la BS y el emplazamiento de usuario no presente problemas como zonas de sombra, caminos con obstáculos, y reflexión.
- Los problemas anteriores pueden producir pérdidas en la calidad de servicio del sistema, la ganancia de potencia en las antenas tanto transmisoras como receptoras bajaría notablemente, habría interferencia, la transmisión no sería lo más óptima posible, y la capacidad de transmisión sería lenta.
- Las Operadoras de Telefonía Celular están en capacidad de reinvertir sus ingresos actuales en la implementación de nuevos servicios fijos a bajos costos, confiando en la imagen y la calidad de servicio que mantienen con sus servicios de telefonía móvil.
- Inicialmente se pueden adquirir pocos equipos para analizar la respuesta del mercado potencial, a medida que se vayan obteniendo los resultados esperados se pueden adquirir más, y permitir que se expanda la red hacia nuevos sectores de la ciudad y del país.

- Actualmente, las operadoras no cuentan con un backbone de televisión como lo poseen algunas empresas que utilizan la tecnología HFC o MMDS para dar el servicio de Televisión Digital, con nuestro sistema, se recomendaría realizar su implementación por ser uno de los servicios que posee mayor demanda.
- El ahorro en la construcción de nuevas estaciones base es muy significativo, como se pudo notar en una Tipo Terreno o Tipo Terraza. Luego de la adquisición de equipos, lo único que debería realizarse es el montaje de las antenas en las Torres existentes. Estas no provocan problema alguno con las antenas de telefonía celular debido a que trabajan en una frecuencia superior, 28 GHz, y las de telefonía celular a una frecuencia entre 800 y 1.200 MHz.
- Este sistema ya ha sido instalado en otros países dando óptimos resultados, especialmente Europa y parte de los Estados Unidos, en el Ecuador como tal todavía se estudia la posibilidad de implementarlo debido a la alta capacidad de transmisión que posee.

GLOSARIO

AAA	(Authentication, Accesability, Accounting).- Autenticación, acceso y contabilidad.
AC/CA	(Alternating Current).- Corriente Alterna.
ACL	(Access Control List).- Lista de control de acceso.
ADSL	(Asymmetric Digital Subscriber Line).- Línea digital asimétrica del usuario.
AP	(Access Point).- Punto de acceso.
ARIN	(American Registry for Internet Numbers).- Registro Americano de números de internet.
ARP	(Address Resolution Protocol).- Protocolo de resolución de direcciones.
ATM	(Asynchronous Transfer Mode).- Módulo de transferencia asíncrono.
BER	(Bit Error Rate).- Tasa de error de bit.
BPS	(Bit per second).- Bits por segundo
BPSK	(Binary Phase Shift Keying).- Cambio por fase binaria.
BCU	(Bandwidth Control Unit).- Unidad controladora de ancho de banda.
BSU	(Base Station Unit).- Unidad de estación base
CC	(Continuous Current).- Corriente Continua.

CCK	(Complementary Coding Keying).- Modulación por código complementario.
CDMA	(Code Division Multiple Access).- Acceso Múltiple por división de código.
CIR	(Committed Information Rate).- Tasa de transmission minima comprometida.
CNAC	(Closed Network Access Control).- Control de acceso a redes cerradas.
CRC	(Cyclic Redundance Control).- Control de redundancia cíclica.
CSMA/CA	(Carrier Sense Multiple Access with Colission Avoidance).- Acceso multiple con detección de portadora y evasión de colisiones.
CSMA/CD	(Carrier Sense Multiple Access with Colission Detect).- Acceso multiple con detección de portadora y detección de colisiones.
DAMA	(Demand Assigned Multiple Access).- Demanda asignada para acceso múltiple.
DHCP	(Dynamic Host Control Protocol).- Protocolo de control dinámico de hosts.
DNS	(Domain Name System).- Sistema de denominación de dominio.
DPC/CPD	(Data Process Center).- Acceso Múltiple por división de frecuencia.

DSSS	(Direct Sequence Spread Spectrum).- Espectro ensanchado por secuencia directa.
EGRP	(External Gateway Routing Protocol).- Protocolo de enrutamiento de compuerta exterior.
EHF	(Extremely High Frequency).- Frecuencia extremadamente alta.
ETSI	(European Telecommunications Standard Institute).- Instituto de estándares europeos de telecomunicaciones.
FHSS	(Frequency Hopping Spread Spectrum).- Espectro ensanchado por salto de frecuencia.
FTP	(File Transfer Protocol).- Protocolo de transferencia de archivos.
FWA	(Fixed Wireless Access).- Acceso inalámbrico fijo.
HF	(High Frequency).- Frecuencia alta.
HFC	(Hybrid Fiber Coaxial).- Híbrido fibra-cable coaxial.
HFR	(Hybrid Fiber Radio).- Híbrido fibra-radio.
HPA	(High Power Amplifier).- Amplificador de alta potencia.
HTML	(HyperText Mark Language).- Lenguaje de etiquetas por hipertexto.
HTTP	(HyperText Transfer Protocol).- Protocolo de transferencia de hipertexto.
ICANN	(Internet Corporation for Assigned Names and Numbers).- Corporación de internet para nombres y números asignados.

ICMP	(Internet Control Messages Protocol).- Protocolo de control de mensajes de internet.
IEEE	(Institute of Electrical and Electronics Engineers).- Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos.
IF	(Intermediate Frequency).- Frecuencia intermedia.
IGRP	(Internal Gateway Routing Protocol).- Protocolo de enrutamiento de compuerta interior.
IP	(Internet Protocol).- Protocolo de Internet.
ISDN/RDSI	(Integrated Service Digital Network).- Red integrada de servicios digitales.
ISO	(International Standard Organization).- Organización de estándares internacionales.
ISP	(Internet Service Provider).- Proveedor de servicios de Internet.
ITU/UIT	(International Telecommunication Union).- Unión Internacional de Telecomunicación.
LACNIC	(Latin American and Caribbean Internet Address Registry).- Registro de direcciones de internet para Latinoamérica y el Caribe.
LAN	(Local Area Network).- Red de área local.
LF	(Low Frequency).- Frecuencia baja.
LMDS	(Local Multipoint Distribution System).- Sistema de distribución local Multipunto.

LNA	(Low Noise Amplifier).- Amplificador de bajo ruido.
LNC	(Low Noise Converter).- Convertidor de bajo ruido.
MAC	(Media Access Control).- Control de acceso al medio.
MAN	(Metropolitan Area Network).- Redes de área metropolitana.
MF	(Medium Frequency).- Frecuencia media.
MMDS	(Multichannel Multipoint Distribution System).- Sistema de distribución Multicanal multipunto.
NAP	(Network Access Point).- Punto de acceso a la red.
NAT	(Network Address Translation).- Traslación de direcciones de red.
OFDM	(Orthogonal Frequency Division Multiplexing).- Multiplexación ortogonal por division de frecuencia.
OSA	(Open System Autentication).- Autenticación de sistemas abiertos.
OSI	(Open System Interconnection).- Interconexión de sistemas abiertos.
OSPF	(Open Shortest Path First).- Primero la ruta más corta.
PAN	(Personal Area Network).- Redes de área personal.
PCI	(Protocol Control Information).- Información de control de protocolo.
PON	(Passive Optical Network).- Redes ópticas pasivas.
POP	(Point Of Presence).- Punto de presencia.

POTS	(Plain Ordinary Telephone Services).- Servicios de telefonía tradicionales.
PPP	(Point to Point Protocol).- Protocolo punto a punto.
QoS	(Quality of Service).- Calidad de servicio.
QPSK	(Quadrature Phase Shift Keying).- Cambio por fase de cuadratura.
RADIUS	(Remote Authentication Dial-In User Service).- Autenticación de usuarios para acceso remoto.
RARP	(Reverse Address Resolution Protocol).- Protocolo de resolución de direcciones inversa.
RAS	(Remote Access Server).- Servidor de acceso remoto.
RF	(Radio Frequency).- Frecuencia de radio.
RIP	(Routing Internal Protocol).- Protocolo de enrutamiento interior.
RPC	(Remote Procedure Call).- Llamada a procedimiento remoto.
SCPC	(Single Channel Per Carrier).- Canal único por portadora.
SDSL	(Symmetric Digital Subscriber Line).- Línea de suscriptor digital simétrica.
SHF	(Super High Frequency).- Frecuencia super alta.
SKA	(Shared Key Authentication).- Autenticación de llaves compartidas.
SMTP	(Simple Mail Transfer Protocol).- Protocolo de transferencia de correos simple.

SNMP	(Simple Network Management Protocol).- Protocolo de administración de redes simple.
SNR	(Signal-Noise Rate).- Relación señal a ruido.
SOHO	(Small Office / Home Office).- Oficina pequeña / hogar pequeño.
SONET	(Synchronous Optical NETwork).- Red óptica síncrona.
SSID	(Service Set IDentifier).- Identificador de servicio fijo.
SU	(Subscriber unit).- Unidad suscriptora.
SWAP	(Shared Wireless Access Protocol).- Protocolo de acceso inalámbrico compartido.
TCP	(Transmission Control Protocol).- Protocolo de Control de Transmisión.
TDD	(Time Division Duplex).- Dúplex por división de tiempo
TDMA	(Time Division Multiple Access).- Acceso multiple por división de tiempo
TFTP	(Trivial File Transfer Protocol).- Protocolo trivial de transferencia de archivos.
UDP	(User Datagram Protocol).- Protocolo de datagrama de usuario.
UHF	(Ultra High Frequency).- Frecuencia Ultra alta.
UPS	(Uninterrupted Power System).- Sistema de alimentación ininterrumpida.
URL	(Universal Resources Locator).- Localizador universal de recursos.

USB	(Universal Serial Bus).- Bus serial universal.
UTP	(Unshielded twisted pair).- Par trenzado no blindado.
VHF	(Very High Frequency).- Frecuencia muy alta.
VLF	(Very Low Frequency).- Frecuencia muy baja.
VoIP	(Voice over Internet Protocol).- Voz sobre protocolo de Internet.
VPN	(Virtual Private Networks).- Redes privadas virtuales.
VSAT	(Very Small Aperture Terminal).- Terminal de apertura muy pequeña.
WAIS	(Wide Area Information Services).- Servicios de información de áreas amplias.
WAN	(Wide Area Network).- Red de area amplia.
WAP	(Wireless Application Protocol).- Protocolo de aplicación inalámbrica.
WEP	(Wireless Equivalent Privacy).- Equivalente de privacidad inalámbrica.
WI-FI	(Wireless Fidelity).- Fidelidad Inalámbrica.
WISP	(Wireless Internet Service Provider).- Proveedor de servicios de internet inalámbrico.
WLAN	(Wireless Local Area Network).- Red de área local inalámbrica.
WLL	(Wireless Local Loop).- Lazo local inalámbrico.
WML	(Wireless Markup Language).- Lenguaje de enriquecimiento inalámbrico.

WTA (Wireless Telephony Application).- Aplicación de telefonía inalámbrica.

WWW (World Wide Web).- Red amplia mundial.

ANEXOS

UBICACIÓN DE CELDAS PARA SISTEMA LMDS

Item	Estación	Dirección	Tipo	Ubicación Geográfica			Características de Torre					
				Latitud	Longitud	Altura SNM	Altura	Edificio	Altura Total	Tipo de estructura	Construcción de estructura	Tipo de torre
1	Cerro azul	Cerro Azul	TDMA	02° 09' 33.94" S	79° 57' 36.98" O	394,00	48,00	0,00	48,00	Torre	Autosoportada	Triangular
2	Prosperina	Calle Novena y la 3 ra (Km 7 1/2 Vía a Daule)	TDMA + GSM (Indoor)	02° 08' 02.00" S	79° 55' 57.40" O	30,00	30,00	0,00	30,00	Torre	Autosoportada	Triangular
3	Agrosa	Km 10, Vía Guayaquil- Daule (diagonal al Quinto Guayas)	TDMA + GSM (Indoor)	02° 06' 38.88" S	79° 56' 05.21" O	10,00	30,00	0,00	30,00	Torre	Autosoportada	Triangular
4	Berlín	Av. las Monjas y Av. Carlos Julio Arosemena, Edf. Berlín	TDMA + GSM (Indoor)	02° 10' 12.89" S	79° 54' 40.54" O	30,00	12,90	12,10	25,00	Torre	Autosoportada	Triangular
5	Cóndor	Cdla. El Condor Dest. La Piedra y Dest. Coangos	GSM (Outdoor)	02°07'28.43" S	79°54'21.24" O	10,00	24,00	0,00	24,00	Torre	Autosoportada	Triangular
6	Quisquis	1ero de Mayo y Carchi, Hotel Mi Casa	TDMA + GSM (Indoor)	02° 11' 0.15" S	79° 53' 34" O	89,00	4,50	20,30	24,80	Polo	Autosoportada	Tubular
7	Puerto Lisa	Calle 26 # 2029, Parroquia Febres Cordero	Ultrasite (Outdoor)	02° 12' 10,15"	79° 55' 22,54"	7,00	24,00	0,00	24,00	Torre	Autosoportada	Triangular
8	Trinitaria	2do Callejón 48 SO entre Av. 31 SO y Av. 30A SO	TDMA + GSM (Indoor)	02° 14' 05.76" S	79° 55' 28.12" O	15,00	36,00	0,00	36,00	Torre	Autosoportada	Triangular
9	Forestal	Calle Rosendo Aviles entre Antepará y Av. Quito	TDMA + GSM (Indoor)	02° 12' 45.90" S	79° 53' 45.41" O	3,00	30,00	0,00	30,00	Torre	Autosoportada	Triangular
10	Esclusas	Primera diagonal 54 y peatonal 11 (esquina)	TDMA + GSM (Indoor)	02° 15' 36.81" S	79° 52' 43.78" O	5,00	30,00	0,00	30,00	Torre	Autosoportada	Triangular

Ubicación de Celdas para Sistema LMDS

TABLA C-17 Capitalización discreta; $i = 20\%$

N	Pago simple		Serie uniforme				Gradiente uniforme		N
	Factor del monto compuesto	Factor del valor presente	Factor del monto compuesto	Factor del valor presente	Factor del fondo de amortización	Factor de recuperación de capital	Factor del gradiente del valor presente	Factor del gradiente de series uniformes	
	Para encontrar F dado P F/P	Para encontrar P dado F P/F	Para encontrar F dado A F/A	Para encontrar P dado A P/A	Para encontrar A dado F A/F	Para encontrar A dado P A/P	Para encontrar P dado G P/G	Para encontrar A dado G A/G	
1	1.2000	0.8333	1.0000	0.8333	1.0000	1.2000	0.000	0.0000	1
2	1.4400	0.6944	2.2000	1.5278	0.4545	0.6545	0.694	0.4515	2
3	1.7280	0.5787	3.6400	2.1065	0.2747	0.4747	1.852	0.8791	3
4	2.0736	0.4823	5.3680	2.5887	0.1863	0.3863	3.299	1.2742	4
5	2.4883	0.4019	7.4416	2.9906	0.1344	0.3344	4.906	1.6405	5
6	2.9860	0.3349	9.9299	3.3255	0.1007	0.3007	6.581	1.9788	6
7	3.5832	0.2791	12.9159	3.6046	0.0774	0.2774	8.255	2.2902	7
8	4.2998	0.2326	16.4991	3.8372	0.0606	0.2606	9.883	2.5756	8
9	5.1598	0.1938	20.7989	4.0310	0.0481	0.2481	11.434	2.8364	9
10	6.1917	0.1615	25.9587	4.1925	0.0385	0.2385	12.887	3.0739	10
11	7.4301	0.1346	32.1504	4.3271	0.0311	0.2311	14.233	3.2893	11
12	8.9161	0.1122	39.5805	4.4392	0.0253	0.2253	15.467	3.4841	12
13	10.6993	0.0935	48.4966	4.5327	0.0206	0.2206	16.588	3.6597	13
14	12.8392	0.0779	59.1959	4.6106	0.0169	0.2169	17.601	3.8175	14
15	15.4070	0.0646	72.0351	4.6755	0.0139	0.2139	18.510	3.9588	15
16	18.4884	0.0541	87.4421	4.7296	0.0114	0.2114	19.321	4.0851	16
17	22.1861	0.0451	105.9306	4.7746	0.0094	0.2094	20.042	4.1976	17
18	26.6233	0.0376	128.1167	4.8122	0.0078	0.2078	20.681	4.2975	18
19	31.9480	0.0313	154.7400	4.8435	0.0065	0.2065	21.244	4.3861	19
20	38.3376	0.0261	186.6880	4.8696	0.0054	0.2054	21.740	4.4643	20
21	46.0051	0.0217	225.0256	4.8913	0.0044	0.2044	22.174	4.5334	21
22	55.2061	0.0181	271.0307	4.9094	0.0037	0.2037	22.555	4.5941	22
23	66.2474	0.0151	326.2369	4.9245	0.0031	0.2031	22.887	4.6475	23
24	79.4968	0.0126	392.4842	4.9371	0.0025	0.2025	23.176	4.6943	24
25	95.3962	0.0105	471.9811	4.9476	0.0021	0.2021	23.428	4.7352	25
30	237.3763	0.0042	1181.8816	4.9789	0.0008	0.2008	24.263	4.8731	30
35	590.6682	0.0017	2948.3411	4.9915	0.0003	0.2003	24.661	4.9406	35
40	1469.7716	0.0007	7343.8578	4.9966	0.0001	0.2001	24.847	4.9728	40
45	3657.2620	0.0003	18281.3099	4.9986	0.0001	0.2001	24.932	4.9877	45
50	9100.4382	0.0001	45497.1908	4.9995	*	0.2000	24.970	4.9945	50
60	56347.5144	*	281732.5718	4.9999	*	0.2000	24.994	4.9989	60
80	2160228.4620	*	10801137.3101	5.0000	*	0.2000	25.000	5.0000	80
∞				5.0000		0.2000			∞

*Menos de 0.0001

TABLA C-18 Capitalización discreta; $i = 25\%$

N	Pago simple		Serie uniforme				Gradiente uniforme		N
	Factor del monto compuesto	Factor del valor presente	Factor del monto compuesto	Factor del valor presente	Factor del fondo de amortización	Factor de recuperación de capital	Factor del gradiente del valor presente	Factor del gradiente de series uniformes	
	Para encontrar F dado P F/P	Para encontrar P dado F P/F	Para encontrar F dado A F/A	Para encontrar P dado A P/A	Para encontrar A dado F A/F	Para encontrar A dado P A/P	Para encontrar P dado G P/G	Para encontrar A dado G A/G	
1	1.2500	0.8000	1.0000	0.8000	1.0000	1.2500	0.000	0.0000	1
2	1.5625	0.6400	2.2500	1.4400	0.4444	0.6944	0.640	0.4444	2
3	1.9531	0.5120	3.8125	1.9520	0.2623	0.5123	1.664	0.8525	3
4	2.4414	0.4096	5.7656	2.3616	0.1734	0.4234	2.893	1.2249	4
5	3.0518	0.3277	8.2070	2.6893	0.1218	0.3718	4.204	1.5631	5
6	3.8147	0.2621	11.2588	2.9514	0.0888	0.3388	5.514	1.8683	6
7	4.7684	0.2097	15.0735	3.1611	0.0663	0.3163	6.773	2.1424	7
8	5.9605	0.1678	19.8419	3.3289	0.0504	0.3004	7.947	2.3872	8
9	7.4506	0.1342	25.8023	3.4631	0.0388	0.2888	9.021	2.6048	9
10	9.3132	0.1074	33.2529	3.5705	0.0301	0.2801	9.987	2.7971	10
11	11.6415	0.0859	42.5661	3.6564	0.0235	0.2735	10.846	2.9663	11
12	14.5519	0.0687	54.2077	3.7251	0.0184	0.2684	11.602	3.1145	12
13	18.1899	0.0550	68.7596	3.7801	0.0145	0.2645	12.262	3.2437	13
14	22.7374	0.0440	86.9495	3.8241	0.0115	0.2615	12.833	3.3559	14
15	28.4217	0.0352	109.6868	3.8593	0.0091	0.2591	13.326	3.4530	15
16	35.5271	0.0281	138.1085	3.8874	0.0072	0.2572	13.748	3.5366	16
17	44.4089	0.0225	173.6357	3.9099	0.0058	0.2558	14.109	3.6084	17
18	55.5112	0.0180	218.0446	3.9279	0.0046	0.2546	14.415	3.6698	18
19	69.3889	0.0144	273.5558	3.9424	0.0037	0.2537	14.674	3.7222	19
20	86.7362	0.0115	342.9447	3.9539	0.0029	0.2529	14.893	3.7667	20
21	108.4202	0.0092	429.6809	3.9631	0.0023	0.2523	15.078	3.8045	21
22	135.5253	0.0074	538.1011	3.9705	0.0019	0.2519	15.233	3.8365	22
23	169.4066	0.0059	673.6264	3.9764	0.0015	0.2515	15.363	3.8634	23
24	211.7582	0.0047	843.0329	3.9811	0.0012	0.2512	15.471	3.8861	24
25	264.6978	0.0038	1054.7912	3.9849	0.0009	0.2509	15.562	3.9052	25
30	807.7936	0.0012	3227.1743	3.9950	0.0003	0.2503	15.832	3.9628	30
35	2465.1903	0.0004	9856.7613	3.9984	0.0001	0.2501	15.937	3.9858	35
40	7523.1638	0.0001	30088.6554	3.9995	*	0.2500	15.977	3.9947	40
45	22958.8740	*	91831.4962	3.9998	*	0.2500	15.992	3.9980	45
50	70064.9232	*	280255.6929	3.9999	*	0.2500	15.997	3.9993	50
60	652530.4468	*	2610117.7872	4.0000	*	0.2500	16.000	3.9999	60
∞				4.0000		0.2500			∞

*Menos de 0.0001

Tabla de interés y anualidades para capitalización discreta

Si su respuesta es No, explique el motivo: _____

6. Si tiene conectividad con sus sucursales, ¿cuál es el medio empleado en sus enlaces de última milla?

a. Cable de cobre () b. Inalámbrico ()

7. Si su respuesta anterior fue la alternativa (a), ¿estaría dispuesto a que sus servicios mejoren por medio del acceso inalámbrico LMDS?

a. Sí () b. No ()

Si su respuesta es No, explique el motivo: _____

8. ¿La Empresa se encuentra ubicada en la zona regenerada de la ciudad?

a. Sí () b. No ()

9. Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿ha tenido factibilidad en la instalación de Internet?

a. Sí () b. No ()

Si no ha tenido factibilidad, explique el motivo: _____

10. De los siguientes beneficios planteados, ¿cuáles considera usted que serían mejorados al optimizar el acceso local?

	Sí	No
a. Compartir más recursos.	()	()
b. Compartir información.	()	()
c. Consolidar información.	()	()
d. Eficiencia en procesos.	()	()
e. Acceso a servicios de información.	()	()
f. Velocidades a nivel de Fibra Óptica.	()	()
g. Control centralizado.	()	()

11. ¿Cuáles de los siguientes factores considera usted más importantes al momento de decidir la contratación e instalación de Servicios de Telecomunicaciones?

	Sí	No
a. Precio.	()	()
b. Garantía y confiabilidad.	()	()
c. Soporte técnico.	()	()
d. Prestigio de la empresa.	()	()
e. Rapidez de implementación.	()	()

BIBLIOGRAFÍA

1. Telemática Aplicada por Antonio Ricardo Castro Lechtaler / Rubén Jorge Fusario.
2. Introducción a la Telemática por Eduardo Alcalde y Jesús García Tomas.
3. Ingeniería Económica por Degarmo / Sullivan.
4. Preparación y evaluación de proyectos por Sapag y Sapag.
5. Comunicaciones y Redes de computadores por William Stallings.
6. <http://www.cujae.edu.cu/revistas/telematica>
7. <http://www.unavarra.es/organiza/>
8. http://www.geocities.com/txmetsb/el_modelo_de_referencia_osi.htm
9. http://web.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/modelo_osi.html
10. <http://usuarios.lycos.es/janjo/janjo1.html>
11. <http://www.monografias.com/trabajos13/modosi/modosi.shtml>
12. <http://www.domotica.net/Lmds.htm>
13. http://www.iec.org/online/tutorials/test_dv/
14. <http://www.porta.net/>
15. <http://www.movistar.com.ec/>
16. <http://www.alegropcs.com/>
17. <http://www.conatel.gov.ec/>
18. <http://www.supertel.gov.ec/>
19. <http://www.superCIAS.gov.ec/>

20. <http://www.wi-fi.org/>
21. <http://www.laantena.com/>
22. <http://www.alcatel.com/>
23. <http://www.siemens.com/>
24. <http://www.alvarion.com/>
25. <http://www.crt.gov.co/>
26. <http://wireless.com.pt/>