

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO FACULTAD DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

DEPARTAMENTO DE ELECTRICA Y ELECTRONICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“REDES DE ACCESO INALÁMBRICAS: SITUACIÓN ACTUAL Y
PERSPECTIVAS EN EL ECUADOR”**

DIEGO ISRAEL CERÓN GORDÓN

**Sangolquí - Ecuador
2008**

CERTIFICACIÓN

Por medio de la presente certificamos que el proyecto de grado para la obtención del título en Ingeniería Electrónica titulado “Redes de Acceso Inalámbricas: Situación Actual y Perspectivas en el Ecuador” fue desarrollado en su totalidad por el señor DIEGO ISRAEL CERÓN GORDÓN.

Atentamente,

Ing. Román Lara
DIRECTOR

Ing. Gonzalo Olmedo
CODIRECTOR

RESUMEN

El presente proyecto presenta un análisis tecnológico y regulatorio de las redes de acceso inalámbricas y su evolución en el Ecuador.

En lo tecnológico se hizo una descripción de las redes de acceso alámbricas, para luego describir los principales tipos de redes de acceso inalámbricas, luego de lo cual se realizó una comparación de las mismas para poder obtener parámetros de comparación tanto en sus debilidades como sus fortalezas.

En lo referente a lo regulatorio se explica la situación de las redes de acceso inalámbricas en el país, las bandas asignadas a cada servicio y su situación ocupacional. Se analizaron las condiciones en las cuáles actualmente se están explotando los servicios en el Ecuador y como se podrán enfrentar a las nuevas tecnologías inalámbricas desde el punto de vista del regulador y de cara a los procesos de convergencia tecnológica. Se realizó un estudio comparativo con la regulación de otros países de la región, con lo cual finalmente se determinó una propuesta regulatoria para tener un manejo más adecuado de cada una de las redes de acceso inalámbricas en el país.

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado en primer lugar a Dios, por llenarme de bendiciones día tras días y darme fuerzas para seguir adelante. A mi abuelito Jorge, que a pesar de su partida siento que lo tengo a mi lado cuidándome y guiándome. A mi papi Jorge, que gracias a su ejemplo de lucha constante y a sus consejos he podido lograr mis metas. A mi mami Fabi por todo el amor, la paciencia y las enseñanzas he llegado a ser el hombre que soy. A mi hermano Jorge David, que a más de ser mí hermano ha sido mi amigo, gracias por tu apoyo y tu cariño.

“Hay hombres que luchan un día y son buenos.

Hay otros que luchan un año y son mejores.

Hay quienes luchan muchos años y son muy buenos.

Pero hay los que luchan toda la vida:

esos son los imprescindibles”

Bertolt Becht

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a Dios por bendecirme con la familia tan maravillosa que me ha dado; a mi papi, gracias por la confianza que deposito en mi y sin escatimar esfuerzos me brindo todo su apoyo para que pueda cumplir mi sueño, gracias por todas las palabras de aliento y enseñanzas que ha sembrado en mi. A mi mami gracias por siempre estar a mi lado, por llenarme de amor, cuidados y por su preocupación, gracias por todo ese esfuerzo que me ha dado y por ser junto a mi papi los pilares de mi vida. Gracias a ti ñaño por tu cariño, por ser el hombre que eres y ser mí ejemplo a seguir. A mi abuelita Judith gracias por sus bendiciones y por tanto amor que me brinda, a mis tíos y primos gracias por todo el apoyo que me han sabido dar.

También quisiera agradecer a mis amigos de la universidad que fueron como mi segunda familia durante cinco años de mi vida. Quiero agradecer a todos mis compañeros de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones en especial al Ing. Byron Pabón, que a más de ser un gran profesional es un gran amigo y me supo brindar su apoyo desinteresado para la realización de este proyecto. Además agradezco por toda su ayuda a todos mis profesores y en particular al director de este proyecto Ing. Román Lara y al codirector Ing. Gonzalo Olmedo.

PROLOGO

El acceso juega un papel de gran importancia, desde el punto de vista tecnológico, dentro del desarrollo del nuevo modelo de red. La evolución de las tecnologías de acceso debe facilitar el despliegue de las nuevas redes y servicios. Hoy en día y cada vez en mayor medida, los usuarios demandan accesos de banda ancha que les permitan acceder a los nuevos servicios y prestaciones que ofrecen las redes de comunicaciones. La variedad de tecnologías disponibles para acceder al usuario final, y las medidas regulatorias, las tarifas de interconexión, etc., están propiciando que las tecnologías de acceso tomen un protagonismo creciente.

En muchos países del mundo y no es la excepción Ecuador, las redes de acceso constituyen un elemento clave de la cadena de valor de la industria de telecomunicaciones, tanto por su influencia sobre la oferta y calidad de los servicios, como por la importancia que adquieren en los mercados liberalizados.

Con este estudio se dará una visión más clara de cómo esta tecnología ha evolucionado tanto en lo tecnológico como en lo regulatorio, y poder darnos cuenta de la situación en la que se encuentra el Ecuador, ya que en todo el mundo las Redes de Acceso Inalámbricas han tenido un desarrollo acelerado debido a las necesidades de los usuarios por movilidad y un gran ancho de banda.

En el primer capítulo se presenta la introducción al tema del proyecto con un concepto de red de telecomunicaciones, su clasificación, una breve historia y terminamos con la definición de red de acceso.

En el segundo capítulo se da una breve descripción de las redes de acceso alámbricas, una descripción más detallada de las principales redes de acceso inalámbricas, a continuación se hace un cuadro comparativo con los parámetros más importantes de las redes de acceso inalámbricas, para terminar con la ventajas y desventajas que presenta cada una de ellas.

Para el tercer capítulo se presenta un análisis del marco regulatorio actual de las telecomunicaciones en el Ecuador, incluyendo las distintas Leyes y Reglamentos que rigen, la administración del espectro regulatorio, así como una comparación de los aspectos de mercado de redes de acceso inalámbricas más sobresalientes, a continuación se describe la regulación en otros países de la región y finalmente se da una propuesta regulatoria.

Finalmente, en el cuarto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

INDICE DE CONTENIDO

GLOSARIO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
CAPITULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 RED DE TELECOMUNICACIONES	1
1.2 INTRODUCCIÓN A LOS DISTINTOS TIPOS DE REDES DE TELECOMUNICACIONES	3
1.2.1 <i>Redes de telecomunicaciones por su Arquitectura</i>	3
1.2.2 <i>Redes de telecomunicaciones por su Cobertura Geográfica</i>	6
1.2.2.1 Red de Área Local.....	7
1.2.2.2 Red de Área Metropolitana	9
1.2.2.3 Red de Área Amplia.....	11
1.3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN EL ACCESO	13
1.4 RED DE ACCESO	15
1.5 ACCESO INALÁMBRICO: SITUACIÓN ACTUAL.....	18
CAPITULO 2.....	20
ANÁLISIS TECNOLÓGICO.....	20
2.1 REDES DE ACCESO CABLEADAS	20
2.1.1 <i>Bucle digital de abonado (xDSL)</i>	21
2.1.1.1 High Speed Digital Subscriber Line (HDSL).....	23
2.1.1.2 Symmetric High speed Digital Subscriber Line (SHDSL)	24
2.1.1.3 Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL).....	25
2.1.1.4 Very high speed Digital Subscriber Line (VDSL).....	27
2.1.1.5 Single line Digital Subscriber Line (SDSL)	28
2.1.1.6 ISDN Digital Subscriber Line (IDSL).....	28
2.1.1.7 Adaptive Rate Digital Subscriber Line (RADSL)	29
2.1.2 <i>Redes híbridas de fibra y cable (HFC)</i>	30
2.1.3 <i>Redes de Fibra Óptica</i>	32
2.1.3.1 Redes PON (<i>Passive Optical Network</i>).....	33
2.1.3.2 Redes FTTH.....	34
2.1.4 <i>PLC (Power Line Communications)</i>	36
2.1.4.1 Componentes de una red PLC	38
2.1.4.2 Ventajas de PLC.....	38
2.1.4.3 Inconvenientes de PLC.....	38
2.2 REDES DE ACCESO INALÁMBRICAS	39
2.2.1 <i>Acceso Vía Satélite</i>	39
2.2.1.1 Estructura de red	41
2.2.1.2 Orbitas Satelitales.....	43
2.2.1.3 Bandas de frecuencias	45
2.2.1.4 Características de la Comunicación por Satélite	46
2.2.1.5 Very Small Aperture Terminals (VSAT)	48
2.2.1.6 Proveedores de servicios satelitales.....	48
2.2.2 <i>Acceso Móvil</i>	49
2.2.2.1 GSM (<i>Global System for Mobile</i>).....	50
2.2.2.2 GPRS (<i>General Packer Radio Services</i>)	54
2.2.2.3 EDGE (<i>Enhanced Data rates for GSM of Evolution</i>).....	55
2.2.2.4 UMTS (<i>Universal Mobile Telecommunication System</i>).....	57
2.2.2.5 HSDPA (<i>High Speed Downlink Packet Access</i>).....	63
2.2.2.6 LTE (<i>Long Term Evolution</i>).....	65
2.2.3 <i>Acceso Inalámbrico Fijo</i>	66
2.2.3.1 WLL (<i>Wireless Local Loop</i>).....	66
2.2.3.2 LMDS (<i>Local Multipoint Distribution Service</i>)	73
2.2.3.3 MMDS (<i>Multichannel Multipoint Distribution Service</i>)	80
2.2.3.4 Wi-Fi (<i>Wireless Fidelity</i>).....	83
2.2.3.5 WiMax (<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>).....	88
2.2.3.6 WiBro(<i>Wireless Broadband</i>).....	93
2.2.3.7 Bluetooth.....	95
2.2.3.8 UWB (<i>Ultra Wide Band</i>).....	100

2.3	COMPARACIÓN DE LAS REDES DE ACCESO INALÁMBRICAS	105
2.4	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS ACCESOS INALÁMBRICOS	111
2.4.1	<i>Acceso Vía Satélite</i>	112
2.4.2	<i>GPRS</i>	112
2.4.3	<i>UMTS</i>	113
2.4.4	<i>WLL</i>	114
2.4.5	<i>LMDS</i>	114
2.4.6	<i>MMDS</i>	115
2.4.7	<i>Wi-Fi</i>	115
2.4.8	<i>WiMax</i>	116
2.4.9	<i>Bluetooth</i>	116
2.4.10	<i>UWB</i>	117
CAPITULO 3.....		118
ANÁLISIS REGULATORIO.....		118
3.1	PROCESO HISTÓRICO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR.....	118
3.2	MARCO REGULATORIO EN EL ECUADOR.....	119
3.2.1	<i>Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada</i>	120
3.2.1.1	Consejo Nacional De Telecomunicaciones (CONATEL).....	121
3.2.1.2	Secretaría Nacional De Telecomunicaciones (SENATEL)	121
3.2.1.3	Superintendencia De Telecomunicaciones (SUPTTEL).....	122
3.2.1.4	Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL).....	122
3.2.2	<i>Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada</i>	124
3.2.3	<i>Reglamento de Radiocomunicaciones</i>	125
3.2.4	<i>Plan Nacional de Frecuencias</i>	126
3.3	ADMINISTRACIÓN DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.....	127
3.3.1	<i>Unión Internacional de Telecomunicaciones</i>	127
3.3.1.1	UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones).....	128
3.3.1.2	UIT-D (Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones)	128
3.3.1.3	UIT-R (Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones).....	129
3.3.2	<i>Administración del Espectro Radioeléctrico en el Ecuador</i>	130
3.4	TIPOS DE CONCESIÓN.....	136
3.4.1	<i>Concesiones</i>	138
3.4.2	<i>Permisos</i>	139
3.5	ASPECTOS DE MERCADO.....	139
3.5.1	<i>Sistemas WiMax</i>	139
3.5.2	<i>Sistemas WLL</i>	142
3.5.3	<i>Redes de Acceso Móviles</i>	143
3.5.3.1	Sistemas GSM.....	143
3.5.3.2	Sistemas UMTS/HSDPA	146
3.5.4	<i>Sistemas MMDS</i>	147
3.5.5	<i>Sistemas Satelitales</i>	149
3.6	REGULACIÓN COMPARADA	150
3.6.1	<i>Regulación en Colombia</i>	150
3.6.2	<i>Regulación en Perú</i>	153
3.6.3	<i>Regulación en Argentina</i>	155
3.7	PROPUESTA REGULATORIA	157
CAPITULO 4.....		161
CONCLUSIONES.....		161
4.1.	CONCLUSIONES	161
4.2.	RECOMENDACIONES.....	165
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		166

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2

TABLA. 2. 1. COMPARATIVA POR ESTÁNDAR DE HDSL	24
TABLA. 2. 2. COMPARATIVA POR ESTÁNDAR DE SHDSL	25
TABLA. 2. 3. VELOCIDADES TÍPICAS DE VDSL EN FUNCIÓN DE LA LONGITUD DE LA LÍNEA	28
TABLA. 2. 4. COMPARATIVA ENTRE TIPOS DE XDSL	29
TABLA. 2. 5. REDES LEO EN FUNCIONAMIENTO	45
TABLA. 2. 6. COMPARATIVA DE ORBITAS SATELITALES.....	45
TABLA. 2. 7. RANGOS DE FRECUENCIAS SATELITALES	46
TABLA. 2. 8. SISTEMAS EN OPERACIÓN MÁS DESTACADOS	49
TABLA. 2. 9. COMPARACIÓN DE LAS DIFERENTES ARQUITECTURAS DE WLL	70
TABLA. 2. 10. BLOQUE A DE FRECUENCIAS LMDS	75
TABLA. 2. 11. BLOQUE B DE FRECUENCIAS LMDS	75
TABLA. 2. 12. COMPARACIÓN ENTRE WiMAX Y Wi-Fi	93
TABLA. 2. 13. CARACTERÍSTICAS DE WIBRO	94
TABLA. 2. 14. COMPARACIÓN DE LAS REDES DE ACCESO INALÁMBRICAS	106

CAPÍTULO 3

TABLA. 3. 1. ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS DE LAS REDES DE ACCESO INALÁMBRICAS EN EL ECUADOR.....	131
TABLA. 3. 2. FRECUENCIAS EN LA BANDA DE 3.5 MHZ PARA WiMAX EN COLOMBIA	151
TABLA. 3. 3. ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN COLOMBIA	152
TABLA. 3. 4. ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN PERÚ	155
TABLA. 3. 5. ASIGNACIÓN DE FRECUENCIAS DE TELEFONÍA MÓVIL EN ARGENTINA.....	157

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

FIGURA. 1. 1. RED DE TELECOMUNICACIONES	2
FIGURA. 1. 2. RED CONMUTADA.....	3
FIGURA. 1. 3. CONMUTACIÓN DE PAQUETES.....	4
FIGURA. 1. 4. CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS.....	4
FIGURA. 1. 5. ANILLO, BUS, RED CON RADIO.....	5
FIGURA. 1. 6. OPERACIÓN DE UNA RED.....	6
FIGURA. 1. 7. ESQUEMA DE UNA RED DE ÁREA LOCAL.....	9
FIGURA. 1. 8. ESQUEMA DE UNA RED DE ÁREA METROPOLITANA	9
FIGURA. 1. 9. ESQUEMA DE UNA RED DE ÁREA AMPLIA	11
FIGURA. 1. 10. REDES DE TELECOMUNICACIÓN SEGÚN SU COBERTURA GEOGRÁFICA	13
FIGURA. 1. 11. RED DE COMUNICACIÓN MODERNA.....	16
FIGURA. 1. 12. CLASIFICACIÓN DE REDES DE ACCESO	17
FIGURA. 1. 13. COMPLEMENTARIEDAD ENTRE LAS TECNOLOGÍAS CELULARES E INALÁMBRICAS.....	18

CAPÍTULO 2

FIGURA. 2. 1. ESQUEMA DE LA TECNOLOGÍA XDSL	22
FIGURA. 2. 2. EVOLUCIÓN DE TRANSMISIÓN MÓDEM BANDA VOCAL Y XDSL	23
FIGURA. 2. 3. ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA COMUNICACIÓN ADSL	26
FIGURA. 2. 4. ESQUEMA DE ARQUITECTURA DE RED ADSL DETALLADO	27
FIGURA. 2. 5. ALCANCES DE VDSL.....	28
FIGURA. 2. 6. RED HFC.....	30
FIGURA. 2. 7. CABECERA DE LA RED HFC	31
FIGURA. 2. 8. ESTRUCTURA DE RED PON	33
FIGURA. 2. 9. DISTINTOS TIPOS DE TIPOS DE REDES FTTX	35
FIGURA. 2. 10. MODELO DE REFERENCIA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA.....	36
FIGURA. 2. 11. ESQUEMA DE UNA RED BASADA EN TECNOLOGÍA PLC	37
FIGURA. 2. 12. SEGMENTO TERRENO DE UN ENLACE SATELITAL	41
FIGURA. 2. 13. CONFIGURACIÓN DE RED UNIDIRECCIONAL.....	41
FIGURA. 2. 14. CONFIGURACIÓN DE RED HÍBRIDA.....	42
FIGURA. 2. 15. CONFIGURACIÓN DE RED BIDIRECCIONAL.....	43
FIGURA. 2. 16. ORBITAS SATELITALES	43
FIGURA. 2. 17. ELEMENTOS DEL ENLACE POR SATÉLITE	47
FIGURA. 2. 18. ESQUEMA DE UN SISTEMA VSAT	48
FIGURA. 2. 19. ARQUITECTURA DE UNA RED GSM	53
FIGURA. 2. 20. ACCESO A INTERNET A TRAVÉS DE GPRS.....	55
FIGURA. 2. 21. ÁMBITOS DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES 3G	57
FIGURA. 2. 22. MODOS DE OPERACIÓN DE LA INTERFAZ UMTS	58
FIGURA. 2. 23. ARQUITECTURA DE UTRAN.....	61
FIGURA. 2. 24. ARQUITECTURA GENERAL DE UNA RED UMTS.....	62
FIGURA. 2. 25. ARQUITECTURA DE WLL.....	68
FIGURA. 2. 26. COMUNICACIÓN WLL DENTRO DE LA CIUDAD	73
FIGURA. 2. 27. ARQUITECTURA ESTACIÓN-BASE.....	77
FIGURA. 2. 28. DIAGRAMA DEL EQUIPO TERMINAL DE ABONADO	78
FIGURA. 2. 29. SISTEMA TÍPICO MMDS	82
FIGURA. 2. 30. TOPOLOGÍA AD-HOC.....	84
FIGURA. 2. 31. TOPOLOGÍA INFRAESTRUCTURA	85
FIGURA. 2. 32. PUNTO DE ACCESO, WIRELESS PDA, TARJETA PCMIA	87
FIGURA. 2. 33. TECNOLOGÍA WiMAX.....	88
FIGURA. 2. 34. FUNCIONAMIENTO DE WiMAX	90
FIGURA. 2. 35. DISPOSITIVOS BLUETOOTH.....	96
FIGURA. 2. 36. ARQUITECTURA DE HARDWARE DE BLUETOOTH.....	97
FIGURA. 2. 37. ARQUITECTURA DE SOFTWARE DE BLUETOOTH.....	98

FIGURA. 2. 38. EJEMPLO DE UNA RED BLUETOOTH.....	99
FIGURA. 2. 39. COMPARATIVA DE UWB CON LAS SOLUCIONES DE CONECTIVIDAD INALÁMBRICA	101

CAPÍTULO 3

FIGURA. 3. 1. ESTRUCTURA DE LOS ORGANISMOS DE TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR	123
FIGURA. 3. 2. BANDAS DE FRECUENCIAS DE CONECEL S.A. Y OTECEL S.A. EN LA BANDA 850 MHZ	134
FIGURA. 3. 3. BANDAS DE FRECUENCIAS DE CONECEL S.A. Y OTECEL S.A. EN LA BANDA 1900 MHZ	134
FIGURA. 3. 4. BANDAS DE FRECUENCIAS DE TELECSA S.A.	135
FIGURA. 3. 5. PERADORES CELULARES EN LA BANDA 1900 MHZ	135
FIGURA. 3. 6. USUARIOS OTECEL S.A POR TECNOLOGÍA.....	145
FIGURA. 3. 7. USUARIOS CONCECEL S.A POR TECNOLOGÍA	145

GLOSARIO

ADSL: *Asymmetric Digital Subscriber Line* - Línea de cliente digital asimétrica.

ANSI: *American National Standards Institute* - Instituto de Estándares Nacional Americano.

CCIR: Comité Consultivo Internacional de Radio.

CONARTEL : Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión.

CONATEL: Consejo Nacional De Telecomunicaciones.

DSL: *Digital Subscriber Line* - Bucle digital de abonado.

EDGE: *Enhanced Data rates for GSM of Evolution* - Tasas de Datos Realzadas para la evolución de GSM.

ETSI: *European Telecommunications Standards Institute* - Instituto Europeo de los Estándares de las Telecomunicaciones.

FFS: *Fixed Satellite Service* – Servicio Satelital Fijo.

GEO: *Geostacionary Earth Orbit* - Orbita terrestre geoestacionaria.

GPRS: *General Packet Radio Service* - Servicio General Paquetes por Radio.

GPS: *Global Positioning System* – Sistema de posicionamiento global.

GSM: *Global System for Mobile* - Sistema Global de Comunicaciones Móviles.

HDSL: *High Speed Digital Subscriber Line* - Línea Digital de Abonado de alta velocidad.

HEO: *High Elliptical Orbit* – Órbita alta elíptica.

HFC: Redes híbridas de fibra y cable.

HSDPA: *High Speed Downlink Packet Access* – Acceso a Paquetes de Datos a Alta Velocidad.

IMT-2000: Sistemas Móviles Internacionales de Telecomunicaciones – 2000.

IMTS: *Improved Mobile Telephone System* - Sistema de Telefonía Móvil Mejorado.

LAN: *Local Area Network* - Red de Área Local.

LEO: *Low Earth Orbit* – Órbita terrestre baja.

LMDS: *Local Multipoint Distribution Service* - Sistema de Distribución Local Multipunto.

LTE: *Long Term Evolution* - Evolución a Largo Plazo.

MAN: *Metropolitan Area Network* - Red de Área metropolitana

MEO: *Medium Earth Orbit* – Órbita terrestre media.

MMDS: *Multichannel Multipoint Distribution Service* - Sistema de Distribución Multicanal Multipunto.

MMS: *Multimedia Messaging Service* - Servicio de Mensajería Multimedia.

OLT: *Optical Line Terminal* - Unidad Óptica Terminal de Línea.

ONU: *Optical Network Unit* - Unidad Óptica de Usuario.

PLC: *Power Line Communications* - Comunicaciones por la Red Eléctrica.

PNF: Plan Nacional de Frecuencias.

PON: *Passive Optical Network* - Red óptica pasiva.

RADSL: *Adaptive Rate Digital Subscriber Line* - Línea de abonado digital de tasa adaptativa.

RDSI: Red Digital de Servicios Integrados.

SDSL: *Single Line Digital Subscriber Line* - Línea Digital Simétrica de Abonado.

SENATEL: Secretaría Nacional De Telecomunicaciones.

SHDSL: *Symmetric High Speed Digital Subscriber Line* - Línea digital de abonado de un solo par de alta velocidad

SPLITTER: Filtro separador de bandas.

SUPTEL: Superintendencia De Telecomunicaciones.

UIT : Unión Internacional de Telecomunicaciones.

UIT-D: Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones.

UIT-R: Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones.

UIT-T: Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector de Normalización de las Telecomunicaciones.

UMTS: *Universal Mobile Telecommunication System* - Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universal.

UWB: *Ultra Wide Band* - Banda Ultra Ancha.

VDSL : *Very High Speed Digital Subscriber Line* - Línea de abonado digital de muy alta velocidad.

VSAT: *Small Aperture Terminal* - Terminal de muy pequeña apertura.

WAN: *Wide Area Network* - Red de Área amplia.

WAP: *Wireless Application Protocol* - Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas.

WiBro: *Wireless Broadband* - Banda ancha inalámbrica o WiMax móvil coreano.

Wi-Fi: *Wireless Fidelity* - Fidelidad inalámbrica.

WiMax: *Worldwide Interoperability for Microwave Access* - Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas.

WLL: *Wireless Local Loop* - Acceso Local Inalámbrico.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Red de Telecomunicaciones

Un sistema de telecomunicaciones consiste en una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino, con base en esa infraestructura se ofrecen a los usuarios los diversos servicios de telecomunicaciones; es decir, una red de telecomunicaciones es la infraestructura encargada del transporte de la información. Para recibir un servicio de telecomunicaciones, un usuario utiliza un equipo terminal a través del cual obtiene entrada a la red por medio de un canal de acceso. Cada servicio de telecomunicaciones tiene distintas características, puede utilizar diferentes redes de transporte, y, por tanto, el usuario requiere de distintos equipos terminales. Por ejemplo, para tener acceso a la red telefónica, el equipo terminal requerido consiste en un aparato telefónico; para recibir el servicio de telefonía celular, el equipo terminal consiste en teléfonos portátiles con receptor y transmisor de radio, etcétera.

Podemos establecer una analogía entre las telecomunicaciones y los transportes. En los transportes, la red está constituida por el conjunto de carreteras de un país y lo que en ellas circulan son vehículos, que a su vez dan servicio de transporte a personas o mercancías. En las telecomunicaciones se transporta información a través de redes de transporte de información. En la siguiente figura se puede apreciar una red completa de telecomunicaciones.

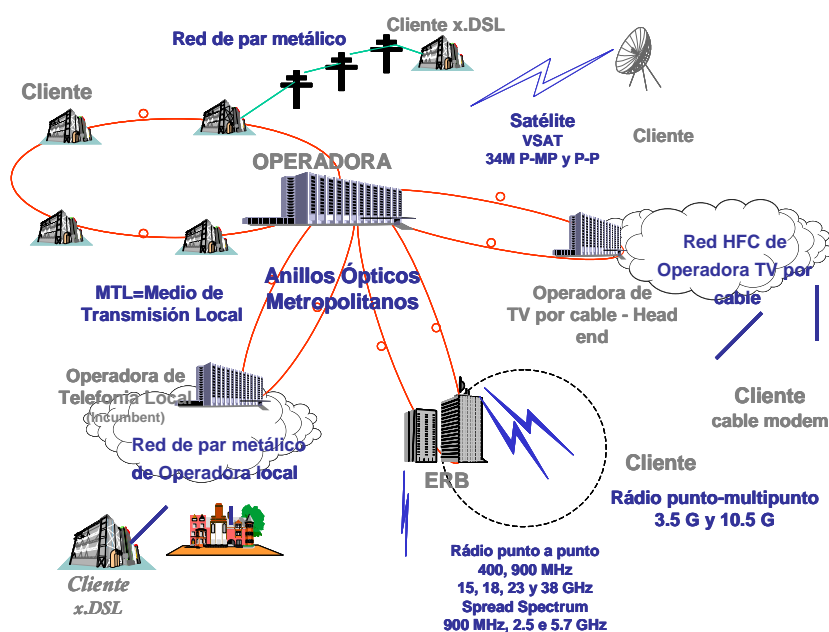


Figura. 1. 1. Red de telecomunicaciones

La principal razón por la cual se han desarrollado las redes de telecomunicaciones es que el costo de establecer un enlace dedicado entre cualesquiera dos usuarios de una red sería elevadísimo, sobre todo considerando que no todo el tiempo todos los usuarios se comunican entre sí. Es mucho mejor contar con una conexión dedicada para que cada usuario tenga acceso a la red a través de su equipo terminal, pero una vez dentro de la red los mensajes utilizan enlaces que son compartidos con otras comunicaciones de otros usuarios. Comparando nuevamente con los transportes, a todas las casas llega una calle en la que puede circular un automóvil y a su vez conducirlo a una carretera, pero no todas las casas están ubicadas en una carretera dedicada a darle servicio exclusivamente a un solo vehículo. Las calles desempeñan el papel de los canales de acceso y las carreteras el de los canales compartidos. [1]

En general se puede afirmar que una red de telecomunicaciones consiste en dos componentes: un conjunto de nodos en los cuales se procesa la información y un conjunto de enlaces o canales que conectan los nodos entre sí y a través de los cuales se envía la información desde y hacia los nodos.

1.2 Introducción a los Distintos Tipos de Redes de Telecomunicaciones

Las redes de telecomunicación se pueden clasificar desde dos puntos de vista: por su arquitectura y por su cobertura geográfica.

1.2.1 Redes de telecomunicaciones por su Arquitectura

- **Redes conmutadas**

La red consiste en una sucesión alternante de nodos y canales de comunicación, es decir, después de ser transmitida la información a través de un canal, llega a un nodo, éste a su vez, la procesa lo necesario para poder transmitirla por el siguiente canal para llegar al siguiente nodo, y así sucesivamente.

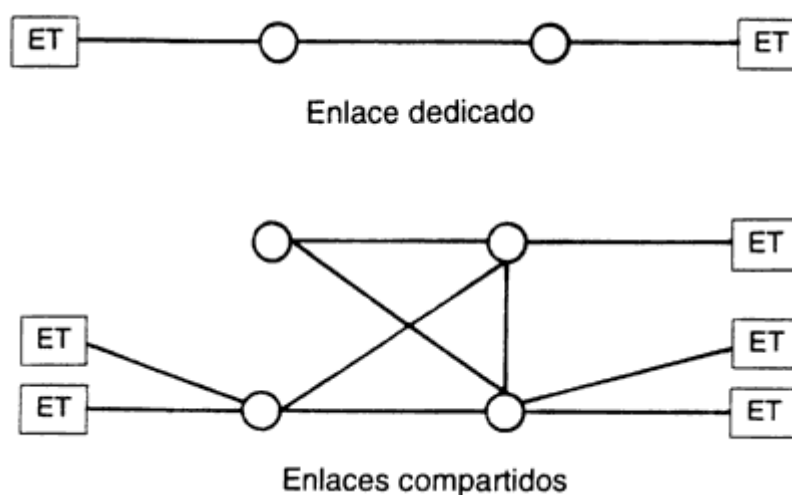


Figura. 1. 2. Red conmutada

Existen dos tipos de conmutación en este tipo de redes: conmutación de paquetes y conmutación de circuitos. En la conmutación de paquetes, el mensaje se divide en pequeños paquetes independientes, a cada uno se le agrega información de control (por ejemplo, las direcciones del origen y del destino), y los paquetes circulan de nodo en nodo, posiblemente siguiendo diferentes rutas. Al llegar al nodo al que está conectado el usuario destino, se reensambla el mensaje y se le entrega como se observa en la figura 1.3. Esta técnica se puede explicar por medio de una analogía con el servicio postal. Suponiendo que se desea enviar todo un libro de un punto a otro geográficamente separado. La conmutación de paquetes equivale a separar el libro en sus hojas, poner cada una de ellas

en un sobre, poner a cada sobre la dirección del destino y depositar todos los sobres en un buzón postal. Cada sobre recibe un tratamiento independiente, siguiendo posiblemente rutas diferentes para llegar a su destino, pero una vez que han llegado todos a su destino, se puede reensamblar el libro.

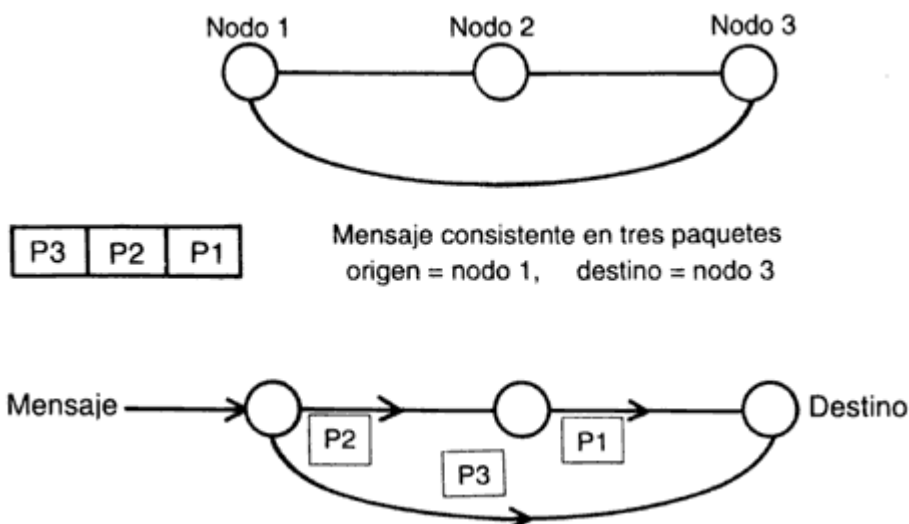


Figura. 1. 3. Conmutación de paquetes.

Por otra parte, en la conmutación de circuitos se busca y reserva una trayectoria entre los usuarios, se establece la comunicación y se mantiene esta trayectoria durante todo el tiempo que se esté transmitiendo información.

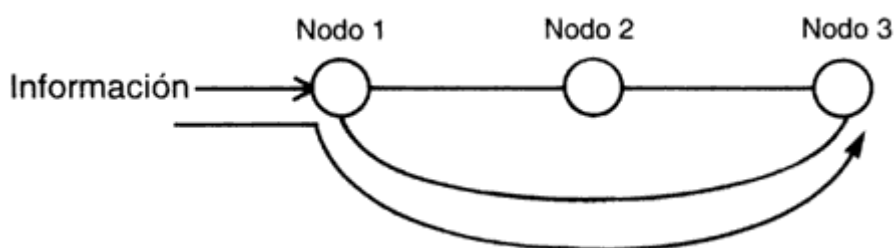


Figura. 1. 4. Conmutación de circuitos.

Para establecer una comunicación con esta técnica se requiere de una señal que reserve los diferentes segmentos de la ruta entre ambos usuarios, durante la comunicación el canal quedará reservado precisamente para esta pareja de usuarios.

- **Redes de difusión**

En este tipo de redes se tiene un canal al cual están conectados todos los usuarios, y todos ellos pueden recibir todos los mensajes, pero solamente extraen del canal los mensajes en los que identifican su dirección como destinatarios. Aunque el ejemplo típico lo constituyen los sistemas que usan canales de radio, no necesariamente tienen que ser este tipo de sistemas, ya que la difusión puede realizarse por medio de canales metálicos, tales como cables coaxiales. En la figura 1.5 se presentan ejemplos de redes de difusión con diferentes formas y arreglos de interconexión (topologías), aplicables a redes basadas en radio o en cables. Lo que sí puede afirmarse es que típicamente las redes de difusión tienen sólo un nodo (el transmisor) que inyecta la información en un canal al cual están conectados los usuarios.

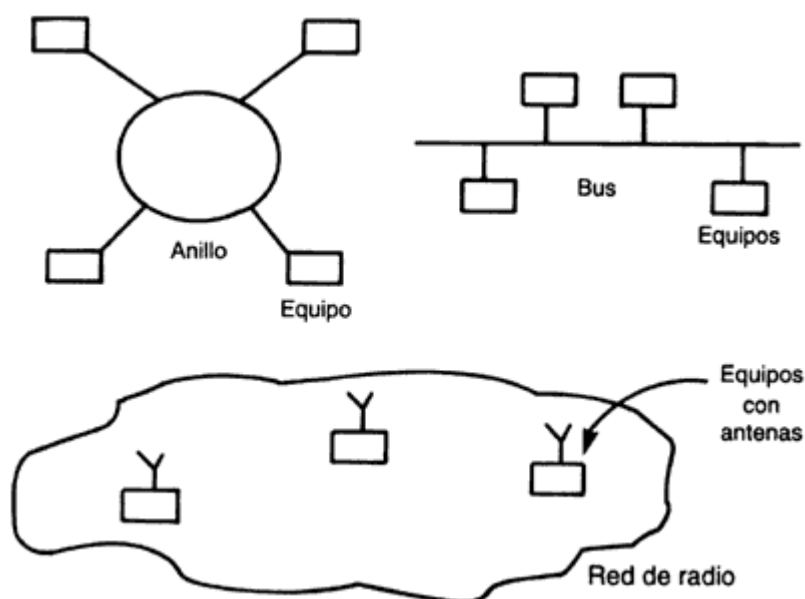


Figura. 1. 5. Anillo, bus, red con radio.

Para todas las redes cada usuario requiere de un equipo terminal, por medio del cual tendrá acceso a la red, pero que no forma parte de la misma. De esta forma, un usuario que desee comunicarse con otro utiliza su equipo terminal para enviar su información hacia la red, ésta transporta la información hasta el punto de conexión del usuario destino con la red y la entrega al mismo a través de su propio equipo terminal.

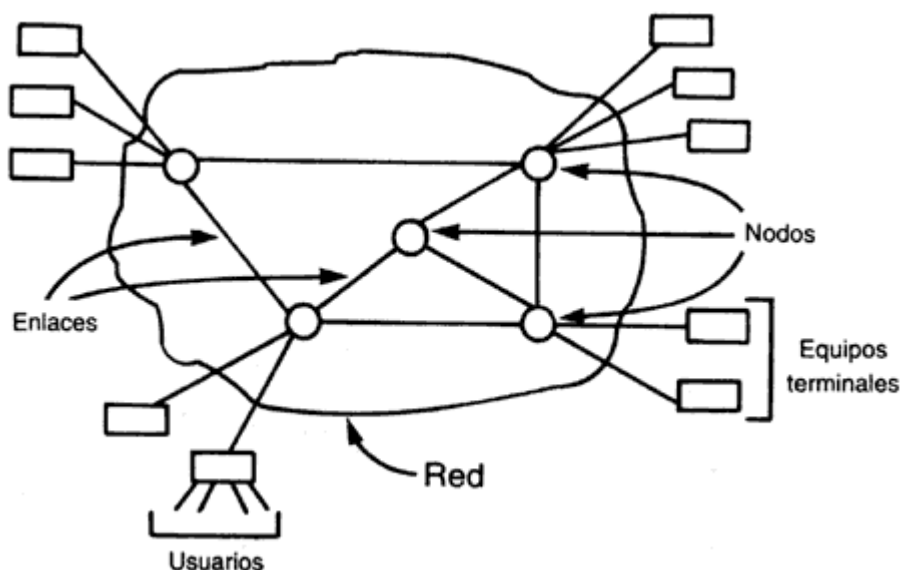


Figura. 1. 6. Operación de una red.

Los usuarios no pueden transmitir información en todas las redes. Por ejemplo, en televisión o radiodifusión, los usuarios son pasivos, es decir, únicamente reciben la información que transmiten las estaciones transmisoras, mientras que, en telefonía, todos los usuarios pueden recibir y transmitir información. [2]

La función de una red de telecomunicaciones consiste en ofrecer servicios a sus usuarios. Cuando ésta es utilizada para que sobre ella se ofrezcan servicios de telecomunicaciones dirigidas al público en general (por ejemplo, la red telefónica) se le denomina una red pública de telecomunicaciones. Cuando alguien instala y opera una red para su uso personal, sin dar acceso a terceros, entonces se trata de una red privada de telecomunicaciones: una red de telecomunicaciones utilizada para comunicar a los empleados y las computadoras o equipos en general, de una institución financiera, es una red privada.

1.2.2 Redes de telecomunicaciones por su Cobertura Geográfica

Por su por su cobertura geográfica las redes de telecomunicaciones pueden ser clasificadas en:

1.2.2.1 Red de Área Local

LAN es la abreviatura de Local Area Network (Red de Área Local o simplemente Red Local). Una red local es la interconexión de varios ordenadores y periféricos. Su extensión esta limitada físicamente a un edificio o a un entorno de unos pocos kilómetros. Su aplicación más extendida es la interconexión de ordenadores personales y estaciones de trabajo en oficinas, fábricas, etc; para compartir recursos e intercambiar datos y aplicaciones. En definitiva, permite que dos o más máquinas se comuniquen.

El término red local incluye tanto el hardware como el software necesario para la interconexión de los distintos dispositivos y el tratamiento de la información.

Sus características más importantes son:

- Tecnología *broadcast* (difusión) con el medio de transmisión compartido.
- Cableado estructurado.
- Capacidad de transmisión comprendida entre 1 Mbps y 1 Gbps.
- Extensión máxima no superior a 3 Km .
- Uso de un medio de comunicación privado.
- La facilidad con que se pueden efectuar cambios en el *Hardware* y el *Software*.
- Gran variedad y número de dispositivos conectados.
- Posibilidad de conexión con otras redes.

- **Topologías**

La topología de red define la estructura de una red. Una parte de la definición topológica es la topología física, que es la disposición real de los cables o medios. La otra parte es la topología lógica, que define la forma en que los *hosts*¹ acceden a los medios para enviar datos. Las topologías más comúnmente usadas son las siguientes:

- **Topologías Físicas**

- Una **topología de bus** usa un solo cable *backbone*² que debe terminarse en ambos extremos. Todos los *hosts* se conectan directamente a este *backbone*.

¹ Host, Ordenador que permite a los usuarios comunicarse con otros sistemas centrales de una red.

² Backbone, Línea o serie de conexiones de de alta velocidad que forman una ruta dentro de una red

- La **topología de anillo** conecta un host con el siguiente y al último *host* con el primero. Esto crea un anillo físico de cable.
- La **topología en estrella** conecta todos los cables con un punto central de concentración.
- Una **topología en estrella extendida** conecta estrellas individuales entre sí mediante la conexión de HUBs o *switch*. Esta topología puede extender el alcance y la cobertura de la red.
- Una **topología jerárquica** es similar a una estrella extendida. Pero en lugar de conectar los HUBs o *switch* entre sí, el sistema se conecta con un computador que controla el tráfico de la topología.
- La **topología de malla** se implementa para proporcionar la mayor protección posible para evitar una interrupción del servicio, cada host tiene sus propias conexiones con los demás hosts. Aunque la Internet cuenta con múltiples rutas hacia cualquier ubicación, no adopta la topología de malla completa.

- **Topologías Lógicas**

La topología lógica de una red es la forma en que los *hosts* se comunican a través del medio. Los dos tipos más comunes de topologías lógicas son *broadcast* y transmisión de *tokens*.

- La **topología broadcast** simplemente significa que cada host envía sus datos hacia todos los demás hosts del medio de red. No existe una orden que las estaciones deban seguir para utilizar la red. Es por orden de llegada, es como funciona Ethernet³.
- La **topología transmisión de tokens**. la transmisión de *tokens* controla el acceso a la red mediante la transmisión de un *token* electrónico a cada *host* de forma secuencial. Cuando un *host* recibe el *token*, ese *host* puede enviar datos a través de la red. Si el *host* no tiene ningún dato para enviar, transmite el *token* al siguiente *host* y el proceso se vuelve a repetir.

³ Ethernet, Sistema de red de área local de alta velocidad. Se ha convertido en un estándar de red corporativa.

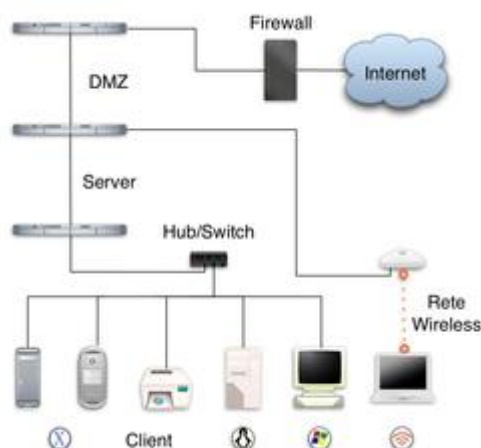


Figura. 1. 7. Esquema de una red de área local

1.2.2.2 Red de Área Metropolitana

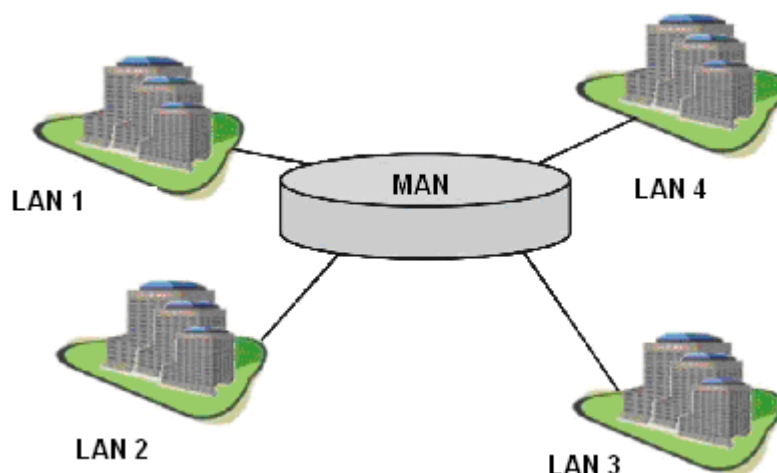


Figura. 1. 8. Esquema de una red de área metropolitana

Una red de área metropolitana (*Metropolitan Area Network* o *MAN*, en inglés) es una red de alta velocidad que dando cobertura en un área geográfica extensa, proporciona capacidad de integración de múltiples servicios mediante la transmisión de datos, voz y vídeo, sobre medios de transmisión tales como fibra óptica y par trenzado de cobre a velocidades que van desde los 2 Mbit/s hasta 155 Mbit/s.

El concepto de red de área metropolitana representa una evolución del concepto de red de área local a un ámbito más amplio, cubriendo áreas mayores que en algunos casos no se limitan a un entorno metropolitano sino que pueden llegar a una cobertura regional.

Las redes de área metropolitana tienen muchas y variadas aplicaciones, las principales son:

- Interconexión de redes de área local (LAN)
- Interconexión de pequeñas centrales telefónicas digitales
- Transmisión de video e imágenes
- Transmisión CAD/CAM⁴
- Pasarelas para redes de área extensa (WAN).

Las razones por las cuales se hace necesaria la instalación de una red de área metropolitana a nivel corporativo o el acceso a una red pública de las mismas características se resumen a continuación:

Nodos de red: Las redes de área metropolitana permiten superar los 500 nodos de acceso a la red, por lo que se hace muy eficaz para entornos públicos y privados con un gran número de puestos de trabajo.

Extensión de red: Las redes de área metropolitana permiten alcanzar un diámetro en torno a los 50 Km, dependiendo el alcance entre nodos de red del tipo de medio de transmisión utilizado, así como de la tecnología empleada.

Distancia entre nodos: Las redes de área metropolitana permiten distancias entre nodos de acceso de varios kilómetros, dependiendo del tipo de medio de transmisión.

Tráfico en tiempo real: Las redes de área metropolitana garantizan unos tiempos de acceso a la red mínimos, lo cual permite la inclusión de servicios síncronos necesarios para aplicaciones en tiempo real, donde es importante que ciertos mensajes atraviesen la red sin retraso incluso cuando la carga de red es elevada.

⁴ CAD/CAM, Siglas de "Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing", es decir, Diseño Asistido por Ordenador /Fabricación Asistida por Ordenador

Integración voz/datos/vídeo: Los servicios síncronos requieren una reserva de ancho de banda; tal es el caso del tráfico de voz y vídeo. Por este motivo las redes de área metropolitana son redes óptimas para entornos de tráfico multimedia.

1.2.2.3 Red de Área Amplia

Una red de área amplia, WAN, acrónimo de la expresión en idioma inglés *Wide Area Network*, es un tipo de red capaz de cubrir distancias desde unos 100 hasta unos 1000 Km, proveyendo de servicio a un país o un continente. Un ejemplo de este tipo de redes sería Internet.

Muchas WAN son construidas por y para una organización o empresa particular y son de uso privado, otras son construidas por los proveedores de servicios de telecomunicaciones para proporcionar conexión a sus clientes y a otras redes.

Hoy en día Internet proporciona WAN de alta velocidad. La necesidad de redes privadas WAN se ha reducido drásticamente mientras que las redes privadas virtuales que utilizan cifrado⁵ y otras técnicas para hacer esa red dedicada aumentan continuamente.

Normalmente las redes WAN son redes punto a punto, es decir, red de paquete conmutado. Las redes WAN pueden usar sistemas de comunicación vía satélite o de radio.

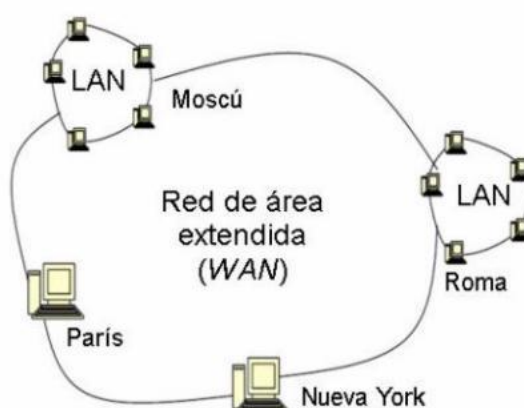


Figura. 1. 9. Esquema de una red de área amplia

⁵ Cifrado, Proceso de codificación de datos valiosos y confidenciales, de manera que solo pueden ser abiertos por un algoritmo y leídos, descodificados por las personas autorizadas.

Una red de área amplia cuenta con una infraestructura basada en poderosos nodos de conmutación que llevan a cabo la interconexión de sus elementos, por los que además fluyen un volumen apreciable de información de manera continua. Por esta razón también se dice que las redes WAN tienen carácter público, pues el tráfico de información que por ellas circula proviene de diferentes lugares, siendo usada por numerosos usuarios de diferentes países del mundo para transmitir información de un lugar a otro. A diferencia de las redes LAN, la velocidad a la que circulan los datos por esta suele ser menor que la que se puede alcanzar en las LAN. Además, las redes LAN tienen carácter privado, pues su uso está restringido normalmente a los usuarios miembros de una empresa, o institución, para los cuales la red fue diseñada. [3]

La infraestructura de Redes WAN la componen además de los nodos de conmutación, medios de transmisión de grandes prestaciones, caracterizadas por sus grandes velocidades y ancho de banda. Los medios de transmisión (también llamadas circuitos, canales o troncales) mueven información entre los diferentes nodos que componen la red.

Los elementos de conmutación también son dispositivos de altas prestaciones, pues deben ser capaces de manejar la cantidad de tráfico que por ellos circula. De manera general, a estos dispositivos les llegan los datos por una línea de entrada y estos deben encargarse de escoger una línea de salida para reenviarlos. Cada *host* estará conectado a una LAN que a su vez se conecta a uno de los nodos de conmutación de la WAN. Este nodo debe encargarse de encaminar la información hacia el destino para la que está dirigida.

Las características que podemos citar de este tipo de redes son:

- División entre líneas de transmisión y elementos de conmutación (enrutadores)
- Usualmente los *routers* son computadores de las subredes que componen la WAN.
- **Topologías**

Las topologías físicas usadas en las redes WAN pudieran en ocasiones ser más complejas y no responder a las formas básicas (bus, estrella y anillo), debido a varios factores determinantes, estos son: la distancia que deben cubrir las redes, la cantidad

enorme de usuarios, el tráfico que deben soportar y la diversidad de equipos de interconexión que deben usar. Existe un grupo establecido de topologías que son las más usadas y la implementación de cada una de ellas en particular, está condicionada por necesidades específicas como pueden ser: cantidad de nodos a conectar, distancia entre los nodos e infraestructura establecida en ellos (Ej.: si se van a conectar a través de la red telefónica, o de un enlace punto-a-punto, medio de transmisión que se usa, etc.).

En la siguiente figura se muestra una comparación de los distintos tipos de redes de telecomunicaciones según su cobertura geográfica.

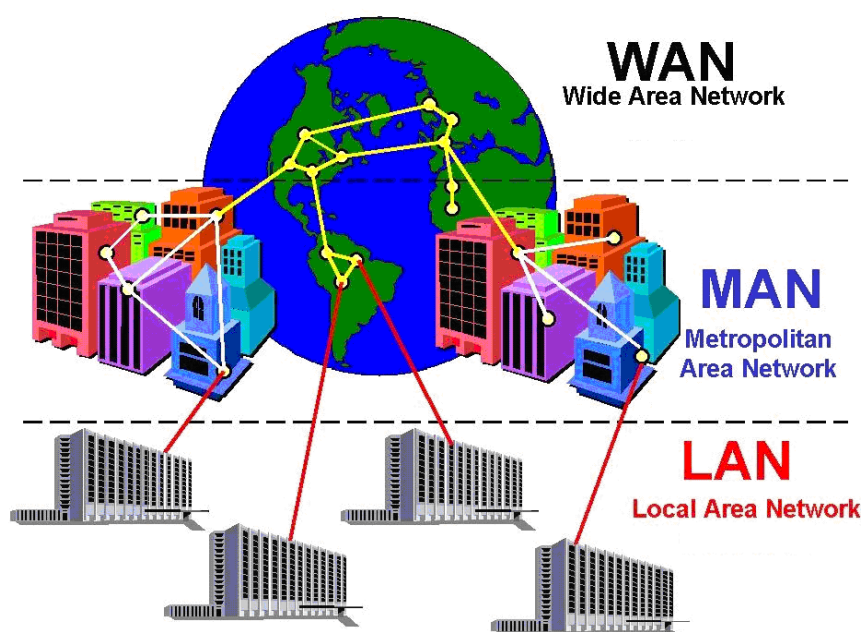


Figura. 1. 10. Redes de telecomunicación según su cobertura geográfica

1.3 Reseña histórica de la evolución tecnológica en el acceso

Durante el pasado siglo XX las telecomunicaciones han consolidado un nuevo estilo de vida para la humanidad. Los hitos que marcan la antesala de las telecomunicaciones se ubican en el siglo XIX, testigo de la invención del telégrafo en la década de 1830 por Samuel Finley BreeseMorse y la del teléfono en 1876 por Alexander Graham Bell, éste último, al parecer, en paralelo con el estadounidense Elisha Gray.

Tras la invención del teléfono, pese a la cercana y pionera experiencia del telégrafo, la extensión de las redes telefónicas fue considerablemente mayor. Ambos servicios

crecieron de forma independiente, tanto tecnológica como administrativamente. A mediados del siglo XX los servicios telefónicos y telegráficos se ofrecían por redes distintas, internacionalmente reguladas por distintos comités.

En radio en 1920 se asistió al inicio de la radiodifusión sonora en los estudios la Empresa Marconi y en 1927 se fundó el Comité Consultivo Internacional de Radio (CCIR). Posteriormente en 1941 se iniciaron transmisiones regulares de radio con la técnica FM (modulación de frecuencia), cuya invención se debe a E. H. Armstrong.

En 1993 se creó a la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), con dos ramas UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Telecomunicación) y la UIT-R (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Radiocomunicaciones), respectivamente. La fundación de aquellos comités y la posterior fusión entre ellos han sido pasos necesarios para hacer posible la interconexión internacional entre redes heterogéneas y para responder más eficazmente a las necesidades que generaba el desarrollo de las telecomunicaciones.

Hoy en día, el bucle de abonado telefónico, el de cobre, llega a la práctica totalidad de los hogares del mundo occidental. Sin embargo, la necesidad de movilidad en determinados grupos sociales hizo nacer la radio móvil. Se utilizó por primera vez en 1921 en EE.UU. cuando el Depto. de Policía de Detroit utilizó un sistema de radio móvil que operaba en una frecuencia en torno a los 2 MHz.

Con el transcurrir del tiempo la telefonía móvil se popularizó en los EEUU. En la década de 1960, de un primer servicio manual se pasó al servicio de marcación automática en la banda de 450 MHz y a los sistemas de telefonía móvil mejorados (IMTS, Improved Mobile Telephone Service), que a su vez evolucionaron al servicio de telefonía móvil estándar de los EE.UU. Otros esfuerzos siguieron delineando el principio de la radio celular, culminando en el primer sistema comercial, el AMPS-900 (Advanced Mobile Phone Service) que entró en servicio a primeros de la década de 1980.

Los países escandinavos fueron pioneros en el servicio de telefonía móvil, tecnología que les permitió, por un lado, afrontar la carestía de una instalación tradicional (bucle de abonado) y, por otra, aportar el valor añadido de la movilidad. En Europa, la falta de interoperabilidad entre sistemas tecnológicamente distintos dificultaba la itinerancia

(roaming) internacional entre operadores. En 1982, auspiciado por la CEPT (Conference Européenne des Postes et Telecommunications) el Grupo Especial de Móviles (Groupe Special Mobile, GSM) inició los trabajos encaminados hacia la obtención de un sistema móvil de telefonía celular digital, cuyos resultados dieron lugar al sistema GSM de segunda generación.

Estructuradas en fases cronológicas, la especificación de la fase uno del sistema GSM concluyó en 1991 con los servicios de voz y las primeras redes se desplegaron inmediatamente. La fase 2 incorpora nuevos servicios (SMS o Short Message Service, nuevos servicios portadores) y concluyó en 1997. La segunda fase fundamentalmente incorpora la red GPRS (General Packet Radio Service, modo conmutación de paquetes, para transferencia de datos a ráfagas, tales como correo electrónico y WWW) y HSCSD (High Speed Circuit Switched Data, modo conmutación de circuitos, para transferencia de ficheros y para aplicaciones de video móvil). Pese a ser concebido en Europa, GSM ha sido adoptado por otros operadores fuera del viejo continente. El éxito de GSM ha sido tal que al comienzo del siglo XXI el número de terminales móviles GSM en el mundo se acerca al 70 % del total. [4]

Ya en los albores del siglo XXI aparecen tecnologías como con UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) y CDMA-2000 (Code Division Multiple Access 2000), pasando por GPRS, WAP (Wireless Application Protocol), I-mode, etc., sin olvidar los mensajes cortos SMS, que tanto éxito tienen y que ya suponen una parte importante de los ingresos de los operadores y dan paso a los MMS (Multimedia Messaging Service), propios de los sistemas de 3G (tercera generación).

1.4 Red De Acceso

Las actuales redes de comunicaciones se pueden dividir según su funcionalidad, independiente de la tecnología con la que se encuentran implementadas. Lo que nos lleva a la siguiente estructura genérica de una red de Telecomunicaciones:

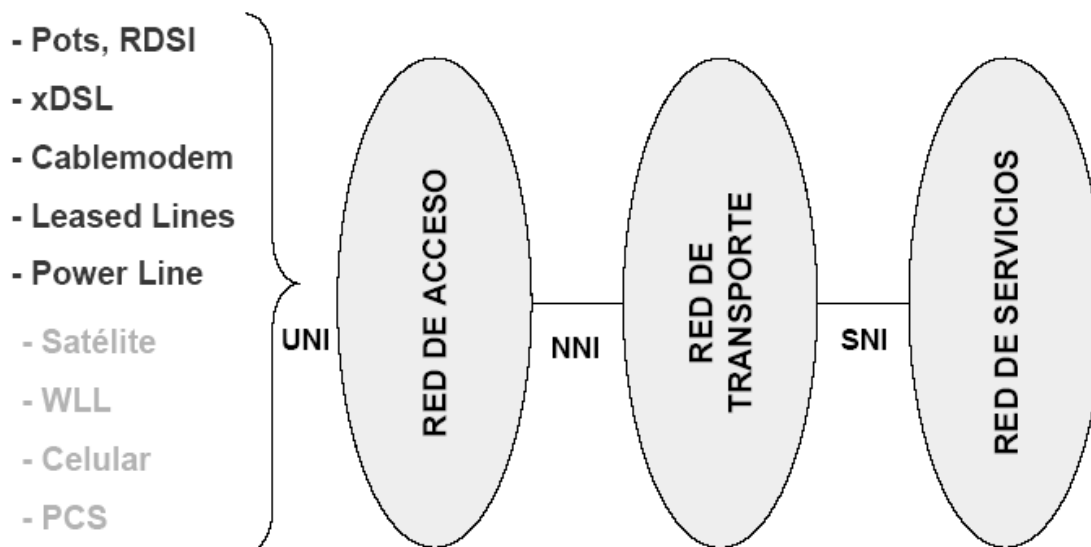


Figura. 1. 11. Red de comunicación moderna

• **La Red de Acceso** permite que los usuarios de diferentes servicios de telecomunicaciones puedan llegar a establecer enlaces de comunicación con los nodos de la red de transporte. Esta red de acceso está compuesta por las diferentes tecnologías y medios físicos hacia los usuarios, pudiendo ser cableados o sin cables. Se conectan a los nodos de acceso mediante las interfaces UNI (user-network interface).

• **La Red de Transporte** está compuesta por equipos que permiten la transmisión de la información de forma transparente entre la interfaces NNI (network-network interface).

• **La Red de Servicios** está compuesta principalmente por servidores y *gateways* hacia otras redes siendo los servicios más importantes los de acceso a Internet, de voz, de bases de datos y *streaming* de música y video. Reconectan a la red de transporte a través de la interface SIN (service-network interface)

Por tanto y con el fin de simplificar la estructura de una red de telecomunicaciones se puede considerar una misma estructura troncal con diferentes tecnologías de acceso.

Las diferentes tecnologías de acceso las podemos clasificar en función de:

- **Medio físico:** Cable (fibra, cable coaxial, pares de cobre, etc) o inalámbricas.
- **Capacidad del canal:** Banda ancha (≥ 2 Mbps) ó banda estrecha (≤ 2 Mbps)

La figura siguiente clasifica los diferentes tipos de redes según el medio físico de acceso y la capacidad del canal:

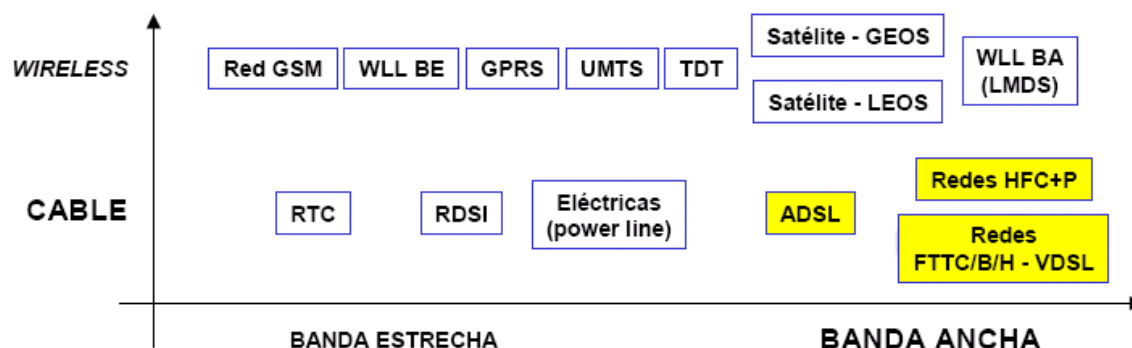


Figura. 1. 12. Clasificación de redes de acceso

- **Redes de acceso Cableadas**

Estas tecnologías emplean un medio de transmisión guiado, por cuyo interior viaja la información, por ejemplo los pares de cobre, el cable coaxial, la fibra óptica, las líneas eléctricas, etc.

Una ventaja común a todos estos medios es que si se quiere acceder a la información que por ellos circula es necesario “pincharlos”, lo cual no siempre es posible (especialmente en el caso de la fibra óptica), haciendo que aumente la seguridad de los datos transmitidos (frente a las soluciones inalámbricas).

- **Redes de acceso Inalámbricas**

Las soluciones inalámbricas conectan a los clientes a la red utilizando transmisores y receptores radio, es decir, usando el espectro radioeléctrico en lugar del par de cobre (o cualquiera de las otras alternativas). Esta sustitución presenta una serie de ventajas importantes:

- Reducción de los costes de despliegue.
- Facilidad con la que pueden realizarse nuevas instalaciones.

- Despliegue gradual conforme a las necesidades de los clientes. Por tanto no es preciso realizar unas inversiones iniciales muy altas, independientemente del tráfico por cliente.
- Por último, los sistemas de radio son más fáciles de proteger del vandalismo o de los robos; aspecto este último importante en algunos países en vías de desarrollo.

Finalmente, conviene resaltar la tendencia hacia la complementariedad de las tecnologías celulares (largo alcance y movilidad del terminal) y las inalámbricas (corto alcance y movilidad restringida). [5]

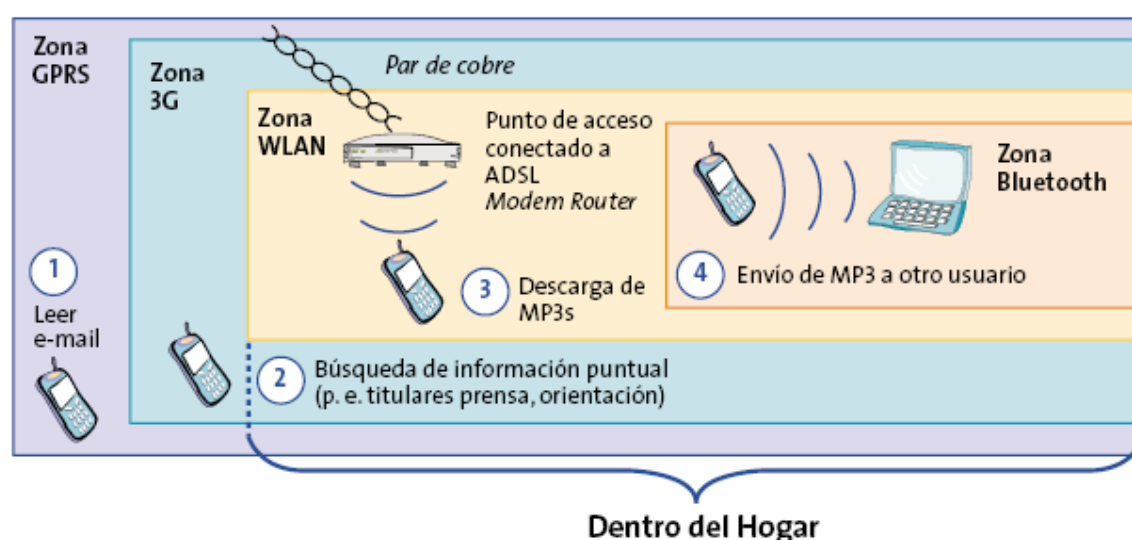


Figura. 1. 13. Complementariedad entre las tecnologías celulares e inalámbricas.

1.5 Acceso inalámbrico: situación actual

Es trascendental el papel que en nuestra sociedad desempeñan los terminales móviles hoy en día. La idea de movilidad ha calado en nuestros hábitos cotidianos, tanto los referentes al trabajo como a la vida privada, tanto en jornada laboral como en días de descanso. La idea de estar siempre comunicables en tiempo y en espacio se ha convertido en una necesidad, lo que ha conllevado el diseño de nuevas tecnologías y redes de acceso inalámbricas.

Millones de usuarios alrededor del mundo no pueden acceder a los servicios de banda ancha por la falta de infraestructuras de comunicaciones adecuadas. Existe una

situación de desigualdad de oportunidades para estos ciudadanos, pero en la actualidad las redes de acceso inalámbricas han brindado distintas alternativas para solucionar este problema, estas redes actúan como complemento o sustituto de las actuales infraestructuras de ADSL o Fibra Óptica y mediante radio-enlaces lleva provisión de servicios a zonas carentes de infraestructuras de comunicaciones.

En el presente, las redes de acceso inalámbricas no solo sirven para acceder a Internet, sino que tienen muchas aplicaciones como por ejemplo sistemas de video vigilancia IP gestionables desde Internet, telefonía fija y móvil, aplicaciones de gestión remota de instalaciones, conectividad móvil para ordenadores portátiles o Pda's, etc.

- **Pasado y presente de las redes**

Pasado

- Una red especializada para cada servicio.

Presente

- Tráfico de datos superando al de voz
- Aumento de las aplicaciones multimedia.
- Fuerte impulso hacia una red única
- Integración de Servicios y Aplicaciones.

El futuro es interesante: redes gratuitas, acceso facilitado a la información, redes sociales más fuertes, útiles y con muchas aplicaciones, servicio en muchos lugares y en expansión (FON⁶), y con precisos económicos.

⁶ FON es una iniciativa empresarial de Martin Varsavsky surgida en el año 2005 con el objetivo de crear una gran comunidad WiFi que permita aprovechar todas las ventajas que esta tecnología ofrece

CAPITULO 2

ANÁLISIS TECNOLÓGICO

Desde el punto de vista tecnológico, el acceso juega un papel de gran importancia, dentro del desarrollo del nuevo modelo de red. La evolución de las tecnologías de acceso debe facilitar el despliegue de las nuevas redes y servicios. Hoy en día, y cada vez en mayor medida, los usuarios demandan accesos de banda ancha que les permitan acceder a los nuevos servicios y prestaciones que ofrecen las redes de comunicaciones.

La variedad de tecnologías disponibles para acceder al usuario final, y las medidas regulatorias como la liberalización del bucle local, las tarifas de interconexión, etc, están propiciando que las tecnologías que se inscriben en el bucle local, (tecnologías de acceso), tomen un protagonismo creciente.

Se puede hacer una primera distinción entre redes de acceso cableadas y redes de acceso inalámbricas:

Las redes de acceso cableadas precisan de la existencia de un medio físico de transmisión que transporte en su interior la información entre el usuario y la central, o entre el usuario y el primer punto donde se reenvíe a la red troncal o *backbone*. Ejemplos de medios de transmisión de este tipo son el par de cobre, el cable coaxial, el cable de la red eléctrica o la fibra óptica.

Las tecnologías de acceso no guiado emplean como medio de transmisión el aire, por el cual se propagan las ondas electromagnéticas de manera similar a como lo hacen las ondas de radio.

2.1 Redes de Acceso Cableadas

Las redes alámbricas han existido desde décadas, estas son la mejor tecnología cuando es

necesario mover grandes cantidades de datos a altas velocidades. Entre los beneficios de tener una red alámbrica se tiene:

- Costos bajos para el usuario
- Ofrecen el mejor rendimiento
- Velocidades de hasta 1Gbps

A continuación se analizarán los diferentes tipos de redes de acceso como son bucle digital de abonado (DSL, *Digital Subscriber Line*), redes híbridas de fibra y cable (HFC), redes de fibra óptica, PLC (*Power Line Communications*).

2.1.1 Bucle digital de abonado (xDSL)

La arquitectura de red de comunicaciones más ampliamente difundida para proporcionar acceso a los servicios de telecomunicaciones es aquella que se basa en el uso del par de cobre. Inicialmente concebida para ofrecer el servicio de voz analógico, con el tiempo ha ido evolucionando para poder ofrecer más servicios a los usuarios. En este modelo, la infraestructura consiste en un par de cobre que une el terminal del cliente, es decir, el teléfono, con la central de conmutación, punto a partir del cual se procesan las órdenes necesarias para proporcionar conectividad extremo a extremo entre los dos usuarios del sistema: el llamante y el llamado.

Puesto que en un sus orígenes fue concebida para la transmisión de tráfico de voz, se optó por filtrar parte de la información enviada, limitando el ancho de banda del canal vocal telefónico en torno a los 4 kHz. En concreto, sólo se transmiten las señales analógicas comprendidas entre los 300 Hz y los 3.400 Hz. Los objetivos que se consiguen con esta restricción son, entre otros, la disminución de las interferencias de señales (ruidos) de alta frecuencia y la limitación del ancho de banda necesario para transmitir digitalmente los distintos canales de voz entre las centrales.

La gran ventaja del acceso vía cobre es su bajo costo, debido a que las empresas de telecomunicaciones ya tienen instalado el bucle de abonado local para prestar los servicios tradicionales de voz. Las tecnologías DSL han permitido ampliar la capacidad de este segmento de la red para transmitir informaciones a velocidades mayores. Por el contrario,

las alternativas al acceso vía cobre, como las redes de cable o los sistemas inalámbricos de tercera generación, requieren de grandes inversiones en nuevos medios de transmisión de fibra o en infraestructuras de antenas y estaciones base.

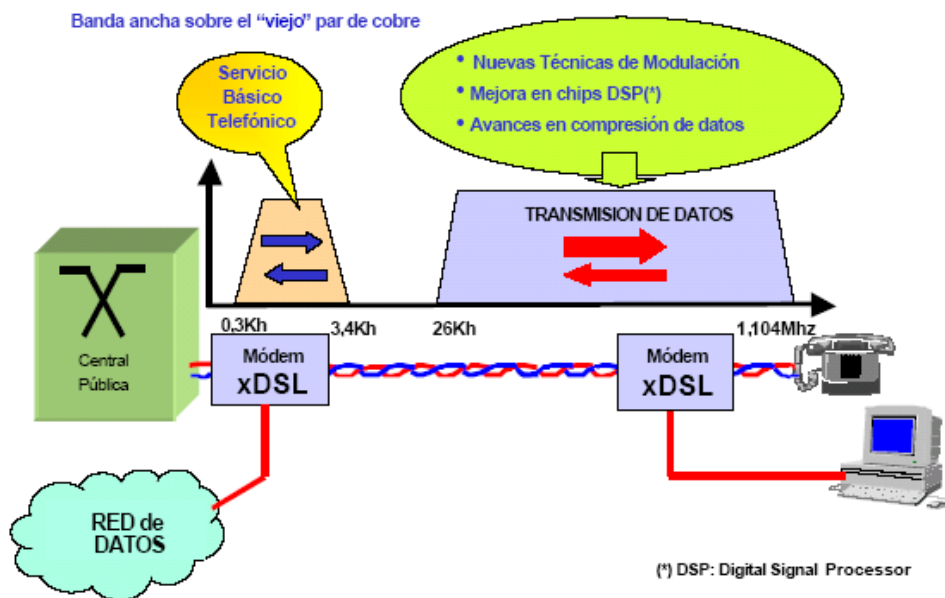


Figura. 2. 1. Esquema de la tecnología xDSL

Con la llegada al cliente residencial de las comunicaciones de datos, surgió la necesidad de proporcionar a los usuarios los dispositivos que les permitieran intercambiar información digital. Apareció el módem (equipo terminal MODulador DEModulador), cuya misión básica es la de transmitir datos digitales a través de una red optimizada para cursar señales analógicas. En transmisión actúa como modulador recibiendo una secuencia de bits y convirtiéndola en una señal analógica, asociando a cada bit, o a un conjunto de éstos, un tono (frecuencia) diferente. En recepción el proceso es el inverso, es decir, el módem actúa como demodulador y la operación que realiza es la conversión de los tonos recibidos en las secuencias de bits originales.

Gracias a estos dispositivos, los operadores de telecomunicaciones consiguen ofrecer a sus clientes comunicaciones de datos reutilizando las infraestructuras existentes. Los mayores inconvenientes son que cuando se establecen comunicaciones de datos no se pueden hacer ni recibir llamadas telefónicas, y que la velocidad de transmisión está limitada por el filtrado antes descrito. Con los módem actuales se consiguen aproximadamente 56 kbit/s.

Una alternativa para aumentar estas prestaciones la constituye la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), que permite digitalizar la red. Mediante esta tecnología ya no se transmiten señales analógicas sino digitales, desde el terminal del cliente, haciendo innecesario el uso de un módem para la transmisión de datos. El objetivo final es disponer de una única red en la que se puedan ofrecer de manera integrada todos los servicios de comunicación de voz y de datos demandados por los clientes, evitando la necesidad de disponer de una red de comunicaciones distinta para cada servicio.

En la siguiente figura se muestra el orden cronológico de aparición de cada una de las tecnologías xDSL:

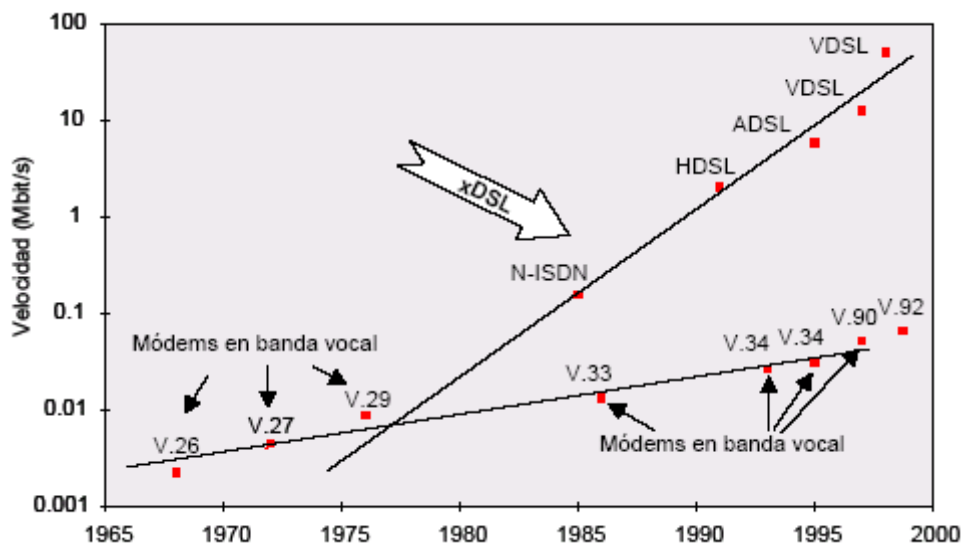


Figura. 2. 2. Evolución de transmisión módem banda vocal y xDSL

A continuación se proporciona una breve descripción de cada una de las tecnologías xDSL:

2.1.1.1 High Speed Digital Subscriber Line (HDSL)

La tecnología HDSL es una tecnología xDSL simétrica y bidireccional, por lo que la velocidad desde la central al usuario y viceversa es la misma. Se implementa principalmente en las PBX. Esta es la tecnología más avanzada de todas, ya que se encuentra implementada en sitios donde existen grandes redes de datos y es necesario transportar información a muy alta velocidad de un punto a otro. La velocidad alcanzada

proporciona enlaces primarios E1 a 2 Mbps o T1 a 1,544 Mbps (full duplex). Alcanza velocidades de 1,544 Mbps utilizando dos pares de cobre y 2,048 Mbps sobre tres pares, aunque la distancia de 4.500 metros que necesita es algo menor a la de ADSL.

Hay dos opciones diferentes para la línea de código recomendadas; la modulación por amplitud de pulso 2B1Q y modulación *Carrierless Amplitude/Phase* (CAP). CAP es aplicable para 2.048 Mbps, mientras que para 2B1Q están definidas dos tramas diferentes de transmisión. Las compañías telefónicas están encontrando en esta modalidad una sustitución a las líneas T1/E1 o líneas portadoras (líneas de alta velocidad) sobre otro tipo de medio - fibra óptica, utilizadas en Norteamérica y en Europa, respectivamente. La Tabla 2.1 muestra distintas variantes de códigos de línea, velocidades de transmisión, distancias máximas alcanzables, así como el número de pares requeridos, en función del estándar definido por la ETSI (European Telecommunications Standards Institute) o la ANSI (American National Standards Institute).

Tabla. 2. 1. Comparativa por estándar de HDSL [6]

Nº de pares	ETSI					ANSI
	1	2	2	2	3	2
Código de línea	128 CAP código Trellis	64 CAP código Trellis	4 PAM, 2B1Q no codificado			
Velocidad de Aplicación	1 x 2,320 kbps	2 x 1,168 kbps	1 x 2,320 kbps	2 x 1,168 kbps	3 x 784 kbps	2 x 784 kbps
Frecuencia de Nyquist	420 kHz	255 kHz	485 kHz	292 kHz	196 kHz	196 kHz
Máx. Alcance a máx. velocidad	2.1 km	2.8 km	2 km	2.4 km	2.8 km	2.8 km
Aplicación principal	Sustitución E1	Sustitución E1	Sustitución E1	Sustitución E1	Sustitución E1	Sustitución T1

Un sustituido de esta tecnología son los sistemas HDSL-2 en regiones ANSI y SHDSL en regiones que siguen normativa ETSI, que es un sistema sobre 1 par, que tiene mayor alcance que los sistemas HDSL sobre un par. La principal ventaja de este es su compatibilidad espectral con otros sistemas DSL, particularmente ADSL.

2.1.1.2 Symmetric High speed Digital Subscriber Line (SHDSL)

El sistema SHDSL (o su variante ANSI: HDSL-2) requiere un solo par y tiene mayor alcance que los sistemas HDSL monopar. Una de sus principales ventajas es su

compatibilidad espectral con otros sistemas DSL, particularmente ADSL, con los que pueden coexistir con los mismos pares. Además, existe una normativa sobre su implementación, con lo que los equipos de abonado y central pueden ser de distintos suministradores. SHDSL fue especificado en el estándar ETSI, TS 101 524 (*Transmission and Multiplexing; Access transmission system on metallic access cables; Symmetrical single pair high bitrate Digital Subscriber Line,SDSL*). Sin embargo a nivel internacional, rige la normativa de ITU-T G.991.2 (*Single pair High high speed Digital Subscriber Lines transceivers*). En la siguiente tabla se muestra algunas características de estos estándares.

Tabla. 2. 2. Comparativa por estándar de SHDSL [6]

Organismo	ANSI	G.SHDSL G.991.2	
	ANSI Anexo A	ETSI Anexo B	
Un par	HDSL2	Multirate HDSL2	ETSI-SDSL TS 101 524-1
Código de línea	16 PAM, 4B1H, 3 bits de información, 1 bit redundante para código Trellis		
Velocidad de Aplicación	1,552 kbps fijo	144-1,552 kbps	192-2,320 kbps
Frecuencia de Nyquist	260 kHz	-260 kHz	- 387 kHz
Máx. Alcance a máx. velocidad	2.8 km	2.8 km	2.4 km
Aplicación principal	Sustitución T1	SOHO	SOHO

El SHDSL está diseñado para el transporte de datos de forma simétrica, a regímenes que se adaptan a las características del canal y que van desde 192 kbit/s hasta 2,3 Mbit/s (o desde 384 kbit/s hasta 6 Mbit/s sobre dos pares). El código de línea utilizado es TC-PAM (Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation), utilizando 16 niveles en línea (4B1H).

Mientras las aplicaciones de HDSL se limitan al transporte de servicios de Múltiple por División en el Tiempo (TDM), desde un principio SHDSL está siendo utilizado para transportar cargas tanto TDM como ATM.

2.1.1.3 Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)

La línea de cliente digital asimétrica (ADSL - *Asymmetric Digital Subscriber Line*) es una de las múltiples variantes que intervienen dentro de las tecnologías xDSL. Permite proveer un acceso de alta velocidad a datos, manteniendo la línea de voz operativa, a través de los elementos que intervienen en la arquitectura del sistema, que son los siguientes:

- El par de cobre o bucle de abonado.

- El splitter o divisor, para separar los distintos canales.
- El módem del lado del usuario (ATU-R, ADSL *Terminal Unit Remote*).
- El módem del lado de la central (ATU-C, ADSL *Terminal Unit Central*).

ADSL ofrece acceso asimétrico, con mayor capacidad en el enlace central cliente (también conocido como *downstream*) que en el inverso (*upstream*).

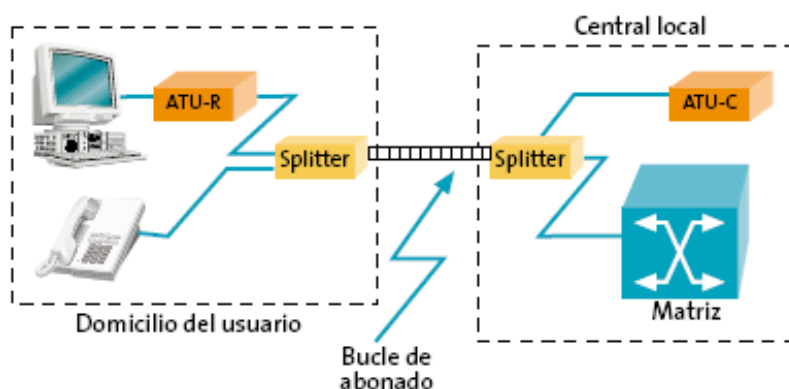


Figura. 2. 3. Elementos que Intervienen en la comunicación ADSL

La tecnología ADSL, es la más popular y comercial de las variantes xDSL existentes en la actualidad. Es un sistema asimétrico, bidireccional, compatible con el servicio telefónico y de transmisión digital, basado en una capa de enlace ATM. Cuando fue creado a finales de los 80, cuando los operadores establecidos de telefonía apuntaban a ADSL como herramienta de introducción de servicios de vídeo a través del par trenzado. Todo esto llevó a que sobre los códigos de línea ADSL, la tendencia predominante fuera utilizar un transporte ATM como forma de establecer prioridades para los tráficos de tiempo real: vídeo, audio y voz; frente a los tráficos de datos, y además determinó los objetivos iniciales de capacidad (8 Mbps hacia el abonado y 640 Kbps en sentido inverso), que hacen posible la transmisión de más de un canal de TV comprimido hacia el abonado. El escaso éxito de esta aplicación llevó a la industria ADSL al observar el éxito creciente de Internet, a impulsar estos servicios en ADSL basándose en ATM. Además existen otras líneas de evolución previstas: ADSL2, que consiste en ampliar la banda utilizable hasta 2,2 MHz (el doble de la actual) y ADSL2+ hasta 3 ó 3,75 MHz; en ambos casos con alcances menores.

Una característica importante de esta técnica es que comparte el espectro con la telefonía, permitiendo el empleo simultáneo del par de cobre para la conversación telefónica y la transmisión de datos colocando un *splitter* (filtro separador de bandas) en la

residencia del cliente. Esta capacidad es uno de los factores, además de la velocidad, que hace esta técnica sea tan atractiva, ya que permite tener un acceso permanente a Internet sin necesidad de contratar una línea adicional, o tener que cambiar los aparatos telefónicos, y es un factor diferencial con las técnicas HDSL y SHDSL que se han analizado.

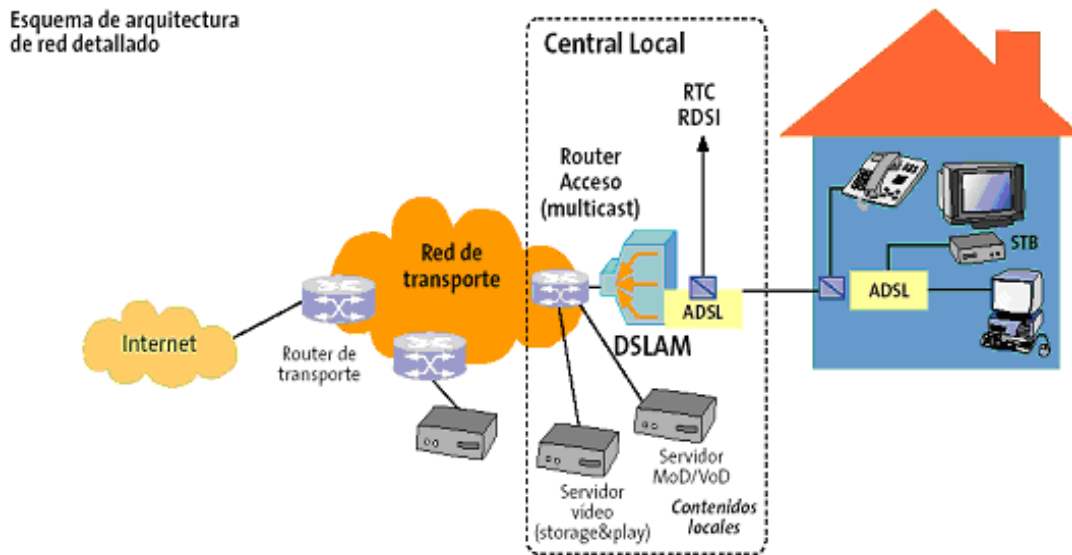


Figura. 2. 4. Esquema de arquitectura de red ADSL detallado

2.1.1.4 Very high speed Digital Subscriber Line (VDSL)

Es posible conseguir aumentar el mayor ancho de banda sobre el par de cobre, hasta llegar a los 11 MHz, con la consiguiente mejora en la tasa de transferencia. Sin embargo, estos anchos de banda sólo pueden ser operativos en alcances más reducidos de los que hemos visto en ADSL y HDSL. VDSL las distancias cubiertas son mucho menores, nunca superiores a 1.5 Km. Esto hace que la tecnología VDSL se implemente conjuntamente con un amplio despliegue de fibra en la planta, hasta nodos que cubran la última distancia hasta el abonado con tiradas muy cortas de cobre. VDSL va ligado al transporte hasta la cercanía de los usuarios de gran ancho de banda, esto supone despliegue profundo de fibra en la red, situación que está lejos de ser habitual en las plantas exteriores existentes. El VDSL es compatible con el servicio telefónico simultáneo, tiene versiones simétricas, con lo cual, por ejemplo, puede dar accesos de alta velocidad a empresas.

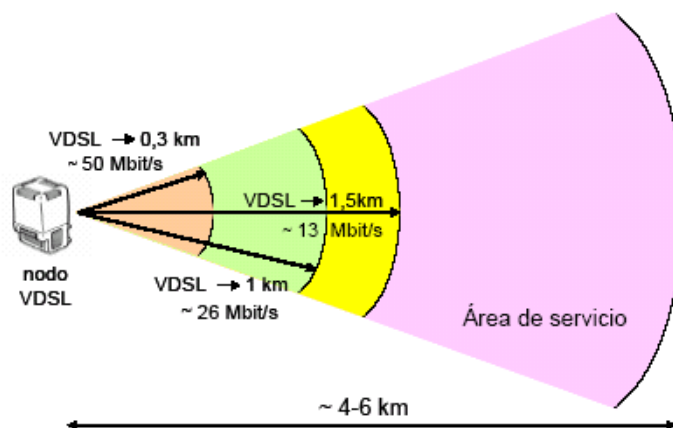


Figura. 2. 5. Alcances de VDSL

La tabla 2.3 muestra algunas velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea, para los modos de funcionamiento simétrico y asimétrico.

Tabla. 2. 3. Velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea

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

2.1.1.5 Single line Digital Subscriber Line (SDSL)

Es prácticamente la misma tecnología que HDSL pero utiliza únicamente un par, por lo que se sitúa estratégicamente en el segmento de los usuarios residenciales que sólo disponen de una línea telefónica. Pero tiene su tope en los 3 kilómetros, al menos en sus especificaciones de diseño. No obstante, las velocidades son las mismas que en HDSL.

2.1.1.6 ISDN Digital Subscriber Line (IDSL)

Esta técnica toma el acceso básico (BRI) de la RDSI, compuesto por los canales 2B+D, que opera a 144 Kbps (dos canales B a 64 Kbps cada uno y un canal D a 16 Kbps), y lo desvía del conmutador de voz de la RTC para dirigirlo a los equipos xDSL. IDSL

también funciona sobre un par de hilos y alcanza 5,5 kilómetros.

2.1.1.7 Adaptive Rate Digital Subscriber Line (RADSL)

RADSL (*Adaptive Rate DSL*) es una variante de DSL asimétrico que puede ajustar la velocidad de la conexión DSL dependiendo de la distancia desde la Oficina Central (CO) y la calidad de la conexión

Normalmente, cuando se instala un equipo se asume que se cumplen algunos criterios mínimos para operar a una velocidad dada. Esto ha sido así con tecnologías anteriores, tales como la portadora-T o la RDSI. Si las condiciones de la línea varían o las velocidades a las que operan los equipos hacen que éstos sean sensibles a los cambios atmosféricos es necesario adaptarse a esos cambios. RADSL, al utilizar la modulación DMT (característica también de ADSL) puede adaptarse a cambios en las condiciones de la línea y ajustar las velocidades por separado para maximizar el rendimiento de cada línea individual.

En la Tabla 2.4. se muestra un resumen comparativo entre los diferentes tipos de tecnologías xDSL descritas anteriormente:

Tabla. 2. 4. Comparativa entre tipos de xDSL.

DSL	Simétrico/ Asimétrico	Distancia de la línea (m)	Velocidad Descendente (Mbps)	Velocidad Ascendente (Mbps)
HDSL (2 pares)	Simétrico	3600	1.544	1.544
SHDSL	Simétrico (1 par)	1800	2.312	2.312
	Simétrico (2 pares)	1800	4.624	4.624
ADSL	Asimétrico	3600	8	0.928
VDSL	Asimétrico	300	52	6.4
	Simétrico	300	26	26
	Asimétrico	1000	26	3.2
	Simétrico	1000	13	13
SDSL	Simétrico	3000	1.544	1.544
IDSL	Simétrico	5500	0.128	0.128

2.1.2 Redes híbridas de fibra y cable (HFC)

Una red de cable HFC (*Híbrida Fibra óptica-Coaxial*) es un sistema de telecomunicaciones de banda ancha que combina en su estructura el uso de la fibra óptica y el cable coaxial capaz de prestar a los usuarios, de manera integrada, un amplio abanico de servicios de televisión, telefonía y datos. Precisamente estas son las dos grandes ventajas de las redes de cable: el gran ancho de banda y la integración de servicios. Por otra parte, como inconvenientes fundamentales se tienen el tamaño de las inversiones necesarias para el despliegue de este tipo de redes, así como la lentitud del mismo.

Las redes HFC están concebidas básicamente para proporcionar servicios de distribución de televisión. Sin embargo, desde la segunda mitad de la década de los 90, los operadores las utilizan también para ofrecer a los clientes acceso a Internet de alta velocidad (típicamente 256 kbit/s). Ello requiere la transmisión de señales digitales con contenidos IP en los sentidos descendente y ascendente. Este tipo de redes representan la evolución natural de las redes clásicas de difusión de televisión por cable (CATV). Una red de HFC está compuesta básicamente por:

- Cabecera de red
- Red troncal
- Red de distribución
- Red de acometida al hogar del usuario
- Red interna de cliente y equipos terminales

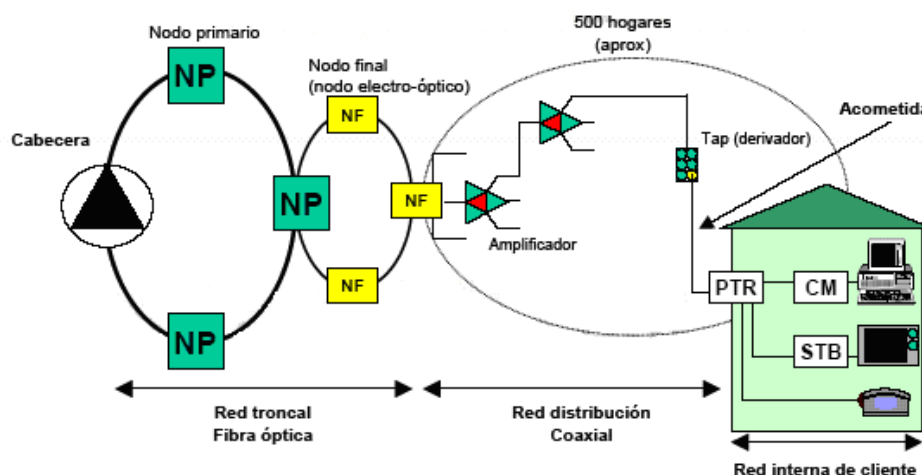


Figura. 2. 6. Red HFC

La **cabecera** es el órgano central desde donde se gobierna todo el sistema. Suele disponer de una serie de antenas que reciben los canales de TV y radio de diferentes sistemas de distribución (satélite, microondas, etc), así como de enlaces con otras cabeceras o estudios de televisión y con redes de otro tipo que aporten información susceptible de ser distribuida a los abonados a través del sistema de cable.

La cabecera de la red contiene, entre otros sistemas, una central de conmutación telefónica y una compleja red de datos para servicios como por ejemplo el acceso a Internet mediante cablemódems. [7]

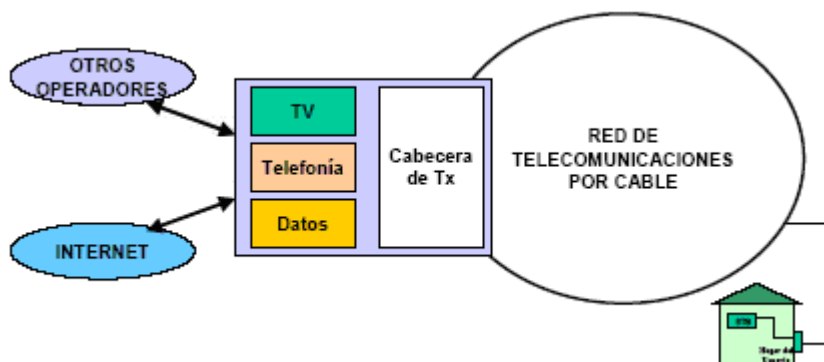


Figura. 2. 7. Cabecera de la red HFC

La **red troncal** es la encargada de repartir la señal compuesta generada por la cabecera (TV + telefonía + datos) a todas las zonas de distribución que abarca la red de cable. El primer paso en la evolución de las redes clásicas todo-coaxial de CATV hacia las redes de telecomunicaciones por cable HFC consistió en sustituir las largas cascadas de amplificadores y el cable coaxial de la red troncal por enlaces punto a punto de fibra óptica. Posteriormente, la penetración de la fibra en la red de cable ha ido en aumento, y la red troncal se ha convertido, por ejemplo, en una estructura con anillos redundantes que unen nodos ópticos entre sí. En estos nodo ópticos es donde las señales descendentes (de la cabecera a usuario) pasan de óptico a eléctrico para continuar su camino hacia el hogar del abonado a través de la red de distribución de cable coaxial.

La **red de distribución** está compuesta por una estructura tipo bus de cable coaxial que lleva las señales descendentes hasta la última derivación antes del hogar del abonado.

La red de distribución habitualmente contiene un máximo de 2 ó 3 amplificadores de banda ancha en cascada y abarca grupos de unas 500 viviendas u hogares pasados. La fibra óptica de la red troncal llega hasta el pie de un edificio, de allí penetra en el mismo para alimentar un nodo óptico que se instala por ejemplo en la azotea o en un sótano, y de éste parte el cable coaxial hacia el grupo de edificios a los que alimenta (para servicios telefonía y algunos de datos suelen utilizarse cables de pares trenzados para llegar directamente hasta el abonado, desde el nodo óptico).

La **acometida** a los hogares de los abonados es, sencillamente, la instalación interna del edificio, el último tramo antes de la base de conexión o punto de terminación de red (PTR). Desde el PTR, que se instala en casa del cliente, hasta los distintos terminales de usuario (descodificador para los servicios de TV, cablemódem para el acceso a Internet a alta velocidad, teléfono, fax, etc.) discurre la **red interna** de cliente (RIC), compuesta por cable coaxial y cable de pares.

2.1.3 Redes de Fibra Óptica

La tecnología de fibra óptica ofrece virtualmente ancho de banda ilimitado, y es ampliamente considerada como la solución fundamental para brindar acceso de banda ancha a la última milla, que es la parte de la red donde se encuentra el cuello de botella principal que provoca baja velocidad en el envío y recepción de información.

Además de la velocidad, otra ventaja que presenta la tecnología óptica es que es flexible y se prevé que exigirá menos mantenimiento que las tecnologías de cable. Por otro lado, el costo de la fibra y de gran parte de los equipos instalados en el local del proveedor del servicio se comparte entre varios clientes, por lo cual con el tiempo resulta económicamente más atractiva.

Existen varias arquitecturas posibles de uso de la fibra. La categoría de Acceso Óptico engloba los sistemas donde se llega al usuario final con fibra. Pueden clasificarse de dos formas: Redes PON (Passive Optical Network) y Redes FTTX

2.1.3.1 Redes PON (*Passive Optical Network*)

Una red óptica pasiva (*Passive Optical Network*) permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos (divisores ópticos pasivos) para guiar el tráfico por la red, cuyo elemento principal es el dispositivo divisor óptico (conocido como *splitter*). La utilización de estos sistemas pasivos reduce considerablemente los costes y son utilizados en las redes FTTH. [8]

Una red óptica pasiva está formada básicamente por:

- Un modulo OLT (*Optical Line Terminal* - Unidad Óptica Terminal de Línea) que se encuentra en el nodo central.
- Un divisor óptico (*splitter*).
- Varias ONUs (*Optical Network Unit* - Unidad Óptica de Usuario) que están ubicadas en el domicilio del usuario.

La transmisión se realiza entonces entre la OLT y la ONU que se comunican a través del divisor, cuya función depende de si el canal es ascendente o descendente. En definitiva, PON trabaja en modo de radiodifusión utilizando *splitters* (divisores) ópticos o buses.

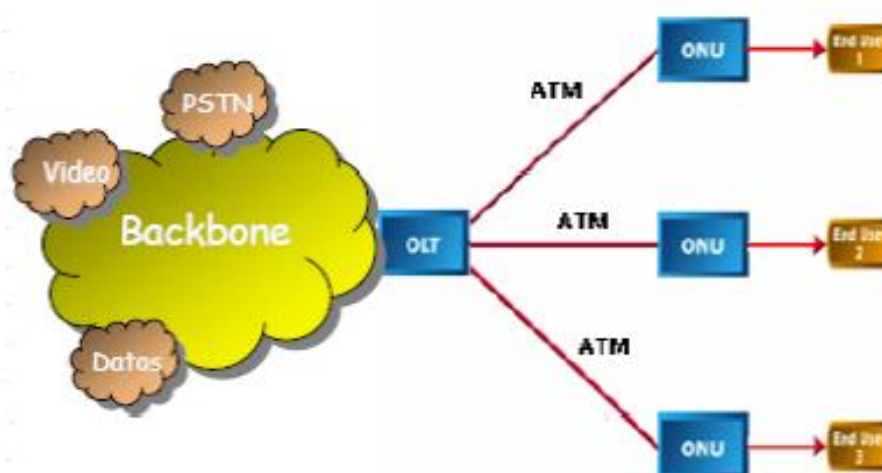


Figura. 2. 8. Estructura de Red PON

- **Ventajas de las Redes PON**

- Mayores distancias entre la cabecera de la red y las dependencias de los usuarios.
- Minimizan la instalación necesaria de fibra óptica en la red.
- Proporcionan mayores anchos de banda.
- Eliminan los elementos activos de la red de distribución, agrupándolos en los extremos de la red, simplificando y abaratando el mantenimiento y el despliegue de la misma.
- Elevada capacidad de crecimiento y escalabilidad.
- Integración de todos los servicios en un único interfaz.

2.1.3.2 Redes FTTX

Un paso más allá en el proceso de penetración de la fibra óptica en las redes de acceso, consiste en crear áreas de servicio de nodo final cada vez más pequeñas, es decir, con un número menor de hogares pasados. Las redes fiber-to-the-XXX poseen una estructura muy intensiva en el uso de la fibra óptica y que sólo salvan mediante cable de pares o coaxial el último tramo de la red de acceso, muy cerca ya del usuario.

En función del grado de penetración de la fibra, tenemos *Fiber-to-the-node* (fibra hasta el nodo o también llamado fibra hasta el vecindario), *Fiber-to-the-curb* (fibra hasta la acera, unos pocos centenares de hogares), *Fiber-to-the-building* (fibra hasta el edificio, unas decenas de hogares) o *Fiber-to-the-home / business* (fibra hasta el hogar / negocio, toda la red es de fibra óptica). Existe por supuesto, otras variantes, pero la filosofía subyacente es la misma: llevar la fibra lo más cerca posible del usuario. Esto permite eliminar los amplificadores que teníamos en la red HFC y dotar a la red de un ancho de banda aún mayor si cabe y de una calidad superior. Excepto en el caso de FTTH (Home), las redes que dejan la fibra en las proximidades del usuario suelen salvar el último tramo (acometida) mediante cable de pares y tecnología xDSL (ADSL, HDSL, VDSL), que con bucles de abonado cortos como es el caso ofrece unas muy buenas prestaciones.

Para el mercado residencial, este tipo de redes resulta todavía excesivamente caro de desplegar. En el caso de los servicios a empresas, la estructura del tipo fibra hasta el negocio (FTT-Business) está bastante extendido sobretodo para grandes cuentas, en las que

la alta inversión en infraestructura de telecomunicaciones está justificada por unos ingresos altos por la prestación de diferentes servicios de telefonía y redes de datos.

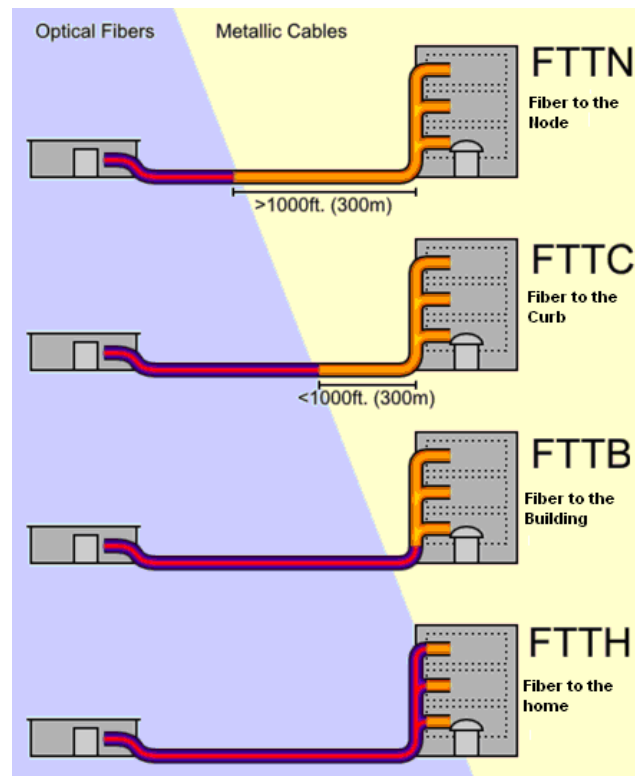


Figura. 2. 9. Distintos tipos de tipos de redes FTTX

Históricamente los operadores de telecomunicaciones han utilizado sistemas de distribución híbridos de fibra y coaxial (HFC, Hybrid Fiber Coaxial). En este tipo de redes, la fibra óptica queda confinada al núcleo de la red (*backbone*), recurriéndose al empleo de cable coaxial para llegar hasta los usuarios finales. La capacidad de este medio de transmisión es varios órdenes de magnitud inferior a la de la fibra óptica, por lo que se produce un efecto de cuello de botella. Para aliviar el problema, los operadores han comenzado a reemplazar porciones de cable coaxial por fibra óptica.

No obstante, se trata de un proceso muy caro, por lo que su implantación se ha visto retardada. El empleo de fibra óptica en redes troncales, redes de área extensa (WANs), redes de área metropolitana (MANs) e incluso en redes de área local (LANs), está cada vez más extendido. La demanda creciente de mayores anchos de banda para servicios basados en Internet está conduciendo a los proveedores de servicios y operadores de red regionales a desplegar sus propias redes ópticas.

2.1.4 PLC (*Power Line Communications*)

Las líneas eléctricas son las redes con mayor capilaridad que existen, ya que llegan a cada enchufe de cada hogar. Esto permite que la tecnología PLC (*Power Line Communications*) pueda aplicarse tanto en la red pública como en el interior de los hogares. La red eléctrica consta de diferentes potenciales en todo su cableado, los cuales van cambiando en función de las necesidades y las posibles pérdidas existentes. La red se divide en los siguientes grupos de subredes:

- Red de alto voltaje: transporta la energía desde los centros de generación hasta las grandes áreas de consumo. Las distancias de transporte son grandes, lo que implica altos voltajes para minimizar las pérdidas (una región, un país, entre países).
- Red de medio voltaje: distribuye la energía dentro de un área de consumo determinada (una ciudad, una comarca).
- Red de bajo voltaje: distribuye la energía a los locales de usuario final, a los voltajes de utilización final.
- Red de distribución doméstica: comprende el cableado de energía y las tomas dentro de los locales del usuario final.

En la Figura 2.10 se esquematiza la estructura de una red eléctrica. En ella se pueden distinguir cuatro segmentos de interés.

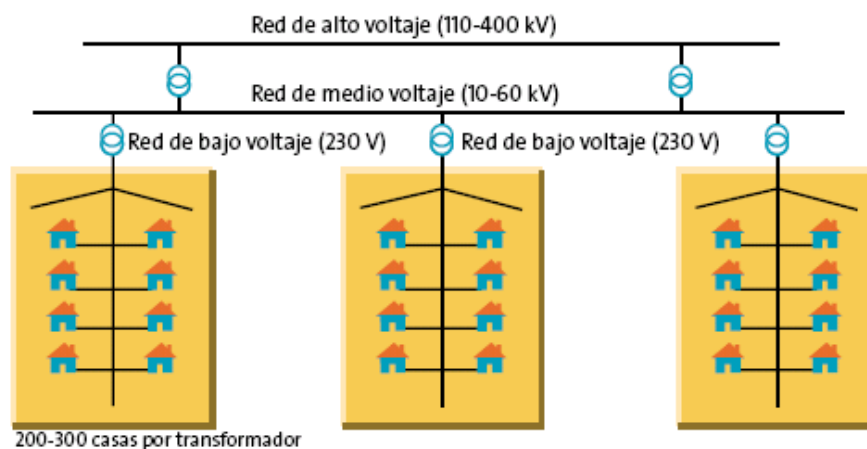


Figura. 2. 10. Modelo de referencia de la red de distribución eléctrica

Las comunicaciones a través de líneas eléctricas requieren de módems especiales en las dependencias de los usuarios, y de concentradores en las estaciones transformadoras de baja tensión, donde se realiza la conexión a los proveedores de telecomunicaciones. Los equipos de transmisión por línea eléctrica permiten combinar la corriente eléctrica con señales de altas frecuencias que transportan voz y datos.

Desde un principio, la dificultad más importante para la tecnología PLC era la capacidad de transmisión de las redes de baja tensión: unos 2 Mbit/s como máximo. Sin embargo, en los últimos años se han hecho numerosos adelantos en las técnicas de modulación que han permitido que actualmente se estén consiguiendo capacidades de transmisión muy aceptables.

En la Figura 2.11 se muestra cómo se realiza la transmisión de datos sobre la red de bajo voltaje. La señal de datos es inyectada en la estación del transformador y es recibida por todos los usuarios conectados al mismo. La estación base destino será la encargada de procesar los datos. El alcance de la transmisión es de 300 ó 500 metros, haciéndose necesaria la utilización de repetidores para distancias mayores.

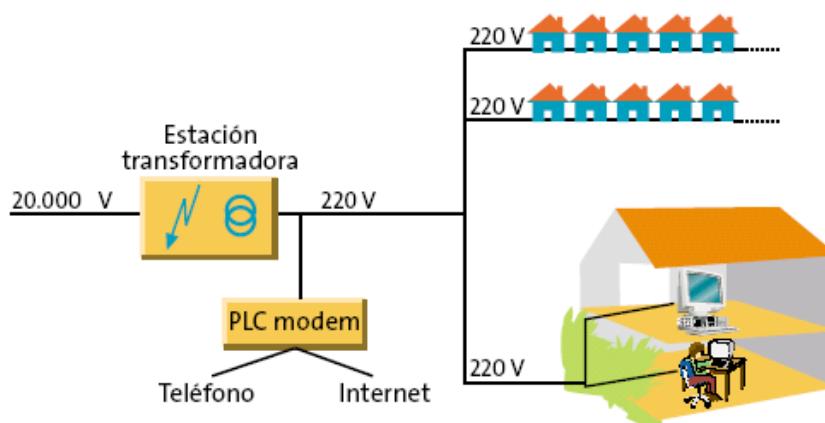


Figura. 2. 11. Esquema de una red basada en tecnología PLC

Una característica muy importante de la tecnología PLC es que todos los domicilios conectados al concentrador comparten el mismo canal de comunicaciones, es decir, el ancho de banda es compartido.

2.1.4.1 Componentes de una red PLC

El Servidor: Es un aparato que sirve de conexión de la red PLC con cualquier otro sistema de comunicación existente como la red telefónica, inalámbrica o fibra óptica. Su instalación se lleva a cabo en los transformadores de media a baja tensión, de manera que varios usuarios de la red eléctrica accedan a él mediante su punto en común.

El Dispositivo de Acoplamiento: Es un dispositivo que mediante un filtro pasa-altos y otro pasa bajos permite la separación de la información y el potencial eléctrico en cualquier cable de la red PLC. Es conveniente su instalación junto al contador eléctrico para no modificar la lectura del mismo.

Unidad de Servicio: Es el dispositivo encargado de fusionar todos los sistemas de comunicación presentes en un ámbito en concreto. Conexiona la red PLC con la telefónica, la inalámbrica o la de cable trenzado. [9]

2.1.4.2 Ventajas de PLC

- Aprovechamiento de una infraestructura global para la conexión a Internet.
- Creación de dos redes: Global (Internet) y Local (LAN).
- Bajo Coste.
- Alta velocidad de transmisión.
- Gran Capilaridad.
- Universalidad del medio.
- Creación de redes domóticas.
- Modulación mediante multiplexación OFDM.

2.1.4.3 Inconvenientes de PLC

- Mal estado de las instalaciones domésticas.
- Transmisiones a largas distancias dificultosas.
- Interferencias y perturbaciones.
- Ancho de banda a compartir entre los usuarios.

2.2 Redes de Acceso Inalámbricas

Las redes inalámbricas no utilizan cables para sus conexiones, sino que se vinculan mediante señales de radio, como en los teléfonos inalámbricos. Las tecnologías de interconexión inalámbrica van desde redes de voz y datos globales, que permiten a los usuarios establecer conexiones inalámbricas a través de largas distancias, hasta las tecnologías de luz infrarroja y radiofrecuencia que están optimizadas para conexiones inalámbricas a distancias cortas. Entre los dispositivos comúnmente utilizados para la interconexión inalámbrica se encuentran los equipos portátiles, equipos de escritorio, asistentes digitales personales (PDA), teléfonos celulares, equipos con lápiz y localizadores.

Las tecnologías inalámbricas tienen muchos usos prácticos. Por ejemplo, los usuarios de móviles pueden usar su teléfono celular para tener acceso al correo electrónico, las personas que viajan con equipos portátiles pueden conectarse a Internet a través de estaciones base instaladas en aeropuertos, estaciones de ferrocarril y otros lugares públicos. En casa, los usuarios pueden conectar dispositivos a su equipo de escritorio para sincronizar datos y transferir archivos. La principal ventaja de una red inalámbrica es que permite movilidad y libertad sin restricciones de cables.

Las redes de acceso inalámbricas que se van a analizar son las siguientes: Redes satelitales, Redes de Acceso Móviles, Redes de acceso Inalámbricas Fijas.

2.2.1 Acceso Vía Satélite

Las comunicaciones vía satélite, son en la actualidad uno de los métodos tradicionales, y más comunes de comunicación. Cualquier persona ve como frecuente o cercano todo lo referente a los servicios satelitales, sin percatarse que apenas poseen 50 años de vida.

El primer satélite de comunicaciones no llegaría hasta el Telstar 1, lanzado en julio de 1962, y siguiéndole un año después el Telstar 2. En 1964 se forma Intelsat, que pone en servicio el primer satélite comercial el Early Bird o Intelsat -I con capacidad para 240 circuitos telefónicos ó 1 canal de TV en blanco y negro. Con el paso de los años surgieron

nuevos consorcios de comunicaciones satelitales como Eutelsat, Inmarsat, Intelsat, etc, y más recientemente Iridium, Spaceway, Skybridge, etc. De esta manera las comunicaciones satelitales fueron creciendo y cambiando su estado.

El satélite ha sido el medio de comunicación más adecuado para proporcionar soluciones globales y dar acceso, con relativamente poca infraestructura, a todos los lugares de la Tierra; ha tenido un gran éxito en su aplicación a la distribución de TV. En este momento, las soluciones DTH (Direct to Home) tienen una gran cuota de mercado y son la principal fuente de financiación de los nuevos sistemas. Otras aplicaciones del satélite de comunicaciones son los sistemas VSAT (Very Small Aperture Terminal) y la localización. Estas iniciativas presentan aspectos técnicos muy interesantes y pueden llegar a tener una cierta importancia para la provisión de comunicaciones en lugares difíciles y sin infraestructura.

De todos modos, hay que recordar que la tecnología espacial ha estado, y continúa estando, sustentada en gran medida por aplicaciones militares. Muchas de estas tecnologías encuentran aplicaciones civiles y algunas en el campo de las comunicaciones. Entre estas puede destacarse el sistema GPS (Global Positioning System). La investigación militar financia en gran parte nuevas propuestas y, por tanto, no pueden descartarse nuevas aplicaciones y soluciones en el futuro. [10]

El satélite al estar situado en una órbita exterior a la tierra, posee unas características de difusión y repetición que le dotan de elevada capacidad para proveer servicios de acceso. Estas características asociadas son:

- Un coste independiente de la distancia de transmisión
- Capacidad de establecer enlaces multipunto
- Ancho de banda considerable
- Amplia cobertura geográfica
- No le afectan las barreras naturales y geográficas
- Servicio disponible en zonas rurales o poco pobladas
- Facilidad para establecer nuevos mercados
- Facilidad de establecer nuevos servicios y aplicaciones.



Figura. 2. 12. Segmento terreno de un enlace satelital

2.2.1.1 Estructura de red

La arquitectura de las redes de acceso por satélite puede ser definida en función del tipo de canal de retorno desde los usuarios hacia la red, de manera que en función de dicho enlace predomina un estándar de transmisión y recepción. Así de esta forma se pueden definir tres tipos de arquitectura de red básica:

- **Sistemas Unidireccionales:** En este tipo de arquitectura no existe canal de retorno. Sólo permiten servicios unidireccionales, por ejemplo distribución de TV.

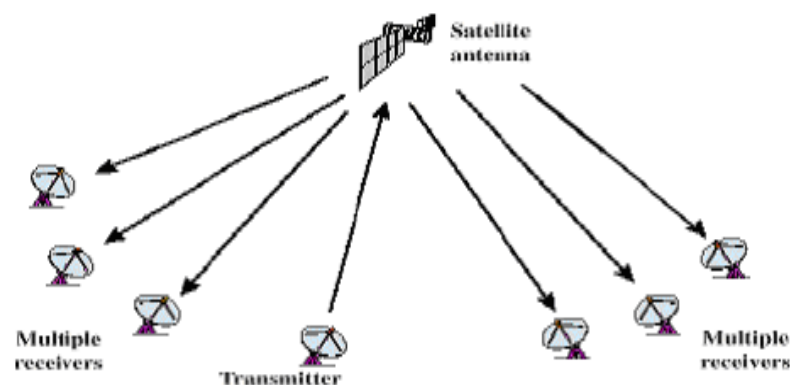


Figura. 2. 13. Configuración de red unidireccional.

- **Sistemas Híbridos:** En la arquitectura de red híbrida existe canal de retorno a través de otra red diferente, por ejemplo red telefónica conmutada o RDSI. Permiten prestar

servicios interactivos asimétricos, por ejemplo navegación por la Web para usuarios residenciales o redes VSAT de capacidad limitada y terminal sin capacidad de transmisión. Los sistemas híbridos tienen como ventaja que los terminales son más baratos y pueden ser instalados por el propio usuario.

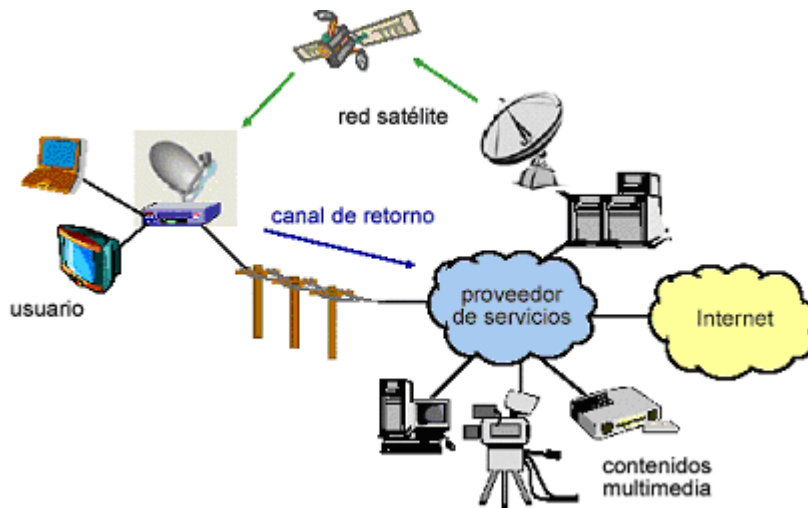


Figura. 2. 14. Configuración de red híbrida.

- **Sistemas Bidireccionales:** En estos tipos de sistema existe comunicación en ambos sentidos a través del satélite. Normalmente la capacidad disponible en el sentido de bajada es mayor que en el de subida. Estos sistemas pueden utilizarse para crear redes privadas virtuales (VPN) para empresas con muchas sucursales, en particular si están situadas en áreas rurales. Los terminales satélite bidireccionales son más caros y usan antenas mayores que deben ser instaladas por personal especializado, pero tienen la ventaja de que no dependen de otra red para el canal de retorno. Típicamente los sistemas bidireccionales han estado más orientados al mercado empresarial y de negocios, pero actualmente se ha extendido hasta el mercado residencial, al bajar los costes y aumentar el empeño de los operadores por su implantación.

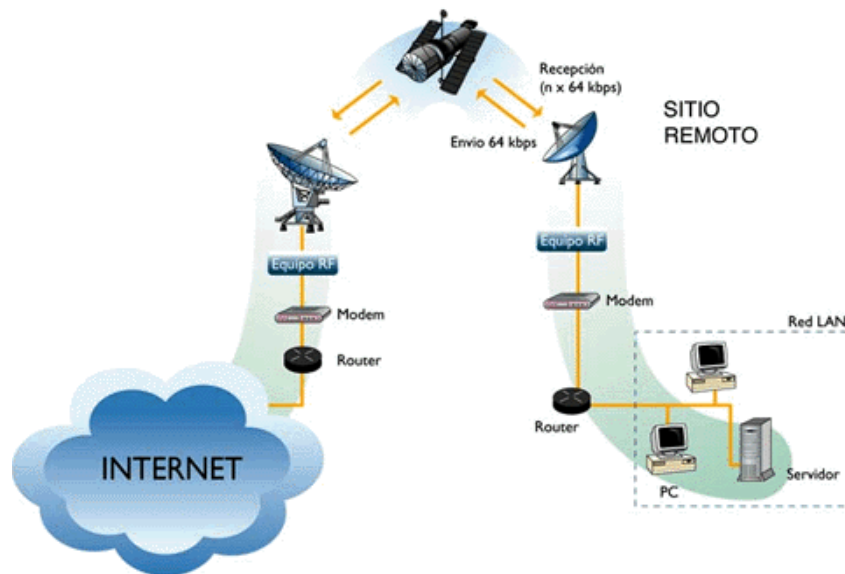


Figura. 2. 15. Configuración de red bidireccional

2.2.1.2 Orbitas Satelitales

Las redes satelitales pueden tomar múltiples configuraciones en función del tipo de órbita que describan los satélites que la forman. Esta determinará cuales son las prestaciones asociadas al sistema, cobertura, velocidad, retardo, coste, movilidad y capacidad de crecimiento. Así son cuatro los sistemas que se han desarrollado en la aplicación de los servicios vía satélite, estos son las redes de satélites geoestacionarios ó GEO (Geostacionary Earth Orbit) y las redes de satélites no geoestacionarios, que pueden ser de tres tipos HEO (High Elliptical Orbit), MEO (Médium Earth Orbit) y LEO (Low Earth Orbit). Los dos sistemas más utilizados y de mayor importancia son los LEO y los GEO.

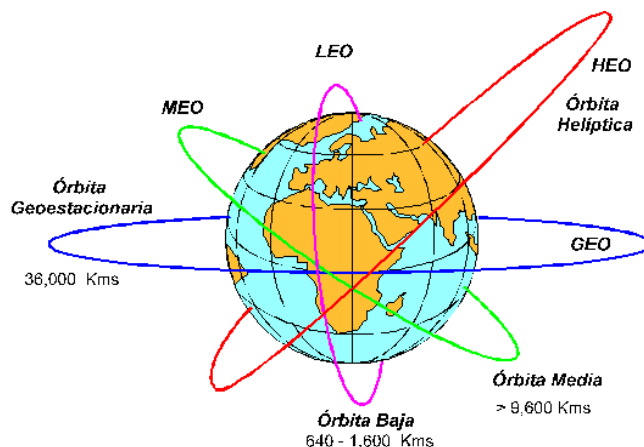


Figura. 2. 16. Orbitas satelitales

- **Orbita GEO (*Geosynchronous Earth Orbit*)** órbita terrestre geostacionaria. La altitud de esta órbita es de 35.786 Km, es de tipo circular y su inclinación es de cero grados con respecto al ecuador, el período de recorrido de trayectoria es el mismo que el de la Tierra. Un solo satélite GEO puede tener una cobertura del 43% de la superficie de la Tierra.
- **Orbita HEO (*High Elliptical Orbit*)**, es el sistema satelital menos frecuente. Posee una órbita elíptica de gran excentricidad, con un apogeo de 42.000 Km. y un perigeo de 500 Km. Las órbitas están inclinadas 63.4 grados para proveer servicios de comunicaciones a lugares con latitudes nórdicas. El periodo orbital varía entre las 8 y las 24 horas. Recomendados para cubrir una zona del perigeo, aunque el retraso y el efecto Doppler son muy marcados.
- **Orbita MEO (*Medium Earth Orbit*)** órbita terrestre media, también conocida como órbita circular intermedia. La altitud de esta órbita es de 5.000 – 12.000 Km., con una inclinación de 50° y con un período aproximado de 6 horas en su recorrido. En esta órbita con solo 15 satélites se puede tener una perfecta cobertura de todo el planeta.
- **Orbita LEO (*Low Earth Orbit*)** órbita terrestre baja. Esta órbita tiene una altura constante de 500 a 900 Km., por lo que su órbita es de tipo circular. La ventaja de esta órbita es que debido a su altura las pérdidas generadas por trayectoria en el espacio libre son menores. El período de recorrido es aproximadamente de una hora y media y la órbita tiene una inclinación de 90°.

La evolución desde los satélites GEO a satélites LEO ha dado lugar a numerosos sistemas de satélites globales, los cuales pueden ser agrupados en 3 tipos: Los LEO pequeños, destinados a aplicaciones de bajo ancho de banda, como buscapersonas, los grandes LEO, que pueden manejar buscapersonas, servicios de telefonía móvil y transmisión de datos, los LEO de banda ancha o megaLEO operan en la franja de los Mbps, proveen principalmente conexiones fijas de banda ancha a tarifas comparables con un servicio urbano de comunicaciones por cable.

Tabla. 2. 5. Redes LEO en funcionamiento [11]

Red	No. de Satélites	Altura	Servicios	Comentarios
Iridium	66	780 Km	Voz 2.4 Kbits/S Datos 2.4 Kbits/S	Enlaces entre satélites (ISL) a 23 GHz Vida media: 5 años
Globalstar	48	1414 Km	Voz 2.4 Kbits/S Datos 9.6 Kbits/S	Sin ISL Vida media: 10 años
Orbocmm	35	825 Km	Datos 2.4 Kbits/S (Sin cobertura continua)	Sin ISL Vida media: 4 años

A continuación se da un resumen comparativo de las diferentes órbitas satelitales:

Tabla. 2. 6. Comparativa de orbitas satelitales

Órbitas	Altura(Km)	Nº Satélites	Retardo(Ms)	Periodo De Visión (Horas)
LOW EARTH ORBIT (LEO)	650-2000	40-70	8-35	0.15
MEDIUM EARTH ORBIT (MEO)	10000	6-20	70-100	1-2
HIGH ELLIPTICAL ORBIT (HEO)	25000-45000	---	180-330	4-8
GEOSTACIONARY EARTH ORBIT(GEO)	36000	3-6	250	24

2.2.1.3 Bandas de frecuencias

El sistema vía satélite, es un sistema netamente basado en FDM, si bien la tendencia de los últimos años ha sido la utilización de sistemas TDM en rangos de frecuencias fijos a fin de conseguir sistemas más dinámico y con mayor capacidad.

A continuación se muestra una tabla donde se especifican los rangos de frecuencias usados en las diferentes aplicaciones soportadas por los servicios vía satélite.

Tabla. 2. 7. Rangos de frecuencias satelitales [10]

Banda	Rango de frecuencias	Ancho de banda total (GHz)	Aplicación general
L	1 a 2 GHz	1	MSS (Mobile Satellite Service), aplicaciones UMTS
S	2 a 4 GHz	2	MSS, NASA, búsqueda en el espacio profundo
C	4 a 8 GHz	4	FFS (Fixed Satellite Service), operadores de TV y telefonía
X	8 a 12.5 GHz	4.5	FFS militar, satélites meteorológicos, y exploración superficie terrestre
Ku	12.5 a 18 GHz	5.5	FSS, BSS (Broadcast Satellite Service). Empresas y TV residencial
K	18 a 26.5 GHz	8.5	BSS, FSS
Ka	26.5 a 40 GHz	13.5	FSS, servicios de banda ancha

Las frecuencias más utilizadas son la banda C y la Ku (la banda C está prácticamente saturada). La banda L se utiliza para comunicaciones móviles.

En este momento, la gran esperanza para resolver el problema de la saturación espectral y poder ofrecer mejores servicios es la utilización de la banda Ka, que permitiría disponer de mayores anchos de banda. Además, esta última permite utilizar antenas parabólicas de menor tamaño y mayor ganancia. Sin embargo, sufre atenuaciones importantes por efecto de la lluvia. Por otra parte, la tecnología, si bien madura para aplicaciones especializadas, no tiene los costes requeridos para un despliegue de aplicación general.

2.2.1.4 Características de la Comunicación por Satélite

El satélite de comunicaciones convencional es un traspondedor, es decir, un repetidor con cambio de frecuencia, colocado en órbita. Así, los enlaces de satélite son simplemente enlaces radio punto a multipunto, con una estación intermedia en la que no se realiza, normalmente, ningún procesamiento, salvo en el caso de satélites con procesador a bordo (OBP - On Board Processing).

Los elementos básicos del sistema se clasifican en dos partes fundamentales:

- El segmento espacial.
- El segmento terreno.

La figura 2.17 muestra los principales elementos de un sistema por satélite.

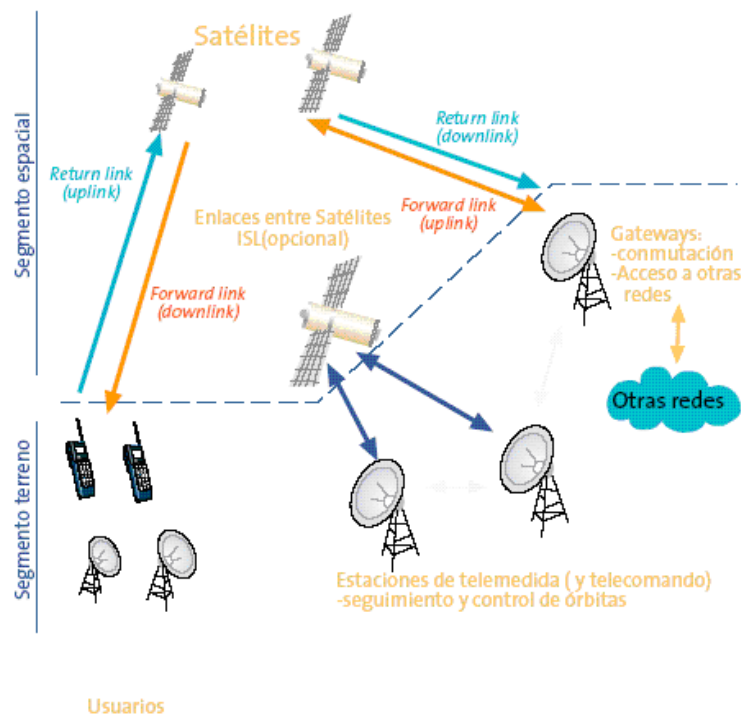


Figura. 2. 17. Elementos del enlace por satélite

El segmento terreno comprende las estaciones de entrada (*gateway*), el centro de control de red y el de operación. Estos dos últimos se encargan del control general del satélite, incluyendo mantenimiento en órbita, así como de los elementos de comunicaciones del satélite (asignación de frecuencias de los traspondedores, formación de los enlaces con las antenas a bordo, etc.).

Las estaciones de entrada (*gateway*) actúan como interfase para el resto de la red y realizan las operaciones de conversión de protocolos, en caso de ser necesario realizar una conversión de protocolos para adaptarse al segmento espacial. A bordo del satélite se encuentra el traspondedor, que es el elemento esencial del sistema. El ancho de banda depende del tipo de traspondedor, siendo comunes valores cercanos a 72 MHz. La modulación más empleada, casi con exclusividad, es QPSK, cada satélite embarca varios traspondedores.

Una de las principales aplicaciones de las redes de acceso vía satélite son las redes VSAT, las cuales se detallan a continuación.

2.2.1.5 Very Small Aperture Terminals (VSAT)

Las redes de satélite VSAT (terminal de muy pequeña apertura) usan los satélites como elemento transmisor/receptor para proporcionar una gran variedad de servicios de comunicación haciendo una alternativa muy atractiva en la creciente expansión a las redes terrestres. El elemento básico que las configura es una estación terrena, con una antena de grandes dimensiones a la cual se conectan vía satélite terminales de muy pequeña apertura. La figura 2.18 muestra el esquema de los sistemas VSAT.

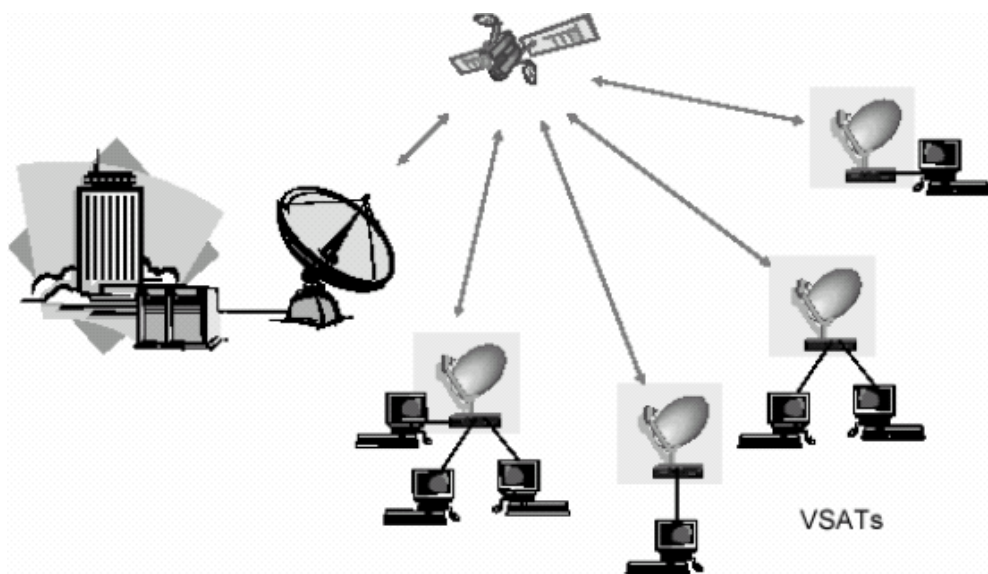


Figura. 2. 18. Esquema de un sistema VSAT

VSAT comenzó cuando el *Wall Street Journal* transmite datos por satélite en 1975. La primera generación en 1980 ocupaba solo servicios de datos. En 1983 comenzaron los servicios interactivos y en 1987 la arquitectura distribuida.

Tiene muchas aplicaciones entre ellas telenseñanza, videoconferencia, comunicaciones de voz., telemetría y telecontrol de procesos distribuidos, consulta a bases de datos, transacciones bancarias y control de tarjetas de crédito, televisión corporativa.

2.2.1.6 Proveedores de servicios satelitales

A pesar de los problemas, el mercado del satélite mueve cantidades de dinero muy significativas y reporta importantes beneficios, especialmente en el negocio de la DTH.; las

comunicaciones por satélite fueron iniciadas por consorcios internacionales, bajo los auspicios de la ONU, en las que todos los países tenían una participación más o menos importante. De estas organizaciones, hay que citar a Intelsat e Inmarsat, la primera dedicada a las comunicaciones entre continentes y la segunda a las comunicaciones con barcos. La Tabla 2.8 ofrece algunos datos de los sistemas en operación.

Tabla. 2. 8. Sistemas en operación más destacados

Operador	Constelación	Servicios
Inmarsat	9 GEO	Voz, IP
Eutelsat	18 GEO	DTH, voz, IP
Intelsat	40 GEO	DTH, voz, IP, radio
Hispasat	6 GEO	DTH,datos
Astra/SES	12 GEO	DTH, IP directa
Thuraya	2 GEO	Voz móvil
Europe Star	2 GEO	Broadcast, voz
Local Cyberstar	3 GEO	Global IP
New Skies	5 GEO	Internet y multimedia
Iridium	66 GEO	Móviles
Globalstar	44 GEO	Móviles

2.2.2 Acceso Móvil

El método tradicional de comunicación telefónica mediante el uso de la red telefónica conmutada y los teléfonos fijos está siendo complementado y en algunos casos incluso sustituido por las nuevas tecnologías radio (radio profesional, radiomensajería y los sistemas celulares e inalámbricos). El servicio de telefonía móvil está concebido como una extensión del servicio telefónico básico, posibilitando la comunicación entre terminales que no tienen porque estar asociados a un lugar físico determinado.

La telefonía móvil es un servicio que se ofrece sobre dos tecnologías diferentes, analógica y digital, sobre las que se soportan los servicios de comunicación vocal, datos y mensajes cortos. En la telefonía analógica la voz se transporta como una señal continua sin codificar, mientras que en la telefonía móvil digital la voz se digitaliza y divide en paquetes que pueden compartir el mismo canal de frecuencias con otros paquetes procedentes de otras conversaciones lo que permite aumentar la capacidad del sistema, aprovechando al máximo un recurso escaso como es el espectro radioeléctrico.

La evolución de los estándares de telefonía móvil pasan del uso de sistemas de transmisión analógica (sistemas de 1ª generación) al uso de sistemas de transmisión digital (2ª y 3ª generación) con mayor capacidad en cuanto a número de usuarios y una mayor calidad, estos últimos sistemas se denominan celulares.

El modo de conseguir mas canales de comunicaciones es reaprovechar las frecuencias, dividiendo el territorio al que se va a dar cobertura en células independientes, de forma que dos células adyacentes, no usen las mismas frecuencias de transmisión, pero dos células que se encuentren lo suficientemente separadas para que las emisiones de una de ellas no interfieran con las de la otra sí pueden utilizar las mismas frecuencias

A continuación se explican los principales estándares del acceso móvil, como son: GSM (*Global System for Mobile*), GPRS (*Global Packet Radio Services*), EDGE (*Enhanced Data rates for GSM of Evolution*), UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) y LTE (*Long Term Evolution*)

2.2.2.1 GSM (*Global System for Mobile*)

Hoy en día el número de usuarios de telefonía móvil y de usuarios de Internet ha crecido de una manera increíble. Debido a esto era inevitable que en algún momento ambos mundos se fusionasen. El sistema GSM (Global System for Mobile) es el sistema de comunicación de móviles digital de 2ª generación basado en células de radio. Apareció para dar respuestas a los problemas de los sistemas analógicos.

Fue diseñado para la transmisión de voz por lo que se basa en la conmutación de circuitos, aspecto del que se diferencia del sistema GPRS. Al realizar la transmisión mediante conmutación de circuitos los recursos quedan ocupados durante toda la comunicación y la tarificación es por tiempo. Más adelante se verá como estas limitaciones hacen ineficiente la transmisión de datos con GSM y como GPRS lo soluciona.

A continuación se explican los aspectos más importantes de GSM, ya que los sistemas GPRS se basan en ellos.

2.2.2.1.1.Arquitectura de una Red GSM

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

a. La Estación Móvil o *Mobile Station* (MS): Consta a su vez de dos elementos básicos que debemos conocer, por un lado el terminal o equipo móvil y por otro lado el SIM o *Subscriber Identity Module*. Con respecto a los terminales poco hay que decir ya que los hay para todos los gustos, lo que si se debe mencionar es que la diferencia entre unos y otros radica fundamentalmente en la potencia que tienen que va desde los 20 vatios (generalmente instalados en vehículos) hasta los 2 vatios de nuestros terminales. El SIM es una pequeña tarjeta inteligente que sirve para identificar las características de nuestro terminal.

b. La Estación Base o *Base Station Subsystem* (BSS): Sirve para conectar a las estaciones móviles con los NSS (Subsistema de Conmutación), además de ser los encargados de la transmisión y recepción. Consta de dos elementos diferenciados: La *Base Transceiver Station* (BTS) o *Base Station* y la *Base Station Controller* (BSC). La BTS consta de transceptores⁷ y antenas usadas en cada célula de la red y que suelen estar situadas en el centro de la célula, generalmente su potencia de transmisión determina el tamaño de la célula, se encarga de proporcionar un número de canales radio a la zona a la que da servicio. El BSC, controla una o varias BTS'S, tiene la función del mantenimiento de la llamada y la adaptación de la velocidad del enlace radio al estándar de 64 Kbit/s.

c. El Subsistema de Conmutación y Red o *Network and Switching Subsystem* (NSS): Este sistema 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:

⁷ Transceptor, Aparato para telecomunicaciones, que en la misma unidad incluye un transmisor y un receptor

- *Mobile Services Switching Center (MSC)*: 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.
- *Gateway Mobile Services Switching Center (GMSC)*: Un *gateway* es un dispositivo traductor, puede ser software o hardware, se encarga de interconectar dos redes haciendo que los protocolos de comunicaciones que existen en ambas redes se entiendan. La misión del GMSC es servir de mediador entre las redes de telefonía fijas y la red GSM
- *Home Location Register (HLR)*: El HLR es una base de datos que contiene información sobre los usuarios conectados a un determinado MSC. Entre la información que almacena el HLR esta fundamentalmente la localización del usuario y los servicios a los que tiene acceso. El HLR funciona en unión con en VLR.
- *Visitor Location Register (VLR)*: 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.
- *Authentication Center (AuC)*: Proporciona los parámetros necesarios para la autenticación de usuarios dentro de la red; también se encarga de soportar funciones de encriptación.
- *Equipment Identity Register (EIR)*: 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 *International Mobile Equipment Identity* o IMEI 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.
- *GSM Interworking Unit (GIWU)*: Sirve como interfaz de comunicación entre diferentes redes para comunicación de datos.

d. Los Subsistemas de soporte y Operación u *Operation and Support Subsystem (OSS)*:

Los OSS 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 que actualmente se encarga de hacerlas el subsistema OSS en las BTS de modo que se reduzcan los costes de mantenimiento del sistema. [12]

En la figura 2.19 se muestra un pequeño esquema de lo que se ha descrito.

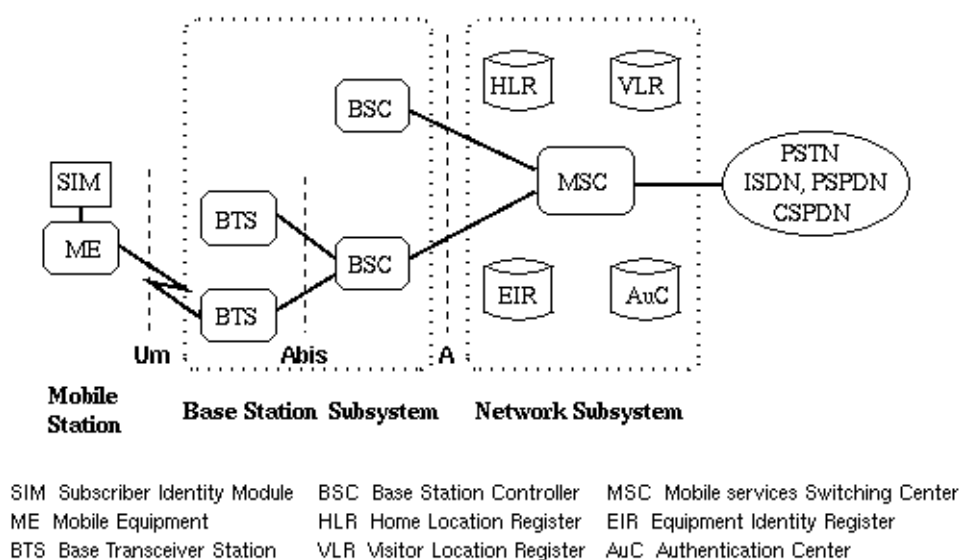


Figura. 2. 19. Arquitectura de una Red GSM

2.2.2.1.2.Limitaciones de GSM para la transmisión de datos.

Las redes GSM tienen ciertas limitaciones para la transmisión de datos:

- Velocidad de transferencia de 9,6 Kbps.
- Tiempo de establecimiento de conexión, de 15 a 30 segundos. Además las aplicaciones deben ser reinicializadas en cada sesión.
- Pago por tiempo de conexión.
- Problemas para mantener la conectividad en itinerancia (*Roaming*).

Las tradicionales redes GSM no se adaptan adecuadamente a las necesidades de transmisión de datos con terminales móviles. Por ello surge una nueva tecnología portadora denominada GPRS (General Packet Radio Service) que unifica el mundo IP con el mundo de la telefonía móvil, creándose toda una red paralela a la red GSM orientada exclusivamente a la transmisión de datos.

2.2.2.2 GPRS (*General Packer Radio Services*)

GPRS (General Packet Radio Service) es una nueva tecnología que comparte el rango de frecuencias de la red GSM utilizando una transmisión de datos por medio de paquetes. La conmutación de paquetes es un procedimiento más adecuado para transmitir datos, hasta ahora los datos se habían transmitido mediante conmutación de circuitos, procedimiento más adecuado para la transmisión de voz.

2.2.2.2.1. Características de GPRS

Como se ha visto anteriormente el sistema GSM no se adaptaba del todo bien a la transmisión de datos. A continuación se muestra las características de GPRS:

- Velocidad de transferencia de hasta 144 Kbps.
- Conexión permanente. Tiempo de establecimiento de conexión inferior al segundo.
- Pago por cantidad de información transmitida, no por tiempo de conexión.

Estas características se amoldan mucho mejor para la transmisión de datos que el tradicional sistema GSM.

2.2.2.2.2. Servicios de GPRS

Los servicios que obtendrá un usuario de este sistema serían los equivalentes a tener un PC conectado a Internet, siendo este de tamaño bolsillo.

- Acceder en movilidad a Internet y correo electrónico.
- Acceder en movilidad a la Intranet corporativa.
- Acceso a cuentas de correo corporativas.
- Acceso a bases de datos y aplicaciones corporativas desde un dispositivo móvil.
- Acceso GPRS a aplicaciones WAP para uso empresarial (a través del sistema WAP).
- Acceso a servicios de información (a través del sistema WAP).

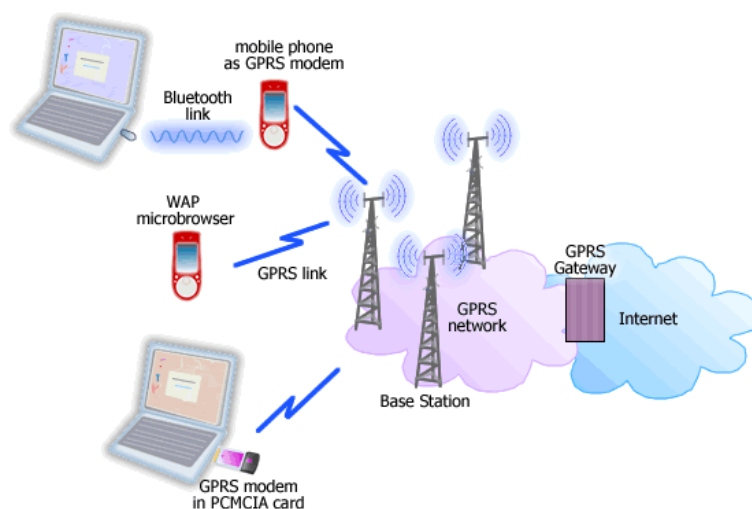


Figura. 2. 20. Acceso a Internet a través de GPRS

2.2.2.2.3.Arquitectura de la red GPRS

La arquitectura de red de GPRS está basada fundamentalmente en GSM. Los principales elementos que se introducen son:

- Dos nodos de soporte GPRS: el nodo de conmutación (SGSN) y el de pasarela (GGSN) cuyas misiones son complementarias. En líneas generales el SGSN se encargará de la gestión de la movilidad y del mantenimiento del enlace lógico entre móvil y red. El GGSN es el que proporciona el acceso a las redes de datos basadas en IP.
- Actualización de software a nivel de BTS (Estación de transmisión).
- Nuevo hardware en el controlador de estación (BSC). Este hardware se denomina PCU (*Packet Unit Control /Unidad de Control de Paquetes*) y es la encargada de manejar la comunicación de paquetes.
- La red troncal GPRS o backbone basado en IP.

2.2.2.3 EDGE (*Enhanced Data rates for GSM of Evolution*)

EDGE es una tecnología que facilita a las redes GSM la capacidad de suministrar servicios de telefonía móvil de tercera generación basados en IP y a unas velocidades reales de 384 Kbps.

EDGE utiliza una técnica de modulación de frecuencias electromagnéticas que junto a evoluciones en el protocolo de radio permite a los operadores usar los espectros de frecuencias de GSM de manera más eficiente. EDGE utiliza un nuevo esquema de modulación para permitir a la especificación GSM soportar la transmisión de datos, servicios y aplicaciones multimedia a las velocidades antes mencionadas. Sería utilizado junto a GPRS, permitiendo un aprovechamiento máximo de las ventajas inherentes de GPRS.

Para las operadoras el impacto técnico de EDGE es muy pequeño, permitiendo una rápida implementación de las redes. La base instalada evoluciona incluyendo pequeños cambios a nivel de software y hardware, pero no se reemplaza ni se construye desde cero.

Las operadoras tienen la posibilidad real de ofrecer contenidos multimedia antes de la llegada de UMTS (transferencia de ficheros, servicios de video, EMS⁸, voz sobre Internet), lo que es la primera experiencia real de las operadoras en este tipo de servicios. Esta amplia oferta de servicios aumentaría la satisfacción de los usuarios favoreciendo el consumo, lo que da mayores beneficios para las operadoras. Para aquellas operadoras que no disponen de licencias UMTS es una forma barata y rápida de ofrecer dichos contenidos multimedia.

Para los usuarios es la primera experiencia de acceso a servicios multimedia de calidad y a un bajo coste por BIT de información transmitido, aunque implicaría la necesidad de adquirir nuevos dispositivos con una mayor capacidad de almacenamiento.

La necesidad de implantar EDGE es real debido a que GPRS no alcanza por sí sólo las velocidades de transmisión requeridas para ofrecer servicios multimedia con un nivel óptimo de calidad y en general servicios de datos de tercera generación. El principal problema al que se enfrenta EDGE es el tiempo y el comportamiento de los usuarios ante los servicios GPRS. A finales del 2001 se produjo el lanzamiento masivo de GPRS, principalmente enfocado a usuarios corporativos. EDGE juega un papel intermedio de cara a la implementación de redes UMTS para la prestación de servicios multimedia.

⁸ EMS (*Enhanced Messaging Services*), Servicio de Mensajería Mejorado.

2.2.2.4 UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*)

UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) es un estándar europeo desarrollado para redes móviles de tercera generación. UMTS, siglas que en inglés hace referencia a los Servicios Universales de Telecomunicaciones Móviles, es miembro de la familia global IMT-2000 del sistema de comunicaciones móviles de tercera generación de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones).

UMTS es la propuesta de la ETSI para tercera generación de telefonía celular, siendo éste el sucesor de GSM. Desde el comienzo de la discusión de UMTS, la intención ha sido proveer un estándar para un mundo de telefonía móvil personal, dando calidad equivalente a servicios inalámbricos y acceso a una amplia gama de servicios. CDMA de banda amplia (WCDMA) es la tecnología de radiocomunicaciones utilizada en UMTS.

UMTS busca extender las actuales tecnologías móviles, inalámbricas y satelitales proporcionando mayor capacidad, posibilidades de transmisión de datos y una gama de servicios mucho más extensa, usando un innovador programa de acceso radioeléctrico y una red principal mejorada. La cobertura es hecha por una combinación de tamaños de células en un rango que va de pico células a células globales (provistas por satélite), las cuales inclusive darán servicio a regiones remotas del mundo

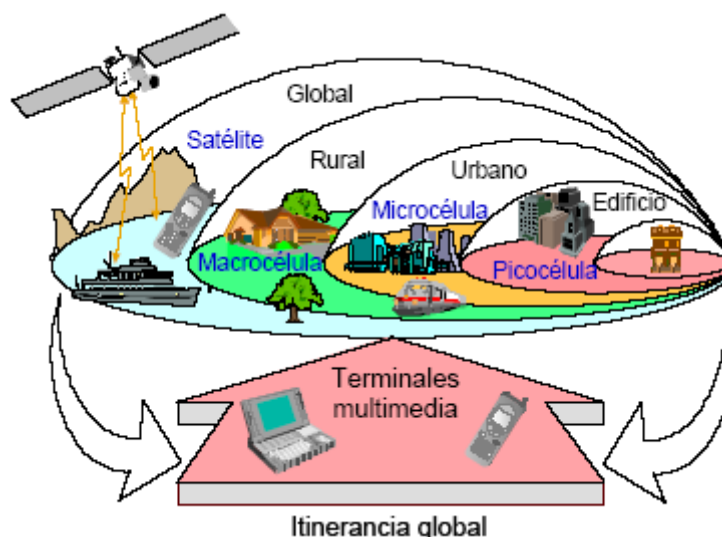


Figura. 2. 21. Ámbitos de los sistemas de comunicaciones móviles 3G

Un requerimiento clave para UMTS es la alta eficiencia espectral para la mezcla de servicios de las diferentes portadoras, en donde la eficiencia espectral es tan buena como

la de GSM para la baja velocidad de transmisión UMTS soportará el sistema dual GSM/UMTS.

En el caso de UMTS, la operación sobre la interfaz radio (WCDMA) está basada en el empleo de portadoras de 5 MHz de anchura espectral, contemplándose dos modos básicos de funcionamiento:

- **FDD (*Frequency Division Duplex*):** Basado en el empleo de portadoras diferentes para el enlace ascendente (móviles a red) y el descendente (red a móviles). Cada portadora es capaz de soportar múltiples canales mediante el empleo de diferentes códigos CDMA. Más específicamente, la técnica de multiplexión por código utilizada es la variante DS-SS-SS (Direct Sequence Spread Spectrum), con una velocidad de operación de 3,84 Mbits/s.
- **TDD (*Time Division Duplex*):** Los enlaces ascendente y descendente comparten una única portadora de 5 MHz mediante división en el tiempo. La técnica de acceso utilizada en este caso es una combinación de TDMA y DS-SS-SS. La interfaz TDD contempla la posibilidad de asignar una mayor proporción de ranuras temporales en un sentido (típicamente en el descendente), lo que permite una mejor adaptación ante situaciones de tráfico asimétrico. En general, el modo TDD resulta adecuado para alcances reducidos (picocélulas).

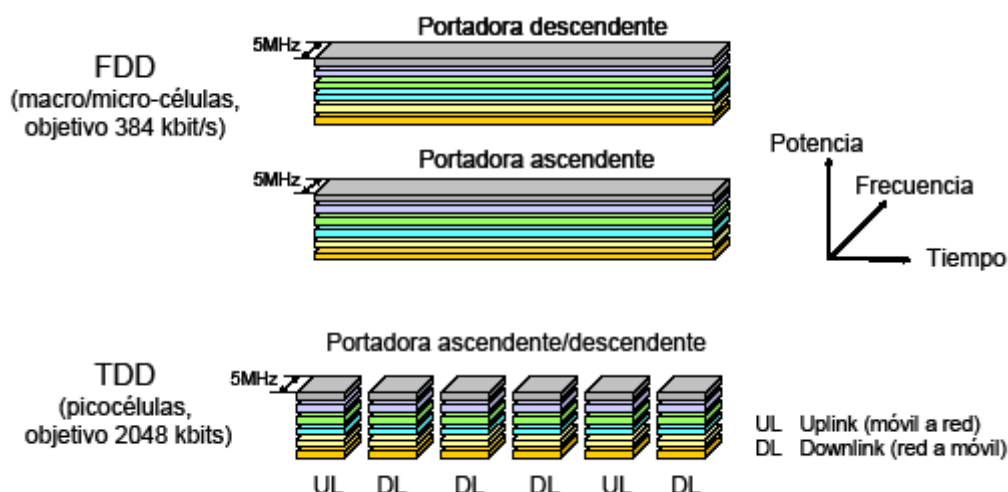


Figura. 2. 22. Modos de operación de la interfaz UMTS

Como se indica en la figura 2.21, la cobertura de los sistemas 3G considera distintos tipos de células (picocélulas, microcélulas, macrocélulas y cobertura vía satélite). Los objetivos de servicio establecidos en cada caso son distintos, dependiendo de la densidad de tráfico y grado de movilidad previsible en cada entorno.

2.2.2.4.1. Características de UMTS

Algunas de las características de UMTS son:

- Servicio todo el tiempo
- Servicio en cualquier lugar (ambientes de espacios cerrados)
- Interoperabilidad con un sistema satelital
- Capacidad en los sitios con alta demanda
- Roaming global
- Calidad de voz como si existiera una conexión física
- Velocidad alta de transmisión de datos
- Múltiples servicios multimedia

2.2.2.4.2. Estructura de la red UMTS

UMTS aparece para integrar todos los servicios ofrecidos por las distintas tecnologías y redes actuales, incluyendo Internet. El sistema UMTS se compone de 3 grandes bloques:

- Red central o núcleo de red (Core Network, CN)
- Red de acceso de radio (Radio Access Network, RAN ó UTRAN)
- Terminales móviles (User Equipment, UE)

a. Red Central (CN)

La red central también es llamada *Core Network* (CN) y se encuentra formada por varios elementos como el MSC (pieza central en una red basada en conmutación en circuito) y el SGSN (pieza central en una red basada en conmutación de paquetes).

- **MSC (*Mobile Switching Center*)**

El MSC es la pieza central en una red basada en conmutación de circuitos. El mismo MSC es usado tanto por el sistema GSM como por UMTS, es decir la BSS de GSM y el RNS de UTRAN se pueden conectar con el mismo MSC. Varios BSSs pueden ser conectados a un MSC. El MSC constituye la interfaz entre el sistema de radio y la red fija. El MSC ejecuta todas las funciones necesarias para el manejo de servicios de conmutación de circuitos hacia y desde la radio base.

- **SGSN (*Serving GPRS Support Node*)**

El SGSN es el elemento central en la conmutación de paquetes dentro de la red. Se encarga de las funciones de control de acceso, seguridad y la localización de los terminales móviles.

Las principales características de la Red Central tenemos:

- Soporta servicios de datos por conmutación de paquetes con capacidad de al menos 2 Mbit/s.
- Provee una solución efectiva de tráfico entre redes.
- Provee facilidad de soporte para monitorear y medir flujo de tráfico y características dentro de la red (ejm.: control de congestión)
- El CN está dividido en un dominio de servicios de conmutación de paquetes y un dominio de servicios de conmutación de circuitos.

b. Red de Acceso de Radio (RAN o UTRAN)

UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) hace posible la conexión del terminal usuario con el núcleo de la red UMTS. UTRAN consiste en el RNCs(*Radio Network Controllers*) y el Nodo B (Base Stations). Ambos elementos forman un RNS(*Radio Network Subsystem*).

- **RNC (*Radio Network Controller*)**

El controlador de la red de radio (RNC *Radio Network Controller*) provee control centralizado de los nodos B en su área de cobertura, maneja los intercambios de los protocolos en las diferentes interfaces de la UTRAN (Iu, Iur y Iub) y se encarga de la multiplexación de la información proveniente de los dominios de paquetes y de circuitos desde las interfaces Iu-PS y Iu-CS para que pueda ser transmitida sobre las interfaces Iu, Iub y Uu hacia/desde el equipo de usuario (UE).

- **NODO B**

El nodo B es equivalente en UMTS al BTS (*Base Transceiver Station*) de GSM. El nodo B puede dar servicio a una o más células, sin embargo es recomendable que sólo a una. En éste se encuentra la capa física de la interfaz aérea. Entre sus funciones están la corrección de errores y la adaptación a la tasa de datos en la interfaz de radio, el monitoreo de la calidad, la potencia de la conexión y el cálculo de la tasa de errores.

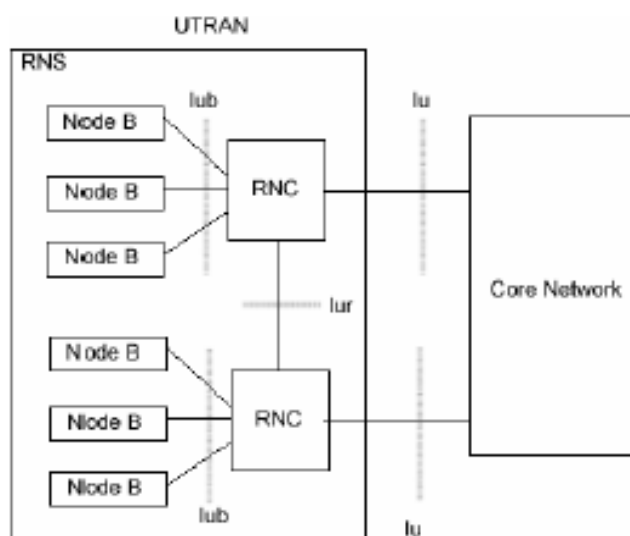


Figura. 2. 23. Arquitectura de UTRAN

c. Terminales móviles (UE)

Se denomina equipo de usuario o también llamado móvil, al equipo que porta el suscriptor para lograr la comunicación. La velocidad de transferencia de datos va desde los 144 kbit/s sobre vehículos a gran velocidad hasta los 2 Mbit/s sobre terminales en

interiores de edificios pasando por los 384 kbit/s para usuarios móviles, o vehículos a baja velocidad.

Dentro de UE se encuentra USIM (UMTS *Subscriber Identity Module*), es que proveerá nuevas y aumentadas características de seguridad. USIM es una evolución de las SIMs utilizadas en GSM, y en el sistema UMTS estas tarjetas son de mayor memoria, capacidad y permiten un mejor desempeño. Esto debido a que el comercio electrónico y las transacciones financieras usando las USIM's se convertirá en una de las aplicaciones más importantes y los usuarios podrán utilizar su misma tarjeta en cualquier unidad móvil sobre cualquier red. [13]

A continuación se presenta un esquema de la arquitectura de una red UMTS:

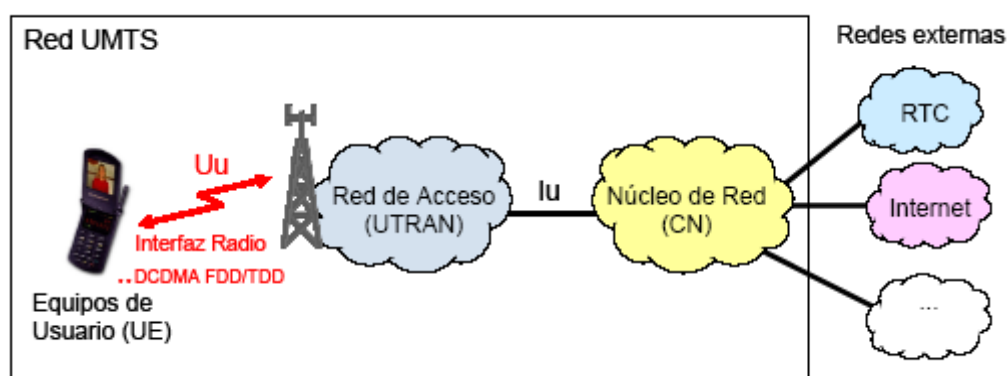


Figura. 2. 24. Arquitectura general de una red UMTS

2.2.2.4.3. Cobertura de UMTS

UMTS para dar la máxima cobertura terrestre se estructura en celdas, que proporcionan distintas velocidades de acceso según la localización y la movilidad. Esta estructura está compuesta por tres tipos de celdas:

Macro celdas: Con radios de alcance desde 1 km hasta 35 km para ofrecer cobertura rural y carreteras para vehículos u otros objetos que se mueven a alta velocidad. Tienen un velocidad de transmisión de los datos de 144 kbps.

Micro celdas: Tiene radios desde 50 m hasta 1 km y ofrece servicio a usuarios fijos o que

se muevan lentamente con elevada densidad de tráfico (urbana). Su velocidad es de 384 kbps.

Pico celdas: Tiene radios de hasta 50 m y ofrecen coberturas localizadas en interiores. Alcanza velocidades del orden de los 2 Mbps.

2.2.2.5 HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*)

Es la evolución de la tercera generación (3G) de tecnología móvil, llamada 3.5G, y se considera el paso previo antes de la cuarta generación (4G), la futura integración de redes.

La tecnología HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*) es la optimización de la tecnología espectral UMTS/WCDMA, incluida en las especificaciones de 3GPP⁹ release 5 y consiste en un nuevo canal compartido en el enlace descendente (*downlink*) que mejora significativamente la capacidad máxima de transferencia de información hasta alcanzar tasas de 14 Mbps. La mayoría de los proveedores UMTS dan soporte a HSDPA.

2.2.2.5.1. Tecnología

De la misma manera en que UMTS incrementa la eficiencia espectral en comparación con GPRS, HSDPA incrementa la eficiencia espectral en comparación con WCDMA. Esto permite habilitar nuevas clases de aplicaciones, además de permitir que la red sea utilizada simultáneamente por un número mayor de usuarios; HSDPA provee tres veces más capacidad que WCDMA.

HSDPA emplea un eficiente mecanismo de programación para determinar qué usuario obtendrá recursos. Están programadas varias optimizaciones para HSDPA que aumentarán aún más las capacidades de UMTS/HSDPA, comenzando con un enlace ascendente optimizado (HSUPA), receptores avanzados y antenas inteligentes/MIMO.

Finalmente, comparte sus canales de alta velocidad entre los usuarios del mismo dominio de tiempo, lo que representa el enfoque más eficiente.

⁹ 3GPP es el acrónimo de Third Generation Partnership Project, es el conjunto de especificaciones técnicas para operar una red 3G basada en GSM.

La mayoría de los operadores de 3G ofrecen esta tecnología en su red. La principal utilidad del servicio es acceso a Internet con mayor ancho de banda y menor latencia. Esto permite navegar, hacer descargas de correo electrónico, música y vídeo a mayor velocidad. Los operadores han enfocado el servicio como un acceso móvil a Internet de banda ancha para ordenadores portátiles

2.2.2.5.2. Características de HSDPA

Las mejoras técnicas introducidas por este protocolo son las siguientes:

- Nuevo canal común HS-DSCH. Canal que puede ser compartido por varios usuarios de manera simultánea. Canal útil sólo en el downlink.
- Intervalo de transmisión menor, 2ms. Este cambio permite mayores velocidades de transmisión en la capa física.
- Planificación de mayor velocidad. Los recursos se asignan y replanifican cada menos tiempo, 2ms.
- Nueva modulación y codificación. 16QAM. Se consigue transmitir 4 bits por símbolo en contraposición con los 2 bits por símbolo de la modulación QPSK, utilizada en estándares anteriores.
- Utilización de retransmisiones más rápidas basadas en las técnicas Hybrid Automatic Response reQuest (HARQ).

2.2.2.5.3. Dispositivos HSDPA

Aparte de tener un dispositivo con el plan de una empresa que ofrece acceso HSDPA, el único requisito para la conexión a la red HSDPA es tener un dispositivo celular que sea capaz de tomar ventaja de la tecnología. En este momento hay muchos celulares y otros dispositivos móviles que pueden utilizarse con la red HSDPA.

Además de los diversos terminales HSDPA en el mercado, también hay varios HSDPA portátiles y computadoras portátiles disponibles con acceso a la red de datos. Estos productos están disponibles en muchos de los grandes fabricantes de ordenadores como Dell, Hewlett Packard, Acer, Fujitsu Siemens, Lenovo, y Panasonic.

2.2.2.5.4. Futuro HSDPA

Aunque 14,4 Megabits por segundo es el actual límite máximo de velocidad de bajada de más de HSDPA, las redes se están preparando para ser actualizadas con un nuevo tipo de sistema HSDPA. Actualmente conocido como HSPA Evolved, esta nueva tecnología HSDPA está diseñado para aumentar la velocidad de bajada a tan alto como 42 Megabits por segundo, una vez puestos en libertad y llegar a velocidades aún más rápidas en el futuro.

2.2.2.6 LTE (*Long Term Evolution*)

Long Term Evolution es una tecnología avanzada de comunicación móvil, cuyas normas están siendo actualmente desarrolladas en 3GPP, y se prevé la implantación inicial para 2009, esta basada en WCDMA, el actual estándar 3G. Esto quiere decir que la tecnología permite proveer de servicios móviles avanzados sin la necesidad de construir nueva infraestructura.

LTE es parte de la evolución GSM más allá de 3G, luego de EDGE, UMTS y HSDPA. Esta presupone una arquitectura de red totalmente basada en el Protocolo Internet (IP) y está diseñada para soportar voz en el dominio de los paquetes. LTE tiene muchos puntos para convertirse en el nuevo estándar de las redes inalámbricas de alta velocidad, puede añadirse a las redes existentes WCDMA y HSDPA sin necesidad de añadir infraestructura adicional, por lo que del mismo modo en que 3G coexiste con sistemas de Segunda Generación (2G) en redes integradas, los sistemas LTE coexistirán con sistemas 3G y 2G.

Se prevé que LTE proporcione velocidades de datos pico para descarga de hasta 100 Mbps y de envío hasta 50 Mbps con 20 MHz de ancho de banda, puede operar tanto en modos FDD y TDD. Una característica importante es que permitirá a los operadores determinar el espectro donde implementará esta tecnología también dará la posibilidad de un ancho de banda escalable de hasta 20 MHz, con cobertura para 1.25 MHz, 2.5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz y 20 MHz.

Gracias a LTE se dispondrán en los móviles de aplicaciones como Voz sobre IP (VoIP), video streaming, videoconferencias, rápidas descargas de música, servicios de

televisión móvil, etc. Es por eso que compañías tan importantes como Alcatel-Lucent, NEC, NextWave Wireless, Nokia Siemens Networks y Sony Ericsson llegaron a un acuerdo para impulsar LTE y tratar de desarrollarla en el menor tiempo posible.

2.2.3 Acceso Inalámbrico Fijo

La tecnología de acceso inalámbrico fijo ofrece una alternativa a la telefonía tradicional y facilita el acceso al usuario final al permitir reemplazar el uso de pares de cobre o cable coaxial por la utilización de enlaces radioeléctricos fijos.

Las ventajas principales son la reducción del tiempo requerido para implementar la red, así como su menor costo, particularmente en zonas donde los ductos subterráneos están muy congestionados, donde existen excesivas restricciones para las obras civiles o donde la topografía es difícil. También es posible emplear esta estructura para la transmisión de datos o Internet, utilizando diversas velocidades de transmisión.

A continuación, se tratará las principales redes de acceso inalámbricas fijas como son: WLL (*Wireless Local Loop*), LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*), MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution Service*), Wi-Fi (*Wireless Fidelity*), WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), además de WiBro (*Wireless Broadband*) a pesar de no ser una red de acceso inalámbrica fija se la va a incluir, ya que es la evolución a la movilidad de WiMax y es importante mencionarla, también se hablará sobre Bluetooth y UWB (*Ultra Wide Band*) que son redes de área personal.

2.2.3.1 WLL (*Wireless Local Loop*)

Es habitual oír hablar de WLL "*Wireless Local Loop*" o Acceso Local Inalámbrico, englobando en este concepto otros sistemas de mayor capacidad como los de Acceso Radio Punto - Multipunto de Banda Ancha. En realidad es una cuestión de la capacidad de transmisión y no hay un límite oficial para separar unos de otros, se pueden diferenciar como sistemas WLL aquellos que no alcanzan la capacidad de 2Mbps por enlace.

La tecnología de acceso inalámbrico fijo tiene por objeto permitir un sistema alternativo a la actual planta externa. Es decir, permite reemplazar el uso de par trenzado

cobre o cable coaxial por la utilización de enlaces fijos punto multipunto que emplean ondas radioeléctricas, gracias a lo cual los operadores pueden implementar su red local en un tiempo muy inferior al requerido para implementar una planta externa física.

El sistema WLL consiste en un enlace punto a multipunto, vía radio frecuencia, a través del cual se puede disponer de una o múltiples líneas telefónicas, según el tipo de acceso y conexión que requiera cada usuario. El equipo necesario es de simple instalación y consiste en una antena de recepción, cuyo aspecto y tamaño es parecido al de una antena parabólica, que puede dar cobertura a todo un edificio o grupo de personas.

Técnicamente, se trata de utilizar una red de Estaciones Base que concentran el tráfico que envían mediante radioenlaces los diferentes terminales de abonado instalados. Las Estaciones Base llevan dicho tráfico hasta la Central de Conmutación a través de las Redes de Transporte ya sea por fibra óptica o radioenlace. Básicamente WLL es la conexión del terminal del subscriptor con la central telefónica por intermedio de radio en vez de los tradicionales hilos de cobre. Hay muchas tecnologías WLL, operando en varias frecuencias, la mayoría funciona de forma parecida con la del sistema celular, pero no permite que el subscriptor se mueva.

2.2.3.1.1. Bandas de Frecuencia

Las bandas de frecuencia más interesantes para las aplicaciones de banda ancha de tipo Wireless Local Loop (WLL), son las siguientes:

- **Banda de 2.4 GHz:** Esta banda de frecuencia es muy utilizada para enlaces punto a punto para conectar locales de una misma empresa o a puntos distantes. También es utilizada para enlaces punto a multipunto fijo. En la mayoría de casos se necesita tener un permiso para usar esta banda de frecuencia y en otros casos el uso de frecuencia es libre para bajos niveles de potencia a cortas distancias.
- **Banda de 3.5 GHz:** Banda muy utilizada para prestar servicios de banda ancha WLL. En algunos países las frecuencias utilizadas van de 3400 a 3600 MHz y otros países usan frecuencias de 3400 a 3700 MHz. Todas estas frecuencias son asignadas bajo licencias de operación, siendo utilizadas para prestar una diversidad de servicios

incluidos los servicios multimedia.

- **Banda de 5.7-5.8 GHz:** Al igual que la banda de 2.4 GHz es utilizada para comunicaciones de datos para enlazar redes LAN.
- **Banda de 26 y 28 GHz:** Estas bandas de frecuencia corresponden a la tecnología denominada LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*), permiten proporcionar grandes capacidades de acceso similares a los de Fibra óptica.
- **Banda de 40 GHz:** Esta frecuencia comprende a la tecnología MVDS (*Multipoint Video Distribution System*), tecnología que todavía no está madura y los sistemas aún están en prueba, como por ejemplo, en Inglaterra y otros países desarrollados. Dada su gran capacidad se espera que tenga un peso importante y de gran aceptación.

2.2.3.1.2.Arquitectura de Red de WLL

Puesto que los sistemas de WLL son fijos, el requisito para la interoperabilidad de una unidad del suscriptor con las diferentes estaciones base es menos rigurosa que para los servicios móviles. Consecuentemente, existen una variedad de estándares y sistemas comerciales. Cada estándar (o sistema comercial) tiene su propia especificación de interfaz de aire, arquitectura de sistema, elementos de red, y terminología. Por otra parte, aunque los elementos de la red en sistemas diferentes tienen la misma terminología, las funciones de los elementos pueden ser diferentes según los sistemas. En esta sección, se describe una arquitectura típica para sistemas WLL

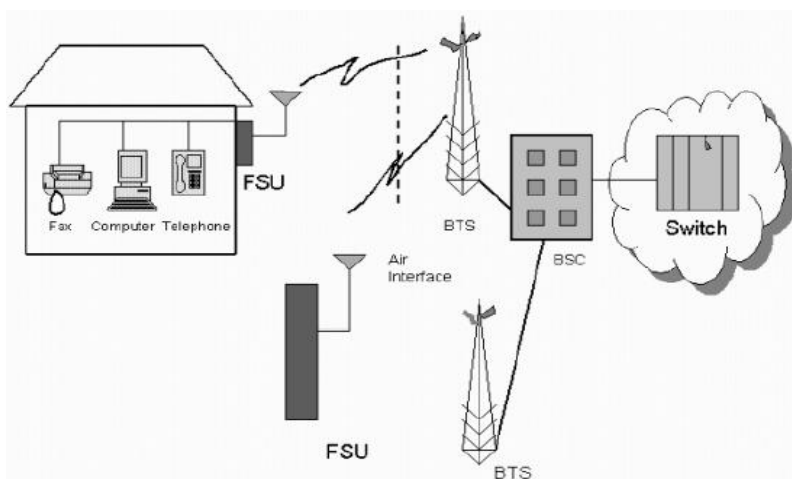


Figura. 2. 25. Arquitectura de WLL

• **La Unidad de Suscriptor Fija (FSU)**

Es una interfaz entre los dispositivos cableados del suscriptor y la red WLL. Los dispositivos cableados pueden ser computadoras así como teléfonos. Varios sistemas utilizan otras siglas para el FSU tal como la unidad fija de acceso inalámbrico (WAFU), la unidad de radio del suscriptor (RSU), o la unidad de interfaz de red inalámbrica fija (FWNIU). El FSU realiza la codificación/decodificación del canal, modulación/demodulación y transmisión/recepción de la señal vía radio, según la especificación de interfaz de aire. En caso de necesidad, el FSU también realiza la codificación/decodificación en la fuente.

Cuando se usa un teléfono simple, el FSU puede realizar la función de generación de tono de marcado para los usuarios que no se enterarán que se trata de un sistema de WLL. El FSU también apoya los dispositivos computarizados para conectarse a la red usando módem de banda de voz o canales de datos dedicados.

• **Interfase de Aire**

Un FSU está conectado con la estación base vía ondas radioeléctricas en algunas de las bandas antes descritas. Con el sistema WLL se pueden utilizar antenas direccionales fijas de alta ganancia entre el FSU y la estación base, teniendo en cuenta la línea de vista (o por lo menos, cercana). Esto aumenta drásticamente la eficiencia del canal y la capacidad del sistema.

• **La Estación Base**

La estación base está implementada usualmente por dos partes, el sistema estación base transmisor-receptor (BTS) y el controlador de la estación base (BSC). En muchos sistemas, el BTS realiza la codificación/decodificación y la modulación/demodulación del canal así como la transmisión/recepción de la señal vía radio. El BTS también se refiere como el puerto de radio (RP) o la unidad transmisor-receptor de radio (RTU). Un BSC controla uno o más BTS y proporciona una interfaz para el intercambio local (conmutación) en la oficina central. Un papel importante del BSC es transcodificar los códigos de fuente usados en redes alámbricas y el interfaz aéreo. De los roles

mencionados, un BSC a menudo se denomina la unidad de control de puerto de radio (RPCU) o la unidad del interfaz entre el transcodificador y la red (TNU).

2.2.3.1.3. Tipos de Arquitecturas de Red

El concepto de WLL inicialmente tenía la idea de extender las redes de telefonía hacia lugares donde colocar cables era complicado, con el avance de la tecnología y las necesidades de las comunicaciones modernas se ha hecho necesario una mayor velocidad de transmisión de información (incremento de ancho de banda). Debido a esto, los sistemas WLL tuvieron que adaptarse para soportar diferente tipo de tráfico ya sea de voz, datos o la combinación de ambos. La tabla 2.9. muestra un cuadro comparativo de las ventajas y desventajas de las diferentes arquitecturas de WLL que se pueden dar. [5]

Tabla. 2. 9. Comparación de las diferentes arquitecturas de WLL

REDES CONMUTADAS	
Básicamente para servicios basados en la banda de voz, como telefonía, fax y modems. Los primeros sistemas WLL estuvieron basados en esta estructura	
Ventajas	Desventajas
Excelente Calidad de voz	Ancho de banda limitado para los servicios de datos (56 Kbps)
Fácil integración a las redes existentes	Alto impacto económico al implantar planes de conexión a Internet ilimitado
Valores agregados para servicio de voz	Limitantes en el número de CPE por radio base
REDES PAQUETIZADAS	
Los servicios son atendidos por una red de paquetes (IP y Ethernet), los servicios son los mismos que el caso anterior pero con un acceso a Internet más rápido y posibilidad de realizar VPN (redes privadas virtuales) entre los usuarios.	
Ventajas	Desventajas
Ancho de banda por suscriptor superior a los 3 Mbps	Calidad del servicio de voz susceptible al delay en la red
Manejo del ancho de banda por demanda	En algunos productos el reuso de frecuencia es limitativa
Uso de protocolos estándares típicamente TCP/IP	Soportan pocas llamadas de voz simultaneas por radio base
Uso eficiente del espectro radio eléctrico	
Fácil implementación de servicios para redes virtuales(Intranet Extranet)	
REDES MIXTAS	
Los servicios de banda vocal y de paquetes de datos son tratados en forma independiente, uniéndolos en la parte del transmisor, el control de red puede diferenciar estos servicios y darle prioridad a aquellos que necesitan ser transmitidos en tiempo real (banda vocal)	
Ventas	Desventajas
Provee interfaces seriales para servicios de redes privadas	Frecuentemente usan equipos de radios de segunda generación
Excelente calidad de voz	Limitaciones en el ancho de banda para los servicios de datos. Típicamente hasta 512 Kbps
Fácil integración a las redes conmutadas existentes	

2.2.3.1.4. Ventajas de la Tecnología WLL

- Los sistemas WLL ofrecen a los operadores ventajas financieras claves entre las que se incluyen un despliegue rápido de la red, servicios económicos y requerimientos de capital relativamente bajos.
- Los sistemas WLL son sustitutos buenos para los servicios brindados por la red de cables convencionales en aquellas zonas donde la topografía hace que la implantación de redes de cables sea extremadamente caros o casi imposible.
- Tiempo de implantación mucho más rápido que la convencional.
- Disminución de costos en la electrónica versus costos de mano de obra en aumento.
- Gastos menores de mantenimiento.
- Proporciona una cobertura económica para zonas suburbanas o rurales de gran crecimiento y donde en la actualidad es muy costoso disponer de instalaciones de cables.
- Pueden también utilizarse en zonas urbanas en entornos competitivos o donde se requieren incorporar adiciones a la capacidad existente de la red convencional.
- Elimina las posibilidades de robos de cables.
- Este sistema se configura con topología del tipo celular con múltiples estaciones base que proveen enlaces a los abonados que se distribuyen en torno a ellas, en radios de 5 Km en promedio. Esta modalidad permite reutilizar las frecuencias asignadas y atender gran cantidad de abonados con un ancho de banda muy inferior al que se requeriría si se empleara sólo un transmisor para cubrir la misma zona de servicio.
- También es posible emplear esta estructura para la transmisión de datos o Internet, utilizando diversas velocidades de transmisión, las que de acuerdo a algunos fabricantes podrían alcanzar hasta 2 Mbps.

2.2.3.1.5.Desventajas de La Tecnología WLL

- A pesar de las ventajas de la tecnología inalámbrica, en América Latina las empresas no tienen incentivos financieros significativos para invertir en la satisfacción de los servicios básicos. Por motivo de las condiciones sociales y políticas, las tarifas para llamadas locales se mantienen en forma artificial muy bajas y a menudo por debajo del costo. Como resultado de esto, las rentabilidades de la inversión en la infraestructura

para los servicios básicos son en extremos bajos. Existen dificultades como accesibilidad a las frecuencias por saturación del espectro, la instalación de torres de antenas en ciudades, o la obtención de permisos de instalación en azoteas e interior de inmuebles.

- Si el ancho de banda que se licita es limitado, también lo será la capacidad del sistema.

2.2.3.1.6. Aplicaciones de WLL

- **Comunicaciones Rurales**

Uno de los problemas difíciles para las telecomunicaciones se refiere a la cobertura de las zonas rurales debido a la poca densidad de población, en general dispersa en zonas de difícil acceso (e infraestructura). La integración a la red telefónica podría ser complicada debido a que en la mayoría de países en desarrollo estas zonas son de pocos recursos económicos, limitadas vías de comunicación y escasas obras de infraestructura.

Los sistemas WLL son una alternativa para extender los servicios de telefonía y datos a lugares donde es casi imposible hacerlo. Ya sea por la geografía misma del lugar o por los altos costos de instalación y mantenimiento, los diferentes operadores no han podido acercar sus servicios a poblaciones rurales que esperan que a través de ellos puedan empezar a cambiar su economía y transformar así su sociedad; pero la tecnología WLL que aparece como una alternativa prometedora de gran valor estratégico en el marco de las comunicaciones rurales.

- **Comunicaciones en Ciudad**

En este caso se entra en competencia con los accesos cableados, para lo cual se debe considerar la cobertura (potencia), la atenuación (por edificaciones), todo lo relacionado al número de usuarios y el ancho de banda (capacidad); así como los servicios ofrecidos (calidad). Es necesario tener referencia de los tipos de clientes que se va a tener en consideración, por ejemplo residencial básico, residencial alto, SOHO (Small Office, Home Office), Pyme (Pequeña y Mediana Empresa), grandes empresas.

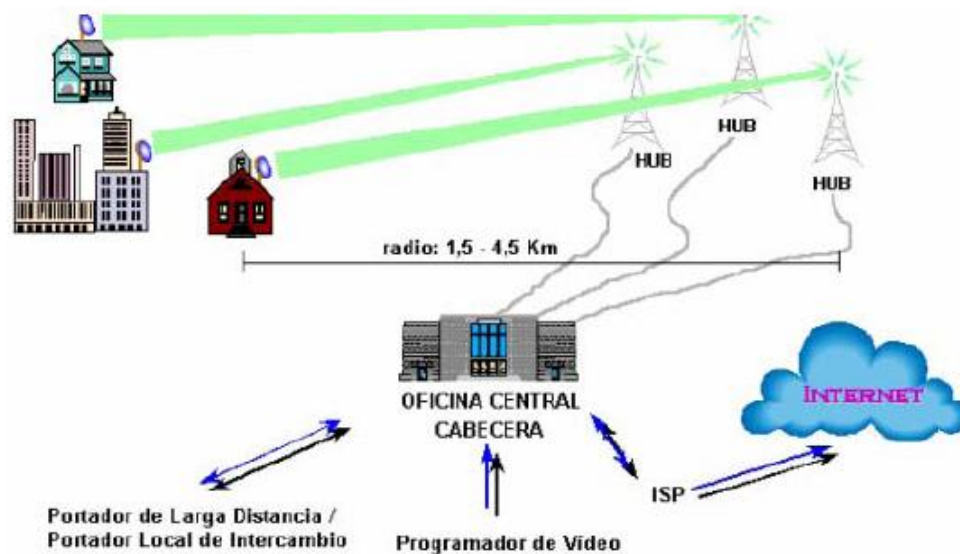


Figura. 2. 26. Comunicación WLL dentro de la ciudad

2.2.3.2 LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*)

El origen de LMDS se sitúa en 1986 y se atribuye a Bernard Bossard que concibió un proyecto de distribución de señales de vídeo analógico utilizando un esquema de emisión de radio en frecuencia modulada con una estructura punto-multipunto, utilizando una zona del espectro nunca utilizada anteriormente: La banda de 28 GHz. El carácter innovador de la tecnología LMDS se basa en el hecho de que trabaja en el margen superior del espectro electromagnético, tradicionalmente reservado a sectores muy especializados.

El Sistema de Distribución Local Multipunto (LMDS) es un sistema de comunicación punto – multipunto inalámbrico para transmisión sobre banda ancha. Permite transmitir servicios de voz, datos, Internet y vídeo en las bandas de frecuencias Ka en adelante (dependiendo de la licencia del país). La denominación LMDS es debida a las características del sistema. Estas son:

- **L (*Local*):** Las características de propagación de la señal en ese rango de frecuencias limitan el área de cobertura de una célula, es decir algunos Km.
- **M (*Multipoint*):** Las señales son transmitidas de punto a multipunto, mientras que el canal de retorno del abonado a la estación base es punto a punto.
- **D (*Distribution*):** La distribución de señales engloba voz, datos, Internet y vídeo.

- **S (Service):** Los servicios ofrecidos por LMDS dependen totalmente de la elección de negocio del operador

Básicamente LMDS es una tecnología de comunicaciones inalámbricas de banda ancha que se inscribe en el marco de los servicios multimedia y se basa en una concepción celular. 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 abonados, generando así de una manera natural una estructura basada en celdas, también llamadas áreas de servicio, donde cada celda tiene un radio de aproximadamente 4 Km, pudiendo variar dentro de un intervalo en torno a los 2 - 6 Km.

En LMDS, cuando se establece una transmisión, esa llamada no puede transferirse desde una celda a otra como ocurre en el caso de la telefonía móvil celular convencional; es por lo que LMDS se inscribe en el contexto de las comunicaciones fijas.

2.2.3.2.1.Fundamentos Tecnológicos

LMDS utiliza modulación QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*), que permite reducir las interferencias y aumentar la reutilización del espectro, alcanzado un ancho de banda cercano a 1 Gbps. En cuanto a protocolos, LMDS se presenta como un sistema neutro, pudiendo trabajar en entornos ATM, TCP/IP, etc.

La tecnología LMDS trabaja en el margen superior del espectro electromagnético, de los 22 a los 42 GHz dependiendo del país, siendo la banda Ka de 28 GHz (27,5-29,5 GHz) la más utilizada. Por lo general, a mayor frecuencia se tiene un menor alcance, un mayor ancho de banda, una menor inmunidad a la lluvia y una mayor necesidad de visibilidad directa.

A continuación, una tabla con las bandas de frecuencia (van separados en dos bloques, ya que usan unas N secciones de frecuencia para usar en total un ancho de banda X) que son las asignadas por la FCC (Federal Communications Commission), y que se pretenden que sea el estándar:

Tabla. 2. 10. Bloque A de frecuencias LMDS

Bloque A	
Frecuencias	BW usado
27,500 - 28,350 GHz	850 MHz
29,100 - 29,250 GHz	150 MHz
31,075 - 31,225 GHz	150 MHz
Total BW del Bloque A: 1150 MHz	

Tabla. 2. 11. Bloque B de frecuencias LMDS

Bloque B	
Frecuencias	BW usado
31,000 - 31,075 GHz	75 MHz
31,225 - 31,300 GHz	75 MHz
Total BW del Bloque B: 150 MHz	

Las frecuencias más elevadas del espectro electromagnético, han sido tradicionalmente utilizadas por sectores especializados, como el espacial y el de defensa, debido principalmente a la complejidad y coste de los sistemas electrónicos involucrados, especialmente de los semiconductores. No obstante, los rápidos avances en la tecnología de semiconductores, han propiciado una considerable reducción de los costes y la posibilidad de utilizar estos componentes en el sector comercial. Las señales de alta frecuencia para comunicaciones terrestres presentan reflexiones cuando encuentran obstáculos (como árboles, edificios, etc.) en el camino de propagación, originando las denominadas zonas de sombra a las que no llega la señal; en cambio, las señales de baja frecuencia atraviesan fácilmente esos obstáculos. No obstante, la parte superior del espectro electromagnético ofrece importantes ventajas en términos de ancho de banda y de saturación. [14]

Para evitar la aparición de zonas de sombra en sectores urbanos, se utilizan estrategias basadas en el solapamiento de células y en la instalación de reflectores y amplificadores. Otro problema de las señales de alta frecuencia utilizadas en LMDS es la lluvia, debido a la pérdida de potencia en la señal por su transferencia a las moléculas de

agua. Ésta limitación es resuelta, aumentando la potencia de transmisión cuando se detecta lluvia o reduciendo el tamaño de las células.

2.2.3.2.Arquitectura de Red

En el diseño de sistemas LMDS son posibles varias arquitecturas de red distintas. La mayoría de los operadores de sistemas utilizarán diseños de acceso inalámbrico punto – multipunto, a pesar de que se pueden proveer sistemas punto-a-punto y sistemas de distribución de TV. La arquitectura típica del sistema LMDS se muestra a continuación:

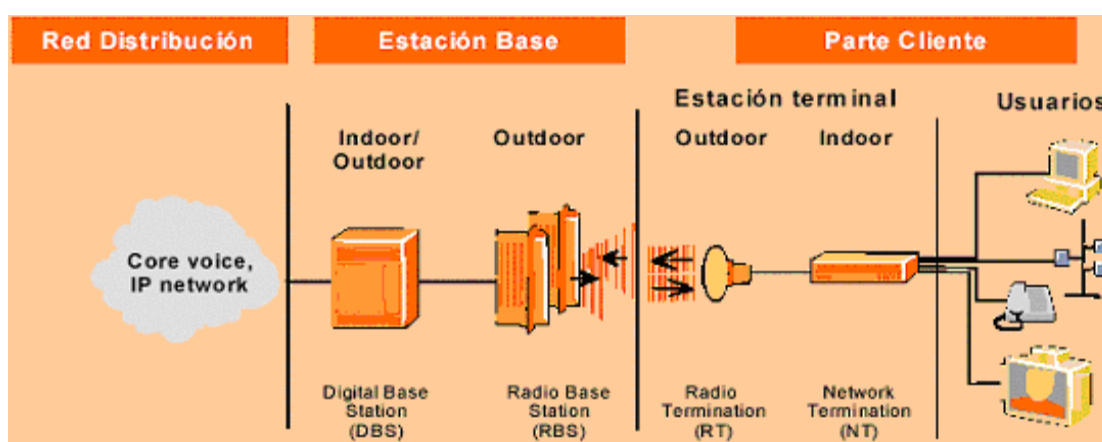


Figura 2.26. Arquitectura de la red LMDS

Es de esperarse que los servicios del sistema LMDS sean una combinación de voz, datos y vídeo. La arquitectura de red LMDS consiste principalmente de cuatro partes: centro de operaciones de la red o cabecera (NOC), Backbone o red de transporte, estación base y equipo del cliente (CPE).

- **Centro de operaciones de la red (NOC)**

Soporta ó facilita la transmisión de los diferentes servicios ofertados (voz, datos, TV, Internet, etc.), procesando la información y enviándola a todas las estaciones base. Los centros de cada estación base controlan el tráfico que entra y sale en la misma especialmente en cuanto a rendimiento y seguridad así como lógicamente al uso de los recursos por parte de los clientes, permiten la configuración o reconfiguración de servicios e interfaces y manejan las situaciones de errores que se produzcan con los sistemas de

respaldo vía backbone. Estos centros pueden interconectarse vía el backbone para mantener un sistema centralizado de control.

- **Backbone o Red de transporte**

Tiene la función de conectar la cabecera con otras redes de todo tipo (voz, datos, Internet ó TV). Es bastante común usar una infraestructura basada en ATM, para el soporte lógico de las aplicaciones. En el troncal de red se usan anillos de fibra óptica o enlaces punto a punto de microondas. Además existen interconexiones con redes telefónicas tradicionales y a Internet.

- **Estación base**

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 abonados 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. La figura 2.27 muestra la arquitectura de la estación base alternativa.

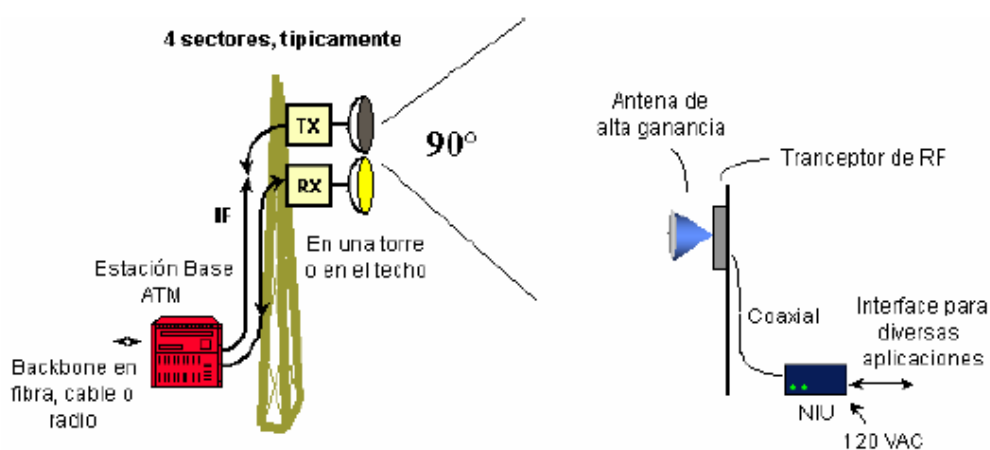


Figura. 2. 27. Arquitectura Estación-Base

- **Equipo de abonado**

Las configuraciones del equipo especial del abonado varían de vendedor a vendedor y dependen de las necesidades del cliente. Principalmente, toda configuración incluye equipo de microondas externo y equipo digital interno capaz de proveer modulación, demodulación, control y funcionalidad de la interfaz del equipo especial del abonado. La antena receptora puede ser de dimensiones muy reducidas, con capacidad de transmisión en banda ancha (señal de TV o datos de alta velocidad) o estrecha (telefonía o datos de baja velocidad). La figura 2.28 muestra el diagrama general del equipo terminal de abonado.

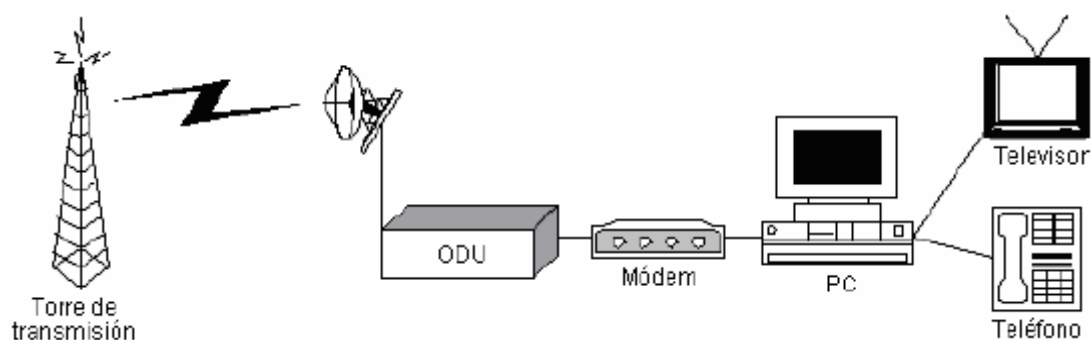


Figura. 2. 28. Diagrama del equipo Terminal de abonado

Una vez que se recibió la señal, mediante un terminal de abonado (demodulador, decodificador), conectado a la antena mediante cable coaxial, estas señales serán repartidas para los servicios finales (voz, datos y vídeo).

2.2.3.2.3. Ventajas y desventajas del LMDS

Las Ventajas que ofrece LMDS son:

En costo:

- Bajos costos de introducción y desarrollo
- Infraestructura escalable basada en la demanda, cobertura y concentración de edificios.
- Bajos costos de mantenimiento, manejo y operación del sistema.

En velocidad:

- Crecimiento más rápido y fácil.

- Tiempo de retorno más rápido gracias a la rápida respuesta a las oportunidades de mercado.
- Habilidad para manejar múltiples puntos de acceso de alta capacidad, con tiempos de instalación reducidos sin la preocupación de obtener los derechos de instalar cableados externos.

En capacidad:

- Velocidades de acceso de hasta 8 Mbps.
- Redistribución del ancho de banda entre clientes a tiempo real.
- Plataforma multi-servicios.
- Alta confiabilidad.
- Simetría o asimetría.

Las desventajas que presenta LMDS son:

- Necesidad de línea de vista.
- Alcance limitado.
- Tecnología nueva

2.2.3.2.4.Servicios Típicos Ofrecidos

Servicio de datos

- Servicio de negocios
- Internet (Acceso dedicado)
- ISP
- Aplicaciones multimedia
- Las típicas velocidades *downstream* son de 10 Mbps a 55 Mbps y las *upstream* son de 64 Kbps a 40 Mbps.

Servicio de Telefonía

- ISDN (Red Digital de Servicios Integrados)
- Líneas T1, E1, T3, E3.
- Telefonía fija convencional

Servicio de Vídeo

- Televisión multicanal que puede ser ofrecida en forma analógica (NTSC, PAL, SECAM) o digital (MPEG1, MPEG2).

- Vídeo en demanda
- Videoconferencias
- Video interactivo y juegos de vídeo

2.2.3.3 MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution Service*)

La tecnología MMDS surgió en EE.UU. en los años 80's con la idea de utilizar la banda de 2,5 a 2,686 GHz para la distribución de programas de televisión. La banda de 186 MHz, se divide en subbandas de 6 MHz, lo que permite la transmisión de 31 canales de televisión analógica NTSC. Este número de canales se puede aumentar utilizando técnicas de compresión y transmisión digital (hasta 5 canales digitales por uno analógico). Estos sistemas se bautizaron popularmente con el paradójico nombre de *wireless* cable o cable inalámbrico, esto equivale 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 distribución de TV podía resultar antieconómico.

Aunque en EE.UU. tuvieron un desarrollo importante en los años 90's, no llegaron a las cifras de mercado esperadas originalmente, por lo que muchos operadores se plantearon nuevas aplicaciones de la tecnología. Un primer paso fue la introducción de un canal de retorno de 12 MHz para proporcionar servicios interactivos como vídeo bajo demanda.

Con el auge de Internet se empleó esta tecnología para brindar acceso de banda ancha. Los sistemas MMDS se emplean para dar servicios interactivos de voz, datos y acceso a Internet en competencia con los operadores locales. En este caso el concepto de MMDS original se difumina y queda reducido a una porción de espectro que puede ser utilizado por cualquier sistema de acceso múltiple, siempre que se respete la canalización básica de 6 MHz.

La banda de MMDS se puede extender de 2 a 4 GHz, para topologías punto multipunto. Usualmente proporciona velocidades entre 1 a 10 Mbps en *downstream* y 512 kbps en *upstream*. Las distancias que puede atender son de hasta 50 Km desde la estación base. Los usuarios pueden ser SOHO y pequeños negocios donde no se dispone de enlaces cableados. Puede emplear técnicas de acceso TDMA, FDMA, OFDM, CDMA. La

tecnología MMDS presenta numerosas analogías con LMDS, si bien con un alcance algo mayor, compensado con un menor ancho de banda, compartiendo la forma de realizar la planificación, así como gran parte de sus ventajas e inconvenientes. [14]

2.2.3.3.1.Arquitectura de Red

Los elementos más importantes de un sistema MMDS son:

a. Cabecera del Sistema

La cabecera centraliza la recepción o generación de señales. Las señales son bajadas directamente del satélite (antenas parabólicas) de canales abiertos mediante antenas tipo Yagui, para luego ser reproducidas por un generador de texto o vídeo casetera (señales propias), luego la señal (vídeo y audio) pasa al modulador para obtener salida separada en IF (frecuencia intermedia) de audio y vídeo.

b. Sistema de Transmisión

Conformado por: El combinador, transmisor, línea de transmisión y antena de transmisión. A continuación se detallan las características de cada uno de estos elementos.

Transmisor:

- Recibe portadoras IF de audio y vídeo y las convierte separadamente a un canal de la banda de MMDS.
- Cada canal tiene un transmisor.
- Portadora es amplificada (de acuerdo al área de cobertura).

Combinador:

- Combina varios canales no adyacentes en una sola línea de transmisión y antena de transmisión.
- Patrones de radiación omnidireccional o direccional.

Línea de transmisión:

- Cable coaxial o guía de onda

c. Sistema de Recepción

- **Señal radiada por antena transmisora:** es captada por antena semiparabólica (patrón direccional).
- **Convertidor de bajada:** convierte frecuencias de microondas a frecuencias de VHF. Es un dispositivo de bajo ruido.
- **Decodificador:** decodifica señal encriptada (codificada).

La Figura 2.29 muestra el diagrama del sistema MMDS para distribución de televisión.

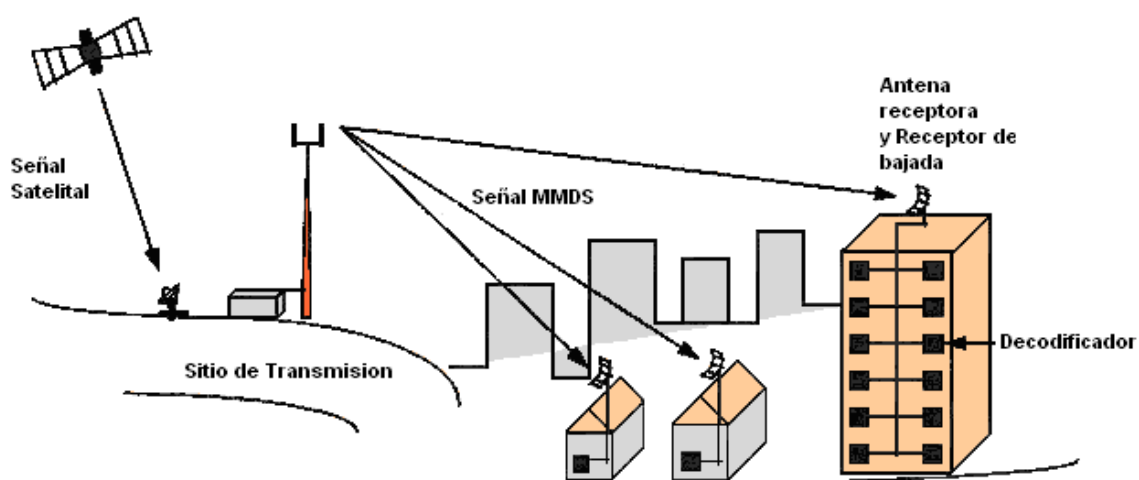


Figura. 2. 29. Sistema típico MMDS

2.2.3.3.2. Ventajas y desventajas

Ventajas:

- Rápido despliegue, igual que LMDS
- Insensible a la distancia. Puede atender a zonas aisladas o de difícil acceso.
- Largo alcance ya que no es afectado por la lluvia como el LMDS pudiendo tener alcances de entre 15 y 20 Km.

Desventajas:

- Falta de regulación y estandarización.
- Requiere línea de visión directa (line of sight).
- Medio compartido.
- Menor velocidad, menos que LMDS.

2.2.3.4 Wi-Fi (*Wíreles Fidelity*)

Las siglas Wi-Fi representan un esfuerzo de muchas empresas para crear un estándar y permitir que los dispositivos para redes inalámbricas tuvieran compatibilidad entre ellos. Se utiliza el estándar de transmisión 802.11b/g principalmente, desarrollado por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). Estas redes se han vuelto muy populares en la actualidad por su fácil instalación y por el precio bajo de los dispositivos necesarios para implementar este tipo de redes. Todos los dispositivos con Wi-Fi integrado permiten la conectividad con una WLAN por medio de un Punto de Acceso (AP) el cual servirá como enlace entre la red y el dispositivo móvil, como puede ser una computadora portátil, un asistente personal digital o PDA, o inclusive una computadora de escritorio lo cual “ahorra” el cableado con una tarjeta de red inalámbrica.

Se ha asociado el término Wi-Fi a las redes que trabajan bajo el estándar de 802.11a/b/g pero se puede tomar como el representativo al 802.11b que tiene características de una velocidad de transferencia de 11Mbps y transmitir a una frecuencia de 2.4GHz mientras que el 802.11a y g transfieren datos a una velocidad e 54Mbps pero a frecuencias de 2.4 y 5GHz respectivamente

Las regulaciones de algunos países marcan como frecuencia reservada 2.4 GHz por lo que se tienen que cambiar de banda de transmisión para no generar interferencias con frecuencias reguladas. Un factor muy importante es el consumo de la batería de los dispositivos móviles, pues reduce el tiempo de funcionamiento de los equipos portátiles.

2.2.3.4.1. Diseño de las redes WLAN

Las redes inalámbricas pueden construirse sin o con Punto de Acceso (AP), esto es lo

que nos determina si es una *Ad-Hoc* o una Infraestructura.

- **Ad-Hoc**

Al igual que las redes cableadas *Ethernet*, en las cuales se comparten el medio (cable) y se pueden realizar varias “conversaciones” a la vez entre distintos *Host*, el medio de las redes WLAN (aire) dispone de un identificador único para cada una de esas “conversaciones” simultáneas que se pueden realizar, es una dirección MAC (48 bits). En el caso de las redes *Ad-Hoc*, este número MAC es generado por el adaptador inalámbrico que crea “la conversación”, y es un identificador MAC aleatorio. Cuando un adaptador *wireless* es activado, primero pasa a un estado de “escucha”, en el cual, durante unos 6 segundos está buscando por todos los canales alguna “conversación” activa. Si encuentra alguno, le indicará al usuario a cual se quiere conectar. En el supuesto de que no se pueda conectar a otro *Host* que ya estuviera activo, pasa a “crear la conversación”, para que otros equipos se puedan conectar a él.



Figura. 2. 30. Topología Ad-Hoc

- **Infraestructura**

Del mismo modo, como en las redes *Ethernet*, en las cuales se dispone de un *Hub* o concentrador para “unir” todos los *Host*, ahora se puede disponer de los Puntos de Acceso (AP), los cuales se encargan de “crear esa conversación” para que se puedan conectar el resto de *Host* inalámbricos que están dentro de su área de cobertura.

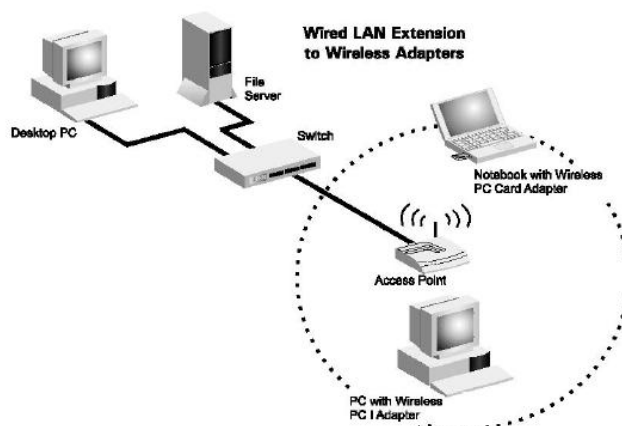


Figura. 2. 31. Topología infraestructura

Ahora la MAC que identifica a esta “conversación” es la MAC del AP (MAC *real wireless*), un dato que puede ser observado con cualquier programa *Sniffer Wireless*.

El modo Infraestructura, como máximo puede soportar 2048 usuarios, pero a igual que en el caso *Ad-Hoc* es inviable el montar una red con un número tan alto de usuarios sobre el mismo AP. Lo ideal es utilizar celdas de cobertura inalámbricas más pequeñas con más APs, como se hace en la telefonía celular, donde existe el término de “picocélula”, celdas de cobertura telefónica muy pequeñas para poder situar muchas más antenas donde la densidad de usuarios es muy elevada. Dependiendo del tipo de uso del ancho de banda que se necesite, se estudiará el número de AP necesarios para conseguir una cobertura total del edificio, teniendo en cuenta otros factores como la redundancia ante la caída de uno de los APs, para que esa zona este también cubierta por otro próximo.

Unas de las utilidades más interesantes de esta tecnología inalámbrica, es la posibilidad de realizar roaming entre los APs de la empresa, con lo que al igual que la tecnología celular, no pierde cobertura y es fácil moverse desde el campo de cobertura de un AP a otro sin problemas, para ello es necesario configurar los APs para que trabajen en distintos canales de frecuencia de manera que no se produzcan problemas de funcionamiento / interferencias en las zonas donde existe cobertura de más de un AP.

2.2.3.4.2.Seguridad en IEEE 802.11

La seguridad es uno de los aspectos esenciales para la aceptación de las WLAN por

usuarios empresariales o para aplicaciones públicas. Como todas las tecnologías radio, las WLAN no se pueden confinar dentro de los muros de un edificio por lo que deben extremarse las medidas de seguridad, ya que en caso contrario se abriría la red LAN a todo aquel que con una tarjeta WLAN y una antena direccional quiera conectarse.

El protocolo IEEE 802.11 provee seguridad mediante dos atributos: autenticación y el cifrado ó criptografía.

Autenticación (verificar que una entidad, en este caso un cliente terminal, es realmente quien dice ser) es siempre un paso previo para autorizar a este cliente a comunicarse con otro o con el punto de acceso en el área de cobertura.

Existen diferentes opciones para realizar el proceso de autenticación. Para las WLAN en topologías ad-hoc, la autenticación puede ser en *Open System* o con *Shared Key*. En un *Open System*, cualquier terminal cliente puede solicitar la autenticación y el terminal que recibe esta solicitud puede otorgar la autenticación a las estaciones que se encuentran en su lista de usuarios definidos. En un sistema *Shared Key*, solamente las estaciones que comparten una clave secreta pueden ser autenticadas. Para las topologías en modo infraestructura, la autenticación se resuelve mediante un diálogo entre el cliente y el punto de acceso. Los Puntos de Acceso (AP) IEEE 802.11 vienen, por defecto, equipados con capacidad de cifrar según el algoritmo WEP, el cual se utiliza también como base del proceso de autenticación. El algoritmo WEP (*Wired Equivalent Privacy*) permite que la encriptación se ajuste a 256 bits, 128 bits, 64 bits o deshabilitada. Cuanto más alto es este dato, supuestamente la comunicación es más segura, a costa de perder rendimiento en la red.

Sin embargo en el mundo de la criptografía se sabe que, cualquiera que sea la longitud de la clave, siempre hay formas de descifrar los mensajes y por lo tanto es conveniente cambiar las claves frecuentemente. Algunos fabricantes han desarrollado extensiones propietarias de las normas de seguridad (sobre 802.11) para implementar el cambio de claves periódicamente pero el inconveniente es que todos los dispositivos de la red WLAN deben ser suministrados en ese caso por el mismo fabricante.

2.2.3.4.3. Dispositivos WLAN disponibles en el mercado

En 1999 se creó una organización internacional sin ánimo de lucro denominada Wi-Fi Alliance (WECA) que certifica la interoperabilidad de productos de distintos fabricantes basados en la especificación 802.11.

Actualmente pertenecen 205 compañías a la Alianza Wi-Fi, y ya han recibido la certificación Wi-Fi® muchos productos diferentes desde que se inició el proceso en Marzo de 2000. Esta certificación garantiza que productos de distintos fabricantes son capaces de comunicarse entre sí; gran parte de ellos ya están disponibles comercialmente. Existen en el mercado una gran variedad de dispositivos: Puntos de Acceso (AP), NIC inalámbricos, Portátiles con Wi-Fi integrado, Pocket PCs Wi-Fi, Servidores inalámbricos.

La figura 2.32 muestra algunos de estos dispositivos. Las tarjetas NIC más comunes son las que vienen en formato PCMCIA, para portátiles, aunque también las hay en formato PCI, en CompactFlash, Smart Card y similares. Son equivalentes a una tarjeta de red normal, sólo que sin cables. Su configuración a nivel de IP es igual que una *Ethernet*[15]



Figura. 2. 32. Punto de Acceso, Wireless PDA, Tarjeta PCMCIA

2.2.3.4.4. Ventajas y Desventajas de Wi-Fi

Algunas de las ventajas ofrecidas por Wi-Fi es la posibilidad de moverse entre redes, el bajo costo de los dispositivos por la competencia generada entre las empresas y el estándar global utilizado que permite que muchos dispositivos puedan interactuar sin necesidad de cambiar de tecnología de los dispositivos.

Las desventajas principales son: la seguridad que ofrece comparada con la de las redes alámbricas, el uso de la frecuencia 2.4GHz no es exclusiva de este estándar y se pueden presentar colisiones con otros dispositivos que funcionan en la misma frecuencia, además de no tener compatibilidad con otros tipos de conexiones inalámbricas como Bluetooth, GPRS, UMTS, etc.

2.2.3.5 WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*)

WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*, Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas) es un conjunto de normas definidas por un foro internacional compuesto por múltiples operadores y fabricantes de telecomunicaciones orientado a estandarizar un sistema de transmisión inalámbrica diseñado para proporcionar accesos concurrentes en áreas de hasta 50 Km de radio, dependiendo de la densidad de Clientes y servicios contratados. Esta tecnología de acceso está principalmente orientada a telefonía fija inalámbrica pero también se aplica para Internet Banda Ancha, transmisión de datos.

Durante los últimos años se han creado expectativas y realidades en torno al acceso de banda ancha de última milla. El cableado representa altos costos de instalación que no siempre justifican su tendido hasta áreas rurales o geográficamente inaccesibles. Llevar servicios ADSL a estas áreas no es costosamente efectivo para los operadores de telefonía. El operador de cable tradicional aún se encuentra en el proceso de transición hacia el transporte de datos. La tecnología celular, presente y futura, sólo permite la transferencia de archivos con calidad aceptable pero no permitirá la transmisión en tiempo real de aplicaciones multimedia. [16]



Figura. 2. 33. Tecnología WiMax

Estas y otras limitaciones tecnológicas y topográficas, asociadas a la rápida adopción del acceso a Internet, han motivado el desarrollo de un estándar inalámbrico llamado

WiMax (IEEE 802.16) que llegue a un mayor número de usuarios y propicie la introducción de nuevos y mejores servicios de telecomunicaciones.

WiMax es un concepto parecido a Wi-Fi pero con mayor cobertura y ancho de banda, fue diseñado como una solución de última milla en redes metropolitanas (MAN) para prestar servicios a nivel comercial.

Puede entregar todos los niveles de servicio necesarios para un Carrier¹⁰ dependiendo del contrato con el suscriptor, distintos servicios paquetizados como IP y Voz sobre IP (VoIP), así como servicios conmutados (TDM), E1s/T1s, voz tradicional, interconexiones ATM y Frame Relay.

2.2.3.5.1. Funcionamiento de WiMax

WiMax funciona similar a Wi-Fi pero a velocidades más elevadas, mayores distancias y para un mayor número de usuarios. WiMax podría solventar la falta de acceso de banda ancha a las áreas suburbanas y rurales que las compañías del teléfono y cable todavía no ofrecen. Un sistema de WiMax tiene dos partes:

- Una torreta WiMax, muy similar en concepto a una de telefonía. Una de estas torretas pueden dar cobertura a un área de gran extensión.
- Un receptor WiMax, el receptor y antena puede ser un pequeño cajetín o tarjeta PCMCIA, o se puede integrar en un portátil de la misma manera que se hace en Wi-Fi hoy en día.

Una torre con una estación WiMax puede conectar directamente a Internet usando una conexión cableada de banda ancha. Puede también conectar a otra torre WiMax usando una conexión por microondas con lo cual se puede llegar a zonas perdidas donde no es viable colocar líneas de cable para comunicaciones.

¹⁰ Carrier, Operador de Telefonía que proporciona conexión a Internet a alto nivel

Esto significa que WiMax ofrece dos formas de servicio Wireless:

- Cuando hay objetos que se interpongan entre la antena y el receptor, lo cual se asemeja a una conexión Wi-Fi. Una pequeña antena en un ordenador se conecta a la torre. En este modo, WiMax usa un rango de frecuencias bajo (de 2 GHz a 11 GHz). Las transmisiones no se pierden fácilmente, sorteando obstáculos bastante bien.
- Cuando no existen objetos que se interpongan, donde una parabólica apunta directamente a la torre WiMax desde un tejado o sitio alto. Este tipo de conexión es más potente y estable, por lo que es capaz de enviar muchos datos con pocos errores. Se basa en frecuencias altas, las cuales de acuerdo al estándar pueden alcanzar hasta los 66 GHz. Hay más ancho de banda y menos interferencias.

Por medio de estas antenas, las estaciones transmisoras de WiMax pueden enviar datos a ordenadores con WiMax habilitado o a routers configurados dentro del radio de cobertura.



Figura. 2. 34. Funcionamiento de WiMax

2.2.3.5.2. Características de WiMax

Entre las características más importantes de WiMax tenemos:

- No necesita línea de visión entre la antena y el equipo del suscriptor (NLOS)
- Su tipo de modulación es OFDM (*Orthogonal Frequency and Division Multiplexing*)
- Soporta mecanismos de mejora de eficacia espectral en redes inalámbricas y diversidad de antenas (antenas inteligentes).
- Topología punto-multipunto y de malla.
- Califica la operación NLOS sin que la señal se distorsione severamente por la existencia de obstáculos.
- La multiplexación que usa es FDM (*Frequency Division Multiplexing*) y TDM (*Time Division Multiplexing*), con lo cual puede propiciar la interoperabilidad con sistemas celulares (FDM) e inalámbricos (TDM).
- Opera en banda licenciada en 2.4 GHz y 3.5 GHz para transmisiones externas en largas distancias
- Opera en banda libre en 5.8, 8 y 10.5 GHz (con variaciones según espectro libre de cada país)
- La tasa de transmisión es de hasta 75 Mbps
- Tienen un alcance de 50 Km sin Línea de Vista y de 8 a 10 Km en áreas de alta densidad demográfica
- Entre las aplicaciones que soporta se encuentran voz, vídeo y datos.

2.2.3.5.3. Estándares de WiMax

Se piensa que WiMax es una tecnología homogénea cuando, de hecho, es el nombre comercial de un grupo de estándares inalámbricos IEEE. En la actualidad, existen dos tipos principales de tecnología WiMax: WiMax fija (802.16d o 802.16-2004) y WiMax móvil (802.16e o 802.16-2005). WiMax fija es una tecnología de punto-multipunto, en tanto que la WiMax móvil es una tecnología que se asemeja a la de una infraestructura celular. Estas dos soluciones fueron diseñadas para brindar servicios inalámbricos de banda ancha de alto rendimiento a costos reducidos.

- **IEEE 802.16d o 802.16-2004**

IEEE 802.16d o 802.16-2004 es una tecnología reciente de acceso inalámbrico fijo, lo que significa que está diseñada para servir como una tecnología de reemplazo del DSL inalámbrico, para competir con los proveedores de cable de banda ancha o DSL, o para proveer un acceso básico de voz y banda ancha en áreas subabastecidas donde no existe ninguna otra tecnología de acceso. El 802.16-2004 también es una solución viable para el backhaul¹¹ inalámbrico para puntos de acceso Wi-Fi o potencialmente para redes celulares, en particular si se usa el espectro que requiere licencia. Finalmente, en ciertas configuraciones, WiMax Fijo puede usarse para proveer mayores velocidades de datos y por lo tanto, puede usarse como una opción de reemplazo de T-1 para abonados corporativos de alto valor. La versión fija del estándar WiMax fue aprobada en junio de 2004.

- **IEEE 802.16e o 802.16-2005**

IEEE 802.16e conocido como 802.16-2005 es un estándar diseñado para ofrecer una característica clave de la que carece el 802.16-2004: portabilidad y movilidad a toda escala. Este estándar requiere una nueva solución de hardware/software ya que no es compatible con el anterior 802.16-2004, lo cual no es algo bueno para los operadores que están planeando desplegar el 802.16-2004 y luego ascender al 802.16e.

Realmente los promotores de este proyecto persiguen la ambiciosa meta de que WiMax sea la tecnología inalámbrica que unifique el mundo de la telefonía móvil y las redes de datos. Con este objetivo, en diciembre de 2002, fue creado el Grupo de Trabajo IEEE 802.16e para mejorar y optimizar el soporte para la combinación de las capacidades de comunicación tanto fijas como móviles en frecuencias por debajo de los 6 GHz. Cumpliendo el calendario previsto, el pasado 7 de diciembre de 2005 se realizó la ratificación oficial del nuevo estándar WiMax Móvil (802.16e).

El IEEE 802.16e, es decir, el mobile WiMax, es capaz de conmutar y hacer roaming. La tecnología SOFDMA (*Scalable Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access* – Acceso de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal Escalable)

¹¹ Backhaul, es un enlace de interconexión entre redes de datos o redes de telefonía móvil

asigna diferentes subcanales a los diferentes abonados y soporta el acceso simultáneo a Internet de muchos abonados. En condiciones de vista indirecta, el mobile WiMax opera en un rango de frecuencias inferiores a 6 GHz. Los operadores que utilizan el 802.16e para realizar networking podrán brindar servicios fijos y nómadas así como también servicios tanto para *laptops* como para teléfonos móviles.

2.2.3.5.4. Comparativa entre WiMax y Wi-Fi

Se dice que WiMax podría sustituir a Wi-Fi por las distintas mejoras que aporta. Son muchas las diferencias que existen entre WiMax y Wi-Fi, las mismas que se muestran en la siguiente tabla comparativa:

Tabla. 2. 12. Comparación entre WiMax y Wi-Fi

	WiMax 802.16	Wi-Fi 802.11
Velocidad	75 Mbps	11-54Mbit/s
Cobertura	40-70Km	300m
Licencia	Si/No	No
Ventajas	Velocidad y alcance	Velocidad y precio
Desventajas	Interferencias	Bajo alcance

2.2.3.6 WiBro(*Wireless Broadband*)

Es una tecnología inalámbrica similar a WiMax, pero desarrollado y aplicado por Corea (WiMax móvil coreano). Prioriza la fiabilidad de la señal, con menor interés respecto a velocidad y cobertura. De hecho WiBro permitirá velocidades de hasta 1 Megabits/s a velocidades de 60 Km/h. Aunque para esto, la cobertura se verá reducida a menos de 1 Km a la redonda. Esto se debe a que Corea es uno de los países del mundo con más cobertura Wi-Fi (86% de penetración en banda ancha) por todo su territorio, por lo que les resulta poco importante el alcance de la señal (siempre dentro de un límite razonable), dando más importancia a que ésta sea continua y estable, manteniendo un ancho de banda constante aunque el usuario se encuentre en movimiento. WiBro ofrecerá una tasa de 30 a 50 Mbps (estación base) y un radio de cobertura de 1 a 5 Km para conexión a Internet, en sus inicios, el gobierno coreano fijó 100 MHz en la banda de 2.3GHz como banda de uso (febrero del 2002)

Para finales del 2005, se realizaron exhibiciones WiBro durante el Foro económico

Asia-Pacífico (APEC) de Busan, y Samsung presentó teléfonos tipo PDA para WiBro, modelos SPH-H1000 y SPH-M8000.

En resumen, WiBro nació por el uso extendido de la banda ancha en dicho país, y lo ha desarrollado rápidamente, también con miras al mercado chino y así también reduce el pago en el uso de patentes americanas y europeas. Debido a su desarrollo, WiMax adoptó a WiBro como modelo para el WiMax móvil (IEEE 802.16e), aún a costa de perder algo de compatibilidad con el WiMax (IEEE 802.16d) que se tiene. WiBro estuvo listo antes que WiMax móvil.

Las características más importantes de WiBro se las describe en la Tabla 2.13:

Tabla. 2. 13. Características de WiBro

	WiBro
Espectro	2.3Ghz - 2.4GHz (Korea, Europa y EEUU) Actualmente WiMax Forum negocia más bandas para Europa y EEUU
Multiplexación	TDD
Funcionamiento	Sin visión directa (NLOS) Prefijo Cíclico (1/8)
Tasa de bit	Hasta 30 Mbit/s (doble que 802.16e)
Modulación	OFDMA con 1024 subportadoras BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
Movilidad	Permite Movilidad de hasta 60Km/h
Anchos de banda	9MHz
Duración de Trama	5ms
Radio de celda típico	2Km de radio de célula de servicio

2.2.3.6.1. Ventajas y desventajas de WiBro

Una de las principales desventajas de WiBro es que no es compatible con el estándar desarrollado en Norteamérica WiMax Móvil, causando tal vez una limitante en su distribución comercial o incluso haciéndolo desaparecer sino encuentra dicha compatibilidad. WiBro utiliza tecnologías similares a las empleadas en WiMax, sin embargo son implementadas de diferente forma, además de que su frecuencia de operación esta en 2.3Ghz, siendo esta un frecuencia licitada, lo cual complica su implementación a nivel mundial.

La cobertura se ve limitada a sólo 1 Km de radio entonces el costo de infraestructura se incrementa debido a que tendría que haber una cobertura total en todo el país para que este sistema funcione a toda su capacidad.

Las ventajas de WiBro son muchas entre las cuales se destacan: Es un sistema capaz de brindar acceso a Internet inalámbrico y servicios multimedia donde sea y cuando sea a bajos costos de acceso, es el primer sistema que integra los servicios alámbricos e inalámbricos brindando Internet portátil de alta velocidad, cuenta con servicios de provisión de información, de entretenimiento así como de negocios, soporta rangos de datos de hasta 50 Mbps bajo varias condiciones de baja y media movilidad tanto en ambientes internos como externos, implementa tecnologías que permiten optimizar el ancho de banda obteniendo tasas de transmisión elevadas.

2.2.3.7 Bluetooth

La tecnología inalámbrica Bluetooth es un estándar global abierto para enlaces de radio, que ofrece conexiones inalámbricas económicas para transmisiones de voz y datos entre computadoras portátiles, dispositivos de mano, teléfonos celulares y varios aparatos más mediante un enlace de radiofrecuencia; así como acceso a otros recursos en la red. Esta diseñado como reemplazo inalámbrico y como tecnología de Red de Area Personal WPAN.

La especificación Bluetooth define un enlace de radio de baja potencia, optimizado para conexiones seguras de corto alcance, y define los pasos estándares para la conexión de varios aparatos eliminando cables y conectores entre éstos. Los radios Bluetooth, que pueden ser incorporados en la mayoría de los aparatos electrónicos, ofrecen un enlace inalámbrico de comunicación universal que facilita una interoperabilidad confiable entre dispositivos móviles y fijos de diferentes fabricantes, ofreciendo así la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas facilitando la sincronización de datos entre dispositivos personales.

El nombre de esta tecnología esta inspirado en el Rey Danés, Harald Blatand (en inglés Harold Bluetooth), conocido por la unificación de Suecia, Dinamarca y Noruega en el Siglo X, ahora en el siglo XXI, se hace alusión a la unificación de la tecnología

inalámbrica Bluetooth, que conecta productos y empresas para los usuarios.

La tecnología Bluetooth comprende hardware, software y requerimientos de interoperabilidad, por lo que para su desarrollo ha sido necesaria la participación de los principales fabricantes de los sectores de las telecomunicaciones y la informática, tales como: Ericsson, Nokia, Toshiba, IBM, Intel y otros. Posteriormente se han ido incorporando otras compañías, y se prevé que otros sectores lo sigan haciendo como: automatización industrial, maquinaria, entretenimiento, fabricantes de juguetes, electrodomésticos, etc., con lo que en poco tiempo el panorama va siendo de conectividad total para aparatos en casa y oficina.



Figura. 2. 35. Dispositivos Bluetooth

2.2.3.7.1. Tecnología Bluetooth

La especificación de Bluetooth define un canal de comunicación de máximo 720Kb/seg con rango óptimo de 10m (opcionalmente 100m). La frecuencia de radio con la que trabaja está en el rango de 2.4 a 2.48Ghz con amplio espectro y saltos de frecuencia con posibilidad de transmitir en full duplex con un máximo de 1600 saltos/seg. Los saltos de frecuencia se dan entre un total de 79 frecuencias con intervalos de 1 MHz; esto permite brindar seguridad y robustez. La potencia de salida para transmitir a una distancia máxima de 10m es de 0dBm (1 mW), mientras que la versión de largo alcance transmite entre 30 y 20dBm (100 mW).

Para lograr alcanzar el objetivo de bajo consumo y bajo costo, se ideó una solución que se puede implementar en un solo chip utilizando circuitos CMOS. De esta manera, se logró crear una solución de 9x9mm y que consume aproximadamente 97% menos energía que un teléfono celular común.

2.2.3.7.2. Arquitectura de Hardware

El hardware que compone el dispositivo Bluetooth esta compuesto por dos partes. Un dispositivo de radio, en cargado de modular y transmitir la señal; y un controlador digital. El controlador digital esta compuesto por un CPU, por un procesador de señales digitales (DSP - *Digital Signal Processor*) llamado Link Controller (o controlador de Enlace) y de los interfaces con el dispositivo anfitrión.

El LC o *Link Controller* está encargado de hacer el procesamiento de la banda base y del manejo de los protocolos ARQ y FEC de capa física. Además, se encarga de las funciones de transferencia (tanto asíncrona como síncrona), codificación de Audio y encriptación de datos.

El CPU del dispositivo se encarga de atender las instrucciones relacionadas con Bluetooth del dispositivo anfitrión, para así simplificar su operación. Para ello, sobre el CPU corre un software denominado *Link Manager* que tiene la función de comunicarse con otros dispositivos por medio del protocolo LMP.

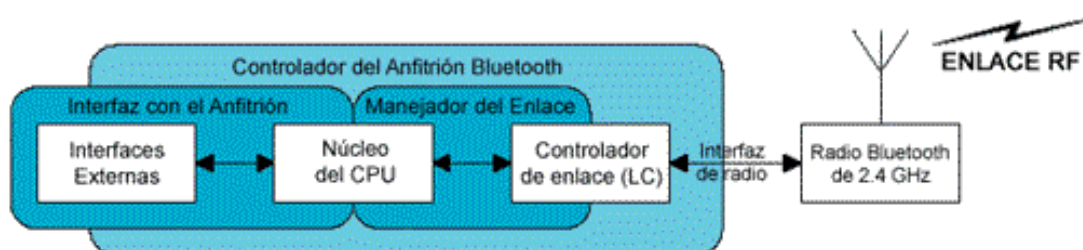


Figura. 2. 36. Arquitectura de Hardware de Bluetooth

2.2.3.7.3. Arquitectura de Software

Buscando ampliar la compatibilidad de los dispositivos Bluetooth, los dispositivos que se apegan al estándar utilizan como interfaz entre el dispositivo anfitrión (laptop,

teléfono celular, etc.) y el dispositivo Bluetooth como tal (chip Bluetooth) una interfaz denominada HCI (*Host Controller Interface*).

Los protocolos de alto nivel como el SDP (Protocolo utilizado para encontrar otros dispositivos Bluetooth dentro del rango de comunicación, encargado, también, de detectar la función de los dispositivos en rango), RFCOMM (Protocolo utilizado para emular conexiones de puerto serial) y TCS (Protocolo de control de telefonía) interactúan con el controlador de banda base a través del Protocolo L2CAP (*Logical Link Control and Adaptation Protocol*). El protocolo L2CAP se encarga de la segmentación y reensamblaje de los paquetes para poder enviar paquetes de mayor tamaño a través de la conexión Bluetooth.

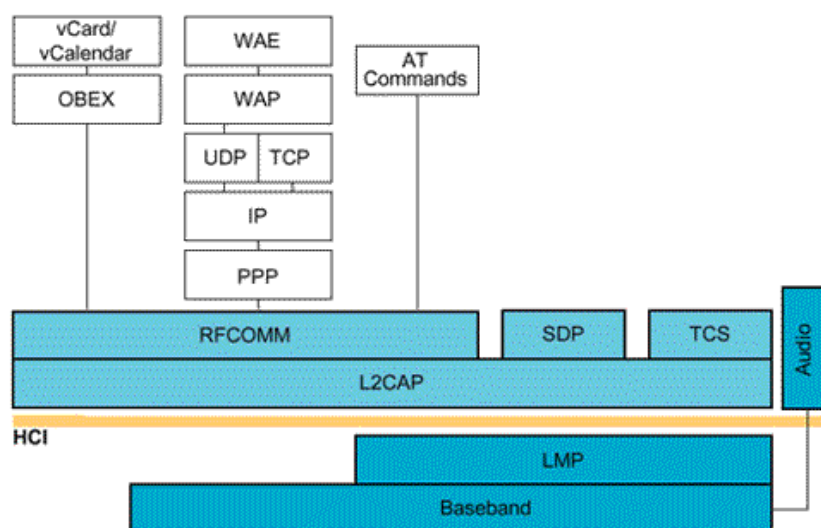


Figura. 2. 37.Arquitectura de Software de Bluetooth

2.2.3.7.4. Redes Bluetooth

Las topologías de las redes Bluetooth puede ser punto-a-punto o punto-a-multipunto. Los dispositivos, se comunican en redes denominadas piconets. Estas redes tienen posibilidad de crecer hasta tener 8 conexiones punto a punto. Además, se puede extender la red mediante la formación de *scatternets*. Una *scatternet* es la red producida cuando dos dispositivos pertenecientes a dos piconets diferentes, se conectan.

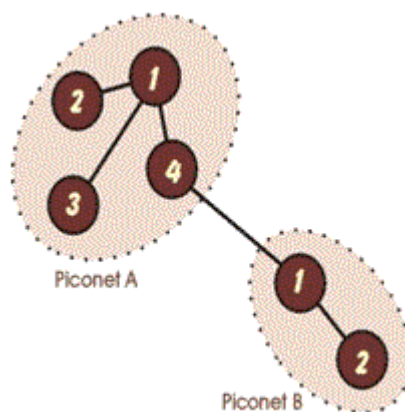


Figura. 2. 38. Ejemplo de una red Bluetooth

En una piconet, un dispositivo debe actuar como master, enviando la información del reloj (para sincronizarse) y la información de los saltos de frecuencia. El resto de los dispositivos actúan como *slaves*. [17]

2.2.3.7.5. Seguridad

Para asegurar la protección de la información se ha definido un nivel básico de encriptación, que se ha incluido en el diseño del chip de radio para proveer seguridad en equipos que carezcan de capacidad de procesamiento, las principales medidas de seguridad son:

- Una rutina de pregunta-respuesta, para autenticación.
- Una corriente cifrada de datos, para encriptación
- Generación de una clave de sesión (que puede ser cambiada durante la conexión)

Tres entidades son utilizadas en los algoritmos de seguridad: la dirección de la unidad Bluetooth, que es una entidad pública; una clave de usuario privada, como una entidad secreta; y un número aleatorio, que es diferente por cada nueva transacción.

Como se ha descrito anteriormente, la dirección Bluetooth se puede obtener a través de un procedimiento de consulta. La clave privada se deriva durante la inicialización y no es revelada posteriormente. El número aleatorio se genera en un proceso pseudo-aleatorio en cada unidad Bluetooth.

2.2.3.7.6. Aplicación de Bluetooth

Bluetooth no sólo está pensado para conectar periféricos a los ordenadores. Sus posibilidades son amplias en todos aquellos campos en los que las distancias sean cortas y la información a transmitir no sea excesiva:

Teléfonos móviles: Los móviles equipados con Bluetooth permiten conectarse directamente a otros terminales compatibles. El coste de la comunicación es cero, ya que no se utiliza la red de ninguna operadora, y las ventajas son muchas: compartir la agenda de contactos, intercambiar melodías, iconos, fotografías, etc.

Entretenimiento: Algo tan común como escuchar música por la calle, mediante el clásico walkman, se convierte en una experiencia distinta gracias a Bluetooth. Algunos juguetes comienzan a usar Bluetooth como sistema de comunicación en los mandos de control. Lo mismo ocurre con los mandos a distancia de los televisores, que mejoran las prestaciones de los actuales permitiendo cambiar de canal sin apuntar directamente al televisor.

Domótica: Los electrodomésticos de casa pueden comunicarse entre sí usando Bluetooth. Existen aplicaciones, como controlar diversos aspectos de una casa (subir o bajar las persianas, encender la luz, poner en marcha la lavadora), también son posibles en la actualidad mediante una llamada de teléfono.

Sector automovilístico: La industria automovilística se caracteriza por la fuerte apuesta que ha realizado por esta tecnología. Aunque en la actualidad la mayoría de los fabricantes se ha esforzado en lanzar al mercado kits de manos libres para el móvil vía Bluetooth, las posibilidades van más allá.

2.2.3.8 UWB (*Ultra Wide Band*)

UWB, *Ultra Wide Band*, es una tecnología inalámbrica diseñada para las redes de área personales (PAN) de corto alcance. La UWB realiza la transición de los laboratorios a la estandarización, un paso importante hacia el desarrollo de productos del mundo real.

Los recientes logros del sector en el campo de la UWB van desde los investigadores que presentan demostraciones para probar el concepto, hasta la formación de grupos de trabajo en el sector que definirán las capas físicas (PHY) y MAC de UWB, así como las aplicaciones que funcionarán sobre la plataforma de radio. En los EE.UU., la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) ha emitido un mandato para que la transmisión de radio de UWB pueda operar de manera legal en el rango de 3,1 GHz a 10,6 GHz.

En la siguiente figura se muestra una comparación de diferentes tecnologías para sistemas inalámbricos en función de su capacidad espacial:

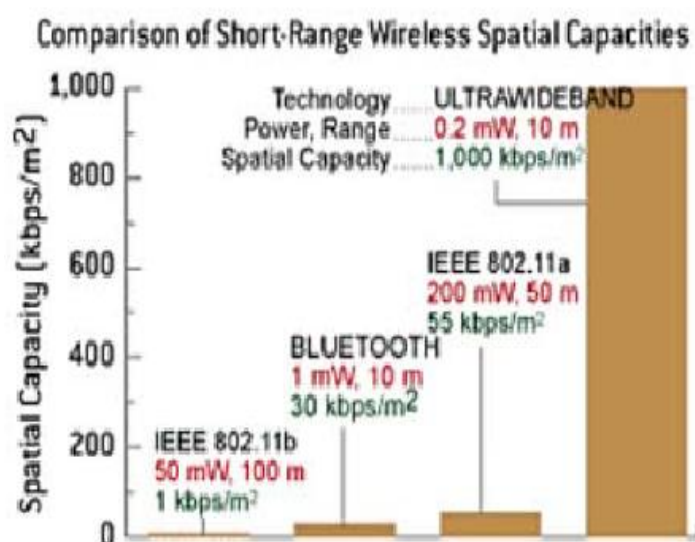


Figura. 2. 39. Comparativa de UWB con las soluciones de conectividad inalámbrica

En esta figura, se puede observar los órdenes de magnitud de la potencia transmitida típicamente por cada sistema. Comparativamente puede hacerse una idea si se considera que un teléfono celular puede estar típicamente en los 600 milivatios, y un dispositivo UWB en los 200 microvatios (una diferencia de tres órdenes de magnitud), por lo cual su consumo de energía es sumamente bajo mientras que su capacidad espacial es alta comparada con tecnologías como IEEE 802.11b, Bluetooth y IEEE 802.11a.

UWB permite un gran flujo de datos con poco consumo de energía para distancias de menos de 10 metros, lo que se aplica muy bien a las necesidades del hogar digital. La velocidad de datos más rápida de la UWB demostrada públicamente es ahora la

impresionante marca de 252 Mbps, y se espera demostrar una velocidad de 480 Mbps en un futuro no muy lejano.

Las necesidades del hogar digitalizado incluyen la transferencia de datos a alta velocidad para contenido de multimedia, la conectividad de corto alcance para realizar transferencias a otros dispositivos, el bajo consumo de energía debido a una capacidad limitada de la batería y la poca complejidad y bajo costo debidos a las presiones de precio del mercado y a las alternativas de conectividad con cables.

2.2.3.8.1.Estandarización

El UWB Working Group es una asociación abierta de compañías, individuos y entidades de normalización y regulación, formada en 1998, cuyo objetivo común es el desarrollo y aceptación de la tecnología UWB. Este grupo de trabajo fue formado para proporcionar un foro coherente para la diseminación y discusión de temas relacionados con UWB.

Hoy en día no hay estándares de UWB para su utilización en las redes inalámbricas de área local en la banda de 3,1 GHz a 10,6 GHz. Sin embargo, hay dos grupos de trabajo que están en estos momentos intercambiando información para la redacción de estos estándares, uno norteamericano, IEEE 802.15, y otro europeo, ETSI ERM TG31.

Los trabajos para la definición de un estándar de UWB por parte del IEEE comenzaron en enero de 2003, con el objetivo es generar un estándar sencillo, barato, de bajo consumo y de elevada velocidad de transmisión para WLAN. Se está estandarizando en tres diferentes estándares IEEE. IEEE 802.15.3a incluye dos propuestas para UWB: la propuesta de OFDM, de la Multiband OFDM Alliance (MBOA) y la propuesta de secuencia directa (Direct Sequence, DS). En el caso de IEEE 802.15.4a, la propuesta de DS fue aprobada para flujos de información bajos. Además, se está discutiendo la incorporación de UWB como capa física para Bluetooth, en el caso de IEEE 802.15.1.

[18]

2.2.3.8.2.Funcionamiento

Un transmisor tradicional de UWB funciona enviando miles de millones de pulsos a través de un espectro muy amplio de frecuencia con varios GHz de ancho de banda. El receptor correspondiente traduce los pulsos en datos mediante la detección de una secuencia de pulsos familiar que le envía el transmisor. De manera específica, la UWB se define como toda tecnología de radio que tenga un espectro que ocupe un ancho de banda mayor al 20% de la frecuencia central, o bien, un ancho de banda de al menos 500 MHz.

Los sistemas modernos de UWB utilizan otras técnicas de modulación, como la multiplexación por división de frecuencia ortogonal OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), para ocupar estos anchos de banda extremadamente amplios. Además, el uso de varias bandas en combinación con la modulación OFDM puede proporcionar ventajas significativas a los sistemas tradicionales de UWB. El enfoque de OFDM de bandas múltiples permite la coexistencia satisfactoria con los sistemas de banda angosta como las redes que siguen la norma 802.11a, la adaptación a distintos entornos de reglamentación, la escalabilidad futura y la compatibilidad con sistemas anteriores.

En el enfoque de OFDM de banda múltiple, el espectro disponible de 7,5 GHz se divide en varias bandas de 528 MHz. Esto permite que se implementen bandas de manera selectiva a ciertos rangos de frecuencia mientras otras partes del espectro se dejan sin usar. La capacidad dinámica de la radio para operar en ciertas áreas del espectro es importante porque puede adaptarse a las restricciones reglamentarias impuestas por los gobiernos de todo el mundo.

2.2.3.8.3.Aplicaciones UWB

UWB tiene diversas aplicaciones comerciales, las cuales aún están en muchos casos en desarrollo. Ellas van desde las redes inalámbricas (escalables desde baja a alta velocidad), hasta el rastreo remoto de dispositivos y los radares de tierra penetrantes.

Por ahora, los consumidores se beneficiarán en las redes domésticas WPAN (Wireless Personal Area Network), permitiendo que diversos dispositivos multimedia puedan enviar y recibir grandes volúmenes de datos digitales, a velocidades muy

superiores a las alternativas existentes hoy en el mercado. Así, podrá transmitirse desde un PC a un televisor de alta definición una película o un archivo de imágenes o intercambiarse datos desde y hacia cámaras digitales sin ningún tipo de cables.

Por otra parte, debido a que UWB tiene la cualidad adicional de mantener una cobertura precisa, esta funcionalidad podría usarse para la identificación de lugares, por ejemplo, aplicaciones de seguridad públicas. Por esto, se considera también el uso de UWB en los sistemas de medición, ya que es más exacto que los sistemas basados en satélites de GPS (*Global Positioning System*) y puede utilizarse sin problemas en ambientes cerrados.

Esta tecnología, que se encuentra en desarrollo y estandarización, ha sido respaldada por Intel, Motorola, Sony, Philips, entre otras destacadas empresas. Para cumplir con las expectativas de los usuarios, las compañías de la industria comprometidas con UWB trabajan con el IEEE en el desarrollo de esta tecnología, la cual podría tener rendimientos que fluctuarían entre los 100 Megabits por segundo a más de 2 Gigabits por segundo, aunque los primeros productos comerciales podrían tener una capacidad inicial menor.

2.2.3.8.4. Ventajas y desventajas de los sistemas UWB

A continuación se presentan las ventajas que poseen los sistemas UWB:

- Los sistemas UWB pueden transmitir grandes cantidades de datos mediante aplicaciones multiusuario.
- UWB tienen propiedades de bajo consumo de potencia, típicamente del orden de Micro Watts (μW).
- Este tipo de sistemas están diseñados para realizar transmisiones punto – multipunto, soportando un mayor número de canales en comparación con otro tipo de sistemas de la misma categoría.
- Resultan particularmente apropiados para implementar conexiones seguras, esto debido a las características de baja potencia de la forma de onda transmitida.

- Pueden ser utilizados en vehículos o en cualquier sitio, con el fin de descargar información de computadoras portátiles o de agendas personales (PDA), para sistemas de navegación.
- Poseen una complejidad baja y adicionalmente un bajo costo de implementación.
- Están en capacidad de proveer redes de aplicaciones multimedia para el segmento residencial.
- Los sistemas (UWB) tienen capacidad para soportar simultáneamente varios componentes, en especial para el caso de múltiples pico redes.

De la misma manera en que se enumeraron las ventajas de los sistemas UWB a continuación se exponen las limitaciones de este tipo de sistemas:

- Si bien los sistemas UWB ocupan amplio espectro con un bajo consumo de potencia, estos deberán estar en capacidad de convivir con los sistemas tradicionales de transmisión sin causar interferencias.
- Aunque no está entre su conjunto principal de aplicaciones, para los sistemas UWB resulta muy difícil competir contra sistemas de comunicación de alta capacidad tales como los que utilizan redes de fibra óptica.
- Las aplicaciones para los sistemas UWB han sido restringidas a redes interiores, y a sistemas RADAR para vehículos, con el fin de evitar problemas de colisiones.
- Para el caso de aplicaciones en el tema de manejo de imágenes se están haciendo esfuerzos para lograr apoyo regulatorio y legal en general.

2.3 Comparación de las Redes de Acceso Inalámbricas

Después de explicadas las diferentes redes de acceso inalámbricas, a continuación se realiza la comparación de algunos factores importantes de las mismas.

Se ha dividido esta comparación en dos bloques, el primero en el que se habla de aspectos técnicos como son velocidad de transmisión, ancho de banda, banda de operación, alcance, y otro en el que se explica aspectos como el costo de implementación de la red, tiempo de despliegue de la red, y las normas por la que esta estandarizada cada tecnología.

Tabla. 2. 14. Comparación de las Redes de Acceso Inalámbricas

Tecnología	Velocidad de transmisión	Ancho de banda	Bandas de Operación	Alcance (Cobertura)	Observaciones
Satélite	Un transpondedor típico puede dar una velocidad equivalente a un enlace T3 (45 Mbit/s). Con estaciones terrestres grandes se pueden alcanzar velocidades hasta un STM-1 (155Mbit/s)	Según el transpondedor tiene anchos de banda de 36 MHz y 72 MHz	Las bandas mas utilizadas son: L (1 a 2 GHz) C (4 a 8 GHz) Ku (12.5 a 18 GHz) Ka (26.5 a 40 GHz)	Cobertura mundial con pocos satélites puestos en operación	La gran ventaja del uso del satélite para las comunicaciones es la gran zona de cobertura que consiguen, bastan sólo tres satélites colocados en órbita estacionaria para dar cobertura a toda la Tierra.
GPRS	Posee una velocidad de transmisión de hasta 144 Kbps	Tiene un ancho de banda de 200 KHz por portadora	Las bandas de operación típicas son 900 MHz y 1800 MHz. En América su banda común es 850 Mhz y 1900 MHz	Depende de la celda usada pero tiene una cobertura máxima de 35 Km sin obstáculos	GPRS complementa a GSM. Lo que rige a GPRS y que lo diferencia de GSM es la orientación a la conmutación de paquetes frente a la conmutación de circuitos.
UMTS	Alcanza los 384 Kbps en la descarga y los 64 Kbps en el envío. En teoría, podría lograr 2 Mbps. Aunque se están desarrollando sistemas como HSDPA y LTE que alcanzan velocidades superiores	Tiene un ancho de banda de 5 MHz por portadora	1.800 MHz y 2.200 MHz	Macro celdas, con radios de alcance desde 1 km hasta 35 km Micro celdas, tiene radios desde 50 m hasta 1 km Pico celdas, tiene radios de hasta 50 m	UMTS es la propuesta de la ETSI para tercera generación de telefonía celular, siendo éste el sucesor de GSM
WLL	Hasta 2Mbps por enlace.	Posee diversos anchos de banda: 1.75 MHz, 3.5 MHz, 5 MHz, 7 MHz, 10 MHz, 14 MHz por	Banda de 2.4 GHz Banda de 3.5 GHz Banda de 5.7 GHz Banda de 26 y 28 GHz	Este sistema se configura con topología del tipo celular con múltiples estaciones	Permite reemplazar el uso de par trenzado cobre o cable coaxial por la utilización de enlaces fijos punto multipunto que emplean ondas radioeléctricas

Tecnología	Velocidad de transmisión	Ancho de banda	Bandas de Operación	Alcance (Cobertura)	Observaciones
		portadora	Banda de 40 GHz	base que proveen enlaces a los abonados que se distribuyen en torno a ellas, en radios de 5 Kms en promedio	
LMDS	10 Mbps a 55 Mbps de descarga y 64 Kbps a 40 Mbps de envío	Consiste en dos bloques: El bloque "A" con un ancho de banda de 1150 MHz y un bloque "B" con 150 MHz de ancho de banda. (Tabla.2.10 y Tabla.2.11)	Va de los 22 a los 42 GHz dependiendo del país, siendo la banda Ka de 28 GHz (27,5-29,5 GHz) la más utilizada	4 Km, pudiendo variar dentro de un intervalo en torno a los 2 - 6 Km.	Necesidad de línea de vista
MMDS	1 a 10 Mbps en descarga y 512 kbps de envío	Posee un ancho de banda de 186 MHz	2 a 4 GHz	15 y 20 Km.	Requiere línea de visión directa
Wi-fi	802.11b que tiene características de una velocidad de transferencia de 11Mbps 802.11a y g transfieren datos a una velocidad de 54Mbps	Su ancho de banda es 2.4 GHz y maneja toda la banda de operación (2.4 – 2.4835 GHz) (5.725- 5.850 GHz)	Maneja las bandas sin licencia de 2.4 GHz y 5 GHz	Tiene una cobertura aproximada de 300m	Wi-Fi es una marca de la Wi-Fi Alliance (anteriormente la WECA: Wireless Ethernet Compatibility Alliance), la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares 802.11.
WiMax	Hasta 75 Mbps	Puede manejar diversos anchos de banda: 1.75 MHz, 3.5 MHz, , 5 MHz, 7 MHz, 10 MHz, 14 MHz por portadora	Banda licenciada en 2.4 GHz y 3.5 GHz Banda libre en 5.8, 8 y 10.5 GHz	50 Km pero una cobertura efectiva de 20 Km	No necesita línea de visión entre la antena y el equipo del suscriptor

Tecnología	Velocidad de transmisión	Ancho de banda	Bandas de Operación	Alcance (Cobertura)	Observaciones
Bluetooth	Alcanza velocidades de 720 Kbps	Su ancho de banda es de 79 MHz	Se maneja en las bandas 2.4 a 2.48 GHz	Tiene un rango óptimo de 10m	Los dispositivos no necesitan línea de vista, pueden incluso estar en habitaciones separadas si la potencia de transmisión lo permite
UWB	Posee una velocidad de 252 Mbps, y se espera demostrar una velocidad de 480 Mbps próximamente	Posee un ancho de banda de al menos 500 MHz.	Se maneja en las bandas 3,1 GHz a 10,6 GHz	Su cobertura es de menos de 10 metros	UWB es capaz de transmitir más información en menos tiempo que las tecnologías con frecuencias de banda de radio (RF) y tecnologías “ <i>spread spectrum</i> ” (SS), como el Bluetooth y el 802.11

Tecnología	Costo	Despliegue de red	Estandarización
Satélite	Sus costos son bajos, ya que puede llegar a zonas donde tender una red cableada serían caros	Su despliegue es bajo, ya que para tener una red satelital en funcionamiento solo necesitamos enlazar la estación terrena con el satélite, lo cual es inmediato	La estandarización satelital esta dada por reglamentaciones de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones)
GPRS	El costo de instalar una red celular es alto, y ya que GPRS es un complemento de GSM no es una excepción	Ya que esta basada en la tecnología GSM el despliegue de red es medio	Esta estandarizado por 3GPP (Third Generation Partnership Project) es el principal foro de estandarización de un sistema móvil 3G.
UMTS	Al ser una evolución de una red GSM tiene altos costos de implementación	Al ser UMTS un avance de la tecnología GSM su despliegue de red es medio	Su estandarización esta a cargo de 3GPP (Third Generation Partnership Project), participado por varios organismos de normalización regionales.
WLL	WLL tiene bajos costos tanto en su instalación como en su mantenimiento	El despliegue de una red WLL es bajo, ya que la instalación de la misma no requiere de mucho tiempo.	Esta estandarizado por IEEE 802.16 que se creó en 1999 relacionadas con los bucles locales inalámbricos o bucles inalámbricos fijos, conocidos por las siglas WLL. Para ello se crearon tres distintos grupos de trabajos: IEEE 802.16.1 (10 – 66 GHz) , 802.16.2 (coexistencia de los diversos sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha) y 802.16.3(2-11 GHz)
LMDS	LMDS es una tecnología de costo bajo, ya que su implantación es rápida en áreas urbanas o en áreas con baja densidad de población, como es el caso de las comunidades rurales. Pero hay que tomar en cuenta que los equipos aún son costosos dado que todavía no se ha estandarizado totalmente	El despliegue de la red es rápido y fácil comparado con sistemas cableados. Aunque por la cobertura necesitaría implementar muchas celdas	El estándar usado es el IEEE 802.16.1 el cual hace referencia a los sistemas en el rango de 10 a 66 GHz que necesitan línea de vista directa

Tecnología	Costo	Despliegue de red	Estandarización
MMDS	Su costo es bajo. Es mucho mas barato que una red alámbrica, se podría decir que se ahorra entre un 25% a 40% en comparación con una red alámbrica.	Al igual que LMDS el despliegue de la red es bajo	Su estándar es el IEEE 802.16.3 en el cual se manejan sistemas de 2 to 11 GHz que no necesitan línea de vista
Wi-fi	Los costos de instalación son bajos, ya que se puede ahorrar en la instalación del cableado y a su vez se protege la inversión en el caso de tener que cambiar de instalaciones, así como la reducción en los costos de mantenimiento.	En comparación de las tradicionales redes cableadas, estas requieren poca carga de tiempo para su instalación y puesta en marcha	IEEE 802.11b:Velocidad 11 Mbps, 2,4 GHz IEEE 802.11g:Velocidad 54 Mbps, 2,4 GHz.
WiMax	El costo de desplegar una red WiMax es medio, ya que el costo de los equipos es costoso pero su cobertura lo favorece.	El nivel de desplegar una red WiMax es medio, ya que la instalación de sus equipos no son muy complicados como casi todas las tecnologías inalámbricas	El estándar IEEE 802.16-2004 o llamado WiMax Fija, cubre el enlace entre equipos fijos, es decir, un típico enlace de radios microondas. El estándar IEEE 802.16-2005 o 802.16.e habla de movilidad WIMAX, con lo cual los chips de WiMax estarán en equipos portátiles
Bluetooth	Mínimo costo. La implementación de esta tecnología supone tan solo un tercio del costo del Wi-Fi.	Muy baja, solo se necesita dispositivos con chip bluetooth y la comunicación se realiza inmediatamente	Estandarizado por IEEE 802.15.1 el 14 junio de 2002.
UWB	Los costos son sumamente bajos, ya que solo se necesita que los dispositivo tenga la tecnología UWB	Como la mayoría de las tecnologías inalámbricas diseñadas para redes de área personal el despliegue de la red es bajo, ya que la conexión entre dispositivos es inmediata	La estandarización de UWB presenta ciertos conflictos, está estandarizando en tres diferentes estándares. IEEE 802.15.3a incluye dos propuestas, la propuesta de OFDM, de la Multiband OFDM Alliance (MBOA) y la propuesta de secuencia directa (Direct Sequence, DS). Para IEEE 802.15.4a, la propuesta de DS fue aprobada para ratios de información bajos. Además, se está discutiendo la incorporación de UWB como capa física para Bluetooth

Después de haber realizado esta comparación se puede decir que las redes de acceso inalámbricas son una buena alternativa en las comunicaciones actuales, ya que en la mayoría de los casos estas son sencillas de instalar y de mantener, tanto en tiempo como en costos, por lo que últimamente han sido muy explotadas.

Un punto importante que hay que tomar en cuenta es que las redes de acceso inalámbricas deben compartir el mismo espectro, cuya capacidad es un recurso muy escaso, y por tanto su uso está regulado estrictamente, por lo cual cualquier tecnología inalámbrica está limitada por el margen de frecuencias que tiene asignado.

Como se muestra en el cuadro anterior tecnologías como LMDS y MMDS tienen velocidades de transmisión muy altas, pero el inconveniente de estas es que necesitan línea de vista, a diferencia de redes móviles como GPRS y UMTS, a pesar que no tienen un gran ancho de banda ni altas velocidades de transmisión no necesitan antenas directivas ni necesidad de una línea de visión directa, pero WiMax que es una tecnología muy prometedora posee estas dos características, así como la movilidad que poseen las redes celulares. Tecnologías como Wi-Fi, Bluetooth y UWB, se usan en redes de área local y personal, ya que tienen alcances muy cortos

Las redes de acceso por satélite tienen su ventaja más clara es la facilidad para difundir información en zonas de cobertura muy grandes, del orden de miles de kilómetros. Sin embargo, uno de sus inconvenientes es el elevado retardo, que afecta gravemente a los servicios de tiempo real, aunque los satélites disponen de un ancho de banda relativamente grande en comparación con sistemas inalámbricos terrestres como LMDS o UMTS.

2.4 Ventajas y Desventajas de los Accesos Inalámbricos

A continuación se describen las ventajas y desventajas más importantes de las redes de acceso inalámbricas:

2.4.1 Acceso Vía Satélite

Ventajas

- El coste del servicio es independiente de la distancia de transmisión, lo cual le hace un servicio muy eficiente para transmisiones de larga distancia, como enlaces internacionales, entre continentes o puntos distantes dentro de una misma corporación.
- La comunicación entre dos estaciones terrestres no necesita de un gran número de repetidoras puesto que solo se utiliza un satélite.
- Los satélites GEO, y en menor medida los MEO y LEO, debido a la órbita a gran altura en la que orbitan poseen una amplia cobertura geográfica (la huella del haz de un satélite GEO puede llegar a cubrir 1/3 de la superficie terrestre),
- Grandes cantidades de ancho de bandas están disponibles en los circuitos satelitales generando mayores velocidades en la transmisión de voz, data y vídeo sin hacer uso de un costoso enlace telefónico.

Desventajas

- El retardo entre el UPLINK y el DOWNLINK está alrededor de un cuarto de segundo, o de medio segundo para una señal de eco.
- La absorción por la lluvia es proporcional a la frecuencia de la onda.
- Conexiones satelitales multiplexadas imponen un retardo que afectan las comunicaciones de voz, por lo cual son generalmente evitadas.

2.4.2 GPRS

Ventajas

- Un usuario GPRS puede estar conectado todo el tiempo que desee, puesto que no hace uso de recursos de red (y por tanto no paga) mientras no esté recibiendo ni transmitiendo datos.
- Tarifación por volumen de datos transferidos, en lugar de por tiempo.
- Mayor velocidad de transmisión. En GSM sólo se puede tener un canal asignado (un

"timeslot"), sin embargo, en GPRS, se pueden tener varios canales asignados, tanto en el sentido de transmisión del móvil a la estación base como de la estación base al móvil. Posibilidad de realizar/recibir llamadas de voz mientras se está conectado o utilizando cualquiera de los servicios disponibles con esta tecnología.

Desventajas

- Capacidad limitada para todos los usuarios. Por ejemplo la voz y las llamadas generadas por GPRS utilizan los mismos recursos de la red, por lo tanto el impacto está en el número de ranuras de tiempo disponibles en un determinado momento para el uso de GPRS aunque este reserva dinámicamente los canales.

2.4.3 UMTS

Ventajas

- El sistema UMTS mantendrá la compatibilidad con las redes GSM.
- La frecuencia para UMTS es de 2GHz y será posible transmitir datos hasta 2Mbps. Con estas velocidades, la videoconferencia móvil es una realidad.
- UMTS integra transmisión de paquetes, con lo que se dispondrá de conexión permanente a la red y se podrá facturar por volumen de datos en lugar de por tiempo.
- El sistema está diseñado para funcionar en todo el mundo, empleando tanto redes terrestres como enlaces por satélite. Seguirá siendo compatible con GSM 900 y 1800.
- Facilidad de actualización, UMTS reutiliza las inversiones previas más importantes, en particular la infraestructura de la red de datos en paquetes desplegada para GPRS. Según el fabricante de que se trate, la actualización puede ser tan sencilla como agregar software UMTS y tarjetas de canales a la infraestructura de radio GSM/GPRS/EDGE existente, que continúa atendiendo a los clientes utilizando esas tecnologías.

Desventajas

- Se necesita tener un dispositivo que contenga la tecnología UMTS, pero en la actualidad todavía son muy costosos.

2.4.4 WLL

Ventajas

- Rapidez en la implementación, de 90 a 120 días se habilita un sistema para ofrecer el servicio en toda una localidad.
- En zonas de difícil acceso para los sistemas cableados, los sistemas WLL son una buena alternativa.
- Sencillez en la instalación para el usuario final.
- Bajo mantenimiento de la red así como bajos costos de extensión de red

Desventajas

- Necesidad de línea de vista.
- Limitaciones de alcance.
- Disponibilidad del espectro, debido a que al momento de acceder a frecuencias existe saturación en el mismo.

2.4.5 LMDS

Ventajas

- LMDS posee una infraestructura rápidamente escalable basada en la demanda, cobertura y concentración de edificios.
- Crecimiento rápido de la red por la sencillez de la instalación, habilidad para manejar múltiples puntos de acceso de alta capacidad.
- LMDS posee equipos diseñados para trabajar en altas frecuencias, lo cual asegura que el servicio no se vea afectado por los cambios ocurridos en el medio ambiente,
- Bajos costos de introducción y desarrollo y bajos costos de mantenimiento, manejo y operación del sistema.

Desventajas

- Necesidad de línea de vista
- Alcance limitado

2.4.6 MMDS

Ventajas

- Rápido despliegue.
- Puede atender a zonas aisladas o de difícil acceso.
- Largo alcance, pudiendo tener alcances de entre 15 y 20 Km.

Desventajas

- Falta de regulación y estandarización.
- Requiere línea de visión directa.
- Menor velocidad, menos que LMDS.

2.4.7 Wi-Fi

Ventajas

- Las redes Wi-Fi soportan Roaming (Cambio de Cobertura) en donde una estación móvil puede moverse de un punto de acceso a otro en donde el usuario se mueve alrededor de un edificio o área.
- Bajo costo de los dispositivos por la competencia generada entre las empresas.
- El estándar global utilizado permite que muchos dispositivos puedan interactuar sin necesidad de cambiar de tecnología de los dispositivos.
- Permite a las LANs ser desplegadas sin cablear, reduciendo potencialmente los costos de despliegue de la red y expansión de la misma

Desventajas

- Los estándares 802.11b y 802.11g usan la banda Wi-Fi 2.4GHz que no necesita licencia, por lo cual usan la misma banda que otros dispositivos como Bluetooth, los hornos del microondas, los teléfonos inalámbricos, con lo que se pueden presentar interferencias con los mismos.
- Las redes Wi-Fi tienen limitado el rango de alcance
- La seguridad que ofrece comparada con la de las redes alámbricas

2.4.8 WiMax

Ventajas

- Posee una gran área de cobertura.
- Excelentes velocidades de transmisión de datos
- No es requisito indispensable contar con línea de vista directa.
- Proporcionará en el futuro conectividad a computadoras portátiles y PDAs (celulares) integrados con tecnología WiMax.

Desventajas

- Al tratarse de una tecnología relativamente nueva, sus equipos son costosos
- En función de las frecuencias que se empleen se necesita una licencia para poder emplear esta tecnología, con lo que el coste puede ser alto
- Susceptible a interferencias.

2.4.9 Bluetooth

Ventajas

- Puede conectar diferentes dispositivos simultáneamente y transmitir voz y datos fácilmente.
- Compatibilidad mundial.

- Es gratis por trabajar en la banda de libre acceso, no es un servicio explotado por terceros.
- Bajo coste y bajo consumo.
- Se puede propagar a través de objetos y distintos materiales, es decir, no requiere línea de visión directa entre los dispositivos
- Tecnología ampliamente usada, especialmente en equipos y móviles de reciente producción

Desventajas

- Velocidad de transmisión muy lenta para transferencia de archivos pesados, sin embargo ya están encaminados los esfuerzos para tratar de aumentar su velocidad.
- Limitado radio de acción entre los periféricos (10 metros). Luego de esa distancia no hay garantías de transmisión adecuada de datos.
- Cuando es usado inadecuadamente, podemos recibir mensajes y archivos indeseados.

2.4.10 UWB

Ventajas

- Una de las ventajas importantes de UWB es su bajo consumo de potencia.
- Poseen una complejidad baja y un bajo costo de implementación
- La tecnología UWB no necesita línea de vista.

Desventajas

- Aunque no está entre su conjunto principal de aplicaciones, para los sistemas UWB resulta muy difícil competir contra sistemas de comunicación de alta capacidad tales como los que utilizan redes de fibra óptica.
- Las aplicaciones de los sistemas UWB han sido restringidas a redes interiores, con el fin de evitar problemas de colisiones con otros sistemas.
- Para el caso de aplicaciones en el tema de manejo de imágenes se están haciendo esfuerzos para lograr apoyo regulatorio y legal en general.

CAPITULO 3

ANALISIS REGULATORIO

3.1 Proceso histórico de las telecomunicaciones en el Ecuador

La historia de las telecomunicaciones en el Ecuador se remonta al año 1871 cuando el Gobierno de Gabriel García Moreno permitió una concesión a All América Cable and Radio para proporcionar el servicio internacional de telegrafía usando cable submarino, el cual recorría la costa oeste de Sudamérica.

En la década de 1880 se creó la Dirección de Telégrafos, la cual regulaba las telecomunicaciones en el país. La primera central telefónica del país fue instalada en Quito en el año de 1900 usando un sistema semiautomático.

La Empresa de Teléfonos de Quito (ETQ) fue inaugurada en 1949. Fue creada para instalar y operar el servicio automático para la ciudad. Asimismo, la Compañía de Teléfonos de Guayaquil (ETG) fue creada en 1953 con una capacidad técnica y administrativa similar a la Empresa de Teléfonos de Quito.

Para dar inicio a las telecomunicaciones en el país, nace la planificación y construcción de redes bajo la directa administración de gerentes técnicos. Fueron creados los Gobiernos seccionales para desarrollar proyectos específicos

En el año de 1958 se crea La Empresa de Radio Telégrafos y Teléfonos Ecuador (ERTTE), cuyo propósito principal era poner al día el sistema de comunicaciones internacionales, pero para el año de 1963 está cambió su nombre a Empresa Nacional de Telecomunicaciones (ENTEL) . De igual manera la empresa All America Cable and Radio fue nacionalizada en 1970 y cambió su nombre a Cables y Radio del Estado.

Para 1971 el gobierno fusionó ENTEL, ETQ, ETG y Cables y Radio del Estado en dos compañías regionales bajo el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. En octubre de 1972, el gobierno nacional creó el Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones (IETEL).

En el año de 1992 hubo una reestructuración en las telecomunicaciones del país, ya que el congreso aprobó una Ley Especial de Telecomunicaciones, en la cual se mantuvieron los servicios básicos de telecomunicaciones como un monopolio exclusivo del Estado, para esto IETEL se transformó en EMETEL (Empresa Estatal de Telecomunicaciones). Otro aspecto importante de esta ley fue la separación de las funciones de operación de las funciones de regulación y control, asignadas a un ente creado para el efecto y denominado Superintendencia de Telecomunicaciones

El 3 de octubre de 1996 la Empresa Estatal de Telecomunicaciones EMETEL se transformó en la sociedad anónima EMETEL S.A. pasando las acciones del Estado al Fondo de Solidaridad. El 18 de noviembre de 1997 EMETEL S.A se dividió en dos compañías operadoras ANDINATEL S.A. y PACIFICTEL S.A.

El 30 de agosto de 1995 La Ley Reformativa a la Ley Especial de Telecomunicaciones publicada en Registro Oficial N° 770 crea el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), como ente administrador y regulador de las telecomunicaciones; la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones como el encargado de la ejecución de la política de las telecomunicaciones y la Superintendencia de Telecomunicaciones como ente de control.

3.2 Marco regulatorio en el Ecuador

En la actualidad las telecomunicaciones en el Ecuador y principalmente la administración del Espectro Radioeléctrico están regidas por las siguientes leyes y reglamentos:

- Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada
- Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada
- Reglamento de Radiocomunicaciones
- Plan Nacional de Frecuencias

3.2.1 Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada

En vista de que las telecomunicaciones en todo el mundo tenían gran desarrollo, no solo tecnológicamente sino regulatoriamente, el Ecuador no se podía quedar rezagado, además, era necesario un marco legal que asegure una adecuada regulación de los servicios de telecomunicaciones en el país, en tanto se creó la Ley Especial de Telecomunicaciones el 10 de agosto de 1992, la cual fue reformada en 1995 y se encuentra vigente hasta la actualidad.

Esta tiene como objetivo reglamentar las telecomunicaciones en el Ecuador, la instalación, operación, utilización y desarrollo de toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, imágenes, sonidos e información de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos. Divide a los servicios abiertos a la correspondencia pública de la siguiente manera:

- **Servicios finales de telecomunicaciones:** Son aquellos servicios de telecomunicación que proporcionan la capacidad completa para la comunicación entre usuarios, incluidas las funciones del equipo terminal y que generalmente requieren elementos de conmutación.
- **Servicios portadores:** Son los servicios de telecomunicación que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación de red definidos.

Un punto muy importante de esta ley es el Régimen de Libre Competencia, en el cual se indica que todos los servicios de telecomunicaciones son de régimen de libre competencia, es decir, queda prohibido el monopolio de los mismos, así como la competencia desleal, con lo cual se garantiza un servicio eficiente y de calidad.

La Ley Especial de Telecomunicaciones creó tres organismos orientados a la regulación y control del sector que son: Consejo Nacional De Telecomunicaciones, Secretaría Nacional De Telecomunicaciones y la Superintendencia De Telecomunicaciones. Mientras que la Ley de Radiodifusión y Televisión creó el CONARTEL, ente encargado de la administración de esos servicios. [19]

3.2.1.1 Consejo Nacional De Telecomunicaciones (CONATEL)

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones es el ente encargado de dictar las políticas de telecomunicaciones en el país y es el representante legal del Ecuador ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

Entre las funciones más importantes del CONATEL tenemos:

- Establecer las políticas del Estado con relación a las Telecomunicaciones.
- Consolidar la apertura del mercado de las telecomunicaciones en el país.
- Aprobar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones.
- Aprobar el plan de frecuencias y de uso del espectro radioeléctrico.
- Aprobar las normas de homologación, regulación y control de equipos y servicios de telecomunicaciones.
- Realizar los reglamentos necesarios para la interconexión de las redes.

3.2.1.2 Secretaría Nacional De Telecomunicaciones (SENATEL)

Es el organismo encargado de la ejecución de la política de telecomunicaciones que son expedidas por el CONATEL en el país. Entre sus funciones tenemos:

- Ejercer la gestión y administración del espectro radioeléctrico.
- Cumplir y hacer cumplir las resoluciones del CONATEL.
- Elaborar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones, el Plan de Frecuencias y de uso del espectro Radioeléctrico.
- Suscribir los contratos de concesión para la explotación de servicios de telecomunicaciones.
- Suscribir los contratos de autorización y/o concesión para el uso del espectro radioeléctrico.
- Otorgar la autorización necesaria para la interconexión de las redes.

3.2.1.3 Superintendencia De Telecomunicaciones (SUPTEL)

Es el ente encargado de controlar los servicios de telecomunicaciones y el uso del espectro radioeléctrico, velando por el interés general para contribuir al desarrollo del sector y del país. Es un organismo técnico con autonomía administrativa, económica y financiera y personería jurídica de derecho público, encargado de controlar instituciones públicas y privadas, a fin de que las actividades económicas y los servicios que presten, se sujeten a la Ley y atiendan el interés general. Sus funciones están distribuidas en dos partes:

Según la ley reformativa a la ley especial de telecomunicaciones:

- Controlar y monitorear el uso del espectro radioeléctrico.
- Controlar las actividades técnicas de los operadores de los servicios de telecomunicaciones.
- Controlar la correcta aplicación de los pliegos tarifarios.
- Supervisar el cumplimiento de las concesiones y permisos otorgados para la explotación del servicio de telecomunicaciones.

Según la ley reformativa a la ley de radiodifusión y televisión:

- Administrar y controlar las bandas del espectro radioeléctrico destinadas por el Estado para radiodifusión y televisión.
- Realizar el control técnico y administrativo de las estaciones de radiodifusión y televisión.
- Imponer las sanciones que le faculte esta ley y los reglamentos.
- Suscribir contratos de concesión de frecuencia para estación de radiodifusión o televisión o de transferencia de la concesión.

3.2.1.4 Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL)

El Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL) es el organismo encargado de otorgar frecuencias para radio y televisión, es responsable de regular y autorizar los medios, sistemas y servicios de radiodifusión y televisión, en todo el

territorio nacional, haciendo cumplir las leyes y reglamentos a fin de satisfacer las necesidades de los usuarios.

Es el ente encargado de regular y autorizar los servicios de radiodifusión y televisión de forma justa, eficiente y a la par del desarrollo tecnológico, para beneficio del concesionario y del Estado. Entre sus funciones tenemos:

- Aprobar la concesión de los medios, sistemas y servicios de radiodifusión y televisión.
- Aprobar el Reglamento de Tarifas para concesionarios de canales, frecuencias, medios, sistemas y servicios de radiodifusión y televisión.
- Conocer y resolver las ponencias y demás criterios oficiales que presente la Superintendencia de Telecomunicaciones en el ámbito nacional e internacional sobre asuntos pertenecientes a la radiodifusión y televisión.
- Aprobar los proyectos de acuerdos o convenios bilaterales o multilaterales con otros organismos nacionales e internacionales.

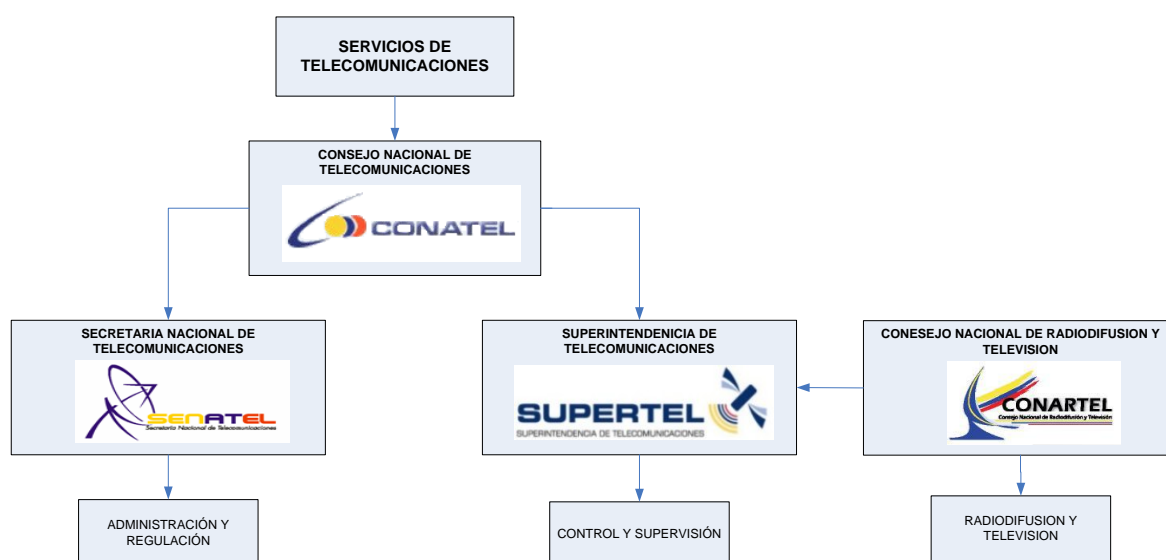


Figura. 3. 1.Estructura de los organismos de telecomunicaciones en el Ecuador

3.2.2 Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada

El Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones tiene como objetivo determinar normas y procedimientos generales aplicables a las funciones de planificación, regulación, gestión y control de la prestación de servicios de telecomunicaciones y la operación, instalación y explotación de toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, imágenes, datos y sonidos por cualquier medio.

La Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, divide los servicios de telecomunicaciones en servicios finales y portadores, los cuales requieren de un título habilitante para prestar los servicios que realicen.

Los servicios públicos de telecomunicaciones son todos aquellos de los cuales el Estado garantiza su prestación, tales como telefonía fija local, nacional e internacional, estos tienen prioridad sobre todos los demás servicios de telecomunicaciones en la obtención de títulos habilitantes.

Además en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones se definen los servicios de valor agregado, que son aquellos que utilizan servicios finales de telecomunicaciones e incorporan aplicaciones que permiten transformar el contenido de la información transmitida. Esta transformación puede incluir un cambio neto entre los puntos extremos de la transmisión en el código, protocolo o formato de la información. Al igual que los otros servicios de telecomunicaciones, también requieren de un título habilitante para operar.

Los títulos habilitantes para los servicios de telecomunicaciones consisten en concesiones y permisos. Las concesiones se otorgan en los siguientes casos: Prestación de servicios finales, prestación de servicios portadores, asignación del espectro radioeléctrico. Los permisos son dados en: Prestación de servicios de valor agregado, instalación y operación de redes privadas.

Además, en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones se especifican ciertos aspectos tales como el Régimen del Servicio Universal, el cual está financiado con recursos provenientes del Fondo para el Desarrollo de las

Telecomunicaciones en Áreas Rurales y Urbano-Marginales FODETEL; el Régimen de Interconexión y Conexión en el cual se indica la obligatoriedad de los prestadores de servicios de telecomunicaciones la interconexión, entre otros. [20]

3.2.3 Reglamento de Radiocomunicaciones

El espectro radioeléctrico constituye un recurso natural de propiedad del Estado, y al ser este muy limitado requiere de una reglamentación que permita su correcta utilización, sin causar interferencia a otros servicios, ni perjuicios a terceros.

Debido a lo expuesto se creó el Reglamento de Radiocomunicaciones, mediante el cual se regula dentro del territorio nacional el uso del espectro radioeléctrico de una manera eficaz y eficiente, para obtener el máximo beneficio de este recurso.

De acuerdo a este reglamento los sistemas de radiocomunicación se clasifican en: Sistemas Privados y Sistemas de Explotación.

Los Sistemas Privados son aquellos que están destinados para uso exclusivo del usuario. Se considerarán también sistemas privados los sistemas de radiocomunicación para ayuda a la comunidad. Los Sistemas de Explotación son aquellos que están destinados a dar servicio al público en régimen de libre competencia.

Para poder hacer uso de frecuencias una persona natural o jurídica necesita de una autorización dada por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones. Para lo cual el interesado debe presentar una solicitud por escrito y cumplir con los requisitos de carácter legal, técnico y económico que establezca el CONATEL.

Los contratos de autorización de uso de frecuencias para los Sistemas de Radiocomunicación tienen una duración de cinco años. El contrato de autorización podrá ser renovado previa solicitud del concesionario. Si el usuario lo desea puede realizar modificaciones al contrato de autorización siempre y cuando no se cambie el objeto del mismo.

Existen algunos sistemas que no requieren autorización para su operación, estos son aquellos que utilicen equipos de radiocomunicaciones con potencias menores a 100 mW sin antenas directivas y que no correspondan a sistemas de última milla y los que operen al interior de locales, edificios y en general áreas privadas con potencias menores a 300 mW sin antenas exteriores. [21]

3.2.4 Plan Nacional de Frecuencias

El Plan Nacional de Frecuencias del Ecuador establece las normas para la atribución de las bandas, subbandas y canales radioeléctricos para los diferentes servicios de radiocomunicaciones, adjudicaciones y reserva de frecuencias para usos específicos, calendarios de ocupación y migración de bandas, adaptabilidad a las nuevas tecnologías convirtiéndose éste en el documento de referencia para normalizar a los usuarios del espectro radioeléctrico.

El objetivo principal del Plan Nacional de Frecuencias es el de proporcionar las bases para un proceso eficaz de gestión del espectro radioeléctrico y asegurar una utilización óptima del mismo; así como, la prevención de interferencias perjudiciales entre los distintos servicios.

El Plan Nacional de Frecuencias (PNF) es el documento que expresa la soberanía del Estado Ecuatoriano en materia de administración del espectro radioeléctrico utilizado en los diferentes servicios de radiocomunicaciones dentro del país y hacia su entorno internacional. Recoge las recomendaciones de organismos internacionales principalmente las de la UIT a través del Reglamento de Radiocomunicaciones de esa entidad.

En el PNF se tratará las necesidades de los servicios tales como la telefonía fija inalámbrica, las telecomunicaciones móviles terrestres y vía satélite, los servicios integrados que vendrán con los Servicios de Comunicación Personal, Sistemas Móviles Internacionales de Telecomunicaciones (IMT-2000), los nuevos sistemas troncalizados, los nuevos servicios según el concepto de última milla, espectro ensanchado, etc.

El Plan Nacional de Frecuencias contiene la información necesaria para permitir a las personas naturales o jurídicas interesadas en el uso del espectro radioeléctrico, disponer de una guía de atribuciones de bandas para los servicios radioeléctricos.

El PNF consta de tres partes: La primera parte corresponde a los términos y definiciones establecidas por la UIT. La segunda parte corresponde al Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias en el rango de 9 kHz – 1000 GHz.. La tercera parte corresponde a la descripción de las Notas de pie de cuadro tanto nacionales (notas EQA) como internacionales, las cuales establecen las normas, estándares, aplicaciones específicas, parámetros técnicos y prioridades de utilización de los servicios en cada una de las bandas, así como previsiones futuras del uso del espectro radioeléctrico.

3.3 Administración del Espectro Radioeléctrico

En virtud de que el espectro radioeléctrico es un recurso limitado se requiere de procedimientos a través de los cuales se otorguen, en forma transparente y ordenada las concesiones para su uso, explotación y aprovechamiento eficiente. Es por eso que se creó la Unión Internacional de Telecomunicaciones, que es el ente encargado, entre otras cosas de coordinar la administración de este recurso a nivel internacional.

3.3.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones

La UIT es la organización más importante de las Naciones Unidas en lo que concierne a las tecnologías de la información y la comunicación. En su calidad de coordinador mundial de gobiernos y sector privado, la función de la UIT abarca tres sectores fundamentales, a saber: radiocomunicaciones, normalización y desarrollo.

Inicialmente llamada Unión Telegráfica Internacional, fue establecida en París en 1867 .El día 3 de septiembre de 1932 se inició en Madrid (España) la reunión conjunta de la XIII Conferencia de la Unión Telegráfica Internacional (UTI) y la III de la Unión Radiotelegráfica Internacional (URI) y el día 9 de diciembre del mismo año, en virtud de los acuerdos alcanzados en dicha reunión, se firmó el Convenio por el que se creaba la Unión Internacional de Telecomunicaciones que en el futuro sustituiría a los dos organismos anteriores (UTI y URI). El nuevo nombre comenzó a utilizarse a partir de enero de 1934.

La UIT tiene su sede en Ginebra (Suiza) y está formada por 191 Estados Miembros y más de 700 Miembros de sector y asociados. En esta organización, los gobiernos y el sector privado coordinan las redes y los servicios mundiales de telecomunicaciones. La UIT realiza las siguientes labores:

- Asigna el espectro de la radiofrecuencia y registra las radiofrecuencias asignadas.
- Efectúa un registro ordenado de las posiciones asignadas por los países a los satélites geoestacionarios.
- Coordina los esfuerzos encaminados a armonizar el desarrollo de las telecomunicaciones, especialmente las que emplean técnicas especiales, a fin de aprovechar cabalmente todas las posibilidades.
- Promueve el establecimiento y mejoramiento de equipos y redes de telecomunicación en los países en desarrollo.
- Emprende estudios, aprueba reglamentos y formula recomendaciones y opiniones sobre cuestiones relativas a las telecomunicaciones.

Está compuesta por tres sectores: UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones), UIT-D (Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones), UIT-R (Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones) [22]

3.3.1.1 UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones)

Las Recomendaciones del UIT-T constituyen los cimientos de las actuales tecnologías de la información y las comunicaciones. Estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica normativa sobre los mismos, con vista a la normalización de las telecomunicaciones a nivel mundial.

3.3.1.2 UIT-D (Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones)

Es el encargado de promover y ofrecer asistencia técnica a los países en desarrollo en la esfera de las telecomunicaciones, promover la movilización de los recursos humanos y financieros necesarios para desarrollar las telecomunicaciones y hacer que los beneficios de las nuevas tecnologías lleguen a todos los pueblos del mundo.

3.3.1.3 UIT-R (Sector de Normalización de las Radiocomunicaciones)

El Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) es el encargado de la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los que emplean órbitas de satélites, así como realizar estudios y adoptar Recomendaciones sobre las radiocomunicaciones.

Otra de sus funciones es garantizar el funcionamiento sin interferencias de los sistemas de radiocomunicaciones, lo que se logra mediante la aplicación del Reglamento de Radiocomunicaciones y los Acuerdos Regionales, así como mediante la debida y puntual actualización de estos instrumentos a través de los procesos de las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones. Asimismo, se estudian los modos y maneras de conservar el espectro y asegurarse de que se deja margen para futuras ampliaciones y nuevos desarrollos tecnológicos.

Para normalizar el sector se crean “Recomendaciones”, cuyo objetivo es garantizar la necesaria calidad y eficacia del funcionamiento de los sistemas de radiocomunicaciones. Estas son el resultado de estudios efectuados por las Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones sobre:

- Utilización de una amplia gama de servicios inalámbricos, incluyendo las nuevas tecnologías de comunicación móvil.
- Gestión del espectro de radiofrecuencia y las órbitas de satélite.
- Uso eficaz del espectro de radiofrecuencia por todos los servicios de radiocomunicaciones.
- Radiodifusión terrenal y las radiocomunicaciones por satélite.
- Propagación de las ondas radioeléctricas.
- Sistemas y las redes para el servicio fijo por satélite, para el servicio fijo terrestre y para el servicio móvil terrestre.
- Operaciones espaciales, el servicio de exploración de la Tierra por satélite, el servicio de meteorología por satélite y el servicio de radioastronomía.

Las Recomendaciones UIT-R se aprueban por consenso entre los Estados Miembros de la UIT. Su aplicación no es obligatoria; sin embargo, puesto que éstas son elaboradas por expertos de las administraciones, los operadores, el sector industrial y otras organizaciones dedicadas a las radiocomunicaciones en todo el mundo, disfrutan de una prestigiosa reputación y se aplican a escala mundial.

3.3.2 Administración del Espectro Radioeléctrico en el Ecuador

La administración del espectro radioeléctrico en el Ecuador esta dado por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, la cual mediante la Ley Especial de Telecomunicaciones, el Reglamento General a la Ley de Telecomunicaciones, el Reglamento de Radiocomunicaciones y el Plan Nacional de Frecuencias regulan el uso del mismo.

A continuación se detalla como están atribuidas las bandas de frecuencias en las que operan las principales tecnologías para Redes de Acceso Inalámbricas en el Ecuador según el Plan Nacional de frecuencias de marzo del 2008, para esto se tomó en consideración las notas EQA, que son notas nacionales relacionadas al cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias. Hay que tomar en cuenta que en nuestro país las frecuencias son asignadas por servicio más no por tecnología.

Tabla. 3. 1. Asignación de frecuencias de las Redes de Acceso Inalámbricas en el Ecuador

Red de Acceso	Banda de Frecuencia	Servicio en el PNF	Categoría del Servicio	Nota Nacional
Acceso Vía Satélite	148-149.9 MHz	Móvil por satélite (tierra-espacio)	Primario	EQA.25
	1518 – 1525 MHz	Móvil por satélite (espacio-tierra)	Primario	EQA.50
	3700 – 4200 MHz	Fijo por satélite (espacio-tierra)	Primario	EQA.50
	18,4-18,9 GHz			
	5925 – 6425 MHz			
	14,4 -14,5 GHz			
	17,7 – 18,4 GHz	Fijo por satélite (espacio-tierra) y (tierra espacio)	Primario	EQA.50
	137 – 137,025 MHz	Móvil por satélite (espacio-tierra).	Primario	EQA.105
	137,175 – 137,825 MHz			
	1525 – 1559 MHz			
	149,9 – 150,05 MHz			
	1610 – 1660,5 MHz	Móvil por satélite (espacio-tierra)	Secundario	EQA.105
	137,025 – 137,175 MHz			
	137,825 – 138 MHz			
	1613,8 – 1626,5 MHz			
	5850 – 5925 MHz	Fijo por satélite (tierra-espacio)	Primario	EQA.105
	12,849 – 13,25 GHz			
	13,75-14,4 GHz			
	17,3 – 17,7 GHz			
	28,35 – 29,1 GHz			
29,25 – 31 GHz,				
10,7 – 12,2 GHz	Fijo por satélite (espacio-tierra)	Primario	EQA.105	

Red de Acceso	Banda de Frecuencia	Servicio en el PNF	Categoría del Servicio	Nota Nacional
	18,9-21,2 GHz			
	6425 – 6700 MHz			
	12,7 – 12,849 GHz			
	27 – 27,5 GHz			
	27,5 – 28,35 GHz			
	29,1 – 29,25 GHz	Fijo por satélite (tierra-espacio)	Primario	EQA.110
Acceso Móvil	824 – 849 MHz			
	869 – 894 MHz			
	1 710 - 2 025 MHz	Sistemas IMT (Internacional Mobile Telecommunications)	Primario	EQA.85
	2 110 – 2 200 MHz			
LMDS	27,5 – 28,35 GHz			
	29,1 – 29,25 GHz	FIJO para la operación de sistemas fijos punto – multipunto	Primario	EQA.135
	31 – 31,3 GHz			
MMDS	2 500 – 2 686 MHz	Sistemas de televisión codificada terrestre para el servicio FIJO	Primario	EQA.115
WLL/WiMAX	3400-3700 MHz	Sistemas FWA(Fixed Wireless Access)	Primario	EQA.60
	2 400 – 2 483,5 MHz			
	5 725 – 5 850 MHz	Modulación Digital de Banda Ancha	Secundario	EQA.90
WiFi/Bluetooth/UWB	No necesita ser concesionado ya que son sistemas que usa menos de 100 mW			
WiBro	No existe regulación para este servicio en el Ecuador			

En el cuadro anterior se pueden diferenciar como están atribuidas las bandas de frecuencias para las redes de acceso inalámbricas en el Ecuador.,

Las redes de acceso vía satélite poseen diferentes bandas de frecuencias, para la aplicación en el servicio como Móvil por satélite y Fijo por satélite, tomando en cuenta que cuando el servicio es “espacio-tierra” estas frecuencia son las usadas para transmitir desde el satélite hacia la estación terrena, mientras que las frecuencias “tierra-espacio” son las frecuencias que se usan para transmitir de la estación terrena hacia el satélite.

La categoría del servicio nos indica que prioridad tienen con relación a otros que se encuentran en esta misma banda de frecuencia; así, los servicios secundarios no deben causar interferencia perjudicial a las estaciones de un servicio primario a las que se les hayan asignado frecuencias con anterioridad o se les puedan asignar en el futuro. Las bandas de frecuencias en la que se efectúan la mayoría de asignaciones de este servicio en el Ecuador son las bandas C (4 a 8 GHz) y en la banda Ku (12.5 a 18 GHz).

En lo que tiene que ver con las Redes de Acceso Móviles, estas se relacionan con los Sistemas IMT, que es un estándar de la UIT basado en los sistemas de tercera generación y su evolución, estos consolidan y unifican los diversos e incompatibles ambientes móviles de hoy a una infraestructura de Red y Radio capaz de ofrecer un amplio rango de servicios a escala global. Las bandas de frecuencias concesionadas para cada operador celular que operan en nuestro se dividen de la siguiente manera:

Las operadoras del Servicio de Telefonía Móvil Celular CONECEL S.A. (Porta) y OTECEL S.A. (Movistar) tienen concesionadas sus frecuencias esenciales en la banda de 850 MHz de acuerdo a lo expuesto a la figura No. 3.2.

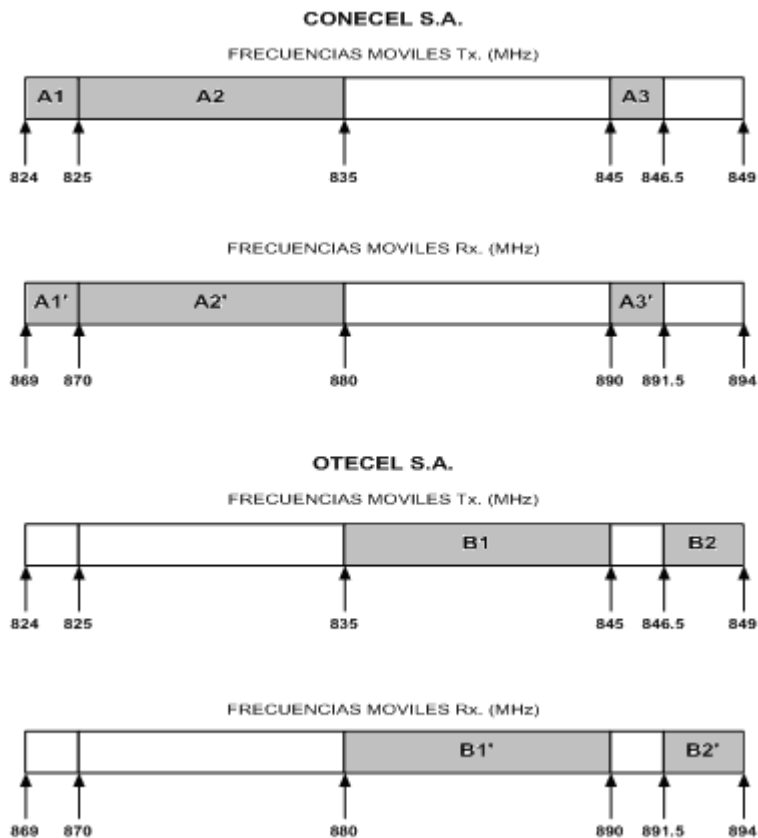


Figura. 3. 2. Bandas de frecuencias de CONECEL S.A. y OTECEL S.A. en la banda 850 MHz

Adicionalmente, fue asignado un bloque de 10 MHz en la banda de 1900 MHz a cada operador de acuerdo a la siguiente figura.

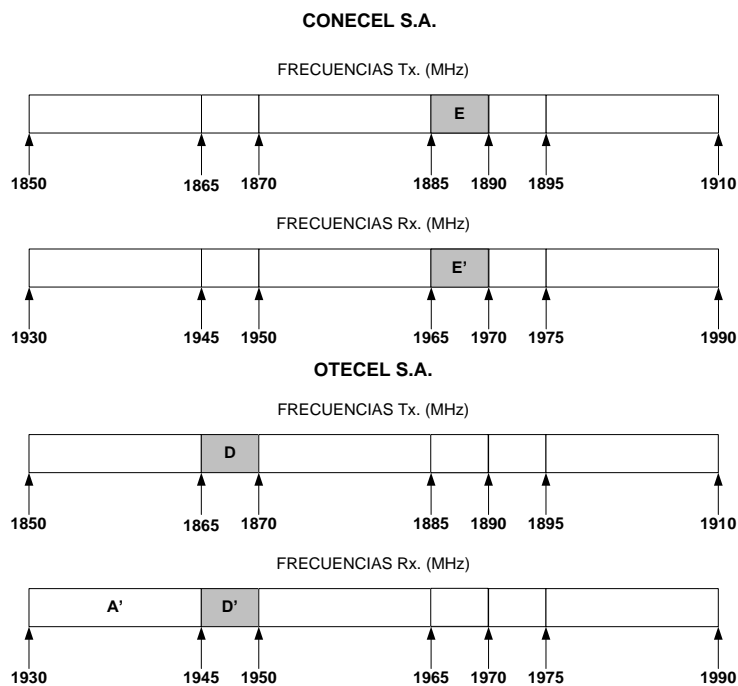


Figura. 3. 3. Bandas de frecuencias de CONECEL S.A. y OTECEL S.A. en la banda 1900 MHz

La operadora celular TELECSA S.A. tiene asignada bandas de frecuencias en el rango de 1900 MHz de la siguiente manera.

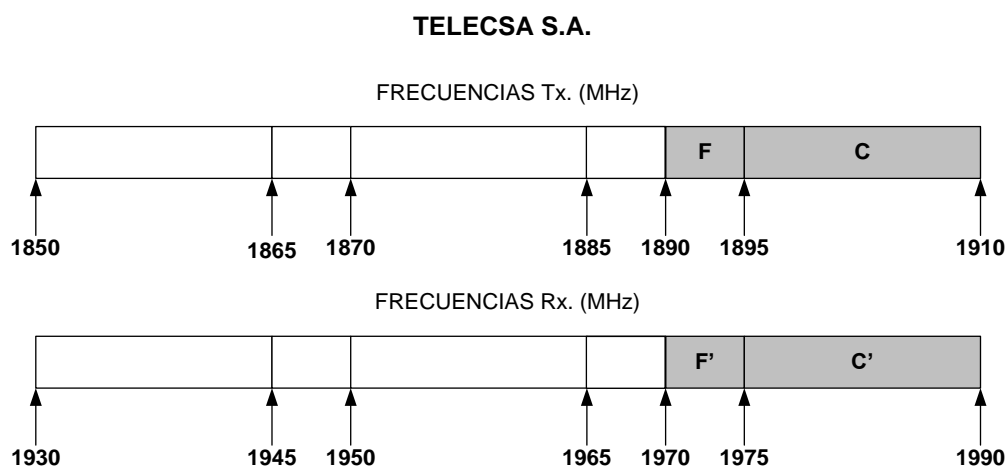


Figura. 3. 4. Bandas de frecuencias de TELECSA S.A.

Cabe mencionar, que el bloque F – F' esta otorgado a TELECSA S.A.; sin embargo no se ha suscrito aún el contrato de concesión respectivo y adicionalmente, se autorizó a OTECEL S.A. temporalmente la operación de 5 MHz (1890-1895 MHz y 1970 – 1975 MHz) en noviembre de 2006 por un periodo de 18 meses y los 5 MHz restantes (1905 – 1910 MHz y 1985 – 1990 MHz) se autorizó el arrendamiento a la misma empresa en diciembre de 2007, como se puede ver en la siguiente figura.

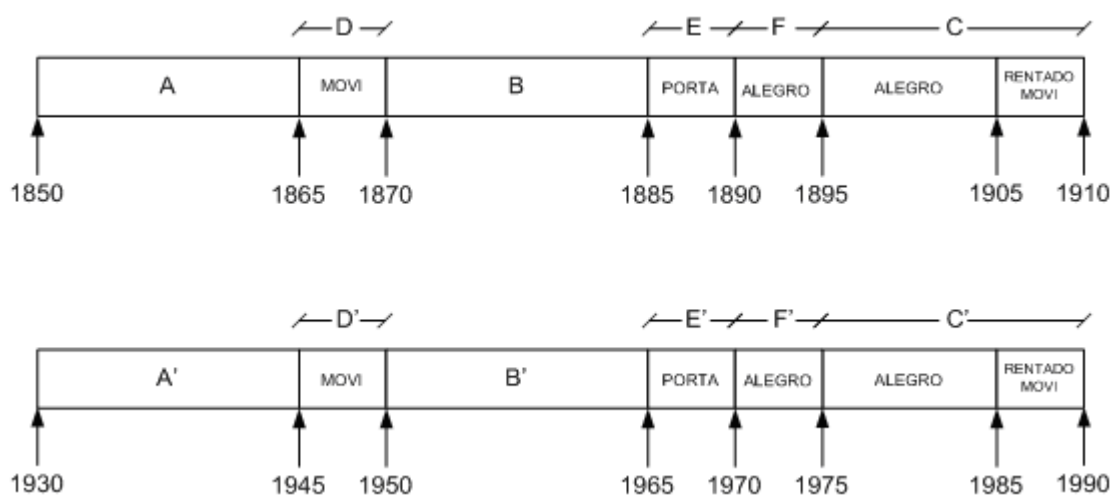


Figura. 3. 5. operadores Celulares en la banda 1900 MHz

Los sistemas LMDS en el Ecuador, usan las bandas de frecuencias asignadas por la FCC (Federal Communications Commission), que son los bloques A y B, como se explicó en el Capítulo 2, este servicio es autorizado para la operación de sistemas fijos punto – multipunto.

Redes de Acceso como la MMDS, son utilizadas principalmente para dar servicios de televisión codificada terrestre, estos operan en la banda de 2.5 – 2.686 GHz.

En el Ecuador redes de acceso como WLL y WiMAX, operan en la banda 3.4 – 3.7 GHz, según el Plan Nacional de Frecuencias estos servicios son llamados FWA (Fixed Wireless Acces), que son sistemas de acceso inalámbricos fijos, con lo cual están aptos para funcionar en estas frecuencias. WiMAX y WLL también trabajan en las bandas de 2.4 GHz y 5.8 GHz, en el Ecuador estas bandas están reservadas para sistemas que usen Modulación Digital de Banda Ancha, por lo que las bandas autorizadas para estos sistemas según el Plan Nacional de Frecuencias son 2.4 – 2.4835 GHz y 5.725- 5.850 GHz .

Sistemas como Wifi, Bluetooth, UWB, usan menos de 100 mW de potencia y operan en el interior de locales, por lo que según el Reglamento de Radiocomunicación, estos sistemas no necesitan de una autorización y pueden funcionar libremente. En el caso de WiBro que es un sistema inalámbrico móvil, todavía no están definidos los parámetros regulatorios para su funcionamiento en el Ecuador.

3.4 Tipos de Concesión

De conformidad con la Ley Especial de Telecomunicaciones, los servicios de telecomunicaciones se clasifican en:

Servicios finales:

- Servicio de Telefonía Móvil Celular
- Servicio Móvil Avanzado
- Servicio de Telefonía Fija Local
- Servicio Telefónico de Larga Distancia Internacional.

- Servicios finales de telecomunicaciones a través de terminales de telecomunicaciones de uso público.
- Servicios de telecomunicaciones fijo y móvil por satélites no geostacionarios que se prestan directamente a usuarios finales a través de sistemas globales.

Servicios portadores:

- Portadores Nacionales.
- Portadores regionales: estos son de ámbito provincial, con excepción de las provincias de Guayas (Guayaquil; resto de Guayas), Azuay (Cuenca; resto de Azuay), y Pichincha (Quito; resto de Pichincha).¹²

A más de los servicios descritos, existen otros servicios y sistemas que el CONATEL se encarga de regular entre los cuales se puede mencionar: Concesión de servicios de telecomunicaciones, radiocomunicaciones (uso de frecuencias del espectro radioeléctrico), sistemas troncalizados, sistemas buscapersonas, sistemas comunales de explotación, prestación de Servicios de Valor Agregado (Acceso a Internet; Audiotexto; otros), operación de redes privadas, centros de acceso a Internet (Cibercafés), comercio electrónico, provisión de segmento espacial de sistemas de satélites geostacionarios, provisión de capacidad de cable submarino, interconexión, reventa de servicios de telecomunicaciones, entre otros.

El otorgamiento de concesiones de los servicios de telecomunicaciones en el Ecuador se basa en los siguientes reglamentos:

- Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada (Título VIII, De las normas comunes para el otorgamiento de títulos habilitantes).
- Reglamento para otorgar concesiones de los servicios de telecomunicaciones.
- Reglamento específico del servicio a concesionarse.

Para poder prestar cualquier clase de los servicios de telecomunicaciones y hacer uso de las frecuencias radioeléctricas en el Ecuador, se requiere de un título habilitante según el tipo de actividad de que se trate. Para lo cual como se había mencionado anteriormente existen dos clases de títulos habilitantes que son:

¹² Esta normativa se encuentra siendo revisada por la SENATEL

3.4.1 Concesiones

Es una delegación del Estado para la instalación, prestación y explotación de servicios finales y portadores de telecomunicaciones y la asignación del espectro radioeléctrico correspondiente, mediante la suscripción de un contrato autorizado por el CONATEL y realizado por la SENATEL, con una persona natural o jurídica domiciliada en el Ecuador y que tenga capacidad legal, técnica y financiera. Los contratos de concesión tendrán una duración máxima de 15 años.

Las concesiones son necesarias para:

- Prestación de servicios finales
- Prestación de servicios portadores
- La asignación del espectro radioeléctrico.

Existen tres clases de procesos concesión referente al espectro radioeléctrico que son:

- Adjudicación directa.
- Proceso público competitivo de ofertas.
- Proceso de subasta pública de frecuencias.

Cuando exista un número mayor de interesados al número de concesiones que pueden ser otorgadas o exista restricción en la disponibilidad de frecuencias o bandas de frecuencias, las concesiones serán otorgadas por proceso público competitivo de ofertas, o una subasta pública de frecuencias

El proceso de subasta pública de frecuencias se da exclusivamente para el otorgamiento en concesión de uso de espectro radioeléctrico por bandas o subbandas de frecuencias para la prestación, en concesión, de un servicio de telecomunicaciones.

Las concesiones que no requieran espectro radioeléctrico podrán estar sujetas a procesos competitivos cuando así lo exijan las condiciones de mercado y lo determine el CONATEL.

3.4.2 Permisos

El permiso es un título habilitante mediante el cual la SENATEL, previa decisión del CONATEL, autoriza a una persona natural o jurídica para operar una red privada o prestar servicios de valor agregado.

El plazo de duración de los títulos habilitantes para la prestación de servicios de valor agregado será de diez años

Las redes privadas son aquellas utilizadas por personas naturales o jurídicas exclusivamente, con el propósito de conectar distintas instalaciones de su propiedad que se hallen bajo su control. Puede ser utilizada para la transmisión de voz, datos, sonidos, imágenes o cualquier combinación de éstos. El plazo de duración de los permisos es de cinco años.

Es importante tomar en cuenta que para la operación de sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha la SENATEL por delegación del CONATEL emite un certificado de registro. En este certificado se encuentra una descripción detallada del sistema a registrarse, este tiene una duración de 5 años.

3.5 Aspectos de mercado

3.5.1 Sistemas WiMax

En los últimos años WiMAX a tenido un crecimiento comercial considerable es así que creció un 46% durante el pasado año 2007, con unas ventas a nivel mundial de equipos fijos y móviles que generaron 800 millones de dólares.

Según datos de recogidos por *Infonetics Research*¹³ la tecnología ha llegado ya a más de 80 países y se prevé que la red comercial continúe creciendo en tamaño y en número durante el 2008, y pueda llegar a alcanzar un valor de mercado de 7.700 millones de dólares en el año 2011.

¹³ Infonetics Research es una prestigiosa empresa de investigación de mercados, especializada en telecomunicaciones

Entre algunos aspectos importantes del mercado, se tiene la propuesta presentada por Alcatel-Lucent y Samsung en el Mobile World Congress 2008 celebrado en Barcelona, en el cual se presentó una tecnología que permite enlazar los dispositivos móviles que funcionan con GSM/EDGE, en Redes que operan con Wimax, sin interrumpir la conexión a móvil. En cierta forma, lo que se logra, es hacer roaming entre las dos redes, de forma transparente para el usuario.

Cabe destacar que si la tecnología es lanzada y cumple con las expectativas, permitirá a los operadores que utilizan Wimax, cubrir áreas más extensas a nivel geográfico, convirtiéndolo en un mercado más tentador para los fabricantes de dispositivos.

Toshiba Corporation y Nortel anunciaron un acuerdo para el desarrollo conjunto de estaciones WiMAX enfocadas a los mercados japonés y mundial. Estas estaciones estarán basadas en la tecnología inalámbrica de banda ancha de la siguiente generación de Nortel y en la nanotecnología y tecnología de amplificación de productos Toshiba.

Las nuevas estaciones WiMAX ofrecerán un bajo consumo de energía con buena confiabilidad y proporcionarán equipo en miniatura. Toshiba desarrollará el módulo de radio de las estaciones, con la aplicación de su fortaleza en nanotecnología y amplificación de alta eficiencia. Nortel, por su parte, desarrollará el módulo digital para las estaciones; que cuentan con un amplio potencial en investigación y desarrollo de WiMAX y experiencia en tecnologías OFDM y MIMO que soporta la comunicación inalámbrica de banda ancha con alta velocidad.

3.5.1.1 WiMAX en Latinoamérica

En América Latina ya se ha implementado, tanto experimental como comercialmente WiMAX en varios países.

Argentina: Millicom Argentina (luego Ertach y ahora Telmex), Alvarion e Intel se unieron para crear en el año 2004 en Buenos Aires la Primera Red WiMAX de Latinoamérica. Actualmente, Telmex junto con VeloCom, cubren con sus servicios WiMAX casi toda Argentina gracias a la rápida expansión de este tipo de tecnologías.

Bolivia: La empresa Telecel S.A con su marca TIGO, lanzo en agosto del 2007 su nuevo servicio TIGO WiMAX dando cobertura primeramente en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra con planes de expansión a todo el territorio boliviano.

Chile: Telmex inició oficialmente la comercialización de planes de Internet Banda Ancha y Telefonía, a través de la primera red inalámbrica nacional, con tecnología WiMAX a través de equipos Alcatel y Alvarion, en marzo del 2007. En octubre del 2007 Telmex amplió su tecnología WiMAX con WiMAX Movil. ENTEL (Empresa Nacional de telecomunicaciones) en junio del 2007 comenzó con sus primeros pasos comercializando WIMAX a las pequeñas y medianas empresas.

Colombia: La empresa UNE y las Empresas Públicas de Medellín ofrece comercialmente el servicio desde el 2006 en las principales ciudades de Colombia Además, Telebucaramanga, filial de Telefónica Telecom provee una red mixta de WiMAX-WiFi en la ciudad de Bucaramanga desde el año 2005, siendo la primera en estar en el país y Latinoamérica.

Perú: Telefónica del Perú en la actualidad tiene más de 18 celdas WiMAX de la marca Airspan. La empresa TELMEX PERU, ha implementado tecnología WIMAX, brindando paquetes integrales de Telefonía, Acceso a Internet en Banda Ancha y Transmisión de datos.

Venezuela: Uno de los primeros proveedores de Wimax fue Omnivisión, desplegó la red WiMAX en Caracas junto a Samsung en la banda de 2.5 Ghz. Samsung Electronics Co. Ltd, proveedor de sistemas de Telecomunicaciones y Omnivisión C.A. operador de televisión desarrollaron el servicio WiMAX móvil en Venezuela bajo la marca MOVILMAX, como se explicó es un estándar de última generación y que por ahora está disponible en pocos lugares del mundo.

3.5.1.2 WiMAX en Ecuador

En el Ecuador WiMAX todavía no esta tan explotado como en otros países, el operador WiMAX de mayor tamaño de Ecuador es la empresa PuntoNet, opera en la banda de los 5.8 GHz. PuntoNet ofrece servicios WiMax fijos en ciudades como Quito,

Guayaquil, Cuenca, Santo Domingo, Manta, Portoviejo, Quevedo y Machala y tiene planes de expandirse en el 2008 a 6 ciudades mas y así poder dar este servicio a la mayoría del territorio ecuatoriano. La empresa SETEL también tiene desplegadas celdas WIMAX en las ciudades de Quito y Guayaquil.

Intel ha firmado un acuerdo con la Estación Científica Charles Darwin en Galápagos, para implementar un proyecto piloto de interconexión WiMAX entre las diferentes islas que conforman el archipiélago.

Esta tecnología, permitirá el acceso inalámbrico de banda ancha a Internet en un radio de decenas de kilómetros sin intervenir el ecosistema y se prevé además que la comunidad científica trabaje en línea desde las islas y pueda compartir información en tiempo real.

ECUADORTELECOM (recientemente adquirida por el grupo TELMEX) tienen previsto desarrollar redes metropolitanas con tecnología WiMAX en las ciudades de Quito y Guayaquil.

3.5.2 Sistemas WLL

La Tecnología Wireless Local Loop (WLL) provee enlaces locales sin cables. Mediante sistemas de radio omnidireccional de bajo poder, WLL permite a las operadoras una capacidad de transmisión mayor a un megabit por usuario y más de un gigabit de ancho de banda agregado por área de cobertura.

En América Latina tanto las empresas privadas como las empresas nacionales de telecomunicaciones están explorando las soluciones de Acceso Inalámbrico Fijo (WLL), para satisfacer la demanda de servicios residenciales como también la implantación de teléfonos públicos en comunidades rurales que no cuentan con acceso a los servicios de telecomunicaciones.

En Venezuela por ejemplo Telcel es uno de los mayores operadores que ofrece tecnología Wireless Local Loop para su servicio Telcel.Net Banda Ancha en todas las regiones de Venezuela, el cual permite conexiones a Internet, entre los 256 y 1024 Kbps. A

finales del 2000 y comienzos del 2001 obtuvo las concesiones para prestar estos servicios en las frecuencias 3.400 y 3.600 MHz, gracias a una inversión de 10.1 millones de dólares.

3.5.2.1 WLL en el Ecuador

La subasta de licencias WLL (Wireless Local Loop) efectuada en el Ecuador finalizó con dos de las tres licencias nacionales en concesión adjudicadas a firmas locales.

El mayor operador de televisión por cable del país Consorcio TVCable y Ecuador Telecom fueron los únicos postores de un grupo de siete compañías calificadas. Consorcio TVCable pagó US\$3,17 millones por la licencia de Banda B, mientras que Ecuador Telecom ofertó US\$2,06 millones por la licencia de Banda C. Cada empresa debe invertir un mínimo de US\$40 millones durante los próximos cinco años e instalar al menos 50.000 líneas, una cuarta parte de las cuales debe ubicarse fuera de las ciudades principales: Quito y Guayaquil.

El presidente de TVCable, manifestó que su compañía contempla instalar entre 150.000 y 200.000 líneas durante el mismo período. Entretanto, Ecuador Telecom instalará 75.000 líneas.

Actualmente las empresas concesionarias de estas bandas se encuentran realizando inversiones orientadas a desplegar tecnología WiMax en el espectro disponible.

3.5.3 Redes de Acceso Móviles

3.5.3.1 Sistemas GSM

Fue creado en la década de los ochenta en Europa y lanzado en 1991 por Ericsson, Nokia, Siemens y Alcatel, en los últimos años ha tenido un gran crecimiento en muchos países del mundo

En el 2007, los sistemas de telefonía móvil basados en el estándar GSM ganaron un 2,7% de cuota hasta cubrir al 86,6% de los usuarios móviles de todo el mundo; esto es, 2.844 millones de abonados. Las cifras, reportadas por la Global mobile Suppliers

Association (GSA), indican que en el 2007 se suscribieron 586 millones de personas a servicios GSM.

La telefonía GSM continúa impulsando el crecimiento de abonados móviles en países en desarrollo como Brasil, China, India y Rusia. Concretamente, el país sudamericano registró el mayor aumento, con un 63,1% de la población a finales de 2006 y un 76,5% al finalizar el pasado año.

Respecto a los sistemas WCDMA, la conexión 3G para GSM, copa el 71% de los sistemas de tercera generación con 202 redes en 87 países. Durante 2007 entraron en servicio 73 nuevas redes HSDPA y ya hay más de 100 servicios de banda ancha móvil en Europa.

Según datos obtenidos por 3G Américas, el país con más usuarios en Latinoamérica es Brasil con 74 millones, lo sigue México con 49.2 millones y en tercer lugar Argentina con 31.1 millones, estos datos fueron recopilados hasta mediados del 2007.

3.5.3.1.1 Sistema GSM en el Ecuador

Las tres operadoras de telefonía móvil que operan en el Ecuador ofrecen esta tecnología: Otecel S.A. (Movistar), Conecel S.A. (Porta) y Telecsa (Alegro). La primera incursionó en esta tecnología desde el año 2005, en la actualidad (marzo 2008) posee 2'675.845 clientes usando la tecnología GSM, mientras que Porta trabaja con GSM desde el 2003 y en la actualidad (marzo 2008) tiene 7'165.538 usuarios, por su parte Alegro optó por GSM a inicios del 2008 por lo que solamente posee 35.683 usuarios. Eso significa que en el Ecuador suman cerca de 10 millones de usuarios con tecnología GSM, frente a un total de 32.000 que aún se mantienen con el sistema TDMA y 1.1 millones, con CDMA.

A continuación se muestra una estadística tanto de Otecel como de Conecel, en la cual se muestra el crecimiento de usuarios por tecnología en los últimos años, y claramente se muestra como GSM a sido la de mayor crecimiento a diferencia de tecnologías como CDMA y TDMA que casi ya han desaparecido.

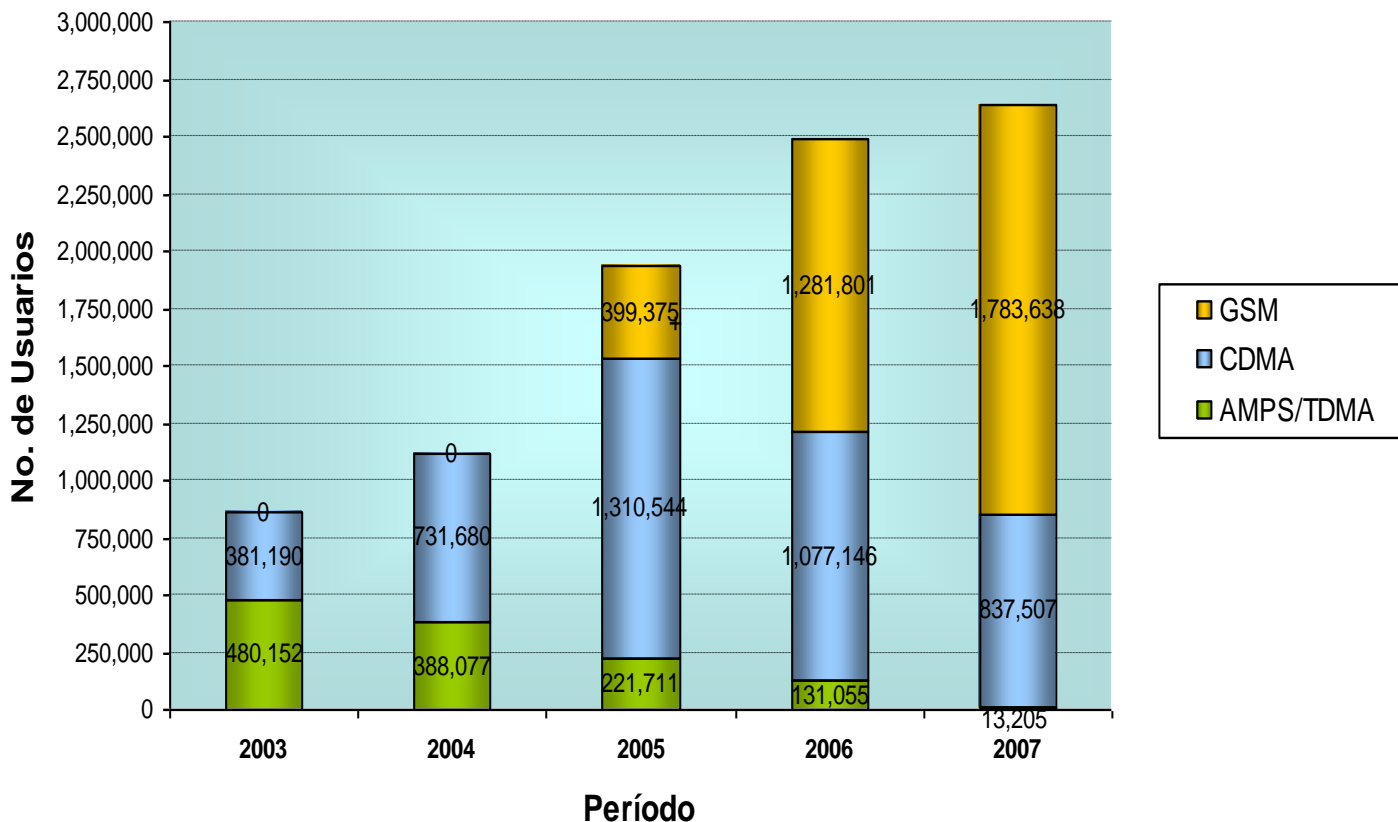


Figura. 3. 6. Usuarios OTECEL S.A por tecnología

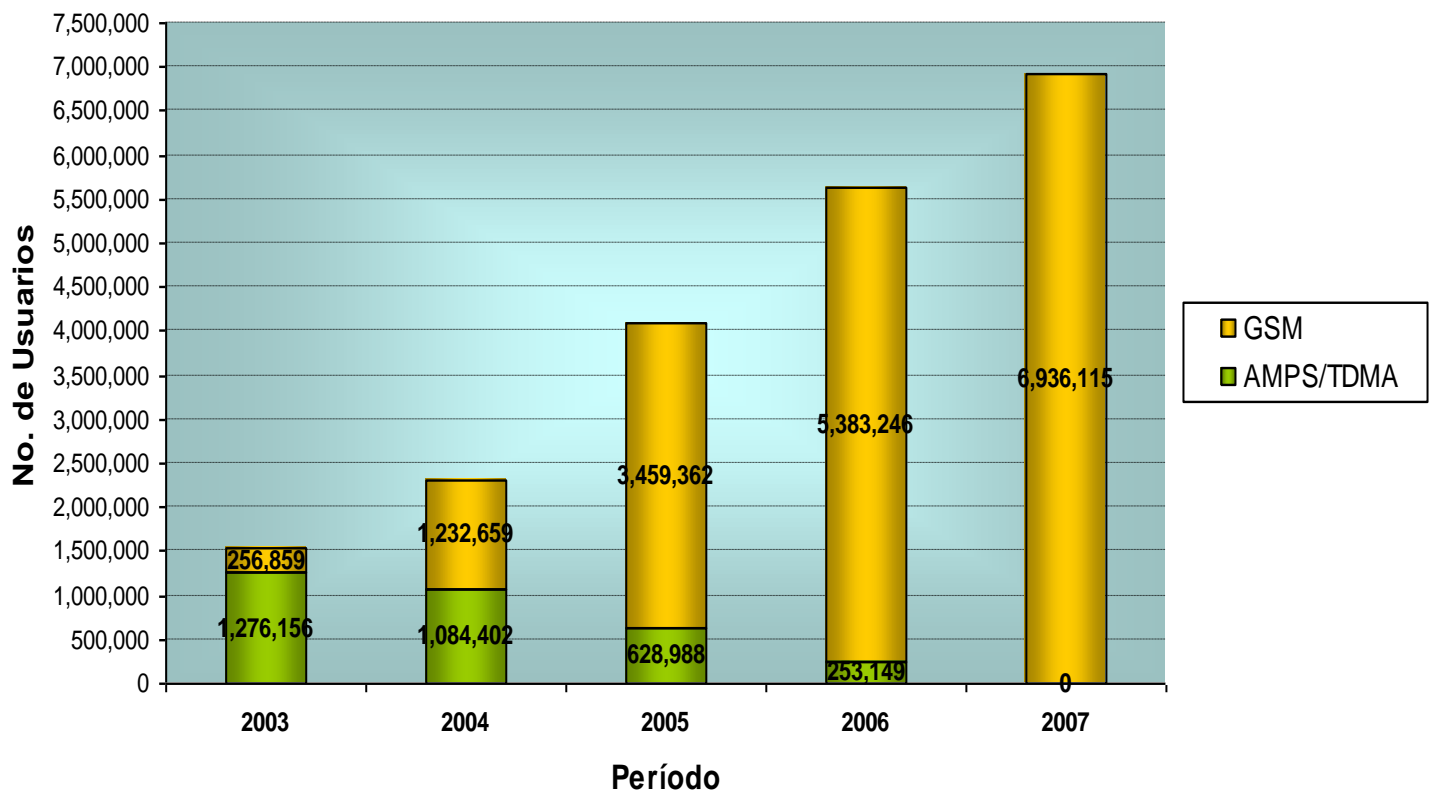


Figura. 3. 7. Usuarios CONCECEL S.A por tecnología

3.5.3.2 Sistemas UMTS/HSDPA

Las transformaciones que suceden actualmente en la sociedad con rumbo a la nueva era de la información, aumentan la demanda por tráfico en las redes para la atención de un número cada vez más grande de usuarios con diversos servicios, reflejado en el sector de telecomunicaciones a través de la evolución permanente de sus sistemas. Es así como los sistemas han tenido un gran avance y han evolucionado a sistemas como UMTS y HSDPA.

A comienzos del año 2008 UMTS/HSDPA alcanzó 200 millones de suscripciones globales y se proyecta a casi 330 millones para el término de 2008 según cifras de Informa Telecoms & Media's World Cellular Information Service, dos de cada tres suscripciones de 3G en el mundo ya utilizan la tecnología UMTS/HSDPA. Esta cifra va en rápido aumento junto con la creciente cantidad de implantaciones de operadores y expansiones de red de esta tecnología líder de banda ancha inalámbrica de alta velocidad.

Por ejemplo en Latinoamérica, específicamente en México a inicios de febrero del 2008 Telcel anunció el lanzamiento comercial de HSDPA inicialmente en cuatro ciudades, con planes de expandir el servicio a nueve ciudades adicionales, para alcanzar un total de trece ciudades con cobertura en esta primera fase de implantaciones de HSDPA. Por su parte América Móvil, la compañía matriz de Telcel, completó ocho redes de 3G UMTS/HSDPA comerciales en América Latina, operadas por Argentina (CTI), Brasil (Claro), Chile (Claro), Colombia (Corcel), El Salvador (Claro), Uruguay (CTI) y Paraguay (CTI).

A lo largo y ancho de América Latina y el Caribe, un total de 17 operadores han lanzado comercialmente UMTS/HSDPA en diez países. Más de 50.000 suscripciones UMTS/HSDPA en la región utilizan servicios de 3G en la actualidad, y esta cifra se incrementaría a más de 5 millones al término de 2008, según Informa Telecoms & Media. Las redes que ofrecen UMTS/HSDPA están basadas en la evolución tecnológica de GSM, que a la fecha tiene el 80% de participación de mercado en esta región, y globalmente representa el 87% del total de suscripciones inalámbricas.

Globalmente, hay 276 operadores con redes UMTS planificadas, en estado de implantación o de prueba, entre ellas 208 disponibles comercialmente en 87 países. Más de

dos tercios de las redes UMTS comerciales se actualizaron a HSDPA, y la implantación de HSUPA es el siguiente paso de esta evolución.

La mayoría de los dispositivos UMTS/HSDPA tienen compatibilidad para roaming global con GSM/GPRS y EDGE, lo que les permite a los clientes acceder en cualquier momento, en cualquier lugar a lo largo y ancho de la mayor parte del mundo tanto a voz como a datos a alta velocidad.

3.5.3.2.1 Sistema UMTS en el Ecuador

En el Ecuador esta tecnología está dando sus primeros pasos, recién en este año Conecel S.A. (Porta) dispondrá de una red UMTS, con la cual se podrá disponer de algunos servicios novedosos como son navegación en Internet a altas velocidades en el móvil, Internet en Pc's mediante el uso de tarjetas USB o PCMCIA y lo más llamativo son las videollamadas.

Esta va a operar en la banda de 850 MHz otorgada a Conecel S.A. específicamente de 830 a 835 MHz, por el momento esta red solo se va a desplegar en las ciudades de Quito y Guayaquil, y luego se va a expandir en el resto del país.

3.5.4 Sistemas MMDS

Los sistemas MMDS experimentaron un crecimiento relativamente rápido en la década de los 90, pasando de aproximadamente 200.000 abonados en 1992 al millón en 1999. Pero en los últimos años se ha tenido una disminución considerable comparado con suscriptores a la televisión por cable y con televisión multicanal por satélite.

Muchos expertos atribuyen la escasa penetración relativa de los sistemas MMDS al hecho de que los 186 MHz de ancho de banda disponibles no permiten transmitir más de 31 canales analógicos (6 MHz / canal en el sistema NTSC), frente a los 80 canales analógicos disponibles en el cable y los 150 canales disponibles en los sistemas digitales por satélite DTH ("direct to home"), por lo que no puede haber competencia directa respecto al tipo de servicio ofrecido.

Esto ha hecho que los sistemas MMDS hayan tenido más éxito comercial primariamente en zonas rurales o zonas de baja densidad de abonados, donde el costo de la distribución por cable no justifica la inversión requerida. Sin embargo, dadas las ventajas económicas comunes a todos los sistemas inalámbricos (baja inversión inicial en equipo y costos de implantación proporcionales al número de abonados), existen un número no despreciable de abonados en zonas urbanas y semiurbanas, allí donde las condiciones de mercado permiten una estructura de precios que permita que, con solamente 31 canales, el servicio resulte atractivo a un determinado sector del mercado.

Así las cosas, alrededor de 1995 empezaron a aparecer dos tecnologías que han alterado la situación de los sistemas MMDS considerablemente: la disponibilidad de equipos de compresión digital a costo relativamente bajo, y la disponibilidad de sistemas de acceso con ancho de banda compartido para la transmisión (bi-direccional) de datos. La tecnología de compresión digital de canales de TV permitió multiplicar la capacidad de los sistemas MMDS de 31 a 155 canales (compresión 5:1).. En estos sistemas se utiliza la modulación 64-QAM que permite aproximadamente 30 Mbps por cada canal de 6 MHz previamente ocupado por un solo canal analógico.

3.5.4.1 Sistema MMDS en Ecuador

En el Ecuador el sistema MMDS esta siendo explotado principalmente para brindar servicio de televisión, que es una alternativa para lugares donde la infraestructura por cable no ha llegado.

Existen algunas compañías que brindan el servicio de MMDS que operan en el Ecuador entre las cuales tenemos: Cosmovisión, Intercable, Satelcom, Univisa, Aerotv, Riocable, Telefonica Link del Ecuador, Hurfent, Muana Vision, Aerozar, cada una opera en distintas provincias como Pichincha, Guayas, Azuay, Cañar, Chimborazo, Galápagos, Manabí.

Univisa, la mayor compañía de MMDS en Ecuador, acaba de completar la ampliación de dos de sus sistemas de MMDS para sustituir canales analógicos por digitales utilizando transmisores de banda ancha de alta potencia de Cable AML.

Univisa ha estado operando por varios años sistemas de MMDS analógicos en Quito y Guayaquil, y decidió ampliar el sistema añadiendo señales digitales para poder aumentar el número de canales de TV transmitidos desde 31 a más de 68.

3.5.5 Sistemas Satelitales

Los satélites han revolucionado el mundo de las comunicaciones, la navegación, las tácticas militares, la observación meteorológica y el estudio de los recursos terrestres. De los más de 9.000 la mayor parte son de comunicación, utilizados para enlace telefónico y transmisión de datos digitales e imágenes de televisión. Los satélites de navegación y militares han servido para el manejo del tráfico aeronáutico/marítimo y coordinación de las operaciones de guerra. Los satélites de detección meteorológica y geológica han servido para predecir las condiciones atmosféricas o para realizar estudios prospectivos en la localización de hidrocarburos, por ejemplo.

En América Latina, la mayoría de grupos empresariales con presencia internacional se han asociado a compañías estadounidenses para la utilización de los sistemas de satélites. Así lo hacen las compañías colombianas, peruanas, bolivianas, ecuatorianas y venezolanas de telecomunicaciones. Sólo México, Brasil, Argentina y Chile poseen sus propios sistemas satelitales. En el año de 1977, en una reunión de los Ministros de Transporte, Comunicaciones y Obras Públicas del Grupo Andino, surgió la idea de un satélite andino.

Se buscaba poseer un sistema estatal bajo control, operación y administración de las cinco naciones, que constituyera un importante proyecto integracionista en el área de telecomunicaciones. La propuesta en el marco andino se conoció como “Proyecto Cóndor” y se delegó la responsabilidad de su ejecución a las cinco empresas estatales de telecomunicaciones andinas. Durante veinte años el proyecto fue sometido a interminables análisis técnicos y de factibilidad que determinaron su complejidad financiera para los Estados andinos, hundidos en una situación difícil por la crisis económica de los años ochenta.

En 1996, los cinco países establecieron un conjunto de normas comunitarias para respaldar de forma política y jurídica la ejecución del proyecto satelital Simón Bolívar.

Después de establecer las normas para la operación del mismo la crisis del sector de telecomunicaciones a nivel mundial en el 2004, determinó una drástica baja de la demanda de capacidad satelital y la quiebra de numerosas empresas del sector, llevaron a fracasar en el intento de colocar el satélite andino en órbita, como estaba previsto.

Ante la cercanía del plazo para ocupar la posición orbital notificada ante la UIT, la CAN autorizó a Venezuela para que en nombre de los países andinos asumiera las gestiones y financiara la adquisición del satélite y su desplazamiento antes de la fecha límite.

Y es así, con una inversión de 250 millones de dólares en septiembre del 2008 el satélite Simón Bolívar, utilizará la banda Ka, con lo cual se pondrá en órbita con una novedad técnica que promete aumentar la capacidad de cobertura en los servicios de telecomunicaciones en el país, esta será una tecnología única en América Latina. Tendrá una cobertura que comprende América del Sur y Central, tendrá un uso pacífico y permitirá realizar investigaciones conjuntas en materia aeroespacial.

3.6 Regulación Comparada

A continuación se va a describir la situación regulatoria de países de la región como son Colombia, Perú y Argentina.

3.6.1 Regulación en Colombia

Colombia es uno de los primeros países en Latinoamérica en emprender el proceso de apertura del sector de telecomunicaciones y en iniciar la transición de un monopolio público hacia un mercado competitivo en los servicios de telecomunicaciones. Desde 1989 se han venido desarrollando intensamente procesos de liberalización y desregulación del sector, a través de profundos cambios en el marco institucional y regulatorio, con el objeto de incentivar la competencia y la participación del sector privado. En la actualidad hay competencia en la totalidad de los servicios de telecomunicaciones y libertad de entrada al mercado de la telefonía local. La entrada al mercado de los servicios de larga distancia, valor agregado y servicio portador está sujeta a la obtención de licencias

Al Ministerio de Comunicaciones le corresponde ejercer las funciones de planeación, regulación y control de los servicios del sector de las telecomunicaciones, de los servicios informáticos y de telemática, de los servicios especializados de telecomunicaciones o servicios de valor agregado, de los servicios postales, etc.,.La Comisión de Regulación de Telecomunicaciones (CRT) es el organismo estatal técnico del sector de telecomunicaciones, con independencia administrativa, patrimonial y técnica, que tiene el propósito de promover tanto el desarrollo del Sector como la prestación eficiente de los servicios de telecomunicaciones a todos los habitantes del territorio nacional, dentro de los lineamientos definidos por el Estado.

En lo que tiene que ver con la concesiones, en Colombia existe un “Título Habilitante Convergente” que permite con una licencia la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones, tales como telefonía de larga distancia y servicios de valor agregado. Se exceptúan de este título los servicios de Televisión, Radiodifusión Sonora, Telefonía Móvil Celular (TMC), Servicios de Comunicación Personal (PCS) y los servicios de Telefonía Pública Básica Conmutada Local, Local Extendida y Telefonía Móvil Rural. [23]

Para poder brindar el servicio de WiMaX, Colombia concedió en diciembre de 2005 tres licencias nacionales en los 3,5 GHz a Orbitel, Telecom (Telefónica) y ETB. Un año más tarde, otorgó 55 licencias departamentales en la banda 3.5 GHz. Cable Unión de Occidente obtuvo 18 departamentos; Corcel (América Móvil) 12 departamentos; Comsat 6 departamentos; Cablecentro (que pertenece a Telmex) 5 departamentos y Avantel 7 departamentos. En julio de 2007 se entregaron siete de estas licencias departamentales a la empresa de trunking Avantel, para los departamentos de Antioquía, Cundinamarca, Tolima, Huila, Meta, Magdalena y Casanare. El proceso se retrasó debido a los recursos que interpuso Comcel. Las bandas para este proceso de concesión fueron las siguientes:

Tabla. 3. 2. Frecuencias en la banda de 3.5 MHz para WiMaX en Colombia

Banda	Rango	AB	Banda	Rango	AB
D	3421 MHz a 3495 MHz	28 MHz	D'	3521 MHz a 3535 MHz	28 MHz
E	3435 MHz a 3449 MHz	28 MHz	E'	3535 MHz a 3549 MHz	28 MHz

En lo que tiene que ver con las redes de acceso WiFi, Bluetooth y UWB, el Ministerio de Comunicaciones mediante la resolución 689, atribuyó las bandas de frecuencias de libre utilización para los sistemas inalámbricos de baja potencia y se establecieron las especificaciones de operación necesarias en dichas bandas para que no causen interferencia perjudicial a otros servicios de telecomunicaciones. Dichas bandas fueron las siguientes:

- Banda de 902 a 928 MHz.
- Banda de 2.400 a 2.483,5 MHz.
- Banda de 5.150 a 5.250 MHz.
- Banda de 5.250 a 5.350 MHz.
- Banda de 5.470 a 5.725 MHz,
- Banda de 5.725 a 5.850 MHz.

Respecto a las redes de acceso móviles, en Colombia se usan las bandas de 850 MHz y 1900 MHz, existen tres operadoras celulares que son: Colombia Móvil S.A. utiliza tecnología GSM en la banda de 1900 MHz, Comunicación Celular S.A. (Comcel) usa tecnología GSM en las bandas 850 MHz y 1900 MHz, Telefónica Móviles Colombia S.A. (Movistar) emplea tecnología GSM en las bandas 850 MHz y 1900 MHz.

Según el Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias de Colombia, las bandas empleadas para el uso de Redes de Acceso Móviles son:

Tabla. 3. 3. Asignación de Frecuencias de Telefonía Móvil en Colombia

Frecuencias (MHz)	Servicio	Nota Nacional
824 – 849	REDES DE TELEFONÍA MÓVIL CELULAR	CLM 47
869 – 894		CLM 47
1 890 – 1 895	SERVICIO DE COMUNICACION PERSONAL – PCS	CLM 58 CLM 94
1 895 – 1 910		CLM 58
1 970 – 1 975		CLM 58 CLM 94
1 975 – 1980		CLM 58
1980 – 1990		CLM 58

Las Notas Nacionales CLM 47, CLM 58, CLM 94 indican que la operación de redes de telefonía móvil celular y la prestación de los servicios de comunicación personal PCS, están atribuidas a título primario, es por eso que el Ministerio de Comunicaciones reubicó

los enlaces y sistemas de telecomunicaciones que operan en las bandas del Servicio de Comunicación Personal – PCS.

3.6.2 Regulación en Perú

Los dos principales actores del sector de la regulación de las telecomunicaciones en el Perú son el Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones (Osiptel) y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). El organismo regulador fue creado en 1991 como parte del proceso de privatización y reforma regulatoria del sector. Entre las funciones de Osiptel se encuentran promover la inversión privada en el sector, mantener y promover un ambiente de libre y leal competencia, establecer una política de interconexión entre operadores de servicios públicos de telecomunicaciones, entre otras. El MTC se encarga de fijar la política de telecomunicaciones y controlar sus resultados, otorgar y revocar concesiones, autorizaciones, permisos o licencias, y administrar el uso del espectro radioeléctrico, entre otras.

En 2007, se transfirió la administración del fondo de inversión en telecomunicaciones (Fitel), responsable de la política de acceso universal, del Osiptel al Ministerio. Finalmente, la agencia estatal ProInversión tiene a su cargo la administración de los procesos de convocatoria a la inversión del sector privado.

El 18 de mayo de 2006 en Perú se estableció la “Concesión Única”, por lo que se otorga una concesión para la prestación de todos los servicios públicos de telecomunicaciones, independientemente de la denominación de éstos. Las personas naturales o jurídicas titulares de una concesión única deberán informar de los servicios públicos que empezarán a brindar, sujetándose a los derechos y obligaciones correspondientes a cada uno de los servicios conforme a la clasificación general prevista en la Ley de Telecomunicaciones, a lo dispuesto en el Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones, en las normas complementarias existentes y en el respectivo contrato de concesión. [24]

En lo que tiene que ver con WiMAX, en Perú se usa la banda de 3.5 GHz, en abril de 2006, Telmex ganó el contrato para prestar servicios de telefonía fija inalámbrica y acceso a Internet en Lima y en el Callao. Telmex hizo una oferta de 4,95 millones de dólares, la

concesión para la banda de 3.5 GHz es por 20 años y permite a Telmex prestar servicios de telefonía local e Internet a través de un sistema última milla inalámbrico. Esta parte del espectro es propia de WiMAX, aunque Telmex puede usar la tecnología que le parezca más adecuada. Debe instalar al menos 7.000 líneas en los 15 distritos con penetración más baja de telefonía. Telmex superó la oferta de Nextel Perú y de Impsat, que finalmente no se presentó.

Según tendencias internacionales, en Perú se identifican bandas de uso libre o no licenciadas, en virtud a que no requieren de una autorización de carácter particular para su explotación. El Perú recoge esta tendencia y flexibiliza la política de autorizaciones declarando ciertas bandas como no licenciadas, que tienen, bajo condiciones de potencias máximas, que se encuentran estipulados en el artículo 28 del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones. Y estas bandas son:

- 902 - 928 MHz
- 462,550 - 462,725 MHz
- 467,550 - 467,725 MHz
- 2400 - 2483,5 MHz
- 5 250 - 5 350 MHz
- 5470 – 5725 MHz
- 5725 - 5850 MHz

Dicho artículo dice lo siguiente *“Aquellos servicios cuyos equipos, utilizando el espectro radioeléctrico transmiten con una potencia no superior a diez milivatios (10mW) en antena (potencia efectiva irradiada). Dichos servicios no podrán operar en las bandas de frecuencias atribuidas a los servicios públicos de telecomunicaciones; salvo en las bandas de frecuencias 2400-2483,5 MHz y 5725-5850 MHz”*. Por lo cual sistemas como WiFi no necesita obtener una concesión por este servicio, ya que operan en dichas bandas que son de uso libre.

En el Perú operan tres operadoras celulares que son América Móvil (Claro), Telefónica Móviles (Movistar) y Nextel, los cuales operan en las bandas de 850 MHz y 1900 MHz de acuerdo al siguiente cuadro de atribuciones:

Tabla. 3. 4. Asignación de Frecuencias de Telefonía Móvil en Perú

Frecuencia	Banda	Rango de Frecuencias				Total (MHz)	Empresa
		Transmisión (MHz)		Recepción (MHz)			
850 MHz	A	824	835	869	880	25	Telefónica Móviles
		845	846.5	890	891.5		
	B	835	845	880	890	25	América Móvil
		846.5	849	891.5	894		
1900 MHz	A	1850	1865	1930	1945	30	América Móvil
	D	1865	1870	1945	1950	10	Nextel
	B	1870	1882.5	1950	1962.5	25	Telefónica Móviles
	E	1882.5	1895	1962.5	1975	25	Nextel
	C	1895	1910	1975	1990	30	América Móvil

3.6.3 Regulación en Argentina

Las telecomunicaciones en Argentina están reguladas por dos instituciones: La Secretaría de Comunicaciones (SECOM) y la Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC).

La Secretaría de Comunicaciones (SECOM) está encargada de asistir al Poder Ejecutivo en la elaboración, propuesta y ejecución de las políticas en materia de telecomunicaciones, supervisando su cumplimiento y proponiendo el marco regulatorio destinado a facilitar su ejecución. De esta manera, la SECOM fija las reglas de juego con las que las empresas de telecomunicaciones compiten en el mercado argentino. También emite las reglamentaciones sobre derechos y deberes de los usuarios de los servicios de telefonía fija, celular y acceso a Internet. También tiene por objetivo coordinar la ejecución de las políticas que, en materia de telecomunicaciones haya fijado el Poder Ejecutivo y supervisar su ejecución por parte del ente de control, Comisión Nacional de Comunicaciones.

La Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC), es el organismo encargado de controlar a las telefónicas. Fue creada por el Decreto 1185 en 1990 y funciona como un organismo descentralizado de la Secretaría de Comunicaciones. Asiste a la Secretaría de Comunicaciones en la actualización y elaboración de los Planes Técnicos Fundamentales

de Telecomunicaciones y en el dictado de los reglamentos generales de los servicios de su competencia. Entre sus funciones se encuentran las de regulación administrativa y técnica, el control, fiscalización y verificación en materia de telecomunicaciones y postal, de acuerdo con la normativa aplicable y las políticas fijadas por el Gobierno Nacional a través de la Secretaría de Comunicaciones.

Para poder prestar servicios de telecomunicaciones en Argentina se estableció una “Licencia Única de Servicios de Telecomunicaciones”, mediante la cual faculta a los usuarios prestar servicios de telecomunicaciones, sean estas fijo o móvil, alámbrico o inalámbrico, nacional o internacional, con o sin infraestructura propia.

Si el servicio requerido necesita el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, se deberá tramitar el otorgamiento de la autorización o permiso necesario para el uso de dichas frecuencias conforme con lo determinado en el Reglamento General de Administración, Gestión y Control del Espectro Radioeléctrico. Si el usuario quisiera brindar nuevos servicios de telecomunicaciones, distintos o lo originalmente acordado, este deberá dar a conocer a la Secretaría de Comunicaciones, con lo cual se registrará el nuevo servicio. [25]

En lo que tiene que ver con WiMAX en Argentina la Secretaria de Comunicaciones, licitó dos bandas para brindar este servicio que fueron 3.5 GHz y 2.5 GHz, estas son a nivel nacional, todavía no se ha publicado normas o procedimiento para licencias provinciales. Las licencias nacionales fueron ganadas por Ertach (Telmex) y Velocom en 3.5 GHz y por Comsat, Infotel y SkyOnline para 2.5 GHz

Según el Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias Argentino las bandas de 902 a 928 MHz., de 2,4 a 2,483 GHz. y de 5,725 a 5,850 GHz, son bandas no licenciadas, por lo cual WiFi no necesita concesión alguna para funcionar, ya que opera en dichas bandas. Los sistemas MMDS en la Argentina están autorizadas para para brindar el servicio de MMDS es 2500 a 2686 MHz .

En Argentina existen tres operadores de telefonía móvil que son CTI Móvil, Personal y Telefónica Móviles las cuales utilizan las bandas de 850 MHz y 1900 MHz .

CTI Móvil tiene licencia en las bandas de 850 MHz y 1900 MHz, posee 25 MHz en la banda de 850 MHz a nivel nacional y tiene 40 MHz de la banda de 1900 MHz en Buenos Aires y 20 MHz en la banda de 1900 MHz en el resto de provincias. Personal posee 25 MHz de la banda de 850 MHz a nivel nacional, y tiene 20 MHz en la banda de 1900 MHz en el norte del país y 40 MHz en la banda de 1900 MHz en el sur. Telefónica Móviles tiene 25 MHz de la banda de 850 MHz a nivel nacional y dos licencias en la banda de 1900 MHz, con 20 MHz en el sur del país y 40 MHz en el norte del país.

De acuerdo al Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias de Argentina las bandas reservadas para brindar el Servicio de Radiocomunicaciones Móvil Celular (SRMC) y Sistemas de Comunicaciones Personales (PCS) son las siguientes:

Tabla. 3. 5. Asignación de Frecuencias de Telefonía Móvil en Argentina

Frecuencia	Banda (MHz)	Rango de Frecuencias (MHz)		Servicio
850 MHz	A	825,015	835,005	Servicio de Radiocomunicaciones Móvil Celular (SRMC)
		870,015	880,005	
	A'	844,995	846,495	
		889,995	891,495	
	B	835,005	844,995	
		880,005	889,995	
	B'	846,495	848,985	
		891,495	893,985	
1900 MHz	A	1850	1870	Sistemas de Comunicaciones Personales (PCS)
	A'	1930	1950	
	B	1890	1910	
	B'	1970	1990	
	C	1870	1880	
	C'	1950	1960	
	D	1880	1890	
	D'	1960	1970	

3.7 Propuesta Regulatoria

En el Ecuador se regula servicios más no tecnología, es por esto que existen diferentes clases de títulos habilitantes, lo cual dificulta la convergencia de servicios que es a donde la mayoría de países han apuntado. Es así que por ejemplo si una empresa

adquiere una concesión para prestar algún Servicio de Telecomunicaciones y esta decide expandirse y brindar nuevos servicios, necesita necesariamente adquirir una concesión por cada una de los servicios y un permiso por cada Servicio de Valor Agregado que necesite, lo cual va totalmente en contra de las tendencias regulatorias a nivel mundial.

La corriente mundial es conceder una licencia única para todos los servicios de telecomunicaciones, que en el caso del Ecuador puede denominarse “Título Habilitante Único”, mediante el cual se otorgaría una concesión independiente de la tecnología que se quiera ofrecer, tomando en cuenta que si se necesitara del uso del espectro radioeléctrico se deberá obtener una concesión de la misma, con lo cual si el prestador optara por brindar más servicios de telecomunicaciones solo tendría que registrar dichos servicio con el regulador.

Los servicios brindados deberán sujetarse a los derechos y obligaciones correspondientes a cada uno de los servicios conforme a la clasificación general prevista en la Ley de Telecomunicaciones, además de estos deberán cumplir con los índices de calidad exigidos para su operación, con lo cual se estará garantizando un correcto funcionamiento de los mismos.

Uno de los principales inconvenientes es que para poder reformar la Ley y así adoptar este sistema en la regulación de las telecomunicaciones, esta necesita ser debatida y aprobada por el Congreso, lo cual es un proceso complicado en nuestro país, ya que al ser este un problema político influyen otros ámbitos.

De manera más específica se dará una propuesta para cada uno de las redes de acceso inalámbricas que se detallaron en este estudio:

Acceso satelital

En los actuales momentos existe un cobro y un permiso por provisión de segmento espacial, esto quiere decir que cualquier empresa cuyo satélite tenga huella en el Ecuador tiene que realizar un pago del 1% de lo que factura anualmente al estado.

Al momento se esta realizando un nuevo reglamento, la propuesta es flexibilizar la regulación para las empresas que proveen acceso satelital, con la eliminación del cobro del porcentaje anual, solo basta registrar los satélites que operan en el país mediante una adecuada coordinación con la UIT.

Mediante este reglamento se dará paso a que más empresas que proveen este servicio puedan llegar al Ecuador, con esto los que ganarán serán los usuarios, ya que existirán mayor número de proveedores lo que facilitará el acceso a los diferentes servicios satelitales.

Acceso Móvil

Al momento se esta renegociando los contratos para nuevas concesiones tanto con CONECEL S.A. como con OTECEL S.A., el nuevo marco legal que se aplique a estos contratos deberá ser adecuado, de tal manera que se propenda a la introducción de nuevos servicios como Internet móvil y banda ancha directa al terminal del usuario, por este motivo es necesario que se permita la operación de servicios convergentes bajo el mismo título habilitante, siempre y cuando no se cambie el aspecto del contrato y no se produzcan actos anticompetitivos.

Es necesario cambiar la visión tradicional de servicios telefónicos, donde un terminal solo sirve para hacer llamadas, en los actuales momentos el mundo vive un momento de revolución tecnológica donde este concepto ya es caduco, hay que orientarla a aplicaciones tanto de voz como de datos y servicios multimedia, que es a donde están apuntando tecnologías como 3G.

Acceso Fijo Inalámbrico

Al ser este un servicio todavía en desarrollo es importante plantear un régimen que permita un rápido despliegue de este tipo de redes y que mediante las mismas puedan brindar más opciones hacia el usuario.

Adicionalmente, se tiene que concluir de forma eficaz el proceso de concesión de nuevas bandas en el rango de 3.4 – 3.7 GHz, que actualmente se lleva a cabo, de forma que se garantice la entrada a varios competidores en el mercado.

Se debería mantener la independencia tecnológica en las adjudicaciones que se efectúen en la banda y dejar abierta una posibilidad para que a futuro se implementen sistemas de nueva generación como WiMax móvil.

Redes en Bandas No Licenciadas

Las aplicaciones que operan en bandas no licenciadas, deberán mantener el desarrollo actual, con un esquema de autorización rápido y eficiente, o incluso podría pensarse a futuro a liberar la banda de registros regulatorios para su utilización, con lo cual los usuarios no tendrían ningún tipo de impedimento regulatorio para operar sus equipos en los rangos de frecuencias destinados específicamente para este fin, tomando en cuenta que no debe olvidarse la garantía de calidad del servicio brindado hacia los abonados.

CAPITULO 4

CONCLUSIONES

4.1. Conclusiones

Al haber concluido el presente estudio, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Mediante el acceso guiado la información viaja a través de un medio físico, se analizaron distintos tipos de redes de acceso alámbricas como son Bucle digital de abonado (DSL, Digital Subscriber Line), Redes híbridas de fibra y cable (HFC), Redes de Fibra Óptica, PLC (Power Line Communications) tecnologías que son muy usadas cuando se necesita transmitir grandes cantidades de información con velocidades elevadas, poseen una buena confiabilidad ya que estos brindan alta seguridad de transmisión, los problemas de interferencias son mínimos, pero los costos de instalación son elevados ya que estos necesitan de una infraestructura física para operar.
- Entre las tecnologías alámbricas con una importante expansión se tiene Línea de Abonados Digitales (Digital Subscriber Line) su principal característica es que usa el hilo de cobre trenzado ya desplegado para telefonía, con lo cual no necesita de nuevo cableado, esta a sido una de sus fortalezas en comparación a otras tipos de redes. Aprovecha el ancho de banda no utilizado para el tráfico telefónico para transmitir datos, además su ancho de banda no depende de los usuarios en la zona, es decir, este no varía si existen más abonados, lo que la diferencia de otros tipos de redes que suelen congestionarse al aumentar sus usuarios.
- Redes como HFC (Híbrida Fibra óptica-Coaxial), poseen un elevado ancho de banda debido a la fibra óptica que posee, con lo cual soporta distintos servicios a tiempo real, tales como telefonía, videoconferencia, además servicios de datos, Internet. El gran inconveniente que posee, es que los equipos de la red coaxial producen ruido, además

estos son muy susceptibles a interferencia por lo que este tipo de redes exigen de un nivel elevado de calidad para poder brindar un servicio aceptable a los usuarios. Otro factor a tomar en cuenta es que el costo de implementación de las redes HFC es alto, ya que necesita de una infraestructura propia y los equipos usados en la red óptica son caros.

- En los últimos años el uso de fibra óptica en el tendido de redes a sido muy elevado esto se debe principalmente a que su atenuación es sumamente baja, es así que esta puede alcanzar distancias de 100 a 200 Km sin el uso de repetidores, posee una gran capacidad de transmisión, ya que su ancho de banda es casi ilimitado, pero los equipos usados así como la infraestructura hábil necesaria son costosos, por lo que el precio de despliegue es muy elevado comparado con otras tecnologías.
- PLC (Power Line Communication) es una tecnología que no ha sido tan explotada como otras de tecnologías cableadas, ya que uno de sus principales inconvenientes es la interferencia que produce con otras ondas de radio. Hay que tomar en cuenta que esta utiliza infraestructura ya desplegada como son los cables eléctricos, por lo que cualquier lugar de la casa con un enchufe es suficiente para estar conectado permanentemente y a velocidades de transmisión considerables.
- Las redes que usan acceso no guiado, son aquellas que usan el espectro radioeléctrico para transmitir señales de cualquier tipo, son fáciles de implementar, y pueden dar movilidad a los usuarios, a diferencia de las redes alámbricas que tienen restricción en este sentido. Su despliegue es rápido, sencillo y no son costosas, además si se requiere se puede ampliar sin ningún inconveniente, poseen gran capacidad de transmisión. Estas han sido la solución para llegar a lugares donde las redes de acceso alámbricas no han podido construirse.
- El acceso vía satélite es usado para transmitir grandes cantidades de información a altas velocidades, es capaz de comunicar zonas distantes y de difícil acceso sin la necesidad de usar las redes públicas telefónicas, pero cabe mencionar que existe un retardo en la transmisión de la información, así como cierto deterioro de la señal cuando existe la presencia de ciertos factores atmosféricos, como lluvia o nieve, lo cual en ciertas

aplicaciones es una debilidad para este tipo de redes de acceso, como por ejemplo en la transmisión de vídeo.

- En los últimos años las redes de acceso que han tenido mayor desarrollo son las móviles, las mismas que han presentado un crecimiento acelerado, la mayoría de operadores en el mundo han optado por el estándar de telefonía móvil GSM y sus evoluciones, es por eso que se ha convertido en la red móvil con más abonados en todo el mundo; el Ecuador no es la excepción ya que las tres telefónicas que existen en el país operan con esta tecnología. Mientras tanto GPRS, que es la red paralela a GSM para la transmisión de datos, ha sido desplegada en igual proporción.
- La evolución de GSM hacia sistemas de tercera generación como UMTS, HSDPA y de cuarta generación como LTE, es donde apuntan las operadoras celulares, estas son capaces de transmitir datos hasta 320 Mbps como es el caso de LTE, con lo cual se podrán tener aplicaciones en los móviles que en la actualidad solo se tienen con un ancho de banda considerable en las computadoras personales, como la transferencia de archivos grandes, aplicaciones multimedia y navegación rápida en la Web.
- Los sistemas de acceso inalámbrico fijos han sido de gran ayuda en el momento de dar servicios de telefonía en lugares de difícil acceso, gracias a ellos se han beneficiado un sinnúmero de personas; tal es el caso del Ecuador donde varias empresas han implementado este servicio en zonas rurales, esto se debe a que el tiempo de instalación así como los costos de implementación de la red son bajos.
- En bandas no licenciadas operan WiFi, Bluetooth, UWB, siendo esta es la principal fortaleza de este tipo de redes ya que pueden operar libremente, son usadas principalmente en redes locales y personales ya que su alcance es corto, además su velocidad de transmisión no es muy alta, al menos con las desarrolladas actualmente. Redes como WiFi se las puede encontrar en muchos lugares como en centros comerciales, aeropuertos, campus universitarios, etc, por lo que comercialmente se han vuelto muy populares, al igual que Bluetooth, ya que en muchos teléfonos móviles, computadoras personales y muchos dispositivos electrónicos ya incluyen esta clase de chips para la transmisión de datos.

- WiMax es una de las tecnologías más prometedoras, ya que además de tener características similares a WiFi, posee una gran cobertura aproximadamente 20 Km, gran ancho de banda y altas velocidades de transmisión, compañías como Nokia le han apostado a esta tecnología por lo que se están comenzando a fabricar teléfonos móviles que ya poseen WiMax. Además existe WiBro que es semejante a WiMax pero con la característica que esta posee movilidad, por lo que ya se pueden usar esta clase de dispositivos en autos o trenes que van a gran velocidad.
- En la mayoría de países se ha dado paso a la convergencia de servicios con una regulación que a ayudado a la misma, mediante la aprobación de las llamadas “Licencias Únicas”. Una de las debilidades de la regulación de telecomunicaciones en el Ecuador, es que la ley que actualmente rige al sector fue creada en 1992, por lo que no a considerado el avance tan acelerado que ha tenido la tecnología en los últimos años. Esto ha causado que los entes de regulación y control no tengan los elementos necesarios para que haya un mejor manejo de las telecomunicaciones.

4.2. Recomendaciones

Después de analizar las diferentes clases de redes de acceso, se puede determinar que cada una tiene tanto ventajas como desventajas, por lo cual al momento de elegir una de ellas se deben tomar algunas consideraciones, como la aplicación para la que va a ser usada, se debe analizar ciertos parámetros, como la velocidad de transmisión que se va a necesitar, el ancho de banda, así como el tráfico que va a soportar la misma, ya que con el análisis de estos se podrá escoger la que mejor desempeño ofrezca.

Otro de los parámetros a considerar es el sitio donde se va a desplegar la red, ya que si se encuentra en un lugar donde no existe tendido de ninguna clase de red, lo más factible será optar por cualquier clase de red acceso inalámbrica, debido que los costos de implementación son bajos en comparación a desplegar toda una red alámbrica.

La tendencia en la actualidad es la movilidad, es por eso que en muchos países y el Ecuador no es la excepción, el número de usuarios de telefonía móvil ha tenido un crecimiento sumamente rápido en los últimos años comparado con la telefonía fija, este crecimiento del mercado se explica en factores como las oportunidades comerciales que se asocian con la movilidad personal, el rápido avance de la tecnología, la bajada del precio de los terminales y de las tarifas de conexión y por tráfico.

Sin embargo, pese a las fortalezas y debilidades de una u otra clase de red de acceso, todas tratan de brindar al usuario la mayor cantidad de servicios y aplicaciones con la mejor calidad y máxima fiabilidad, con el mayor ancho de banda.

En el ámbito regulatorio en nuestro país se debe empezar a promover un proceso en el cual participen las diferentes partes del sector de las telecomunicaciones, cuyo objetivo sea definir los aspectos más importantes que serán tomados en cuenta en la nueva Ley de Telecomunicaciones. En los actuales momentos que el Ecuador esta viviendo un cambio en diferentes sectores al estar formándose una nueva Constitución la cual delinearé los caminos del país por muchos años, las telecomunicaciones no pueden quedarse atrás y es cuando se deben sentar las bases para una mejor regulación del sector.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CAPITULO 1

[1] Kuhlmann, Federico , “Información y Telecomunicaciones”, <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/informac.htm>, 22/11/2007.

[2] Kuhlmann, Federico , “Redes de Telecomunicaciones”, http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/149/htm/sec_8.htm, 23/11/2007.

[3] “Redes de Computadoras”, <http://elqui.dcsc.utfsm.cl>, 23/11/2007.

[4] Casares, Vicente, “Redes Inalámbricas: una nueva era en las Telecomunicaciones, Novática”, No. 167, Edición Febrero 2005, Editorial Ati, España Febrero 2005. 24/11/2007.

[5] “Comunicaciones Fijas Inalámbricas, Modulo 1: Introducción a los Sistemas Fijos Inalámbricos”, Centro de Capacitación a Distancia de la UIT, 15/05/2007

CAPITULO 2

[6] Andueza, Ángel María, “Tecnologías de acceso basadas en par de cobre xDSL/ADSL”, <http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/archivos%20descarga/ADSL.pdf>, 12/12/2007

[7] Murillo,Alberto, “Curso Básico de Introducción a las Telecomunicaciones”, <http://www.albertomurillo.com/cbt/CBTAMHM2.pdf>, 17/12/2007

[8] “Redes Ópticas Pasivas”, <http://arantxa.ii.uam.es/~ferreiro/sistel2007/anexos/>

temas_adicionales/Trabajos%20prospeccion/PON.pdf, 22/12/2007

[9] Pares, Jordi, “Estado de la Tecnología de Las Redes PLC (Power Line Communication)”, www.aepro.com/congreso_03/pdf/ehernandez@ija.csic.es_3a8af78019b4304af174f633b72e6c6b.pdf, 27/12/2007

[10] Andueza, Ángel María, “Tecnología de acceso basada en sistemas vía satélite”, <http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/archivos%20descarga/satelite.pdf>, 05/01/2008

[11] Telefónica, “Las Telecomunicaciones de Nueva Generación”, http://www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/pdf/publicaciones/telecomunicacionesn_g/teleco_n_g.pdf, 18/01/2008

[12] Márquez, Santiago “Fundamentos de Redes GSM”, <http://informativo.moviles.com/noticia/92932>, 07/01/2008

[13] Carbó Gandia, Luis, “UMTS, El Futuro de las Telecomunicaciones”, <http://www.uv.es/montanan/redes/trabajos/UMTS.doc>, 07/01/2008

[14] “Comunicaciones Fijas Inalámbricas, Modulo 3: Sistemas de Banda Ancha”, Centro de Capacitación a Distancia de la UIT, 15/05/2007

[15] García Pedraja, Fidel Ramón, “IEEE 802.11(Wi-Fi), El estándar de facto para WLAN”, www.coit.es/publicac/publbit/bit138/wifi.pdf, 30/01/2008

[16] Thelander, Michael, “WiMAX Oportunidades y desafíos en un mundo inalámbrico”, www.cdg.org/resources/white_papers/files/WiMAX%20FINAL%20Spanish.pdf, 06/02/2008

[17] “Comunicaciones Fijas Inalámbricas, Modulo 4: Tendencias y Soluciones Inalámbricas Actuales”, Centro de Capacitación a Distancia de la UIT, 15/05/2007

[18] Millán, Ramón, “UWB (Ultra Wide-Band)”, www.coit.es/publicaciones/bit/bit147/quees.pdf, 13/02/2007

CAPITULO 3

[19] Legislación Codificada, *Ley Especial de Telecomunicaciones*, Tomo I, Edición 2006, Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito actualizada a enero de 2006

[20] Legislación Codificada, *Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada*, Tomo I, Edición 2006, Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito actualizada a enero de 2006

[21] Legislación Codificada, *Reglamento de Radiocomunicaciones*, Tomo I, Edición 2006, Corporación de Estudios y Publicaciones, Quito actualizada a enero de 2006

[22] UIT, <http://www.itu.int>, 25/03/2008

[23] Comisión de Regulación de Telecomunicaciones, <http://www.crt.gov.co/>, 28/03/2008

[24] el Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTTEL), <http://www.osiptel.gob.pe>, 15/04/2008

[25] Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC), <http://www.cnc.gov.ar>, 17/04/2008

FECHA DE ENTREGA:

DIEGO ISRAEL CERÓN GORDÓN

AUTOR

ING. GONZALO OLMEDO

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES DE LA ESPE**