

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**DISEÑO DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES, PARA
EVALUAR LA CALIDAD DE SERVICIO ELÉCTRICO DE USUARIOS
FINALES, UBICADOS EN ZONAS URBANAS Y RURALES DE LA
PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO EN
ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**

**SANTIAGO DAVID AGUILAR ESPINOZA
GEOVANNY FRANCISCO BELALCÁZAR CADENA**

DIRECTOR: ING. ERWIN BARRIGA

Quito, Abril 2008

aguilar.sd@gmail.com

franciscobelalcazar@gmail.com

DECLARACIÓN

Nosotros, Santiago David Aguilar Espinoza y Geovanny Francisco Belalcázar Cadena, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Santiago Aguilar

Geovanny Belalcázar

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Santiago David Aguilar Espinoza y Geovanny Francisco Belalcázar Cadena, bajo mi supervisión.

Ing. Erwin Barriga
DIRECTOR DE PROYECTO

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a Elizabeth Cadena quien me apoyó en los momentos más difíciles de mi vida con sus consejos sabios y honestos, gracias por enseñarme a vivir una vida decente con principios y a valorar a los seres humanos, te mereces mucho mas que este trabajo madre bella.

Patricio Belalcázar, gracias por cultivar en mi tu fortaleza y empeño en vencer a las adversidades y demostrar que con esfuerzo, dedicación y entereza los verdaderos hombres podemos salir adelante, te dedico este trabajo con todo mi amor espero verte pronto padre mió.

También dedico este trabajo a cada uno de esos niños y jóvenes que no pudieron estudiar.

Geovanny Francisco Belalcázar Cadena

AGRADECIMIENTO

A mi madre por ser mi guía y cultivar en mí, valores y principios de vida, a mí padre por apoyarme en todos mis proyectos, a mis hermanos por brindarme toda su comprensión

Al Consejo Nacional de Electricidad, en especial a todos los miembros y funcionarios de la Dirección de Supervisión y Control, debido a que sin su apoyo desinteresado y altruista, resaltando en cada uno de ellos su gran calidad humana, hubiera sido imposible la realización del presente proyecto. Y a la Unidad de Sistemas Informáticos por la facilidad de equipos e instalaciones.

A la Empresa Eléctrica Ambato en especial, la Dirección de Planificación y el Departamento de Operación y Mantenimiento por haber facilitado la información técnica necesaria de las instalaciones y principalmente del sistema de distribución eléctrica.

A la Escuela Politécnica Nacional, me permitió acceder a la educación superior cultivando en mí, valores como: la disciplina, el amor al trabajo y la investigación científica. A los buenos profesores que tuve en toda la carrera estudiantil, los cuales con su dedicación y esfuerzo, me enseñaron la ciencia y la técnica para aplicarla y construir un país más justo y equitativo.

A mi director de tesis el Ing. Erwin Barriga y a la Ing. Tania Pérez por haber ayudado a la planificación y desarrollo de dicho proyecto.

A la dirigencia estudiantil, en especial a la Federación de Estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional (FEPON), por despertar en mi, sentimientos de servicio a los demás, y principalmente de la defensa de las causas justas.

Finalmente a todos los amigos y compañeros que de una u otra manera, me apoyaron en cada una de las actividades que desarrolle en la vida estudiantil.

CONTENIDO

CAPITULO 1.....	1
ANÁLISIS DE LOS SECTORES URBANOS Y RURALES.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA RED ELÉCTRICA ACTUAL.....	2
1.2.1. SISTEMA DE GENERACIÓN	3
1.2.2. SISTEMA DE TRANSMISIÓN	3
1.2.3. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	4
1.3. CALIDAD DE SERVICIO ELÉCTRICO EN DISTRIBUCIÓN.....	5
1.4. DESCRIPCIÓN DEL ANALIZADOR DE CALIDAD DE POTENCIA	
HIOKI 3196	9
1.4.1. GENERALIDADES.....	9
1.4.2. PARÁMETROS DE MEDICIÓN	12
1.4.3. ALMACENAMIENTO DE DATOS	13
1.4.3.1. Método de almacenamiento.....	14
1.4.3.2. Creación archivos de eventos	14
1.4.4. CONEXIONES.....	14
1.4.4.1. Conexión del 3196 a un PC con cable LAN.....	15
1.4.4.2. Conexión del 3196 a un hub ó switch utilizando un cable LAN.....	16
1.4.4.3. Conexión del 3196 a un modem utilizando un cable RS-232C.....	16
1.4.4.4. Conexión del 3196 a un teléfono celular	17
1.4.5. LUGAR DE TRABAJO	17
1.4.6. TRANSMISIÓN DE ARCHIVOS.....	18
1.4.7. SERVICIO HTTP	18
1.4.7.1. Descripción de los submenús	19
1.4.7.1.1. Aplicación de control remoto	19
1.4.7.1.2. Lista de eventos	20
1.5. ANÁLISIS DE TRÁFICO	21
1.5.1. CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO	22
1.5.1.1. Análisis cualitativo de tráfico HIOKI 3196.....	22
1.5.1.2. Análisis cuantitativo de Tráfico HIOKI 3196	24
1.6. ANÁLISIS DE LAS REDES EXISTENTES	25
1.6.1. OPERADORES DE TELEFONÍA FIJA.....	26
1.6.2. OPERADORES DE TELEFONÍA MÓVIL.....	28
1.6.2.1. Conecel	28
1.6.2.2. Otecel.....	29
1.6.2.3. Telecsa	30
1.6.3. EMPRESAS DE SERVICIOS PORTADORES	32
1.6.3.1. Suratel.....	32
1.6.3.2. Transelectric – Transnexa.....	33
1.6.3.3. Telconet	34
1.6.3.4. Impsat	35
1.6.3.5. Comsatel	35
1.6.4. EMPRESAS DE SERVICIOS DE VALOR AGREGADO.....	36
1.6.4.1. Asaptel	37
1.6.4.2. Punto Net	37

1.6.5.	RED DE COMUNICACIONES EEASA	38
1.6.6.	RED DE COMUNICACIONES CONELEC	39
1.7.	ANÁLISIS DEL TERRENO.....	40
1.7.1.	ESTUDIO DEL TERRENO EN LA CIUDAD DE AMBATO.....	41
1.7.1.1.	Estudio del terreno en la zona urbana.....	42
1.7.1.2.	Análisis de la red eléctrica urbana.....	43
1.7.1.3.	Estudio del Terreno en la Zona Rural.....	44
1.7.1.4.	Análisis de la red eléctrica rural	45
1.8.	FUENTES DE INTERFERENCIA.....	47
1.8.1.	RUIDO ELÉCTRICO	47
1.8.2.	INTERFERENCIAS.....	47

CAPITULO 2.....45

ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS45

2.1.	INTRODUCCIÓN.....	45
2.2.	SISTEMA SCADA.....	46
2.3.	SISTEMAS DE TELEMETRÍA	48
2.4.	ANÁLISIS DE POSIBLES DE TECNOLOGÍAS A UTILIZARSE.....	51
2.4.1.	TECNOLOGÍAS DE ACCESO	51
2.4.1.1.	Redes Conmutadas	52
2.4.1.1.1.	<i>Acceso mediante la Red de Telefonía Conmutada (RTC)</i>	52
2.4.1.1.2.	<i>Acceso mediante la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)</i> ...	52
2.4.1.1.3.	<i>Acceso mediante la Red Celular</i>	53
2.4.1.2.	Tecnologías xDSL	57
2.4.1.2.1.	<i>Arquitectura y elementos de red</i>	59
2.4.1.2.2.	<i>Elementos de la red</i>	60
2.4.1.3.	Tecnología HFC	61
2.4.1.3.1.	<i>Estándares de las tecnologías HFC</i>	61
2.4.1.3.2.	<i>Arquitectura y elementos de red</i>	62
2.4.1.3.3.	<i>Elementos de red</i>	63
2.4.1.4.	BPL (Broadband over Power Line).....	65
2.4.1.4.1.	<i>Arquitectura de Red</i>	66
2.4.2.	TECNOLOGÍAS WLAN - WMAN	67
2.4.2.1.	802.11 WiFi.....	68
2.4.2.1.1.	<i>Arquitectura</i>	70
2.4.2.1.2.	<i>Extensiones del Estándar 802.11</i>	72
2.4.2.2.	Tecnología LMDS	73
2.4.2.2.1.	<i>Arquitectura y elementos de la red LMDS</i>	73
2.4.2.2.2.	<i>Elementos de una red LMDS</i>	75
2.4.2.3.	WiMAX.....	76
2.4.2.3.1.	<i>IEEE 802.16-2004</i>	76
2.4.2.3.2.	<i>Arquitectura de protocolo IEEE 802.16-2004</i>	77
2.4.3.	REDES VSAT	79
2.4.3.1.	Arquitectura	80
2.4.3.2.	Elementos de un sistema VSAT	81
2.4.3.3.	Técnica de acceso al medio	82

2.4.4. TECNOLOGÍAS DE TRANSPORTE.....	82
2.4.4.1. Frame Relay.....	82
2.4.4.1.1. <i>Funcionamiento</i>	83
2.4.4.1.2. <i>Formato de trama</i>	85
2.4.4.1.3. <i>QoS</i>	86
2.4.4.1.4. <i>Arquitectura del protocolo Frame Relay</i>	87
2.4.4.2. Modo De Transferencia Asíncrona (ATM).....	89
2.4.4.2.1. <i>Tipos De Conexiones</i>	90
2.4.4.2.2. <i>Paths, Circuitos identificadores</i>	91
2.4.4.2.3. <i>Formato de trama</i>	92
2.4.4.2.4. <i>Arquitectura de ATM</i>	93
2.4.4.3. Multi Protocol Label Switching (MPLS).....	94
2.4.4.3.1. <i>Funcionamiento</i>	94
2.4.4.3.2. <i>Formato de trama</i>	95
CAPITULO 3.....	98
DISEÑO DE REDES DE TELECOMUNICACIONES	98
3.1 INTRODUCCIÓN	98
3.2 PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES	
(GENERALIDADES).....	99
3.2.1 PLANEACIÓN Y DISEÑO DE LA RED.....	101
3.2.2 SELECCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE RED.....	102
3.2.3 INSTALACIONES Y ADMINISTRACIÓN DEL SOFTWARE Y	
HARDWARE	102
3.2.3.1 Instalaciones de hardware y software.....	103
3.2.4. PROVISIÓN.....	103
3.2.5.1. Monitoreo	104
3.2.5.2. Análisis	104
3.2.6. PREVENCIÓN Y SEGURIDAD.....	105
3.2.6.1. Prevención de ataques	105
3.2.6.2. Detección de intrusos.....	105
3.2.6.3. Respuesta a incidentes	105
3.2.6.4. Políticas de Seguridad	106
3.2.6.5. Servicios de seguridad	106
3.2.6.6. Mecanismos de seguridad.....	106
3.2.6.7. Seguridad de Hardware	107
3.3. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA	107
3.3.1. SELECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO.....	109
3.3.2. SELECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE BACKBONE	111
3.4. DIMENSIONAMIENTO DE TRÁFICO - VIDEO VOZ Y DATOS	111
3.4.1. CÁLCULO DEL TRÁFICO	114
3.4.1.1. Cálculo del tráfico de vídeo.....	115
3.5. DESARROLLO DEL PRIMER DISEÑO DE RED.....	117
3.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA BPL.....	117
3.5.1.1. INTRODUCCIÓN.....	117
3.5.1.2.1. <i>Equipo primario o head end</i>	118

3.5.1.2.2.	<i>Repetidor</i>	119
3.5.1.2.3.	<i>Acoplador mv/lv</i>	119
3.5.1.2.4.	<i>CPE o nodo de usuario</i>	120
3.5.1.3.	Arquitectura	121
3.5.1.3.1.	<i>PHY</i>	121
3.5.1.3.2.	<i>MAC</i>	124
3.5.1.3.3.	<i>LLC</i>	129
3.5.1.3.4.	<i>Capa de convergencia</i>	130
3.5.1.3.5.	<i>Capa de Gestión</i>	131
3.5.1.4.	Mecanismos y Servicios	132
3.5.1.4.1.	<i>Calidad de servicio</i>	132
3.5.1.4.2.	<i>Seguridad</i>	133
3.5.1.4.3.	<i>Mecanismos de coexistencia</i>	134
3.5.1.4.4.	<i>Autoconfiguración y aprovisionamiento</i>	134
3.5.2.	ANÁLISIS DEL TENDIDO ELÉCTRICO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE SA	134
3.5.2.1.	Sistemas de Distribución Primario y Secundario	134
3.5.2.2.	Redes de Distribución Urbana y Rural	135
3.5.2.2.1.	<i>Subestación Huachi</i>	135
3.5.2.2.2.	<i>Subestación Samanga</i>	136
3.5.3.	DESARROLLO	138
3.5.3.1.	Diseño en Bajo Voltaje.....	138
3.5.3.2.	Diseño en medio voltaje	139
3.5.3.3.	Diseño de Red Metropolitana.....	145
3.5.3.4.	Red WAN	149
3.6.	DESARROLLO DEL SEGUNDO DISEÑO DE RED	160
3.6.1.	DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA WIMAX 802.16E	160
3.6.1.1.	Introducción.....	160
3.6.1.2.	Topología	161
3.6.1.2.1.	<i>Terminal de usuario (CPE)</i>	162
3.6.1.2.2.	<i>Estación base IEEE 802.16e</i>	162
3.6.1.2.3.	<i>Gateway de Acceso de servicio a redes (ASN)</i>	163
3.6.1.3.	Arquitectura	163
3.6.1.3.1.	<i>Modelo de Wolfish-Ikegami (COST-231)</i>	164
3.6.1.3.2.	<i>Técnicas de Antenas para IEEE 802.16e</i>	167
3.6.1.3.3.	<i>PHY</i>	170
3.6.1.3.4.	<i>Capa MAC</i>	175
3.6.1.4.	Calidad de servicio (QoS)	184
3.6.1.5.	Seguridad	186
3.6.2.	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	188
3.6.2.1.	Población objetivo	188
3.6.2.2.	Normas regulatorias.....	189
3.6.2.3.	Clases de servicio y tráfico de la red	189
3.6.2.4.	Dimensionamiento de ancho de banda y canalización	189
3.6.2.5.	Características de CELDA, desempeño de red.....	192
3.6.3.	DESARROLLO	192
3.6.4.	CONSIDERACIONES DE DISEÑO	197
3.6.5.	RED WAN	203

CAPITULO IV	207
ANÁLISIS DE COSTOS	207
4.1. INTRODUCCIÓN.....	207
4.2. COSTO DE LA PRIMERA SOLUCIÓN DE RED	207
4.3. COSTO DE LA SEGUNDA SOLUCIÓN DE RED.....	210
4.4. ESTIMACION DE COSTOS DE LA MANO DE OBRA.....	211
4.5. COMPARCIÓN DE PRECIOS EN LAS DOS SOLUCIONES.....	212
4.6. ELECCIÓN ECONÓMICA DE LA ALTERNATIVA POSIBLE A IMPLEMENTARSE.....	213
CAPITULO V.....	1
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	1
5.1 CONCLUSIONES	1
5.2 RECOMENDACIONES	5
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	220
ACRÓNIMOS	222
ANEXOS	228

TABLAS Y FIGURAS

CAPÍTULO I

Figuras

1.1	TOPOLOGÍA DE LA RED ELÉCTRICA EN EL ECUADOR.....	2
1.2	NIVELES DE VOLTAJE EN EL ECUADOR.....	4
1.3	PANEL FRONTAL HIOKI 3196.....	9
1.4	INTERFACES DE COMUNICACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE DATOS	10
1.5	CONECTORES DE PINZAS.....	11
1.6	CONJUNTO DE ACCESORIOS	11
1.7	SOFTWARE UTILITARIO	12
1.8	CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS PARA COMUNICACIÓN DE DATOS.....	15
1.9	CONEXIÓN DEL EQUIPO A UN PC.....	15
1.10	CONEXIÓN EN UNA INTRANET.....	16
1.11	MODO DE CONEXIÓN A TRAVÉS PSTN	16
1.12	MODO DE CONEXIÓN A TRAVÉS PSTN	17
1.13	SUBMENÚS	18
1.14	INTERFACE DEL PANEL FRONTAL CON WEB BROWSER	19
1.15	LISTADO DE EVENTOS Y FORMAS DE ONDA.....	20
1.16	TRÁFICO DE MONITOREO HIOKI 3196.....	24
1.17	TRÁFICO DE DESCARGA DESDE HIOKI 3196	25
1.18	TOPOLOGÍA DE RED ANDINATEL	28
1.19	BARRIO MIRAFLORES.....	43
1.20	SUBESTACIÓN HUACHI	44
1.21	PARQUE INDUSTRIAL AMBATO	45
1.22	SUBESTACIÓN SAMANGA.....	46

Tablas

1.1	MODO DE CONFIGURACIÓN DE ALMACENAMIENTO.....	14
-----	--	----

CAPÍTULO II

Figuras

2.1.	ARQUITECTURA NORMA IEC 61850.....	47
2.2.	TOPOLOGÍA RED TELEMÉTRICA.....	49
2.3.	EFICIENCIA ESPECTRAL XDSL	58
2.4.	ARQUITECTURA ADSL.....	59
2.5.	ELEMENTOS DE RED ADSL.....	60

2.6.	ELEMENTOS DE RED CABLE MODEM	63
2.7.	TOPOLOGÍA DE RED BPL.....	66
2.8.	ARQUITECTURA 802.11	69
2.9.	FORMATO DE TRAMA MAC.....	69
2.10.	802.16E-2005	77
2.11.	ARQUITECTURA 802.16E 2005.....	78
2.12.	ARQUITECTURA LMDS	74
2.13.	TERMINAL VSAT	82
2.14.	FORMATO DE TRAMA FRAME RELAY	85
2.15.	QOS FRAME RELAY	87
2.16.	ARQUITECTURA FRAME RELAY	88
2.17.	FORMATO DE TRAMA ATM.....	93
2.18.	FORMATO DE TRAMA MPLS.....	95

Tablas

2.1.	ESTÁNDARES DE LAS TECNOLOGÍAS XDSL.....	58
2.2.	VARIANTES DEL STANDARD 802.16.....	79
2.3.	FRECUENCIAS DE OPERACIÓN.....	82

CAPITULO III

Figuras

3.1.	TOPOLOGÍA RED BPL	120
3.2.	ARQUITECTURA BPL.....	121
3.3.	DIAGRAMA DE UN TRANSMISOR BPL	122
3.4.	FUNCIONAMIENTO OFDM.....	123
3.5.	FORMATO DE TRAMA REGULAR	126
3.6.	FUNCIONAMIENTO BPL EN CAPA 2.....	128
3.7.	AGRUPACIÓN RÁFAGAS LLC.....	130
3.8.	TOPOLOGÍA EN BAJA TENSIÓN	139
3.9.	RESPUESTA DE FRECUENCIA CANAL BPL MEDIA TENSIÓN.....	141
3.10.	CAJA DE UBICACIÓN DE EQUIPOS.....	144
3.11.	TOPOLOGÍA RED DE TELECOMUNICACIONES	148
3.12.	TOPOLOGÍA RED WAN CONELEC - EEASA.....	151
3.13.	TRÁFICO MONITOREO HIOKI 3196.....	154
3.14.	TRÁFICO DE ENTRADA Y DESCARTE DE PAQUETES ROUTER EEASA	155
3.15.	TRÁFICO DE ENTRADA Y SALIDA ROUTER CONELEC	155
3.16.	TRÁFICO DESCARGA DE DATOS Y CANALES DE VOZ.....	156

3.17.	TRÁFICO DE ROUTER EEASA	157
3.18.	TRÁFICO DE ROUTER CONELEC.....	158
3.19.	TRÁFICO DE LA SOLUCIÓN A CONTRATARSE.....	159
3.20.	TOPOLOGÍA RED IEEE 802.16E	162
3.21.	ARQUITECTURA WIMAX.....	164
3.22.	DIAGRAMA MODELO WALFISH IKEGAMI	165
3.23.	DIVERSIDAD EN RECEPCIÓN	169
3.24.	DIVERSIDAD DE ANTENAS WIMAX.....	170
3.25.	TRANSMISOR WIMAX MOBILE.....	170
3.26.	SUBCANALIZACIÓN IEEE 802.16E	172
3.27.	FORMATO DE TRAMA OFDMA.....	173
3.28.	RENDIMIENTO MÉTODOS DE ACCESO AL MEDIO	176
3.29.	PILA DE PROTOCOLOS EN LA CAPA MAC.....	177
3.30.	FORMATO DE TRAMA IEEE 802.16E - WIMAX MÓVIL	178
3.31.	HANDOVER EN WIMAX IEEE802.16E	182
3.32.	QOS EN IEEE 802.16E.....	184
3.33.	ARQUITECTURA DE SEGURIDAD IEE 802.16E	187
3.34.	REDES WIFI MIRAFLORES.....	190
3.35.	CANALIZACIÓN WIMAX 2.4GHZ.....	191
3.36.	EJEMPLO DE CÁLCULO DE PROPAGACIÓN EN EL BARRIO MIRAFLORES	194
3.37.	EJEMPLO DE CÁLCULO DE PROPAGACIÓN PIA.....	195
3.38.	TOPOLOGÍA RED WIMAX MOBILE.....	199
3.39.	OPTIMIZACIÓN DEL ENLACE.....	204

Tablas

3.1.	COMPARACIÓN ENTRE TECNOLOGÍAS	108
3.2.	CÁLCULO DE TRÁFICO TOTAL POR SERVICIO	112
3.3.	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	116
3.4.	FORMATOS CALIDAD DE SERVICIO.....	132
3.5.	INSTALACIÓN MONOFÁSICA DEL ALIMENTADOR MIRAFLORES	136
3.6.	INSTALACIÓN TRIFÁSICA DEL ALIMENTADOR MIRAFLORES.....	136
3.7.	INSTALACIÓN MONOFÁSICA DEL ALIMENTADOR PIA.....	137
3.8.	INSTALACIÓN TRIFÁSICA DEL ALIMENTADOR PIA	137
3.9.	INSTALACIÓN TRIFÁSICA DEL ALIMENTADOR CUCHIBAMBA.....	138
3.10.	REQUERIMIENTO DE EQUIPOS BPL.....	142
3.11.	EQUIPOS BPL MEDIO VOLTAJE	143
3.12.	EQUIPOS DE RED METROPOLITANA	149
3.13.	REQUERIMIENTOS SIMULACIÓN RED WAN.....	153
3.14.	PARÁMETROS SOFDMA.....	173

3.15.	VELOCIDADES IEEE 802.16E	175
3.16.	TIPOS DE QOS.....	185
3.17.	PARÁMETROS DE WALFISH IKEGAMI ZONA URBANA	195
3.18.	PARÁMETROS DE WALFISH IKEGAMI ZONA RURAL.....	196
3.19.	CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN	197
3.20.	REQUERIMIENTO DE EQUIPOS WIMAX MOBILE.....	199
3.21.	EQUIPOS WIMAX MOBILE.....	202
3.22.	EQUIPOS COMPLEMENTARIOS RED WIMAX MOBILE	203
3.23.	CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS DE CONMUTACIÓN MPLS	205

CAPITULO IV

Tablas

4.1.	PRECIO EQUIPOS BPL MV	207
4.2.	PRECIO DE PUENTES WIFI.....	208
4.3.	PRECIO DE EQUIPOS PARA CONECTIVIDAD HIOKI 3196	208
4.4.	PRECIO DE EQUIPOS PARA CONECTIVIDAD HIOKI 3196	209
4.5.	PRECIO DE SISTEMAS OPERATIVOS.....	209
4.6.	PRECIO DE EQUIPOS MPLS.....	210
4.7.	PRECIO DEL ENLACE MPLS	210
4.8.	PRECIO EQUIPOS WIMAX.....	210
4.9.	PRECIO DE PUENTES WIFI.....	211
4.10.	COSTO DEL PERMISO DE RED PRIVADA	211
4.11.	COSTO DEL MANO DE OBRA.....	212
4.12.	COMPARACIÓN DE COSTO DE LAS DOS SOLUCIONES	212

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es realizar el diseño de un sistema de telecomunicaciones, para evaluar la calidad de servicio eléctrico de usuarios finales, en las zonas urbanas y rurales en la provincia del Tungurahua, utilizando infraestructura ya instalada en la oficina matriz de la EEASA (Empresa Eléctrica Ambato S.A.), en las subestaciones Huachi y Samanga, y en la red de repetidoras ubicada en Loma Paloma.

El CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) al ser el ente regulador, controlador y supervisor del sector Eléctrico, mediante la regulación 004/001 debe hacer cumplir las normas mínimas de calidad de servicio en distribución, mediante los analizadores de calidad HIOKI 3196, para lo cual se determinan los requerimientos de comunicaciones para los nuevos servicios telemétricos a través de los protocolos de Internet orientados al acceso remoto de equipos mediante sistemas SCADA.

Tanto el CONELEC como la EEASA poseen una infraestructura que permite la implementación y adaptación de redes de datos y sistemas de comunicaciones. Mediante el presente proyecto se podrá proporcionar un mejor servicio a los usuarios en la parte técnico comercial y un servicio en línea de reclamos, por este mismo sistema se proporciona tele vigilancia y voz sobre IP lo cual permitirá a los usuarios en optar por servicios de telecomunicaciones y a la empresa distribuidora en particular por un nuevo modelo de negocio.

Para el presente trabajo se ha realizado mediante dos tecnologías de acceso de última milla como son Broadband Power Line Communications (IEEE 1901) y WIMAX móvil (IEEE 802.16e) debido principalmente a los costos en instalación de infraestructura, cobertura, y costos de frecuencias. Son tecnologías que utilizan avanzados algoritmos de encriptación y seguridad, en general engloban los requerimientos para el presente trabajo.

Para la ubicación de un posible centro de monitoreo en el edificio matriz del CONELEC se opta por contratar un enlace MPLS, para el cual se determinan las características de tráfico que cursarán por el canal, dicho enlace funcionará para los diseños de red en la zona urbana como rural.

Se realiza una comparación tecnológica y económica de las tecnologías BPL y WIMAX móvil y se determina que la primera entrega las mejores condiciones de una posible implementación

PRESENTACIÓN

En el capítulo 1 se realiza una introducción al sistema eléctrico nacional desde la generación hasta la distribución, se determina el funcionamiento del Analizador de calidad HIOKI 3196, posteriormente se analiza las empresas de telecomunicaciones que podrían proveer de servicio en la ciudad de Ambato, y finalmente un análisis de terreno tanto en la zona urbano como rural.

En el capítulo 2 se realiza un introducción a los sistemas SCADA y su aplicación en los sistemas de distribución eléctrica mediante la norma IEC 61850, se detallan las posibles tecnologías a utilizarse realizando un análisis técnico de requerimientos mínimos de funcionamiento y la comparación de características que permitan en el posterior capítulo elegir las tecnologías para aplicar en los dos diseños de red a presentarse.

En el capítulo 3 se determina que las tecnologías que proporcionaran comunicación para los dos diseños en este caso son: Broadband Power Line Communications, y WIMAX móvil IEEE 802.16e, tecnologías aplicadas a una red metropolitana en la ciudad de Ambato, para cada uno de estos diseños se determina el ancho de banda del enlace Ambato Quito con la tecnología MPLS, determinando las características de tráfico para proporcionar servicios de telemetría voz y tele vigilancia, y se determinan prácticas de seguridad en el sistema de comunicación.

En el capítulo 4 se determina el costo de las dos soluciones de red y una comparativa para este caso de cual proporciona el menor costo.

En el capítulo 5 se presentan las conclusiones a las que se llegaron después de analizar los dos diseños del sistema de telecomunicaciones y en general de todo el trabajo determinando que condiciones de la red de telecomunicaciones debería cumplir para que tenga características de seguridad portabilidad, confiabilidad y propietaria para este caso.

CAPÍTULO I

ANÁLISIS DE LOS SECTORES URBANOS Y RURALES

CAPITULO 1

ANÁLISIS DE LOS SECTORES URBANOS Y RURALES

1.1. INTRODUCCIÓN

El suministro de energía eléctrica se proporciona a través de varias etapas: generación, transmisión y distribución, relacionándose esta última parte al usuario final al cual se le va a entregar el producto, bajo estándares de calidad supervisadas y controladas conforme a las regulaciones nacionales.

El *Consejo Nacional de Electricidad CONELEC*, al ser ente regulador y controlador del Sector Eléctrico debe evaluar la calidad de servicio eléctrico, a las diferentes empresas generadoras, transmisoras y distribuidoras. Este proceso, se relaciona directamente al cumplimiento de la regulación 004-001(Calidad de Servicio en Distribución), en la cual se determinan los parámetros a ser medidos, el tipo de mediciones y los intervalos de tiempo de cada medida referidos a las empresas distribuidoras las cuales son el objeto de estudio.

Para dar cumplimiento a estas disposiciones legales se adquirió varios analizadores industriales marca HIOKI, modelo 3196, de los cuales se puede obtener lecturas las que ayudarán a comprobar la información remitida por las empresas de distribución respecto a la calidad de servicio eléctrico.

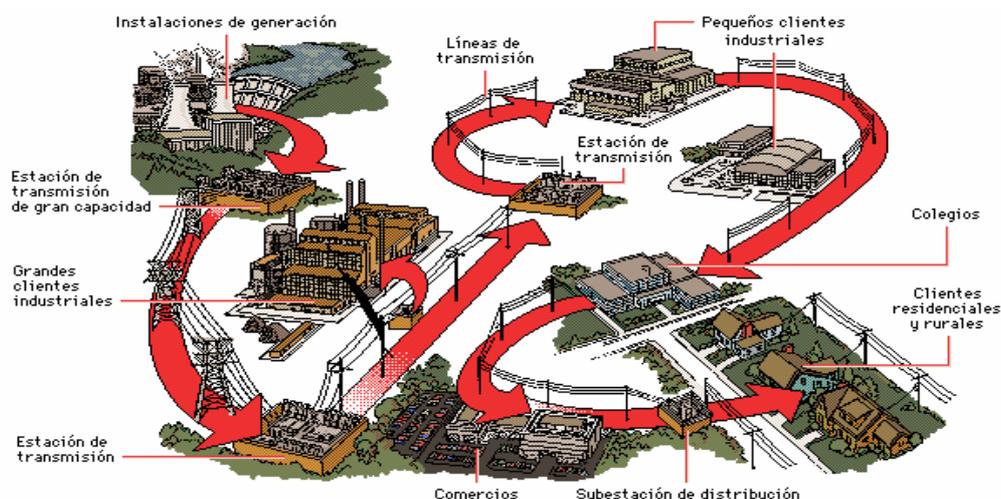
Con este antecedente, el organismo de control considera necesario automatizar dicho proceso, para lo cual se hace indispensable contar con un sistema de comunicación propietario autónomo, confiable y confidencial que permita interconectar los analizadores industriales con un centro de monitoreo que podrá estar ubicado en sus instalaciones al norte de la ciudad de Quito.

En esta primera parte se va a describir en breves rasgos el funcionamiento del servicio eléctrico en el Ecuador desde su generación hasta el consumidor final, la topología de las redes de alta, media y baja tensión, las magnitudes a medir en los Sistemas Eléctricos de Potencia principalmente referidos a la distribución, definición de varios términos eléctricos y un resumen sobre la descripción técnica de la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte SA.

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA RED ELÉCTRICA ACTUAL

El sistema eléctrico proviene de un complejo proceso de generación, transformación, transporte y entrega al usuario final, en nuestro país un pequeño porcentaje es de naturaleza hidráulica, pero también existen centrales de generación térmica y eólica.

Para que esta energía llegue hasta nuestros hogares intervienen tres tipos de sistemas, el primero donde se genera (**Generación**), luego se la transporta por varios miles de kilómetros a través de líneas de transmisión hasta los centros poblados (**Transmisión**) y posteriormente se distribuye a los usuarios finales mediante el sistema de **Distribución** eléctrica, en el Ecuador tenemos una red estandarizada bajo las normas IEC y ANSI; en la figura 1.1 se muestra la topología de la red.



1.1 Topología de la red Eléctrica en el Ecuador

1.2.1. SISTEMA DE GENERACIÓN

Se produce por lo general a 13.8 KV en las principales centrales del país, además existen unidades con valores de voltaje 3.125, 4.16, 4.2, 13.2 KV etc., las cuales para conectarse al sistema de transmisión necesariamente elevan el voltaje a 230 KV mediante transformadores de potencia.

Existen 46 empresas en operación las cuales entregan 3118.09 Megavatios los cuales se transportan por la empresa de transmisión (TRANSELECTRIC) para entregar a las empresas distribuidoras.

1.2.2. SISTEMA DE TRANSMISIÓN

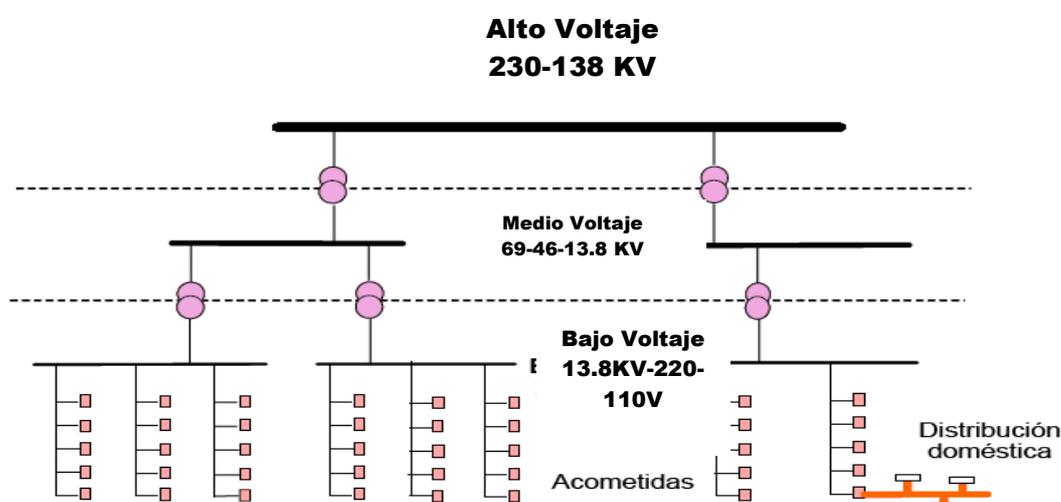
A partir de la generación, que por lo general se encuentra en zonas alejadas de las ciudades o parroquias, se procede a transmitirlos a los centros poblados a varios cientos de kilómetros, para este cometido se eleva el voltaje con grandes transformadores desde valores comprendidos en 4.16, 13.8, 69, 138 hasta 230 KV constituyendo extensas redes las cuales se interconectan en las subestaciones mediante sistemas de conmutación.

Este sistema, generalmente, está dividido en dos partes, la subtransmisión que comprende valores de voltaje menores a 69KV aunque también se considera en algunos casos desde 46 KV, y la transmisión que va desde estos valores referenciales hasta 230 KV.

La regulación se aplica a la calidad de producto, esto significa que para transmitir energía se deben medir los siguientes parámetros técnicos: Variación de Voltaje (ΔV), factor de potencia (fp), Tasa de Distorsión de Armónicos en Voltaje (THDV), Tasa de Distorsión de Armónicos en Corriente (THDI), Desbalance de Fases en Voltaje (MV2), Desbalance de Fases en Corriente (MI2), los cuales se deben encontrar en rangos tolerables para el buen funcionamiento del sistema eléctrico.

1.2.3. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

La energía al llegar a los centros poblados, en las subestaciones de transmisión se realiza el proceso inverso que en la generación, esto es disminuir el voltaje de 230 KV a 138 KV ya que se entrega a la empresa de distribución desde 138 KV a 69 KV para su distribución a las diferentes zonas dentro del área de concesión mediante redes de “media tensión” comprendidas por subestaciones de 69 KV y transformadores ubicados en los postes de 13.8 KV, como se indica en la figura 1.2.



1.2 Niveles de Voltaje en el Ecuador

En este caso, la regulación CONELEC 004-001 referente a Calidad de Servicio Eléctrico en Distribución determina los parámetros de calidad del producto a ser medidos por el organismo de control, los cuales son: Variación de Voltaje (ΔV), factor de potencia (fp), Tasa de Distorsión de Armónicos en Voltaje (THDV), Tasa de Distorsión de Armónicos en Corriente (THDI).

Al hablar sobre la calidad referente al servicio técnico se determina los indicadores como: Frecuencia Media de Interrupción por KVA nominal Instalado expresada en fallas por KVA (FMIK), Tiempo Total de Interrupción por KVA nominal instalado, expresado en horas por KVA (TTIK).

1.3. CALIDAD DE SERVICIO ELÉCTRICO EN DISTRIBUCIÓN

En la Regulación No. CONELEC 004/01, Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución, se definen los índices de calidad del servicio técnico, comercial y del producto, y los límites permitidos para cada uno de los mismos, debiendo las empresas distribuidoras realizar la medición, registro, tabulación de los parámetros y eventos respectivos, y adecuar una base de datos suficiente que permita recopilar la información necesaria para el cálculo de los índices correspondientes, misma que debe ser procesada y almacenada por el distribuidor, y puesta a disposición del CONELEC cuando lo considere necesario.

Para el presente trabajo se va a evaluar la calidad de servicio de producto para la cual en dicha regulación especifica las definiciones de los parámetros a medir como:

- **Armónicas:** Son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz.
- **Barras de salida:** Corresponde a las barras de Alto Voltaje en las subestaciones de elevación y a las barras de Bajo Voltaje de subestaciones de reducción.
- **Centro de transformación:** Constituye el conjunto de elementos de transformación, protección y seccionamiento utilizados para la distribución de energía eléctrica.
- **Factor de potencia:** Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente.
- **Fluctuaciones de Voltaje (o Variaciones de):** Son perturbaciones en las cuales el valor eficaz del voltaje de suministro cambia con respecto al valor nominal.

- **Frecuencia de las interrupciones:** Es el número de veces, en un periodo determinado, que se interrumpe el suministro a un Consumidor.
- **Interrupción:** Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los Consumidores del área de concesión del Distribuidor.
- **Niveles de voltaje:** Se refiere a los niveles de alto voltaje (AV), medio voltaje (MV) y bajo voltaje (BV) definidos en el Reglamento de Suministro del Servicio.
- **Periodo de medición:** A efectos del control de la Calidad del Producto, se entenderá al lapso en el que se efectuarán las mediciones de Nivel de Voltaje, Perturbaciones y Factor de Potencia, mismo que será de siete (7) días continuos.
- **Perturbación rápida de voltaje (flicker):** Es aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10% del voltaje nominal, pero que pueden repetirse varias veces por segundo. Este fenómeno conocido como efecto “Flicker” (parpadeo) causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.
- **Voltaje Armónico:** Es un voltaje sinusoidal de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz del voltaje de suministro.
- **Voltaje nominal (Vn):** Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica.
- **Voltaje de suministro (Vs):** Es el valor del voltaje del servicio que el Distribuidor suministra en el punto de entrega al Consumidor en un instante dado.

Las mediciones de dichas magnitudes se realizarán cada siete días en intervalos de diez minutos por evento registrado, entendiendo como evento a la perturbación o variación de voltaje detectada, los parámetros permitidos para medio o bajo voltaje se especifican en el anexo 1.a donde se define la regulación.

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al flicker, se considerará el Índice de Severidad por Flicker de Corta Duración (P_{st}), en intervalos de medición de 10 minutos, definida de acuerdo a las normas IEC; misma que es determinado mediante la siguiente expresión:

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}}$$

Donde:

P_{st} : Índice de severidad de flicker de corta duración.

$P_{0.1}, P_1, P_3, P_{10}, P_{50}$: Niveles de efecto "flicker" que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del periodo de observación.

Los límites en los cuales se encuentra este indicador y el proceso de medición se detallan en el anexo 1.a. De igual forma para determinar el nivel de presencia de armónicos en la red eléctrica se analiza la tasa de distorsión armónica, indicador que se detalla a continuación:

$$V_i' = \left(\frac{V_i}{V_n} \right) * 100$$

$$THD = \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right) * 100$$

Donde:

V_i' : factor de distorsión armónica individual de voltaje.

THD: factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje

V_i : valor eficaz (rms) del voltaje armónico "i" (para $i = 2... 40$) expresado en voltios.

V_n : voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

Finalmente Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el Consumidor está incumpliendo con el índice de calidad, en este caso el valore límite es 0,92.

El proceso para conocer la calidad del servicio eléctrico de distribución proporcionado a los consumidores, presenta ciertas falencias e inconsistencias, razón por la cual no han podido ser evaluados, tales como los índices de calidad del servicio técnico de alimentadores de media tensión, nivel de armónicos individuales en transformadores de distribución, por lo cual el CONELEC ha decidido impulsar un proyecto piloto para evaluar estos parámetros en una empresa distribuidora en este caso la EEASA, por lo cual para automatizar dicho proceso se necesita un sistema de telecomunicaciones que brinde características como: confiabilidad, confidencialidad, disponibilidad y seguridad.

El equipo analizador de la calidad de servicio eléctrico de producto de acuerdo al CONELEC debe cumplir con las siguientes características:

- Capacidad de almacenamiento de datos para mediciones durante siete días en intervalos de diez minutos; de preferencia estos dos parámetros deben ser configurables.
- Capacidad de configuración de las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal por ejemplo para el caso de medio voltaje en la EEASA en la Subetapa 1 se tiene un valor de $\pm 10,0$ % de tolerancia, esto de acuerdo a la regulación.
- Medidor de efecto “Flicker” para intervalos de 10 minutos y de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 60868.
- Capacidad simultanea de monitoreo de flicker, tasa de distorsión armónica, variaciones de voltaje.

- Medidor de distorsiones armónicas de voltaje de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7.
- Capacidad de medición mínimo del 40 armónico para cumplir la regulación.
- Interfaces de comunicación de arquitectura abierta de acuerdo con la norma IEC 61850.

1.4. DESCRIPCIÓN DEL ANALIZADOR DE CALIDAD DE POTENCIA HIOKI 3196

1.4.1. GENERALIDADES

El analizador de calidad de potencia industrial, marca HIOKI, modelo 3196, detecta anomalías en las líneas de transmisión, determina variantes en magnitudes eléctricas como: intensidad de corriente, voltaje, potencia, frecuencia y variaciones en la onda; tanto en sistemas de distribución como de transmisión de energía eléctrica, a su vez, analiza la calidad de las mismas.



1.3 Panel Frontal HIOKI 3196

El analizador de potencia está constituido por un monitor LCD, a color, en el cual se visualiza las mediciones de los distintos parámetros, adicionalmente es un osciloscopio para señales eléctricas tanto en las frecuencias de 50 o 60 Hz según sea el caso, consta de un panel frontal en el cual se encuentran 22 botones con los cuales se realizan las funciones de control y configuración del equipo, en la figura 1.3 se muestra al equipo en funcionamiento.

El tipo y tiempo de ocurrencia de las variaciones para éstas anomalías puede ser momentáneo, por lo cual el fabricante ha desarrollado aplicaciones de software, las mismas que monitorean al equipo en tiempo real, refiriéndose a medidas de la señal en intervalos dados en milisegundos, para lo cual se comunican instantáneamente través de interfaces RS-232 ó LAN a un computador, impresora o modem, como se muestra en la figura 1.4.



1.4 Interfaces de comunicación y almacenamiento de datos

El equipo soporta varios sistemas de medición como son: monofásico de dos y tres líneas, trifásico de tres y cuatro líneas, además posee una entrada adicional para medir líneas de transmisión de sistemas secundarios, como son medidas de voltaje directas o medidas en líneas neutras. El equipo HIOKI 3196 viene provisto en su parte posterior de un conjunto de conectores para pinzas de voltaje y corriente con sus respectivas conexiones al neutro y una conexión adicional para mediciones DC, ver figura 1.5.



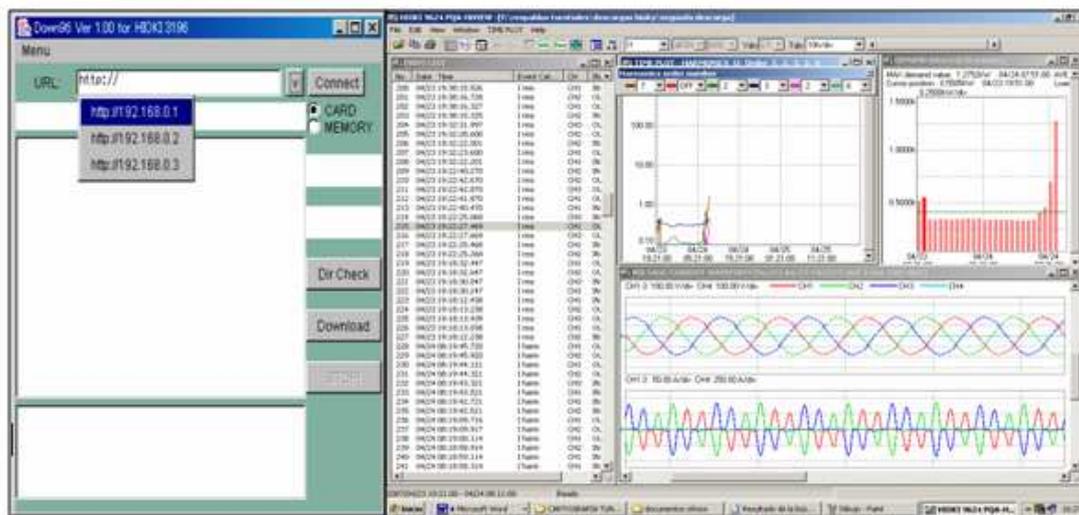
1.5 Conectores de pinzas

El fabricante suministra un conjunto de accesorios los cuales constan de una memoria compact flash de 512 MB de capacidad; 3 pinzas de voltaje de 600 V, con sus respectivos cables de conexión al neutro; 4 pinzas, 3 para medir corriente con un valor máximo de 100 A a 300 V y una de conexión a tierra; 2 pinzas para medir señales en DC; un cable cruzado UTP categoría 5e y un maletín para transportar el equipo; como se muestra en la figura 1.6.



1.6 Conjunto de Accesorios

Adicionalmente viene provisto de un software para la descarga de datos (Down96) y otro para el análisis de estos (software HIOKI 9624) que proporciona la capacidad de realizar varios cálculos con las señales y eventos muestreados. En la figura 1.7 se detalla la presentación de los programas.



1.7 Software Utilitario

1.4.2. PARÁMETROS DE MEDICIÓN

El análisis se lo realiza correlacionando los parámetros medidos con las características de estándares particulares. La variación de estos parámetros, por anomalías en las líneas de transmisión, generalmente ocurren de manera instantánea e intermitente, por lo que es necesario que cuando estos eventos empiecen sean detectados con sus valores pico o promedio según sea el caso.

Empleando el analizador industrial, se pueden medir múltiples parámetros eléctricos y de manera simultánea. Entre los que podemos enumerar:

- Transitorios de sobre voltaje (impulsos).
- Parámetros de calidad de voltaje RMS.
- Subidas, caídas e interrupciones de voltaje.
- Frecuencia, voltaje, corriente, potencia activa, potencia aparente, potencia reactiva, factor de potencia (desplazamiento del factor de potencia).
- Parámetros de calidad para trifásicos
- Armónicos de voltaje, corriente y potencia; inter-armónicos de voltaje y corriente; ángulo de fase de armónicos de voltaje y corriente; factores de distorsión de armónicos totales de voltaje y corriente; factores de distorsión de inter-armónicos totales de voltaje y corriente.
- Factor k, flicker (parámetro utilizado en sistemas de distribución)

La detección de eventos utiliza umbrales predefinidos para cada parámetro de calidad de potencia. Si los umbrales son excedidos, éstos son detectados y almacenados. Si se emplea únicamente la memoria interna del equipo, se pueden registrar un máximo de 100 eventos pero si se utiliza un PC CARD adicional, éste número puede ser incrementado por un factor de diez.

Los eventos que ocurren simultáneamente son correlacionados y tratados como un único evento, cada evento puede ser analizado usando formas de onda, vectores, armónicas, gráficas de barra y valores de parámetros relacionados; tres tipos de archivo pueden ser almacenados en la PC CARD: configuración, datos medidos (formato texto y binario).

1.4.3. ALMACENAMIENTO DE DATOS

Los datos son almacenados en la memoria interna durante el período de medición, éste puede ser prolongado hasta un mes si se emplea una PC CARD, en el equipo se puede configurar el sistema de almacenamiento como se muestra en la tabla 1.1.

File and Format			Directory name	File name	[SYSTEM]-DF4[PC-CARD]		Opening files on a PC
					SAVE	LOAD	
Setting Files			_____	#####.SET	●	●	×
			B+Date+No.*8	3196SET.SET	●	●	×
Measurement Data Files	Binary format	Time-series data *4		96INTVL.ITV	●	●	×
		Event data *1, *3		96EVT000.EVT to 96EVT999.EVT	●	●	×
		Transient waveform data *1		00000000.TRN to 99999999.TRN	●	●	×
		$\Delta V10/$ IEC Flicker data *1		96FLICK.FLC	●	●	×
		Voltage fluctuation event data *3,*7		96DV000.WDU to 96DV999.WDU	●	●	×
	Text format	Time-series data *1	T+Date+No.*8	96INTVL.CSV	●	×	●
		Event list data *1, *5		96EVENT.TXT	●	×	●
		$\Delta V10/$ IEC Flicker data *1		96FLICK.TXT	●	×	●
		Voltage fluctuation event data *3,*7		HHMM000.CSV to HHMM999.CSV	●	×	●
		Event waveform data *2, *6	TEXTWAVE	HHMM000.CSV to HHMM999.CSV *9	●*10	×	●
Screen Hard Copy Files			_____	H3196000.BMP to H3196999.BMP	●	×	●

1.1. Modo de configuración de almacenamiento

1.4.3.1. Método de almacenamiento

Según la regulación 004/001 los eventos deben ser medidos en intervalos de 10 minutos, los cuales son almacenados en archivos de formato binario de 85 Kbyte, esto se realiza cuando el equipo se encuentra en modo de registro, después de que las mediciones han finalizado (cuando se analiza), se puede seleccionar el número de eventos y grabar los archivos manualmente o los datos pueden ser grabados automáticamente cada vez que un evento ocurre, los eventos se guardan en formato binario para que el software propietario los tabule.

Cuando se realizó el análisis de la calidad de servicio se encontró la necesidad de utilizar toda la información contenida en cada uno de los archivos binarios, descartando la utilización del formato de texto, debido a que se necesita saber los factores de la componente armónica y sus formas de onda.

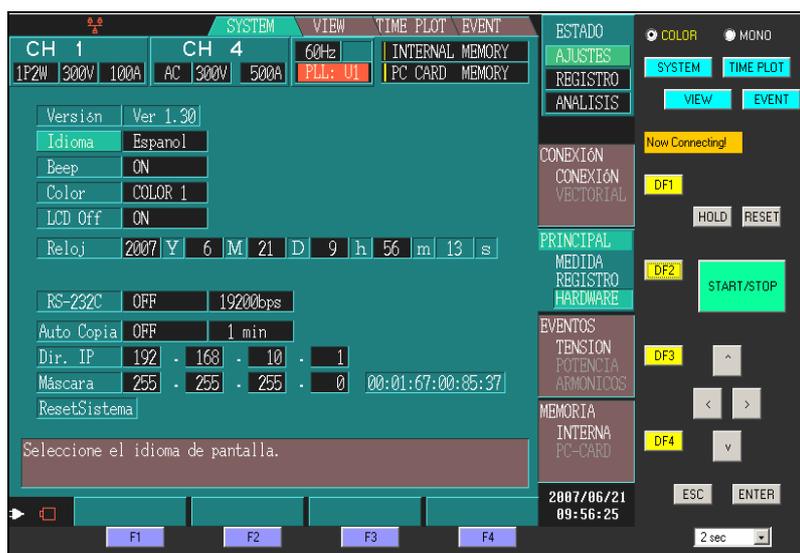
1.4.3.2. Creación archivos de eventos

Los archivos se van creando en un directorio, el cual se va generando en la PC CARD en cada medición, primero se genera el archivo de configuración, posteriormente el de intervalos y luego comienza a generarse los eventos. Un archivo es creado por cada evento (la información de los eventos, incluyen formas de onda y datos estadísticos en una hoja electrónica).

1.4.4. CONEXIONES

El dispositivo está equipado con una interfaz RS-232C y una interfaz LAN (Ethernet 10base-T), pudiéndose establecer tres tipos de conexión como: el 3196 conectado a un PC, conectado a una red mediante un switch o un hub, a través de la PSTN o comunicaciones vía telefonía celular. El control del instrumento y la descarga de datos desde la memoria interna a un PC, pueden ser realizados remotamente a través de éstos puertos, usando la aplicación Down96, desarrollada en JAVA propia del equipo de medición, ambos interfaces utilizan una pila de protocolos TCP/IP y monitoreo mediante protocolo HTTP.

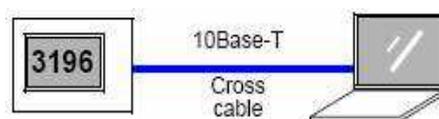
Para la comunicación es necesario configurar las direcciones de IP en el origen como en el destino, con sus respectivas mascarar de subred, las direcciones deben pertenecer a la misma red para que exista comunicación utilizando Ethernet o protocolo punto a punto, el equipo no soporta servicios DNS, DHCP y no viene provisto de un Gateway ni de un Proxy, para la conexión PPP la configuración de direcciones IP es la misma y permite ingresar la tasa de transmisión; en la figura 1.8 se detalla la configuración de estos parámetros.



1.8 Configuración de parámetros para comunicación de datos

1.4.4.1. Conexión del 3196 a un PC con cable LAN

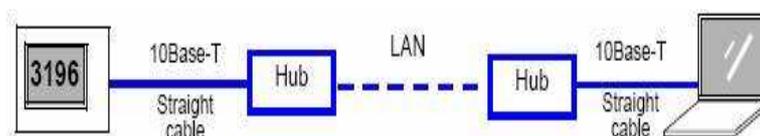
El equipo se conecta a un PC mediante un cable cruzado UTP se configura el equipo mediante direcciones IP de clase C, entendienddo que las pruebas de tráfico se realizarán con esta topología dentro de la intranet del CONELEC, en la figura 1.9 se muestra la conexión del equipo, para este caso recomienda el fabricante que las direcciones de subred no sean modificadas.



1.9 Conexión del equipo a un PC

1.4.4.2. Conexión del 3196 a un hub ó switch utilizando un cable LAN

Cuando se utiliza una red de datos es necesario configurar al 3196 de tal forma que desde cualquier estación de trabajo se pueda acceder a los datos almacenados en el equipo (ver figura 1.10), actúa en cualquier subred. Al no poseer servicio de DHCP funciona solamente con IP fijas, no puede salir directamente al Internet porque no viene provisto de un Gateway.

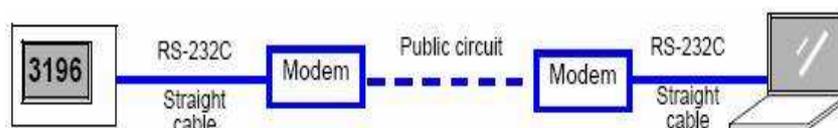


1.10 Conexión en una Intranet

1.4.4.3. Conexión del 3196 a un modem utilizando un cable RS-232C

El HIOKI posee un puerto WAN RS232C para realizar la comunicación mediante un modem con el protocolo PPP, se puede configurar la tasa de transmisión desde 9600 a 115200 bps, necesariamente se debe establecer un circuito de comunicación entre el modem del PC y el modem del equipo mediante una llamada telefónica a través de la PSTN como se lo indica en la figura 1.11. Las direcciones IP se configuran en la misma red, el fabricante recomienda que el modem que se comunica al equipo través de un cable RS-232C sea el modem DFML-560E hecho por I-O Data.

El fabricante asigna una distribución de pines para el conector DB9 que va del modem al equipo, la misma que se detalla en el anexo 1.b.

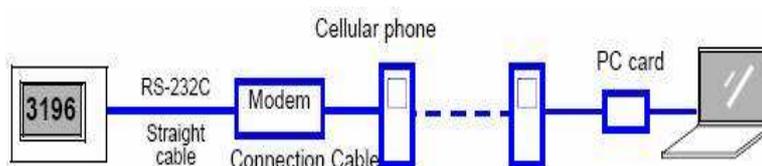


1.11 Modo de conexión a través PSTN

1.4.4.4. Conexión del 3196 a un teléfono celular

Para el caso que el modem está conectado a un teléfono celular como se muestra en la figura 1.12, el fabricante recomienda un adaptador de comunicaciones móvil y sugiere emplear el TD-PHSAD hecho por Telecom Electronics, además de un teléfono celular PHS con velocidad de comunicación rápida, en lugar de un teléfono celular común.

Para el modem que se conecta al computador, el fabricante sugiere usar el modelo PCMA-9664P2 hecho por I-O Data para conectarlo al celular, se debe de tomar muy en cuenta que el sistema de telefonía móvil PHS trabaja solamente en el Japón.



1.12 Modo de conexión a través PSTN

1.4.5. LUGAR DE TRABAJO

Las cuatro posibles conexiones permitirían el control y monitoreo remoto desde un computador personal ubicado en otra localidad dependiendo de la distancia, para este proyecto el monitoreo se lo va a realizar desde Quito vía Ambato donde se conectarán los equipos a usuarios finales, postes de distribución y subestaciones de transformación en las zonas objeto de estudio.

El equipo analizador de calidad de potencia trabaja en ambientes externos, colocado en los transformadores de 13.8 KV, en un primer análisis, que se encuentran situados en algunos postes de la ciudad; las mediciones se realizarán cada 7 días dependiendo de los lugares de estudio.

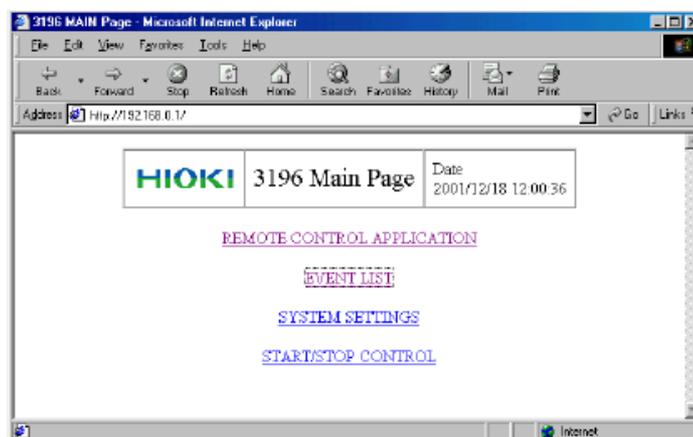
1.4.6. TRANSMISIÓN DE ARCHIVOS

A cada evento, el equipo, lo guarda en la PC CARD como un archivo de 80 a 90 Kbyte, y tiene un límite de mil eventos a guardar, por lo tanto se descargarían 90 Megabytes aproximadamente por medición finalizada, existe un archivo de configuración 3196SET.SET, un archivo de intervalos 96INTVL.ITV y los mil archivos de eventos *.EVT, para realizar la descarga se utiliza el Down 96 y las conexiones de red respectivas para cada caso, descritas anteriormente.

Gracias a la funcionalidad del protocolo HTTP que posee el analizador, se puede también controlar el equipo a través de un navegador de Internet, como son el Internet Explorer o el Netscape Navigator, sin necesidad de instalar en el computador software adicional para configurar el 3196, obtener datos u observar formas de onda de las diferentes magnitudes.

1.4.7. SERVICIO HTTP

Esta función permite configurar, obtener datos y observar las formas de onda del 3196 a través de cualquier navegador de Internet sin necesidad de instalar software adicional en la estación de monitoreo. Al iniciar el navegador, se debe ingresar la dirección IP configurada en el instrumento de medida. Cuando una conexión normal es establecida, la página principal del servicio HTTP aparece como se indica en la figura 1.13.



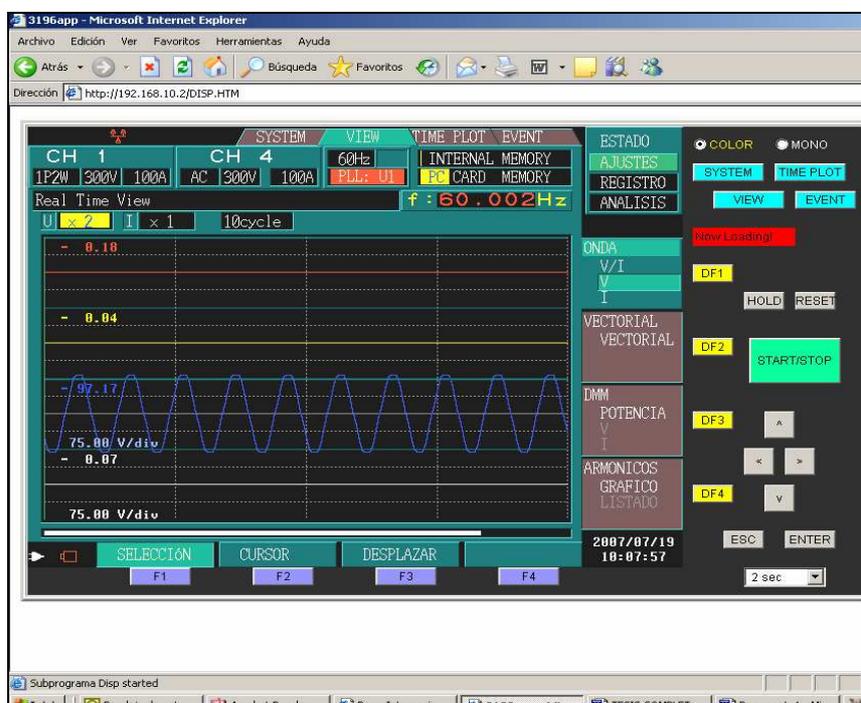
1.13 Submenús

1.4.7.1. Descripción de los submenús

El equipo HIOKI 3196 tiene 2 formas de configurarse remotamente en el web browser, la primera referente a una lista de parámetros y una tabla de eventos con sus respectivas variables y la segunda respecto a la interfaz gráfica mediante la aplicación de control remoto proporcionado en el firmware la cual visualiza los botones y la pantalla del 3196 en el navegador y se configura dando un clic en cada botón.

1.4.7.1.1. Aplicación de control remoto

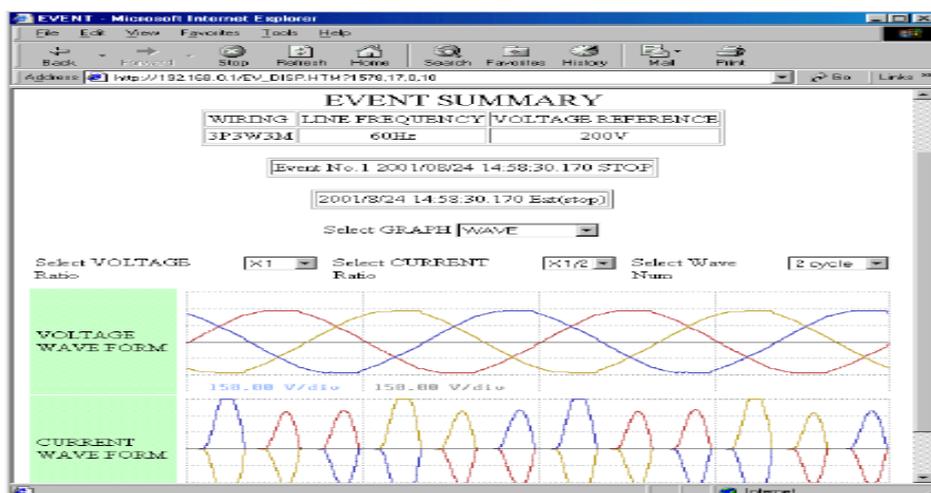
La pantalla actual del 3196 es mostrada a través del navegador de Internet. La ubicación de las teclas es la misma del panel frontal del equipo. Se puede controlar la operación del instrumento dando clic en cada botón. También se puede elegir, el color de la pantalla y la frecuencia de actualización de la misma, en la figura 1.14 se muestra la visualización de la interfaz del equipo en funcionamiento



1.14 Interface del panel frontal con Web Browser

1.4.7.1.2. Lista de eventos

Muestra la lista de eventos almacenados en la memoria interna del dispositivo, al seleccionar un evento, se puede mostrar los detalles, forma de onda, vector y gráfico de barra de armónicos para el instante en el que ocurrió el evento, ver figura 1.15. Se puede convertir las formas de onda de voltaje y corriente de los eventos en texto, para luego ser editados en Microsoft Excel.



1.15 Listado de eventos y formas de onda

Mediante el protocolo HTTP, en la ubicación del usuario se puede monitorear:

- La pantalla actual mostrada en el 3196 y mostrar la lista de eventos almacenada en la memoria interna del dispositivo.
- Todos los eventos registrados hasta ese momento y visualizar detalles, forma de onda, vector y gráfico de barras de armónicos para el tiempo en que cada evento ocurrió.
- También se puede convertir las formas de onda de voltaje y corriente de los eventos ocurridos en texto y editarlos en MS-Excel, utiliza el Internet Explorer como navegador y se puede editar los datos en MS-Word para crear reportes.
- Se puede acceder a todas las configuraciones de la pantalla [SYSTEM] del equipo para controlar el inicio y fin de las mediciones.

El analizador de calidad HIOKI 3196 de acuerdo a las especificaciones dadas por el CONELEC cumple con las normas para medir la calidad de servicio eléctrico en distribución e incluso como se observa en los ítems 1.3.5, 1.3.6 y 1.3.7 permite observar formas de onda y perturbaciones en tiempo real.

En el anexo 1.c se observa las obligaciones de las empresas de distribución en lo concerniente a cumplimiento de las normas de la calidad de servicio eléctrico para producto, se puede observar el número de mediciones a realizar el número de transformadores y de usuario a medir en este caso para la EEASA.

1.5. ANÁLISIS DE TRÁFICO

El equipo HIOKI 3196 permite el monitoreo de las mediciones en tiempo real a grandes distancias, por lo cual es necesario en esta etapa del trabajo realizar el estudio de tráfico enumerando sus características y fuentes, la cantidad y el tipo de datos que circularan por la red a diseñarse, evaluando los puntos críticos del sistema, entendiendo que los datos a transmitir son clasificados como de extremada confidencialidad.

Para este caso particular el conjunto de equipos se medirá en dos circunstancias particulares como son: monitoreo de datos en tiempo real y la descarga de datos concerniente a los eventos medidos desde la PC Card hasta un computador matriz, para estas dos formas de cuantificación de los perturbaciones electromagnéticas es la misma, es decir el equipo se configura para que mida durante 7 días en intervalos de diez minutos, midiendo en este caso en los alimentadores del edificio del CONELEC donde se tomaron distintos valores de alteraciones en voltaje, flicker, armónicos.

Para este caso se aplica la regulación 004-001 para el edificio matriz del organismo regulador y se mide el tráfico de datos generado por el analizador de calidad mediante un computador comunicado al equipo a través de una interfaz Ethernet de 10 Mbps, se visualiza los datos transmitidos en cualquiera de sus dos configuraciones mediante el analizador de protocolos Ethereal 0.99.0.

1.5.1. CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO

Es necesario determinar las propiedades de los datos que envía y recibe el equipo a través de las interfaces de comunicación que posee, en el presente estudio se va a cuantificar los datos a transmitir en un tiempo de medición, la velocidad de transmisión (tráfico cuantitativo) en promedio para dos casos puntuales de acuerdo a las funciones del equipo, que son: monitoreo en tiempo real y descarga de los datos que miden los eventos mediante la herramienta Down 96.

Debido a las funcionalidades y aplicaciones del equipo al transmitir los datos, en el presente trabajo, se va a establecer los protocolos de comunicación involucrados que interactúan en el proceso de monitoreo y descarga de datos comparándolos con las distintas capas del modelo OSI (tráfico cualitativo), identificando los datos propiamente dichos y las cabeceras lo cual permitirá, en la siguiente etapa del proyecto de titulación, dimensionar el canal de comunicaciones y determinar que tecnología se adapta a estos requerimientos.

1.5.1.1. Análisis cualitativo de tráfico HIOKI 3196

Al describir el tipo de tráfico, se tiene que determinar la naturaleza y principalmente el tipo de tramas a transmitir con los protocolos involucrados en ese proceso, en esta parte se va a realizar el análisis dividiéndolo por los tipos de flujo en la transmisión de datos del equipo a la red de datos a diseñarse.

Al equipo se lo podría describir como una microcomputadora capaz de procesar y comunicar datos, en este sentido el 3196 está constituido por una pila de protocolos TCP/IP los cuales van desde la capa aplicación hasta la capa física del modelo OSI, una de sus funciones principales es el monitoreo mediante un web browser, para lo cual, en el presente estudio trataremos los protocolos involucrados, en este proceso, se utilizó el Ethereal 0.99.0, el tiempo de medida fue de 7 días, en intervalos de 10 minutos, de acuerdo a la regulación. Se tomó 3 mediciones.

La comunicación que realiza el equipo es full dúplex, tratándose explícitamente del monitoreo, con un tráfico de bajada mayor que el de subida, consta de un interfaz web el cual permite el monitoreo gráfico en tiempo real; para este análisis se debe considerar: el monitoreo del equipo y la descarga de los datos de la PC CARD.

Al configurar el analizador mediante el browser, de un computador remoto, para el monitoreo en tiempo real se genera flujo de información el cual tiene como fuente cada una de las funciones del HIOKI 3196, las cuales son producto de una serie de instrucciones codificadas que envían comandos para la ejecución de cada una de las funciones contenidas en los botones, transportadas a través de PDUs aplicando, para su comunicación, la jerarquía de protocolos TCP/IP, destacando entre los más importantes HTTP, TCP, UDP, IP

Para tabular los datos es necesario descargarlos desde la PC CARD de manera remota, por lo cual es necesario analizar el flujo de datos en dicho proceso, se ejecuta el Down 96 en el computador de monitoreo utilizando la dirección IP del equipo remoto (HIOKI 3196), se observa en inicio al protocolo ARP para determinar las MAC ADDRESS asociadas a las direcciones IP; el computador personal envía mediante protocolo HTTP una petición para el descargue de los archivos, el HIOKI le transmite mediante protocolo TCP los archivos segmentados en paquetes de 1460 bytes con 46 PDU de control y sincronismo de 20 bytes, para realizar el envío de cada archivo utiliza el puerto 80 HTTP.

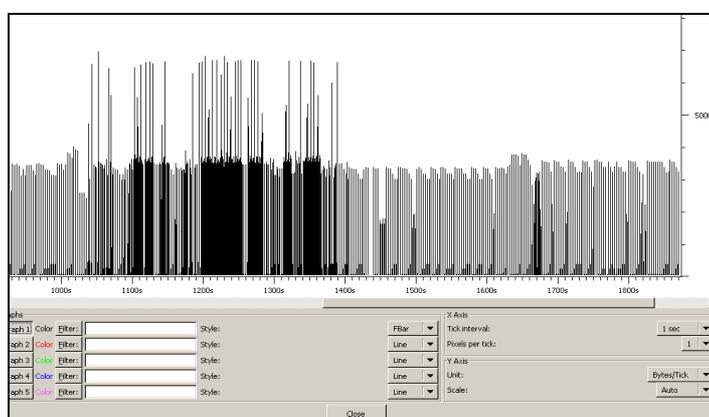
Para este análisis vamos a considerar los protocolos y sus cabeceras hasta la capa de red, considerando que la tecnología de red será seleccionada en el capítulo 3 y puede ser distinta a Ethernet. Estas mediciones se realizaron conectando el equipo a un computador mediante un cable cruzado 10 base T y se analizó el tráfico con el sniffer denominado Ethereal.

1.5.1.2. Análisis cuantitativo de Tráfico HIOKI 3196

La cantidad de tráfico que genera el equipo tanto entrante como saliente se determinan en función de la forma como se comuniquen los datos: por monitoreo en tiempo real o descarga remota, al ejecutar el analizador de protocolos se observa que el tráfico de subida hacia el computador personal tiene un valor promedio 4.75 KBytes/s y el valor promedio de bajada de 2.25 KBytes/s constituido por un 99.98 % de segmentos TCP y 4.48 % de datos HTTP entre los más importantes, este tráfico se genera por el envío de comandos y gráficos que mediante el protocolo web se dibujan en una página del browser y se visualizan en la interfaz de mediciones, la figura 1.16 indica la salida de tráfico.

El sniffer entrega en el análisis de protocolos cuantificando el promedio del tráfico entrante y saliente así como el total de datos transmitidos, las estadísticas donde se tabula puntos finales, jerarquías protocolos involucrados entre capas y handshake, tiempos de trama, cabeceras de capas superiores, direcciones IP de origen y destino; en los siete días de medición el equipo envió y recibió 12 GB encapsulados en 16'053,004.8 paquetes, los cuales se detallan en el Anexo 1.d.

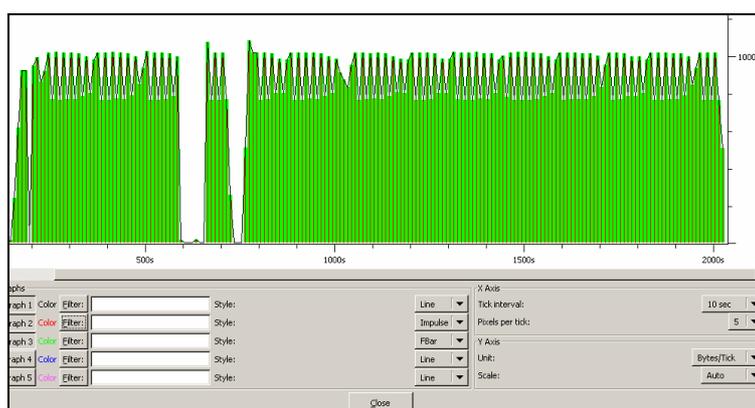
Cuando el HIOKI 3196 realiza las mediciones registra un evento en cada archivo, llegando a un almacenamiento de mil eventos, cada uno de ellos en promedio está constituido por 85000 bytes, es decir después de cada medición de manera crítica se pueden tener 95 megabytes que transmitir por el canal a diseñarse, en consecuencia el canal de datos se dimensionará para estas condiciones.



1.16 Tráfico de monitoreo HIOKI 3196

El Down 96 transmite 1002 archivos los cuales se transmiten en 21938 tramas, cada una en promedio transmitió 718 bytes para entregar una tasa promedio de 202036 bps, cada archivo de evento (*.EVT de 85 Kbps promedio) fue transmitido con 56 segmentos TCP de: 1460 bytes, uno de 17 bytes y otro de 735 bytes, 46 PDU TCP de sincronismo y control cada una de 20 bytes, en la figura 1.16 visualizamos el tráfico de descarga desde el equipo.

El tráfico de descarga generado por un equipo es 202.036 Kbps, para este proyecto analizamos varios de estos equipos conectados simultáneamente, de igual manera se realizará el análisis para la voz y el video, entendiendo que la investigación es hasta el nivel de la capa de red, debido a que no hemos seleccionado la tecnología a utilizar, por lo tanto en el CAPITULO 3 complementaremos este desarrollo, en la figura 1.17 se muestra los niveles de tráfico capturado por el sniffer en el HIOKI 3196.



1.17 Tráfico de descarga desde HIOKI 3196

1.6. ANÁLISIS DE LAS REDES EXISTENTES

El ámbito de aplicación de los equipos HIOKI 3196 se determina de acuerdo a los parámetros eléctricos que medirá y la ubicación de los equipos, donde se van a instalar estos analizadores; tomando en cuenta que las mediciones se hacen cada 7 días, el sistema de comunicaciones a diseñarse debe tener características portables de un punto a otro, manteniendo la comunicación, de acuerdo a este análisis se estudiarán las redes de telecomunicaciones existentes en la provincia del Tungurahua, en el Anexo 1.e se detalla los datos de las empresas existentes en el sector.

Se tiene que resaltar los tipos de servicio para transportar datos que se tiene en el país, enfocándonos en los lugares de estudio, es necesario identificar las distintas empresas que prestan servicios portadores, proveedores de servicios de Internet, operadores de telefonía fija como móvil, identificar que tipos de datos transmiten, la cobertura de sus redes entre otras características.

1.6.1. OPERADORES DE TELEFONÍA FIJA

La red de ANDINATEL fue implementada con estructura mixta en anillo y estrella, está implementado sobre anillos con el sistema PDH/SDH en Quito, y una topología en estrella para el resto del país utilizando la red troncal de fibra óptica y microonda.

En la zona urbana como rural del cantón Ambato ANDINATEL, presta servicio de transmisión de datos a través de ANDINADATOS utiliza un crossconector ubicado en la ciudad de Quito, comunicado en la misma red con el punto de presencia de servicio en Ambato el cual tiene una subred que comunica a los sectores de Guaranda, Lasso, Puyo, Riobamba, Izamba, Baños mediante crossconectores, un megaplexor y nodos FCD-E1, en la ciudad existen 2 nodos los cuales tienen una capacidad de transmisión de 5888 y 1600 Kbps.

Conecta a un backbone ATM con equipos Nortel Passport 15000 que va sobre un sistema de transporte SDH en anillos de fibra óptica a nivel regional con redundancia por microonda, en los puntos de acceso se tienen diferentes servicios como TDM, xDSL, Frame Relay, ISDN a nivel regional, y servicio de Internet con ANDINANET el cual utiliza tecnología xDSL desde 128/64 Kbps, mediante conexión dial up en la ciudad de Quito.

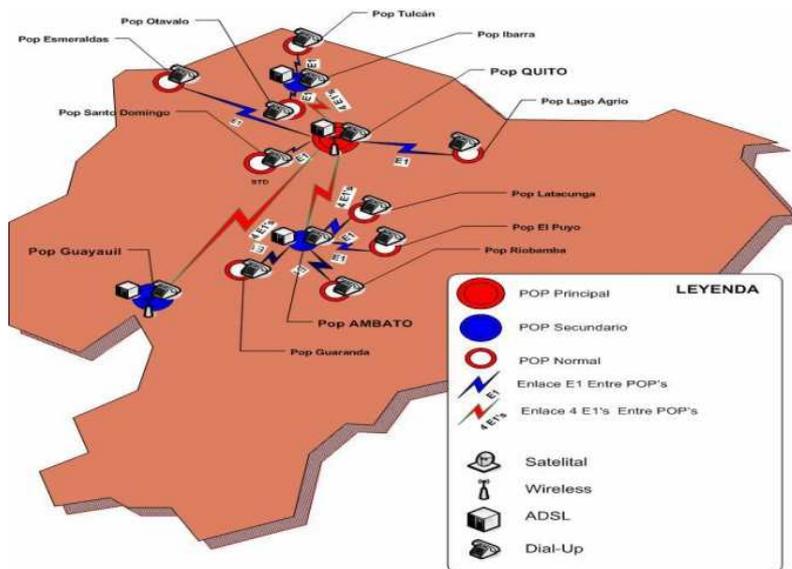
ANDINATEL a través de su red TDM (Time Division Multiplexing) entrega servicios transparentes para enlaces, en los cuales los clientes necesitan solamente el transporte de su información mediante la red WAN. El servicio de transporte de la información se realiza a velocidad constante. También provee

servicios de conmutación Frame Relay con velocidad contratada, mínima CIR, (Cometed Informattion Rate) y velocidad que se puede utilizar en el caso de no existir congestión, enlaces de comunicación con precios más económicos que los enlaces TDM o que quieran tener una conexión punto-multipunto entre una matriz y varios locales.

El xDSL es un servicio punto-multipunto que consta de dos diferenciaciones, ADSL y G.SHDSL. El ADSL ó DSL asimétrico, proporciona a la transmisión de datos la velocidad de 8 Mbps como tráfico entrante al cliente y hasta 1.5 Mbps como saliente, haciéndola útil para la transmisión de Internet. Mediante ADSL y por medio de un SPLITTER la voz y los datos se separan, de manera que se puede hablar por teléfono aunque el computador esté conectado a Internet al mismo tiempo. El G.SHDSL, o DSL simétrico permite la conexión de hasta 2 Mbps de entrada y salida en forma simétrica donde el cliente puede tener transmisión de datos sobre la red ATM a cualquier sitio que desee, desde Internet hasta conexiones entre agencias o locales.

En la zona urbana del cantón Ambato se tiene todos los servicios antes mencionados, la parte rural como el sector de Izamba recibe el servicio de TDM; en otros lugares de la provincia como en Baños y Pelileo se recibe TDM y ADSL, en la zona urbana de la ciudad circula un anillo SONET/SDH por el cual se distribuye a los distintos puntos de acceso.

En la figura 1.18 se observa la topología de la red de datos de ANDINANET, para el presente proyecto, en Tungurahua se tiene un POP principal el cual tiene conectados 56442 abonados con una densidad de penetración del 11.55%, cuenta con un territorio de 3334 Km², con una población de 487,226 habitantes, tiene una densidad poblacional de 134.9 habitantes/ Km², es decir que por cada kilómetro existe 15.85 líneas aproximadamente.



1.18 Topología de red ANDINATEL

1.6.2. OPERADORES DE TELEFONÍA MÓVIL

En la provincia del Tungurahua existe presencia de las compañías: OTECELL, CONECELL Y TELECSA, también poseen títulos habilitantes como empresas de servicios portadores por lo que en la situación actual vamos a considerar también estas características.

1.6.2.1. Conecel

Porta tiene la mayor cobertura del país con tecnología TDMA y GSM, funciona en la banda de los 800 MHz con una velocidad de transmisión de 44 Kbps, posee en todo el país 1261 radio bases, entregando cobertura a la mayoría de cantones de la provincia del Tungurahua proporcionando el servicio con 27 estaciones, utiliza tecnología GPRS para la transmisión de paquetes e Internet móvil.

El sistema funciona con canales de 200 KHz, en bandas de 25 MHz, por lo que se tienen 124 canales considerando 2 bandas de guarda de 100 KHz, en la mayoría de ciudades se tiene celdas de 2 a 5 km, modula sus portadoras con GMSK.

Su NOC se encuentra en la ciudad de Guayaquil comunicado por una red de servicios portadores de fibra óptica a la ciudad de Quito y adicionalmente por un conjunto de redes de microonda, en la provincia provee la comunicación en las siguientes localidades: Ambato, Ambatillo, Atahualpa, Baños, Benítez, Cevallos, Constantino Fernández, Cuchibamba, el Salado, Huachi Chico, Huachi Grande, Izamba, Martínez, Pasa, Pinillo, Pilahuin, Quisapincha, Salasaca, Santa Rosa, Unamuncho, Ulba.

En la ciudad de Ambato, entrega Internet móvil GPRS con la tecnología WAP en la zona urbana a una tasa de transmisión de 40 Kbps en promedio, también presta servicios portadores a través de sus redes de fibra óptica y microonda terrestre, además ofrece servicios de telemetría a grandes empresas dependiendo de la cantidad de datos a transmitir.

1.6.2.2. Otecel

También llamada MOVISTAR, tiene cobertura en las principales ciudades del Ecuador, hasta octubre del año 2006 existen en el Ecuador 8'038,599 usuarios de telefonía móvil, que representa un índice de penetración del 59.77%, del cual esta empresa posee el 29.8% de los usuarios, utiliza tecnologías como TDMA, CDMA y GSM para brindar servicios de telefonía móvil celular y servicio de transmisión de datos con velocidades de hasta 153 Kbps nominal, según datos de la misma empresa 40 – 60 Kbps en CDMA y en la banda de 850 MHZ usando tecnología CDMA 1x posee 514 radio bases en todo el país, en la provincia del Tungurahua posee 18 radio bases las cuales dan cobertura principalmente a las localidades ubicadas en las parroquias: Ambato, Chisalata, Augusto Martínez, Constantino Fernández Cunchibamba, Izamba, Huachi Grande, Juan Benigno Vela, la matriz, Celiano Monje entre las más importantes.

La empresa OTECEL ofrece servicios de transmisión de datos y telemetría, mediante su red de paquetes de datos por la cual se ofrecen dos tipos de servicio como son: el acceso a una red pública y local y el acceso a una red privada, se

accede a este servicio por el método de acceso de simple IP o móvil IP, en la cual se ofrecen aplicaciones como WAP, Internet 1x, transferencia de archivos, LAN remotas, acceso a bases de datos y reportes con control centralizado, en el anexo 1.f se muestra la zona de cobertura de la empresa.

Un indicador general de la calidad de servicio es el porcentaje de llamadas caídas que refiriéndonos a la parte urbana está en el orden de 2%, en la parte suburbana 5% y en la rural 7%.

1.6.2.3. Telecsa

Empresa que facilita el servicio móvil avanzado en la banda de 1900 MHz con tecnología CDMA 1x EVDO, optimizado para la comunicación de datos a alta velocidad. Tiene un alto throughput debido a la utilización de codificación adaptiva y modulación proporcionando velocidades de hasta 300 Kbps en transmisión de datos, utiliza multiplexación por división de tiempo en enlace ascendente y solo un terminal recibe el tráfico de los paquetes desde cada sector en un tiempo dado, trabaja con una portadora con ancho de banda de 1.25 Mhz

La arquitectura de CDMA2000 1x EV-DO permite la utilización de los mismos elementos de red CDMA 1x, para un funcionamiento óptimo necesita recursos adicionales de hardware como: una tarjeta de módulo de datos en la BTS, un controlador de red de radio DO-RNC, un servidor de Administrador elemental de datos y otro de autenticación.

La red de TELECSA consiste del dispositivo final, la red de acceso por radio y la red de datos en paquetes. El terminal de acceso o dispositivo de usuario es aquel que envía y recibe solo datos según los requerimientos del usuario como una computadora, palm, pocket PC etc.

La red de acceso por radio maneja la interfaz aire, utiliza una BSC con una función de control de paquetes PCF y múltiples BTS para formar la red de acceso, la misma contiene celdas en promedio 2.4 Km. de radio, generalmente se utiliza en cada ciudad una BSC y varias BTS, las BSCs son responsables de la asignación de recursos por radio y administración de las BTSs; la PCF administra del estado los datos en paquetes e interactúa con la BSCs, y las BTSs realizan procesos de modulación, demodulación codificación y decodificación de la señal.

Los elementos relacionados a la red de datos de paquetes son el nodo de servicios de datos PSDN y el servidor AAA, la PSDN soporta la administración de direcciones IP, enrutamiento de paquetes entre las redes de datos y redes inalámbricas, recolección de información para la facturación y soporte para la autenticación. El servidor AAA es una base de datos responsable por el almacenaje de los perfiles de usuario y soporta las funciones de autenticación.

La empresa posee enlaces de backhaul con microondas comprendidas en los rangos de 7 a 15 Ghz, y en algunos casos comunicaciones con SONET SDH a través de fibra óptica.

Posee cobertura en las principales ciudades del país con 218 radio bases PCS teniendo 9 en la ciudad de Ambato las cuales dan cobertura al cantón en la zona urbana y rural; al observar las zonas objeto de estudio no se tiene un buen nivel de señal en las zonas rurales de la provincia del Tungurahua, especialmente en el parque industrial y los barrios de Miraflores y Ficoa.

Cabe señalar que desde diciembre del 2007 esta operadora ofrece servicio GSM en la banda de los 1900 MHz Alegro arriendará la infraestructura de Movistar por 5 años y con esto espera ahorrar el 85% del costo de una red GSM propia a nivel nacional, su negocio se centrará en la telefonía prepago.

1.6.3. EMPRESAS DE SERVICIOS PORTADORES

Proporcionan al usuario la capacidad necesaria para el transporte de información, independientemente de su contenido y aplicación, entre dos o más puntos de una red de telecomunicaciones. Se pueden prestar bajo dos modalidades: redes conmutadas y redes no conmutadas.

En el Ecuador existen 20 empresas que tienen el permiso de entregar este servicio a nivel nacional, pero no todas proveen el servicio en todas las ciudades por ello, en el presente trabajo, vamos a detallar las más importantes en función de que el servicio se entregue en la ciudad de Ambato de manera confiable y segura.

1.6.3.1. Suratel

Pertenece al grupo TV CABLE, provee transmisión de datos en todo el país, a través de una amplia infraestructura tecnológica que respalda estos servicios. Cuenta con red de fibra óptica en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca, una red de cobre con equipos para la transmisión de datos en las ciudades de Quito, Ibarra, Ambato, Riobamba, Santo Domingo, Guayaquil, Machala, Cuenca, Manta y Portoviejo y enlace satelital en el sector de Salinas.

En cada ciudad que cuenta con redes de fibra óptica, posee salida internacional a través de un tele puerto comunicado a la red metropolitana por un switch Frame Relay, tiene 3 anillos SDH, 2 STM1 y otro STM16 por donde se distribuye a los switch de acceso, que a su vez conectan a las redes de última milla, también realiza la comunicación a redes ubicadas en las provincias mediante enlaces de microonda.

En la ciudad de Ambato también presta servicios de valor agregado por medio de la empresa SATNET en el casco urbano, refiriéndose a las zonas objeto de estudio, el Internet se transmite a una velocidad de 128 Kbps, entregando el servicio a través de la red de televisión por cable y una conexión a Internet por medio del backbone de fibra óptica de SURATEL.

La red de última milla está comprendida entre los barrios de Ficoa y Miraflores, la misma que va desde la Av. De los Guaytambos y calle Chirimoyas donde se encuentra un Head End de 750 MHz, la Av. Miraflores y Azucenas terminando en las calles Lizardo Ruiz y Pérez de Anda. En esta red existen 10 nodos troncales (amplificadores) a 350 MHz.

1.6.3.2. Transelectric – Transnexa

El sistema nacional de transmisión de energía eléctrica está constituido por la empresa TRANSELECTRIC S.A., para realizar el control y monitoreo de sus redes utiliza desde hace algunos años la tecnología PLC a través de las líneas de alta tensión. En su mayoría, en años anteriores, estaba conformado por subestaciones electromecánicas las cuales se operaban de forma remota mediante relees y contactores comunicando instrucciones de forma análoga; La digitalización de los diferentes equipos demanda utilizar las nuevas tecnologías en la transmisión de datos, por lo cual esta empresa automatiza estos procesos e incursiona en el mercado del Servicio Portador Ecuatoriano instalando varios pares de fibra óptica aérea, la cual se transporta por el cable de guarda, opera en forma exclusiva la red de fibra óptica tendida en Ecuador y trabaja en Colombia por medio de la empresa INTERNEXA.

La red está constituida, por varios anillos SDH redundantes, tratando la parte centro – norte del país, sus nodos están ubicados en las subestaciones de Santo Domingo, Santa Rosa, Quito, Pomasqui, Tulcán y en Colombia en el sector de Jamondino, presta el servicio de transmisión de datos por Clear Chanel con capacidades de E1, DS3 y STM-1 y disponibilidad del 99.8%, esto a nivel regional para servicios portadores y clientes del MEM; y servicios de transporte internacional para el tráfico de datos IP y voz.

Provee el servicio de transmisión de datos y conexión generada por los Proveedores de Servicios de Internet (ISP), es implementado a través de enlaces dedicados entre las instalaciones del cliente y el punto de presencia de la

Compañía en el país, en este contexto podemos enumerar algunas de las características del servicio como son: la comunicación entre Ecuador y Colombia presenta una latencia de 170 ms, pérdida de paquetes menor a 0.1%, una gestión de red los 365 días del año, con respaldo 1 a 1 a nivel de equipos, se comunica mediante interfaces ITU-TG.703 a 75 ohmios para interfaces eléctricas, con la recomendación ITU-T G.671 para interfaces ópticas en los STM-1.V35 y utiliza el protocolo BGP4 a nivel de enrutamiento.

Al ser una empresa en crecimiento se está instalando la infraestructura de telecomunicaciones en varios puntos del país según fuentes de TRANSELECTRIC, para el caso de la provincia del Tungurahua se está implementando desde el año 2007.

1.6.3.3. Telconet

Provee un servicio de acceso a Internet a través de Fibra Óptica directamente a Estados Unidos con topología redundante utilizando para ello un backup satelital VSAT. Backbone Metropolitano Ethernet Gigabit en Guayaquil, Quito y Manta utiliza un esquema de respuesta a fallas del Backbone de fibra a través de enlaces de microonda, en el resto de ciudades del país está interconectado por medio de un backhaul Metropolitano Wireless, para conectar la regiones de la costa y la sierra se dispone de un a redes SDH Guayaquil - Quito de un 1 STM1 (155 Mbits) para brindar servicios portadores.

Proporciona algunos servicios como: Internet dedicado 1:1, servicio de túnel IP – MPLS, internet dedicado por fibra óptica, enlaces de transmisión de datos y VPN locales nacionales e internacionales, certificación y firmas digitales y servicios de SDSL para Pymes y SoHo a través de TransTelco quien realiza las funciones de empresa proveedora de servicios de Internet.

En la ciudad de Ambato posee un enlace de backbone mediante red de fibra óptica con MPLS con redundancia en lugares inaccesibles mediante microonda y se comunica a través de un enlace interurbano hacia Quito mediante fibra.

1.6.3.4. Impsat

Las comunicaciones satelitales son utilizados por varias entidades de la sociedad ecuatoriana en la transmisión de voz, datos y video. IMPSAT presente en el mercado por más de una década ha entregado soluciones de conectividad a sus clientes, en la actualidad presta servicios de comunicación satelital y comunicaciones de backbone por medio de su red de fibra óptica instalada en las principales ciudades del país.

Utiliza tecnología satelital SCPC y VSAT, la cual proporciona cobertura en todo el país, utiliza la banda C y la banda Ku, para la comunicación de datos y voz, presta los servicios de Acceso dedicado a Internet, seguridad gerenciada, IP VPN, Telenetworking, video Conferencia, media Streaming, Backbone , acceso dial up mayorista,, Modem Service Broadband Omniwhere.

También entrega el servicio de transmisión de datos mediante Private IP, Frame Relay, Clear Chanel DAMA, ATM, VSAT-MINIDAT; tiene un telepuerto en la ciudad de Guayaquil y el HUB de comunicaciones en Quito para entregar el servicio a las zonas más remotas del Ecuador.

Proporciona la mayor cantidad de servicios mediante su red VSAT- Minidat la cual utiliza para aplicaciones de telemetría y tele comando mayoritariamente para empresas petroleras ubicadas en la región oriental del país.

1.6.3.5. Comsatel

Es el representante para el Ecuador del sistema de Comunicación Satelital Móvil NERA, STRATOS, TELENOR, INMARSAT e IRIDIUM. Tiene un área de cobertura en todo el continente con 200 millas náuticas mar adentro aproximadamente, tiene un centro de control ubicado en la ciudad de Guayaquil. Las características que presenta este sistema IRIDIUM son:

- Cobertura global, sin importancia de ubicación.
- Portabilidad y confiabilidad.
- Utiliza la **Banda L** (1.616 – 1.6265 GHz); **Banda Ka** (19.4-19.6 GHz/29.1-29.3 GHz) para enlaces ascendentes y descendentes.
- Método de acceso: FDMA/TDMA.
- 7.62 Kbps en acceso a aplicaciones de correo electrónico.

1.6.4. EMPRESAS DE SERVICIOS DE VALOR AGREGADO

En la provincia del Tungurahua existen alrededor de 14 empresas con permisos de funcionamiento las cuales son: ANDINANET, ASAPTEL, LUTROL S.A., ENTREPRENEURINC, OTECEL, CONECEL, PARADAYNE, PORTAL DATA, PUNTO NET, SATNET, SITA, TELECSA, TELYDATA, UTA.

En la provincia del Tungurahua existen 9825 suscriptores con enlaces dedicados, 32293 en cuentas conmutadas en telefonía fija y aproximadamente 7911 cuentas dial up móviles, se estimaron estos datos tanto en usuarios personales como cibercafés, las tecnologías más utilizadas son los enlaces xDSL, CDMA 1x EVDO en el caso de cuentas móviles, cable módem y la tecnología satelital VSAT.

En la provincia de Tungurahua el porcentaje de cuentas conmutadas de acceso a Internet es 2.45% y refiriéndose a las cuentas dedicadas el 1.81% del total nacional, el mayor porcentaje se encuentra en la zona urbana del cantón Ambato.

Varias empresas poseen la concesión del servicio pero en los momentos actuales no lo prestan en el cantón peor aún en la provincia, en el presente trabajo describimos las que se encuentran operando en el cantón Ambato, tomando en cuenta que muchas de ellas se han descrito con anterioridad y cada empresa presta diferentes servicios de telecomunicaciones.

1.6.4.1. Asaptel

Provee accesos nacionales e Internacionales a Internet a través de fibra óptica internacional o satélite en las ciudades Ambato y Machala, tiene conexiones dedicadas nacionales e internacionales para la transmisión de datos, servicio de última milla mediante microonda, servicios de VoIP con venta de minutos internacionales, soluciones de valor agregado para las redes corporativas como: firewall, webservers entre otros.

Para brindar estos servicios posee un doble anillo SDH de fibra óptica en las ciudades de Ambato y Machala, utiliza una Red de microondas para los cantones de las provincias de Tungurahua, el Oro y próximamente en la provincia del Cotopaxi, esto se lo realiza mediante un centro de operaciones que brinda monitoreo los 365 días del año, posee un sistema de gestión de alta tecnología que permiten monitorear tanto el backbone de la red como las redes de acceso a nivel equipo mismo del cliente.

Actualmente consta de dos servidores Silicon Graphics y equipo de comunicaciones Cisco. Cuenta con enlace RDI (Red Digital Integrada), que es comunicación vía fibra óptica con 120 líneas de acceso a 56 Kbps y enlace E1 a la Red LAN, lo cual nos garantiza una comunicación limpia, rápida y segura con la red mundial.

1.6.4.2. Punto Net

Es uno de los proveedores más grandes del país cuenta con su NOC principal en la ciudad de Quito, ubicado en la Av. Amazonas 4545 y Pereira, Centro Financiero. Posee una infraestructura satelital propia aterrizando en Cedar Hills Texas, desde donde conecta hacia los principales NAP's como son Unet y AT&T en Estados Unidos y Level Three en Europa por medio de un canal de fibra transatlántica, realizando balanceo de cargas y análisis de la mejor ruta a través del protocolo BGP v4, el cual se encuentra habilitado en los border-routers tanto de Quito como de Texas.

El NOC (Centro de Operaciones de Red) ha sido diseñado para alojar a los equipos, sistemas, personal, y demás recursos necesarios para dar acceso y proveer servicios de Internet a los clientes de PuntoNet.

1.6.5. RED DE COMUNICACIONES EEASA

Al realizar la visita a la Empresa Eléctrica Ambato regional Centro Norte se revisó la topología de las redes informáticas, y las redes de automatización en las subestaciones a nivel de subtransmisión, en toda el área de concesión tiene varios puntos de recaudación los cuales se comunican por medio de enlaces WiFi en las bandas libres de 2.4 y 5.8 GHz como enlaces de backbone uniendo estos puntos de recaudación con la matriz de la EEASA ubicada en la Av. 12 de Noviembre y Espejo.

En el perímetro urbano se utiliza enlaces con IEEE 802.11b con repetidoras en los cerros Pilisurco y el cerro Pishilata, de los cuales a su vez se transmiten los datos a la matriz utilizando equipos CISCO de diferentes series. En la parte rural se utiliza 802.11a cuando se realizan enlaces cantonales o provinciales, determinando que el área de concesión abarca a las provincias de Tungurahua, Napo, Pastaza y Morona.

La automatización de las redes de distribución eléctrica se lo realiza mediante el sistema SCADA de marca ELIOP el cual define un sistema de Telecontrol que utiliza un servidor en Windows NT y el sistema SCADA – ELITEL 400 propietario, el cual comunica los datos remotos generados por las RTUs RMIX4 mediante protocolos propietarios incompatibles con IP o Mod bus, la comunicación se realiza a través de una red de UHF punto multipunto utilizando módems con una transmisión de datos a 1200bps, el sistema va a migrar a una red WiFi conectadas a las nuevas RTU SIEMENS.

Al hablar de estándares IEEE 802.11x necesariamente se debe de hablar de las seguridades, en este caso utilizan autenticación con WPA y subneteo de las redes en cada una de las sucursales.

La gestión de red la realiza la propia empresa a través del Departamento de Sistemas y Control de Telecomunicaciones a cargo de los ingenieros Fabián Vivanco y René Terán a quienes se les preguntó respecto a la posibilidad de alquilar la red de otra empresa para la transmisión de datos de las subestaciones, los cuales supieron manifestar que por la seguridad y calidad de los datos debe ser propietaria.

1.6.6. RED DE COMUNICACIONES CONELEC

Este organismo se encuentra ubicado en el norte de la ciudad de Quito, conformado por aproximadamente 150 usuarios, cada uno provisto de un computador, posee en su intranet alrededor de 65 dispositivos de oficina entre impresoras, fax, escáner y copiadoras en red, está comunicado mediante tecnología de red Fast Ethernet, accede a Internet mediante un enlace clear channel de 1 Mbps con la empresa Andinatel y posee un backup dial up. El cableado del edificio se lo realizó con las normas EIA/TIA 568A/568B distribuido para 10 pisos, el cuarto de comunicaciones con el centro de gestión de red se encuentra en el quinto piso.

Se presta servicio a los usuarios de correo electrónico, almacenamiento de archivos, web hosting de su portal a Internet, DNS, base de datos y servidor de archivos. En esta intranet las estaciones de trabajo y la mayoría de servidores están montadas con distribuciones Microsoft conectados a un firewall y éste a su vez a un router para la salida a Internet, utiliza cada tres pisos un switch de distribución CISCO CATALYST 2900, los cuales se unen al switch de CORE 3cCOM 4900.

Adicionalmente provee acceso a la red mediante la tecnología WiFi utilizando los access point CISCO AIRONET 1100 cada 2 pisos, asignado diferentes IP mediante un servidor DHCP.

Los proyectos de georeferenciación y centralización de datos del sistema eléctrico nacional denominados SIGCONELEC y SISDAT respectivamente, forman parte de una DMZ.

1.7. ANÁLISIS DEL TERRENO

El objetivo del presente estudio es identificar las condiciones del sitio y definir parámetros que permitan realizar el uso eficiente de los recursos existentes, debido a este antecedente es necesario definir la posición exacta de un lugar y conocer los posibles lugares de trabajo.

Para definir el estudio del terreno es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Identificar y codificar una lista de sitios.
- Determinar la ubicación georeferenciada de las zonas, mediante mapas digitales.
- Accesibilidad a los sitios, condiciones de las vías de acceso.
- Seleccionar posibles lugares donde exista infraestructura ya instalada.
- Tomar alturas de edificaciones altas y obstáculos como lomas y cerros, levantar fotografías de los sitios.

Para realizar el levantamiento de datos se deberá disponer de las siguientes herramientas: GPS, flexómetro, cámara de fotos, calculadora, mapas impresos. El presente proyecto se desarrolla en la provincia del Tungurahua, para lo cual en este análisis se determinarán las características topográficas, atmosféricas y eléctricas de los lugares objeto de estudio, necesariamente el levantamiento de la información se lo realizará de manera georeferenciada mediante la toma de coordenadas por medio de un GPS y mapas digitalizados en los cuales se revisan las características del sitio con las herramientas Autocad y Arcgis.

EL alcance del proyecto trata de una zona urbana y otra rural del cantón Ambato, en las zonas definidas previamente por el CONELEC como son el barrio de Miraflores y el parque industrial, donde se van a levantar la información relativa a la infraestructura existente de telecomunicaciones, eléctrica, civil.

La provincia de Tungurahua está ubicada en la zona central del país en los hemisferios Sur y Occidental, está comprendida entre los paralelos 00°55'00"S y 01°35'00" y los meridianos 78°06'51" y 78°55'49". Presenta restricciones físicas de topografía, relieves escarpados y altas pendientes que llegan hasta los 4000 m y valles bajos rodeados de montañas con alturas entre los 2000 metros, han dado lugar a la presencia de zonas susceptibles a la acción erosiva provocada por agentes de origen eólico, fluvial y humano; lo cual también está relacionada con la topografía del suelo y la escasa o ninguna vegetación en ciertos sectores.

Los principales sistemas montañosos que sobresalen por su altura son: las elevaciones del Casaguala con una altura de 4545 metros, el Quisapincha con 4530 metros, La Esperanza con 3300 metros, Lligua con 2959 metros, Cerro Hermoso con 4563 metros, Niton con 3090 metros y el Tungurahua con 5070 metros en el cantón Baños.

1.7.1. ESTUDIO DEL TERRENO EN LA CIUDAD DE AMBATO

La ciudad de Ambato capital de provincia de Tungurahua se encuentra ubicada dentro del cantón del mismo nombre, el cual es atravesado por la Cordillera Occidental. Está en una hondonada formada por seis mesetas: Píllaro, Quisapincha, Tisaleo, Quero, Huambaló y Cotaló, ubicada a 78° 37' 11" de longitud con relación al Meridiano de Greenwich y a 1° 13' 28" de latitud sur con relación a la Línea Equinoccial, a 2577 metros sobre el nivel del mar.

Posee 1200 Km² de superficie, goza de un clima templado y suave que varía entre los 14°C y los 19°C, constituido por 9 parroquias urbanas: Atocha – Ficoa, Celiano Monge, Huachi Chico, Huachi Loreto, La Matriz, La Merced, La Península, Pishilata y San Fernando; y con 18 parroquias rurales: Ambatillo, Atahualpa, Constantino Fernández, Cunchibamba, Huachi Grande, Izamba, Juan Benigno Vela, A. N. Martínez, Montalvo, Pasa, Picaihua, Pilahuín, Quisapincha, San Bartolomé de Pinillo, San Fernando, Santa Rosa, Totoras y Unamuncho.

La ciudad tiene un clima ecuatorial mesotérmico que varía entre las temperaturas de 12 a 20 °C, la humedad relativa tiene valores comprendidos entre el 65 y el 85%, en esta zona en promedio se tiene intensidades de lluvia de 110 mm/h y precipitaciones de 200 mm.

Debido a la topografía del terreno, en el caso de optar por una solución inalámbrica, en la cual su trayectoria no es en línea recta debido a la superficie curva de la tierra, produciéndose una inclinación del haz de ondas, el cual depende del índice de refracción (n) y este a su vez depende de variaciones de altura, presión, temperatura y humedad de la troposfera en la cual se da la propagación, todos estos factores se relacionan al Factor de Abultamiento K , el cual para este trabajo se tomará un valor de $K = 4/3$, considerando que la atmósfera que rodea a esta zona es estándar.

En el presente trabajo, también se analizará las posibles interferencias y perturbaciones generadas por los sistemas de comunicación existentes y otro tipo de infraestructura instalada.

1.7.1.1. Estudio del terreno en la zona urbana

El barrio de Miraflores (figura 1.19) está ubicado al sur occidente de la ciudad de Ambato a $78^{\circ} 38' 13.97''$ de longitud oeste con relación al Meridiano de Greenwich y a $1^{\circ} 14' 53.83''$ de latitud sur con relación a la Línea Equinoccial, a 2577 metros sobre el nivel del mar, entre las parroquias La Matriz y Celiano Monje, este sector está delimitado al norte por el río Ambato y la calle Francisco Flor, al sur la avenida Manuela Sáenz, al este la avenida Olmedo y al oeste el barrio de Ficoa y el río Ambato, con un área aproximada de 0.3795 Km^2

Está constituido por dos sectores que son: Miraflores bajo y Miraflores alto, los cuales se encuentran separados por una ladera junto a la Av. Miraflores con un desnivel de aproximadamente 50 m, rodeado por un conjunto de elevaciones

comprendida por la loma de Santa Elena, el cerro Casigana, loma la Cantera y el cerro Pilisurco refiriéndose a la parte Sur Oeste. En la parte noroeste se encuentra rodeado por las laderas del cerro Pishilata en el barrio Ficoa colindando con la parte céntrica de la ciudad por la calle Francisco Flor.



1.19 Barrio Miraflores

1.7.1.2. Análisis de la red eléctrica urbana

La empresa Eléctrica Ambato S.A. tiene la zona de concesión en todos los cantones de la provincia del Tungurahua, parte de Napo y Pastaza, para el análisis de las zonas objeto de estudio a nivel de subtransmisión posee transformadores de 69 – 13.8 KV ubicadas en las subestaciones: Samanga, Atocha, Huachi, Batán, Central Batán, Ambato, Oriente, la Península, Lligua, Central Península, Totoras; refiriéndose al cantón Ambato en la parte urbana y rural.

El Barrio de Miraflores está alimentado por la subestación Huachi (ver figura 1.20) la cual se encuentra localizada a $78^{\circ} 38' 12''$ de longitud con relación al Meridiano de Greenwich y a $1^{\circ} 14' 53''$ de latitud sur con relación a la Línea Equinoccial, a 2578 MSNM localizada en la Av. Manuelita Sáenz y Alfredo Pérez Guerrero.

Dicha subestación, está constituida por un transformador de 10/12.5 MVA, conectado a un seccionador que distribuye la energía al sector de Miraflores a nivel de 13.8 KV, el barrio tiene una potencia instalada de 1566,5 KVA distribuidos en 40 transformadores.

A nivel de subtransmisión y distribución posee conductores N° 6, 4, 2, 1 Φ , 2 Φ , 3 Φ , 4 Φ de acuerdo a las normas AWG – ASCR, el anillo cubre un perímetro aproximado de 38089 m, entre subestaciones, están conectadas mediante líneas de transmisión de calibre 477 MCM con capacidad de corriente de 670 A y longitudes que oscilan desde 2 a 20 Km, son monitoreadas a través de un sistema centralizado de Telecontrol, posee un panel de control electromecánico que alimenta el sector residencial de los barrios Ficoa y Miraflores y otro digital SIEMENS que alimenta al Mall de los Andes.



1.20 Subestación Huachi

1.7.1.3. Estudio del Terreno en la Zona Rural

El parque industrial Ambato (ver figura 1.21) está ubicado al nororiente de la ciudad de Ambato a $78^{\circ} 35' 33,46''$ de longitud con relación al Meridiano de Greenwich y a $1^{\circ} 11' 49''$ de latitud sur con relación a la Línea Equinoccial, a 2666 metros sobre el nivel del mar, en la parroquia Izamba en el sector de Samanga Bajo y Samanga Centro.

Este sector está delimitado al norte por la panamericana Norte y la Ciudadela Nueva Amazonas, al sur la calle C, en el este la calle 9 y al oeste la línea férrea, con un área aproximada de 1.87 Km².

Se encuentra en la planicie del sector Samanga, asentada sobre la loma del mismo nombre, colinda con la parroquia Cuchibamba y está atravesada por la Panamericana, este sector se encuentra a una altitud superior que el centro de la ciudad, tiene poca densidad poblacional debido a la gran cantidad de industrias grandes y medianas, el aeropuerto se sitúa frente a la subestación rodeada por la loma Chasinata.



1.21 Parque industrial Ambato

1.7.1.4. Análisis de la red eléctrica rural

Es importante, en el contexto nacional, la actividad industrial de la provincia de Tungurahua relacionado a la **Industria Manufacturera** pues conforma el segundo sector de provincias (junto con Azuay y Manabí) que agrupan entre 50 y 100 plantas industriales.

Las ramas industriales más importantes son la textil, de confección y la industria del cuero en primer lugar, seguidas por la de alimentos y bebidas y la de productos químicos. Cuenta con un parque industrial ubicado en el Kilómetro 8 de la carretera panamericana norte. Su extensión es de 84 hectáreas divididas en 251 lotes. El parque tiene servicios suficientes de energía eléctrica y de agua

potable. Para el desarrollo industrial futuro de la provincia, se ha previsto el campo de la agroindustria para aprovechar sus ventajas por la producción de frutas, legumbres y hortalizas. Las industrias más grandes de la provincia se encuentran en Ambato entre las más importantes se tiene: CALZADO D'ALEXIS, CHILDRENS, INCLASID CONFISID, PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A.

La subestación Samanga (ver figura 1.22) se encarga de suministrar energía a todo el sector del parque industrial Ambato, posee un transformador de 69 – 13.8 KV ubicado en las coordenadas a $78^{\circ} 35' 40.24''$ de longitud con relación al Meridiano de Greenwich y a $1^{\circ} 11' 54.76''$ de latitud sur con relación a la Línea Equinoccial, a 2666, comprendida entre la Av. Uno y la calle D.

Dicha subestación, está constituida por un transformador de 12 MVA, conectado a un seccionador que distribuye la energía al sector del parque industrial a nivel de 13.8 Kv, el barrio tiene una potencia instalada de 4201.5 KVA distribuidos en 90 transformadores. A nivel de subtransmisión y distribución posee conductores N°6, 4, 2, 1 Φ , 2 Φ , 3 Φ , 4 Φ de acuerdo a las normas AWG – ASCR, el anillo cubre un perímetro aproximado de 38089 m, entre subestaciones.



1.22 Subestación Samanga

Están conectadas mediante líneas de transmisión de calibre 477 MCM con capacidad de corriente de 670 A y longitudes que oscilan desde 2 a 20 Km son monitoreados a través de un sistema centralizado de Telecontrol, posee un panel de control electromecánico monitoreado mediante el sistema ELIOP, posee una RTU, comunicada a la red de VHF a 1.2 Kbps Utiliza una estación maestra ELIX 9000 la cual es ejecutada en un computador Pentium 3 de 2 GHz con 512 RAM en una plataforma Windows NT.

1.8. FUENTES DE INTERFERENCIA

En todos los sistemas de telecomunicación la materia prima es la señal de datos, la cual sufre perturbaciones en su viaje del origen al destino, en el presente trabajo se detalla de acuerdo a las zonas analizadas, las posibles fuentes de compatibilidad electromagnética tanto de origen natural como de infraestructura eléctrica y telecomunicaciones instaladas.

1.8.1. RUIDO ELÉCTRICO

La maquinaria eléctrica y los sistemas de iluminación son fuentes de interferencia eléctrica. En la mayoría de los casos, la interferencia es el resultado de las chispas, la formación de arcos y las descargas eléctricas.

En unos cuantos casos, la interferencia se causa por los dispositivos de control eléctricos como los controles de velocidad del motor, los controladores de temperatura y los reductores de luz.

1.8.2. INTERFERENCIAS

De acuerdo a la fuente se tiene 3 tipos de interferencia:

- Interferencia directa.- Interferencia ocasionada por equipos que utilizan la misma tecnología.

- Interferencia indirecta.-Se produce debido a dispositivos que utilizan distinta tecnología pero trabajan en la misma banda de frecuencias.
- Interferencia multitrayectoria.- referente a la diferencia de tiempo entre la señal que llega directamente y la señal reflejada por diferentes obstáculos.

En el barrio de Miraflores se tiene una posible fuente de interferencia indirecta debido a la existencia del backbone que une a toda la red informática de sucursales y la matriz de la EEASA la cual utiliza la tecnología WiFi en 2.4 y 5.8 GHz, adicionalmente dentro de hogares o edificios la existencia de microondas dificultaría la comunicación de manera momentánea.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS

CAPITULO 2

ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS

2.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente capítulo es definir las tecnologías más apropiadas, que permitan la comunicación de los puntos remotos ubicados en el cantón Ambato con el centro de monitoreo en la ciudad de Quito, considerando que nuestra red de comunicaciones, está formada por una red de acceso y una red de backbone, se tomará en cuenta la aplicabilidad de cada una de las tecnologías en uno u otro segmento de red.

Se considera red de acceso, al sistema que permite comunicar a los usuarios finales con un nodo principal al cual se comunican mediante enlaces de backhaul, y red de backbone a la red que comunicará a las ciudades de Quito y Ambato. En el capítulo tres en base a este análisis se determinará la tecnología o conjunto de tecnologías que resolverán el problema de conectividad desde el abonado hasta el posible centro de monitoreo.

Es necesario considerar las características en el proceso de comunicación como la distancia y el tipo de datos de acuerdo a los servicios que se transmitan, parámetros de calidad de servicio, latencia y tasa de bits errados, medios de transmisión guiados o no guiados.

En este sentido en el capítulo uno se concluye que las tecnologías a seleccionarse deben utilizar técnicas de transmisión de datos que permitan realizar tele medida, tele comando y tele control debido al funcionamiento del analizador de calidad de potencia y resaltar la configuración mínima de un sistema SCADA debido a las funciones que proporciona para el sistema de comunicación a implementar tomando en cuenta algunas características en la medición de datos de naturaleza eléctrica con posibilidades de transmitir video en tiempo real y voz sobre IP de ser necesario para operadores del sistema.

2.2. SISTEMA SCADA

SCADA es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar a distancia una instalación de cualquier tipo, a diferencia de los Sistemas de Control Distribuido, el lazo de control es generalmente cerrado por el operador, hoy en día es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles, aunque su labor principal sea de supervisión y control por parte del operador, se caracteriza por tener una arquitectura centralizada, tipo de control predominante, redes en áreas geográficamente distribuidas y bases de datos centralizadas.

Un sistema SCADA incluye un hardware de señal de entrada y salida, controladores, interfaz hombre-máquina (HMI), redes de comunicaciones, base de datos y software de monitoreo y análisis, para este trabajo se realiza la analogía entre este sistema y las soluciones a implementar.

El HIOKI 3196 realiza funciones de procesamiento de la señal de entrada por medio de sensores que en este caso son las pinzas las cuales transforman la señal de voltaje de 220 V a un conjunto de datos digitales evaluados por el procesador ubicado en el analizador de calidad.

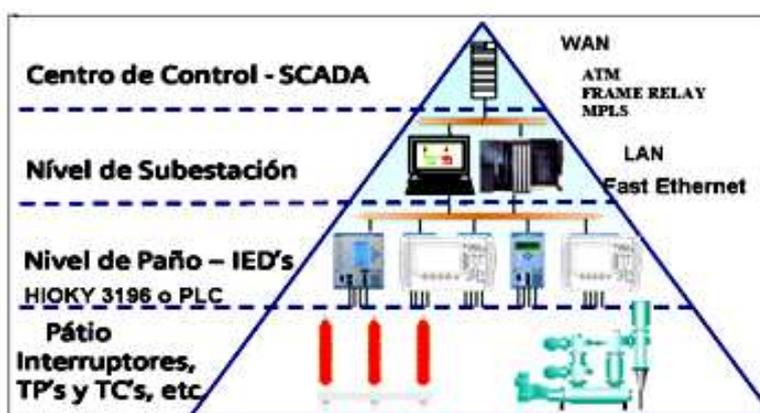
La HMI es la pantalla de cristal líquido presente en el equipo o la interfaz Web para monitorear el equipo remotamente, el sistema de comunicación a diseñarse es causa de análisis para el presente trabajo, el software del fabricante para tabulación de datos (HIOKI 9624 PQA HIVIEW), ingresa dentro de este contexto por lo cual se va a describir el funcionamiento y algunas normas tomando como base el modelo por capas de la norma IEC61850.

Cabe señalar que el HIOKI 3196 no va a controlar procesos de automatización del sistema de distribución eléctrica u otros equipos es decir desde sus interfaces no se inyectaría datos a la red a medir, pero la solución a presentar dentro de este trabajo se acopla en su mayoría a estos requerimientos.

Como todo sistema de automatización se tiene diferentes niveles de supervisión y de control enviados por los dispositivos a monitorear, para este caso hacemos referencia al que permite arquitectura abierta, tanto de hardware como software, haciendo referencia que en tiempos anteriores estas eran de naturaleza propietaria de acuerdo al fabricante y principalmente con bajas tasas de transmisión, para el diseño de red se requiere, en este punto, utilizar sistemas compartidos para las distintas áreas de trabajo creando la necesidad técnica y económica de utilizar medios de transmisión que proporcionen rapidez y confiabilidad.

Al revisar la documentación de consulta se encontró varias normalizaciones de automatización, para aplicar en subestaciones de medio y alto voltaje, para el presente proyecto la solución de diseño se enfoca a una red móvil que permita desplazarse por los transformadores de distribución.

Para este cometido se optó por realizar una breve descripción de la norma IEC 61850 en la cual se detalla la topología que se asemeja a la red a diseñarse. En la figura 2.1, se observa el modelo por capas de este sistema, donde: en el primer nivel de la topología están todos los dispositivos electromecánicos, en el nivel dos se utilizan PLCs para realizar el control de procesos que a su vez se comunican con el nivel tres mediante una red Ethernet, se realiza el monitoreo local por medio de protocolos TCP/IP dentro de la intranet de la subestación y posteriormente se comunican por una red WAN al centro de control SCADA.



2.1. Arquitectura norma IEC 61850

En este tipo de esquema la variación, con el sistema SCADA, radica en que los equipos HIOKI 3196 realizan solo la adquisición de datos y no controlan ningún proceso en subestaciones y transformadores de distribución. La topología de red, debido al área geográfica propuesta en el alcance del presente proyecto, da como solución optar por una red Metropolitana, de características móviles.

2.3. SISTEMAS DE TELEMETRÍA

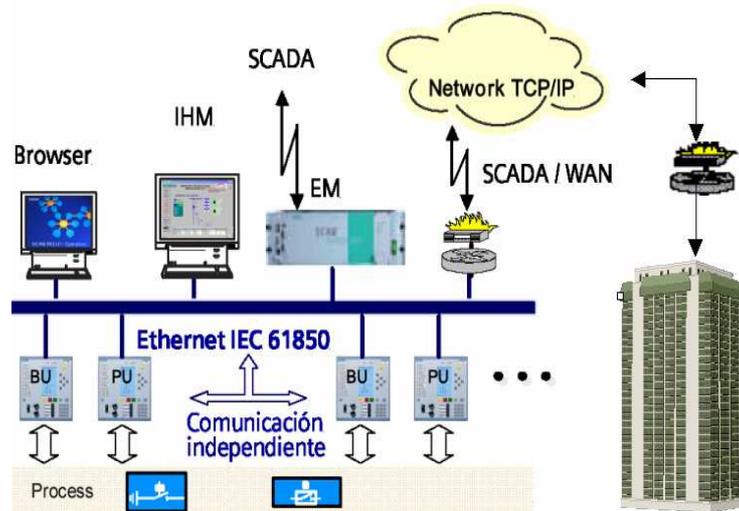
Para el caso de una red de comunicaciones dentro de un sistema de automatización, se la considera como red telemétrica pudiendo transmitir otro tipo de servicios si las necesidades lo requieren. Este sistema permite transmitir datos de mediciones realizadas, en sistemas eléctricos en nuestro caso y su visualización de manera remota, para ello existen varios medios de transmisión como el cobre, la fibra óptica o las comunicaciones por radio.

Utiliza diferentes tipos de tecnologías las cuales pueden requerir medios de transmisión guiados o no guiados, dependiendo su uso, las velocidades de transmisión y las zonas de cobertura.

Las principales partes del sistema de telemetría son: variables a medir, (en este caso las especificados por la regulación CONELEC 004/001), sensores o transductores (como las pinzas), tipos de señales, convertidores análogos digitales, concentradores de datos, unidades de transmisión de datos, sistema de comunicación, unidades de recepción de datos, servidores de telemetría, programas de manejo de datos en grandes servidores.

En la figura 2.2 se hace referencia a este esquema para redes telemétricas, considerando la norma IEC 61850 aplicada por la empresa SIEMENS en subestaciones, se aplicó esta norma debido a que varias empresas del sector eléctrico empieza automatizar la subestaciones con este sistema.

Las variables medidas son de dos tipos: proporcionales (análogas, porcentuales o continuas) o de estado (prendido apagado, abierto- cerrado). Ejemplo de variables proporcionales son las temperaturas, presiones, flujo de combustible o aceite para este caso en particular se miden: corriente, voltaje, factor de potencia y flicker. Ejemplo de variables de estado son: condición de alarma, presencia de señal, prendido o apagado.



2.2. Topología red Telemétrica

Las señales análogas y de estado deben ser convertidas a señales digitales (pulsos binarios) para poder ser transmitidas, para esto se utilizan convertidores A/D (Análogos/ Digitales) que según las necesidades requeridas tienen 16, 24, 32 o 64 bits de muestreo. La señal de salida es una señal binaria que es proporcional a la señal análoga recibida.

Los sistemas de comunicaciones pueden ser de varios tipos. Se utilizan sistemas de radio frecuencia RF, líneas de fuerza o cables de fibra óptica para transmitir las señales; todos los sistemas se diseñan con protección contra ruidos externos y contra campos electromagnéticos producidos por los mismos equipos de comunicaciones.

En los servidores de telemetría se administra y almacena toda la información recibida. Desde ellos se transmite a las diferentes terminales, en el edificio central de la EEASA y en las consolas de mando ubicadas en las oficinas del CONELEC.

Que es donde los ingenieros y encargados de los equipos reciben, analizan la información, toman decisiones y envían las instrucciones por red a los HIOKI 3196, determinando la calidad de servicio de la empresa distribuidora.

Un sistema de telemetría necesariamente debe proveer un eficiente monitoreo y control del sistema de mediciones, detección rápida de errores en el sistema, optimización de los recursos del sistema, bases de datos para análisis, tabulación y simulaciones, gestión de la información para tomar decisiones.

Adicionalmente debe utilizar un método de comunicaciones, que permita realizar reportes de eventos con actualizaciones integradas, es decir canales de comunicación libres para tener un monitoreo en tiempo real.

Las redes telemétricas de largo, medio y corto alcance poseen características generales de acuerdo al origen de los datos, en este sentido se van a describir las principales:

- Control del equipo operativo a cientos de kilómetros utilizando la transmisión de la información mediante técnicas de telecomunicación.
- Supervisión a distancia del estado de funcionamiento de las instalaciones, con la ayuda de las técnicas de telecomunicaciones.
- Transmisión interprovincial de los valores de las variables medidas.
- Tele vigilancia del estado de la información como condiciones de alarma o estado del equipo.
- Transmisión de órdenes de configuración o descarga de datos que se ejecutarán manualmente desde una estación.

El tipo de red de comunicaciones dependerá de algunos factores como: área de cobertura de la red de comunicaciones, transmisión digital sincrónica o asíncrona, tráfico cuantitativo y cualitativo y los protocolos de comunicación anteriormente analizados.

2.4. ANÁLISIS DE POSIBLES DE TECNOLOGÍAS A UTILIZARSE

En el capítulo I, del presente proyecto, se ha descrito el equipo HIOKI 3196 y la forma de comunicar los datos y el tráfico generado por el mismo. Las redes de telecomunicaciones que existen en la provincia del Tungurahua, la naturaleza y características del terreno, la red de distribución eléctrica con sus principales componentes y dispositivos como: subestaciones, transformadores de distribución y medios de transmisión; son parámetros que determinarán, las mejores opciones que se ajusten al presente diseño tanto en tecnologías de acceso como de backbone.

2.4.1. TECNOLOGÍAS DE ACCESO

En esta etapa del trabajo se detalla las características de las posibles tecnologías de acceso en el usuario final, detallando su topología, velocidad de transmisión, comparación con el modelo OSI, protocolos de comunicación, formatos de trama y estándares utilizados entre otras propiedades.

Para las diferentes soluciones tecnológicas se detalla el soporte de aplicaciones, tanto de voz como de datos, utilizando un conjunto de aplicaciones estándar, soporte para aplicaciones centralizadas, arquitectura de protocolo en capas, variedad de configuraciones, modos de direccionamiento, soporte para transmisiones de gran ancho de banda, sistema de codificación, autenticación y cifrado.

Las redes de acceso, son en la actualidad el soporte que los usuarios poseen para poder acceder a los servicios demandados. La implementación de estas depende en gran medida de las posibilidades de acceso del propio usuario, su capacidad económica y el tipo de cliente que sea, más que de la propia tecnología en sí. Como veremos tecnológicamente las redes de acceso cada día están más dotadas para ser soporte del acceso final a los contenidos de banda ancha.

2.4.1.1. Redes Conmutadas

La conmutación de circuitos supone una utilización más óptima de los recursos que las líneas dedicadas, ya que la conexión extremo a extremo sólo se establece durante el tiempo necesario. Para la transmisión de datos mediante conmutación de circuitos se utiliza la misma red que para la transmisión de la voz, mediante módems o adaptadores apropiados. Genéricamente se la denomina Red Telefónica Conmutada (RTC) o PSTN (Public Switched Telephone Network) y comprende en realidad tres redes diferentes:

2.4.1.1.1. Acceso mediante la Red de Telefonía Conmutada (RTC)

También llamada POTS (Plain Old Telephone Service); está formada por las líneas analógicas tradicionales y por tanto requiere el uso de módem, los cuales se encargarán en convertir la señal del ordenador, que es digital, en analógica para transferir la información por la línea telefónica.

Actualmente este tipo de conexiones supone muchos problemas por la velocidad del módem ya que alcanza como máximo 56 Kbps. Al ser un tipo de conexión muy lenta dificulta enormemente el intercambio de información de gran tamaño y contenidos multimedia.

2.4.1.1.2. Acceso mediante la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)

A través de este tipo de conexión la información se transfiere digitalmente. A diferencia del anterior no necesita un módem para transformar la información en analógica, pero sí un adaptador de red, módem RDSI o tarjeta RDSI, para adecuar la velocidad entre el PC y la línea. El aspecto de esta tarjeta es muy parecido al módem interno de una conexión RTC o incluso una tarjeta de red.

Existen dos tipos de acceso a la red, el básico y el primario:

A través del acceso básico la conexión RDSI divide la línea telefónica en tres canales: dos B o portadores, por los que circula la información a la velocidad de 64 Kbps, y un canal D, de 16 Kbps, que sirve para gestionar la conexión. Con este tipo de línea podemos mantener dos conexiones simultáneas. Así por ejemplo, podemos mantener una conversación telefónica normal por uno de los canales y estar conectados a Internet por el otro canal. También es posible conectar los dos canales B a Internet con lo que conseguiremos velocidades de hasta 128 Kbps

El acceso primario es utilizado principalmente por grandes usuarios que requieren canales de alta velocidad (hasta 2048 Kbps). Tiene varias configuraciones pero la principal es la de 30 canales B y un canal D.

2.4.1.1.3. Acceso mediante la Red Celular

Al igual que en los esquemas analizados anteriormente, podríamos substituir la red telefónica de conmutación de circuitos por una red telefónica cuya parte final de acceso de usuario fuese inalámbrica.

La red celular añade a las características que se han analizado anteriormente una componente de movilidad. Allí donde tengamos cobertura de nuestro móvil podremos intercambiar información.

Aunque dicho así parece perfecto, ciertas características técnicas del diseño del protocolo, su estructura de red pensada para voz, y su altísimo costo hacen que el acceso mediante esta red, no sea una alternativa comercialmente práctica.

Aunque en este caso como el sistema de transmisión celular es un medio digital nativo, no deberán realizarse las conversiones digital-analógica y viceversa por lo que la calidad y eficiencia de la transmisión será mejor.

➤ Estándares

En el Ecuador las tres empresas proveedoras del servicio móvil, brindan servicio a sus usuarios con diferentes tecnologías y en ocasiones más de una a la vez como es el caso de Otecell que actualmente posee una infraestructura mixta CDMA 1x RTT y GSM. Conecell en cambio, prácticamente ha logrado migrar todo a tecnología GSM GPRS. Por su parte Telecsa empezó con la tecnología CDMA 1x EVDO y desde finales del 2007 dispone de la red GSM rentada a Movistar.

Los estándares CDMA 2000, CDMA 2000 1x, CDMA 2000 1x EV-DO, y CDMA 2000 1x EV-DV son interfaces aprobadas por el estándar ITU IMT-2000 y un sucesor directo de la 2G CDMA, IS-95 (CDMA One).

CDMA 2000 1xRTT, el estándar de interfaz inalámbrico, también conocido como 1x, 1xRTT, e IS-2000, es un estándar para la transmisión inalámbrica cuya designación 1xRTT (1 times Radio Transmission Technology) es usada para identificar la versión de la tecnología CDMA2000 que opera en un par de canales de 1,25 MHz 1xRTT casi duplica la capacidad de voz sobre las redes IS-95. Aunque es capaz de soportar altas velocidades de datos, la mayoría de desarrollos están limitados a una velocidad máxima de 144 Kbps Mientras 1xRTT es calificado oficialmente como una tecnología 3G, 1xRTT es considerado por algunos como una tecnología 2.5G o a veces 2.75G.

Las principales diferencias entre la señalización IS-95 e IS-2000 son: el uso de una señal piloto sobre el reverse link del IS-2000 que permite el uso de una modulación coherente, y 64 canales más de tráfico sobre el forward link de manera ortogonal al set original. Algunos cambios también han sido hechos a la capa de enlace de datos para permitir el mejor uso de los servicios de datos IS-2000 como protocolos de control de accesos a enlaces y control de calidad de servicio.

El estándar CDMA 1x EVDO (1x Evolución-Data Optimizad), abreviado como EV-DO y comúnmente como EV, está clasificado como un acceso de banda ancha y utiliza técnicas de multiplexación como en CDMA "Code division multiple access" así como FDD "Frequency Division Duplex" para maximizar la cantidad de información transmitida. Es un estándar del 3GPP2 como parte de la familia CDMA2000 ha sido adoptado por muchos proveedores a nivel mundial, sobre todo en el continente Americano, particularmente aquellos que ya contaban con redes CDMA (opuestas a las redes GSM).

EV-DO en redes CDMA 2000 es significativamente más rápido que EDGE (Enhanced Data rates for GSM of Evolution). Provee acceso a dispositivos móviles con velocidades hasta de 2.4 Mbps con Rev0 y hasta 3.1 Mbps con RevA.

Global System for Mobile communications, anteriormente conocida como Group Special Mobil" (GSM) es un estándar mundial para teléfonos móviles digitales. El estándar fue creado por la CEPT y posteriormente desarrollado por ETSI como un estándar para los teléfonos móviles europeos, con la intención de desarrollar una normativa que fuera adoptada mundialmente. El estándar es abierto, no propietario y evolutivo.

Es el estándar predominante principalmente en Europa, así como el mayoritario en el resto del mundo. GSM difiere de sus antecesores principalmente en que tanto los canales de voz como las señales son digitales. Se ha diseñado así para un moderado nivel de seguridad.

Las redes del GSM funcionan en cuatro diversas gamas de frecuencia. La mayoría de las redes del GSM funcionan en las bandas de 900 o de 1800 MHz. En nuestro país se utilizan la banda de los 850 MHz y además las empresas proveedoras están tratando de que se les conceda la banda de los 1900 MHz.

En los 900 MHz la banda de frecuencia del uplink va desde 890-915 MHz, mientras que la del downlink está en los 935-960 MHz. Este ancho de banda de

25 MHz se subdivide en 124 canales de frecuencia, cada uno de 200 KHz. La multiplexación de división de tiempo se utiliza para permitir ocho canales full dúplex o dieciséis canales half dúplex por canal de frecuencia.

Existen ocho time slots agrupados dentro de lo que se conoce como trama TDMA. La velocidad de datos del canal es de 270.833 Kbps, y la duración de trama es de 4.615 ms.

➤ Funcionamiento

Cuando se realiza una llamada, el teléfono móvil envía ondas de radio, la antena de la radio estación base más cercana recibe estas ondas y luego envía la señal a una "central". La central conecta la llamada a otra estación base. Las redes de comunicaciones móviles se dividen en áreas geográficas llamadas "células", cada una atendida por una estación base.

El sistema está planificado de tal manera que asegura que los teléfonos móviles mantengan la conexión con la red a medida que los usuarios se trasladan de una célula a otra. Este proceso se denomina "handover" (transferencia), donde la red literalmente transfiere la llamada de una estación base a otra, sin interrupciones y sin que el usuario perciba ningún cambio.

Cuando un usuario transmite datos, éstos son encapsulados en paquetes cortos, en cuya cabecera se indica las direcciones origen y destino, cada uno de estos paquetes puede seguir rutas diferentes a través de la red hasta llegar a su destino. Así mismo, los paquetes originados por distintos usuarios pueden ser intercalados, compartiéndose de esta forma la capacidad de transmisión.

Los paquetes, no son enviados a intervalos de tiempo regulares, sino que, se asigna capacidad de la red sólo cuando se necesita, siendo liberada cuando no es necesaria. GPRS utiliza los recursos radio solamente cuando hay datos que enviar o recibir, adaptándose así perfectamente a la muy intermitente naturaleza de las aplicaciones de datos.

➤ Elementos de Red

A continuación se describen los elementos básicos de la arquitectura de la red:

- **MS (Estación móvil):** Es el terminal de usuario/ teléfono móvil, que se comunica con la red a través de un interfaz radio.
- **BTS (Estación Transceptora o Base):** La estación que contiene cada uno de los transmisores y receptores para cubrir una determinada área geográfica (una o más celdas).
- **BSC (Controlador de estación base):** Coordina la transferencia de llamadas entre distintas BTS, con objeto de mantener la continuidad (hand over) y la potencia con que éstas emiten, para evitar interferencias y ahorrar baterías.
- **MSC (Centro de conmutación de servicios):** Su función es la de interconectar con los usuarios de la red fija (RTC, RDSI, Internet).
- **HLR (Registro de Localización Local):** Base de datos estática con la información relativa a cada abonado y confirma nuestra identidad como usuarios del sistema.
- **VLR (Registro de posiciones visitantes):** Base de datos que almacena toda la información sobre el abonado móvil que entra en su zona de cobertura temporalmente (el usuario es de otro sistema con acuerdos de roaming).

En cualquier caso, este tipo de red basada en la conmutación de circuitos fue diseñada para ofrecer el servicio telefónico de manera óptima, pero no para la transmisión de datos, puesto que el ancho de banda es muy limitado.

2.4.1.2. Tecnologías xDSL

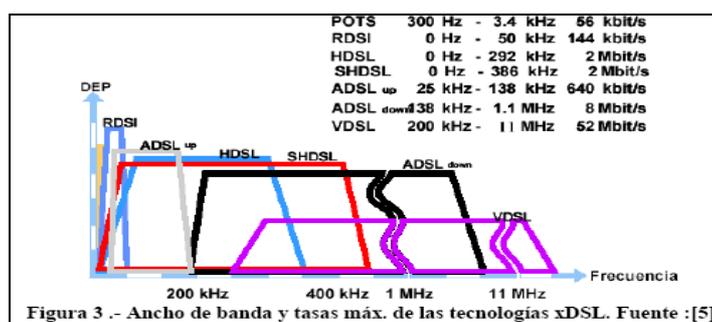
El factor común de todas las tecnologías xDSL es que funcionan sobre par trenzado y usan modulaciones eficientes junto a mecanismos de corrección de errores sin retransmisión, lo cual hace posible alcanzar elevadas velocidades de transmisión.

La tecnología xDSL, suministra el ancho de banda suficiente para numerosas aplicaciones, incluyendo además un rápido acceso a Internet utilizando las líneas telefónicas; acceso remoto a las diferentes redes de área local (LAN), videoconferencia y sistemas de redes privadas virtuales (VPN), en la tabla 2.1 se realiza la comparativa de las existentes tecnologías xDSL.

Tecnología	Descripción	Ancho de Banda (Mbps); Modulación	Distancia; Modo	Aplicaciones
IDSL/ RDSI-BA	Línea de Abonado Digital ISDN (RDSI)	128/128 Kbps; 2B1Q(Código 2Binario/1Cuaternario)	5.5 Km; Simétrico	Similar a RDSI básico, pero solo para datos (Voz en la misma línea)
G.SHDSL	G.SHDSL	0.192-2.3; 2B1Q	2 Km. Máx. velocidad; Simétrico	LAN, WAN y acceso a servidores.
VDSL	Línea de Abonado Digital de muy alta velocidad	26-52; No disponible	300 m. a máx. velocidad ; Simétrico o Asimétrico	Como ADSL, además de HDTV
ADSL G.Lite	Servicio DSL sin microfiltro	De 1.544-6, depende servicio contratado; DMT(Discrete MultiTone)	5.5 Km; Asimétrico	Acceso Internet; Sacrifica velocidad por no instalar microfiltros.
HDSL	Línea de Abonado Digital de alta velocidad	1.544-duplex (T1); 2,048-duplex (E1); 1-3 pares; 2B1Q/CAP (Carrier-less Amplitude and Phase)	5-4.5 Km; Simétrico	Acceso al servicio T1/E1. Agregación tráfico Frame Relay, extensión de LAN's
SDSL	Línea de Abonado Digital Simétrica	1.544 (T1) full duplex; 2.048 (E1) full duplex; utiliza un par; TC-PAM (4B1H) Trellis Coded-Pulse Amplitude Modulation.	2-5 Km; Simétrico	Similares a HDSL, servicios interactivos y acceso a servidores
ADSL	Línea de Abonado Digital Asimétrica	1.544-6.1 bajada; 16-640 Kbps subida; DMT	1.544 a 5 Km 2.048 a 4.5 Km; 6.312 a 3.5 Km; 8.448 a 2 Km; Asimétrico	Acceso Internet, video bajo demanda, acceso a LAN, multimedia interactivo y servicios telefónicos clásicos.
RASDL	Línea de Abonado Digital de Tasa Adaptable	De 1.5-6/8 bajada; 64-640 Kbps subida; CAP	Se ajusta de forma dinámica a las condiciones de la línea y a la longitud dela misma	Espectralmente Compatible con la voz y otras tecnologías DSL sin el bucle local. Video bajo demanda, acceso a Internet y video simplex.

2.1. Estándares de las tecnologías xDSL

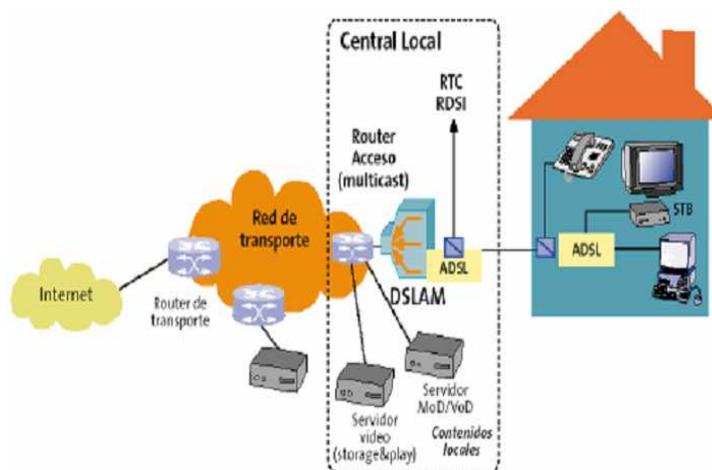
La siguiente gráfica 2.3 muestra la comparación espectral entre las tecnologías:



2.3. Eficiencia espectral xDSL

2.4.1.2.1. Arquitectura y elementos de red

El común denominador de todas las tecnologías xDSL, entre ellas el ADSL, es que funcionan sobre bucle de abonado local. El par trenzado usado consiste de dos pares de cobre aislados, trenzados entre sí para protegerlos de radiaciones y envueltos en una protección de plástico. Además este medio de transmisión tiene la ventaja de ser un medio muy flexible y de costo relativamente bajo para la transmisión de voz y datos.



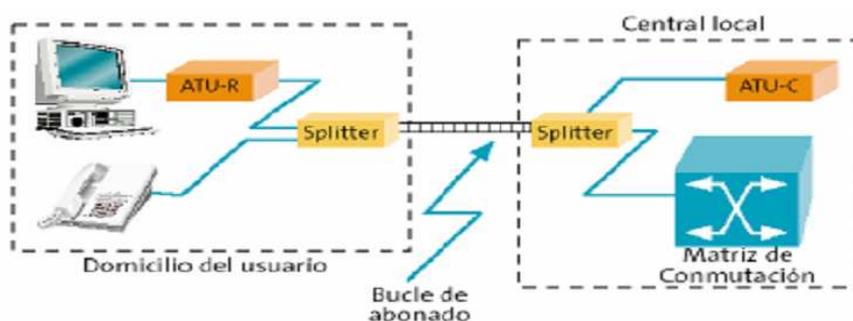
2.4. Arquitectura ADSL

La arquitectura fundamental de las tecnologías xDSL, y en particular de ADSL, se basa en la existencia de una pareja de módems situados a ambos extremos del par de cobre. Las configuraciones de enlace punto a punto, desde el cliente del servicio y la central de conmutación más cercana. Esto hace que los enlaces desde y hasta los usuarios sean dedicados y no compartidos por más de un usuario. A partir de la central, generalmente la arquitectura de los sistemas ADSL se basa en redes de transmisión y multiplexación ATM, y en redes de datos basadas en IP. De esta manera, la transmisión es transparente para los usuarios. Sin embargo, presenta el inconveniente de que ofrece un ancho de banda bastante limitado. Para combinar el tráfico de datos de cada uno de los usuarios, y que este se pueda redirigir hacia la red troncal, las centrales disponen de un equipo denominado DSLAM (DSL Access Multiplexer).

2.4.1.2.2. Elementos de la red

Los elementos de la red ADSL de acceso, que intervienen en la comunicación se visualizan en la figura 2.5 y se detallan a continuación:

- **Modem ADSL o ATU-C (ADSL Terminal Unit Central).** Reside en el nodo de acceso y su función principal es la de modular la información digital para así, adaptarla al bucle de abonado.
- **Microfiltros o Splitters.** Ambos se encargan de separar la voz de los datos transmitidos, de manera que la voz vaya desde el teléfono de abonado hasta la PSTN (Red Telefónica Conmutada Pública) y los datos desde el equipo terminal hasta la red de acceso al servicio.
- **Bucle.** Por el que se envían las señales de voz y datos. La modulación evita que interfieran las bandas de ambos.
- **Modem ADSL o ATU-R (ADSL Terminal Unit Remote).** Reside en las dependencias del abonado. Convierte la información digital de la red de usuario en celdas ATM y la modula para que pueda enviarse por el bucle de abonado. En algunos casos, también puede hacer funciones de encaminamiento de red de usuario. Los DSLAM se ubican en la central remota y son un banco de módems encargados de recibir la información proveniente de las ATU-C, decodificarla y multiplexarla digitalmente, para poder a continuación transportarla al destino deseado, estos módems y la tecnología en general puede utilizar modulaciones 2B1Q, modulación CAP (Carrierless amplitude and phase), **DMT**(Discrete MultiTone), entre las más importantes.



2.5. Elementos de Red ADSL

2.4.1.3. Tecnología HFC

El origen de las actuales redes HFC se remonta a los años 60 en los EEUU, cuando se desarrollaron las redes CATV (Community Antenna TeleVision).

Las redes CATV fueron pensadas para el transporte y distribución de señales analógicas de TV, pero en la actualidad estas redes han evolucionado hacia sistemas integrados que permiten soportar señales de voz, datos e imagen, bajo grandes requerimientos de ancho de banda y calidad.

Esto se ha conseguido gracias a la introducción de la fibra óptica en el troncal de la red de cable.

Las redes CATV poseen una topología de árbol, en donde a partir de un nodo de cabecera, se recopilan todos los canales a transmitir a través de la red. Desde la cabecera surge el troncal de la red encargado del transporte de los contenidos hacia la red de distribución de cada zona.

La red de distribución se encarga del transporte de los contenidos desde la cabecera hasta los puntos de distribución o acometida donde se conectan los abonados de la red.

2.4.1.3.1. Estándares de las tecnologías HFC

DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification), es un estándar definido por las industrias de la TV por cable para permitir la interoperabilidad entre cable módems y las cabeceras de las redes. Existen diferentes normalizaciones, como son:

- **DOCSIS 1.0:** Servicio Best Effort³¹ de alta velocidad para acceso a Internet y datos.

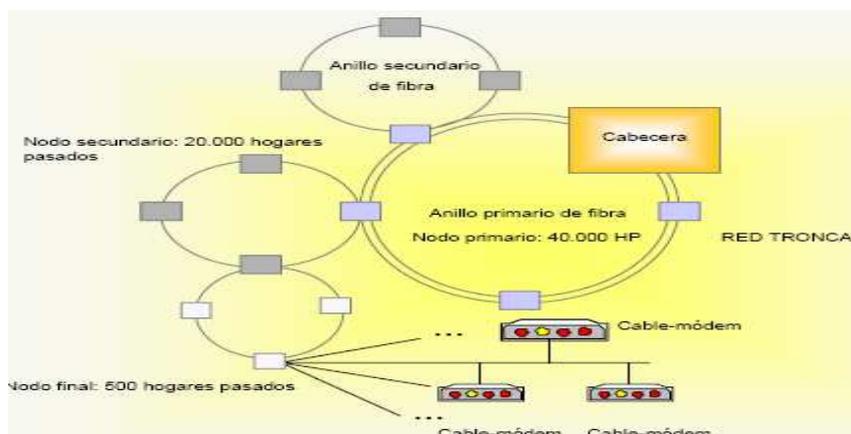
- **DOCSIS 1.1:** Múltiples clases de servicio y QoS para los servicios sensibles al retardo, como la telefonía.
- **DOCSIS 1.2:** Usa tecnología S-CDMA (Synchronous CDMA), con mayores tasas de transferencia y tolerancia al ruido e interferencias.
- **DOCSIS 2.0:** Introduce soporte a servicios simétricos y servicios punto a punto, servicios IP multicast y mayor inmunidad al ruido y la interferencia. Es un sistema abierto, compatible con los DOCSIS 1.0 y 1.1
- **DVB-RCC (Return Channel Cable),** fue definido para los STB y extendido para facilitar a los cable módems y cabeceras la compatibilidad con los STB DVB desplegados hasta ese momento. Así este estándar es atractivo para el mercado europeo.
- **Open Cable,** es un estándar definido por la Cable TV industry para permitir la interoperatividad multivendedor entre STB y cabeceras Video. OpenCable define una especificación de hardware y software, creando una plataforma común para desarrollar servicios interactivos.

2.4.1.3.2. *Arquitectura y elementos de red*

En aras a una mayor disponibilidad del sistema, la red troncal de fibra óptica se construye en un doble anillo. Puesto que no se puede permitir que haya un corte en esta zona de la red, pues es donde circula toda la información, a través de los llamados nodos ópticos principales reparten las señales hacia los anillos secundarios, en donde a la vez se ubican otros nodos que realizan la conversión óptico-eléctrica de la señal, enviándola a la red de distribución coaxial.

En las redes bidireccionales, estas conversiones también se realizan a la inversa, cada nodo soporta aproximadamente a 500 hogares y la red final se estructura en una topología en árbol a la que se conectan los diferentes hogares.

Por otro lado y para que se pueda enviar peticiones hacia la cabecera, se requiere de un canal de retorno, el mismo que será compartido por todos los hogares que estén en un mismo nodo óptico. Se establecen canales a diferentes frecuencias, que llegan multiplexados a la cabecera, por los cuales se transmiten datos a través de un medio compartido, en el que un grupo de usuarios, comparten un ancho de banda, por lo general de 6 MHz con una capacidad que oscila entre los 10 Mbps a 30 Mbps.



2.6. Elementos de Red Cable Modem

La tendencia general en el despliegue de este tipo de redes, es la de minimizar el número de amplificadores entre la cabecera y el usuario, llevando la fibra cada vez más cerca de éste último. Actualmente este número se ha reducido, utilizando la técnica FTTC (Fiber To The Curb) con lo que se dispone una fibra para cada 125 a 500 hogares y con un máximo de 2 amplificadores en cascada.

2.4.1.3.3. Elementos de red

- **Cabecera (Head-End).** En este nodo, se establecen todas las interconexiones, con otras redes de transporte fijas o móviles. Dentro de la cabecera se distinguen dos partes diferenciadas:
- **Cabecera de servicios.** Es el origen de las señales que se transmiten a través de la red.
- **Cabecera óptica o de transmisión.** Es el equipamiento óptico capaz de dar soporte a los servicios a transmitir en la red.

- **Red troncal.** Se encarga de llevar la señal desde los puntos de transmisión hasta los puntos de distribución. Dicha red se divide en:
 - **Red Trocal Primaria.** Es la red óptica que une la cabecera y los nodos primarios. Suele seguir topologías en anillo o en estrella, mediante enlaces redundantes. Dan cobertura a unos 15000 hogares.
 - **Red Trocal Secundaria.** Es una red óptica que une los nodos primarios y los nodos finales o nodos electro-ópticos. Estos poseen un nivel de cobertura de unos 500 hogares.
 - **Red de distribución.** Se encarga de llevar las señales desde los puntos de distribución hasta los abonados. Dentro de esta podemos diferenciar tres partes:
 - **Red de distribución de coaxial.** Es una red de cable encargada de la conexión del nodo final con el TAP o Punto de Conexión de Red.

- **Acometida.** Es el tramo de red en el edificio. Está formado por equipamiento pasivo, como derivadores y repartidores de señal.

- **Red interior de cliente.** Formado por el cable coaxial donde se distribuyen los servicios.

- **Módems de cable o Cable Módem.** Convierten la red de cable CATV, en una vía transparente para el transporte de datos a alta velocidad e Internet. Los cable módems se conectan a la red HFC mediante un conector de cable coaxial de tipo F, y al PC a través de una interfaz Ethernet 10BaseT. A partir de la cabecera es posible escoger varios estándares disponibles: 10BaseT, 100baseT, Gigabit Ethernet, SDH, ATM, etc. Los módems funcionan como gateways, pasando de un protocolo Ethernet al protocolo particular de la red de cable. En cabecera se hará el proceso inverso.

Los sistemas simétricos utilizan PSK (QPSK 2bits/símbolo, BPSK 1bit/símbolo), más robusta frente al ruido, logrando 10 y 4 Mbps respectivamente, en canales de 6 MHz. Los sistemas asimétricos utilizan distintos esquemas de modulación por

cada uno de ellos. Es muy común utilizar 64 QAM (6bits/símbolo) para aprovechar las buenas condiciones del canal descendente, logrando velocidades en torno a los 30 Mbps en canales de 6 MHz. En el canal ascendente se barajan diferentes posibilidades: BPSK, QPSK o 16 QAM (4bits/símbolo).

2.4.1.4. BPL (Broadband over Power Line)

BROADBAND over POWER LINE (BPL) es la evolución de Power Line communications (PLC) diferenciándose principalmente en el método de acceso al medio y frecuencias de trabajo.

BPL permite la comunicación de voz, datos y video a través de la red eléctrica, es comparable con ADSL tanto en costos como en ancho de banda, ya que actualmente maneja 200 Mbps,

Utiliza la infraestructura de la red eléctrica de distribución, produciendo un considerable ahorro en el despliegue de la red, la red interna del cliente es su propia red eléctrica, cualquier tomacorriente es punto de conexión a la red, alta capacidad, 200 Mbps para compartir entre los usuarios. Rápido despliegue y crecimiento de la red, Triple Play.

La transmisión consiste en añadir a la frecuencia de señal eléctrica (50/60 Hz) una nueva, más alta en frecuencia (entre 2 MHz y 30 MHz).

La técnica de OFDM (Multiplexación por División Ortogonal de la Frecuencia) es la utilizada para modular los datos, la cual divide la señal en varias sub-señales que son transmitidas simultáneamente hacia el receptor en diferentes frecuencias.

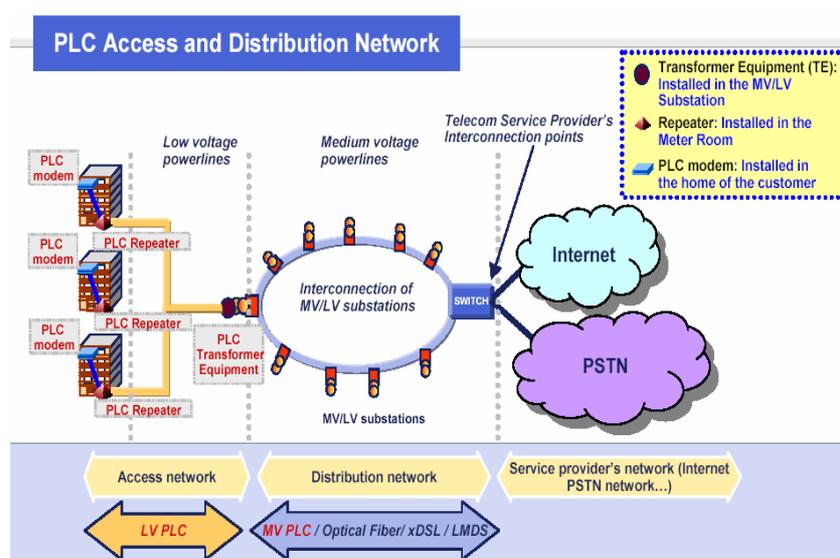
Esta técnica es utilizada a efecto de tratar de evitar las características adversas de la red eléctrica, maneja topología a nivel del abonado final y comunicación entre subestaciones con distintos medios de transmisión.

Es importante resaltar cuando se construyó la red eléctrica no se la hizo para transmitir datos, el canal le añade ruido a la señal por lo cual utiliza OFDM, debido a que los transformadores actúan como filtro pasa bajos, necesariamente se usan repetidores en la red metropolitana.

2.4.1.4.1. Arquitectura de Red

Los elementos que conforman una red de PLC son los siguientes:

- **Head End:** Este dispositivo es el que inyecta la señal que proviene de un backbone de datos a la red de distribución eléctrica. Las interfaces de conexión con el backbone pueden ser Ethernet, FastEthernet, F.O. o incluso PLC para interconectarlo con una red de media tensión que transporte datos.
- **Repetidor:** Este elemento es el encargado de regenerar la señal cuando las distancias entre el equipo Head End y el usuario final son considerables, razón por lo cual la señal se degrada debido a las perturbaciones producidas en la red eléctrica. Existen dos técnicas utilizadas una es FD y la otra es TD.



2.7. Topología de Red BPL

- **CPE:** Es el equipo de abonado o modem. Es el que vincula la red eléctrica a la computadora. Existen CPE con interfaz Ethernet y USB así como también modem con soporte para VoIP, con uno o dos puertos FXS.
- **Acopladores:** Son dispositivos capacitivos o inductivos que permiten inyectar la señal de alta frecuencia en la red eléctrica de distribución.

Esta red puede alcanzar varios kilómetros utilizando repetidores en los transformadores de 13.8 KV, la modulación OFDM, permite minimizar la interferencia con los servicios de radio mediante la remoción de las frecuencias específicas usadas.

La tecnología BPL podría causar algunos problemas con otros sistemas de telecomunicaciones como el radio aficionado, comunicaciones en FM en las frecuencias de 1- 30 MHZ debido a que las líneas de transmisión de energía se comportarían como antenas, la modulación OFDM disminuye estas interferencias debido a que los equipos de comunicación reducen el ancho de banda a compartir y los niveles de potencia de la señal de banda ancha.

Esta tecnología se aplica con éxito en los países como: Estados Unidos, Alemania, Japón, España teniendo en este la mayor red desplegada; en el Ecuador no existe normativa para el despliegue de esta tecnología a pesar de que la empresa Eléctrica Quito S.A. ha empezado el despliegue de BPL sobre sus redes de distribución.

2.4.2. TECNOLOGÍAS WLAN - WMAN

Se crean como necesidad de poseer conectividad sin cables a grandes velocidades, naciendo así las WLAN y hoy en día las WMAN, las cuales proporcionan los mismos servicios de conectividad que las redes alambradas pero a menores velocidades; utilizan bandas libres como concesionadas dependiendo de la tecnología y el alcance.

En esta parte del trabajo se va a describir sus principales características de acuerdo al modelo OSI, haciendo énfasis en las dos primeras, considerando que permitirán realizar una comparación para el caso de la selección para el diseño de red.

La tecnología inalámbrica por la propagación de las señales pueden presentar algunos problemas de implementación y conectividad como: propagación multitrayectoria, pérdidas por trayectoria, interferencias de las señales de radio, tiempo de vida de las baterías, interoperabilidad de sistemas, seguridades, entre otras.

Para redes de área local inalámbricas existen algunas tecnologías, entre las más difundidas están los estándares WiFi 802.11x y las redes Hyperlan y otras de menor difusión como las Open Home RF Swap.

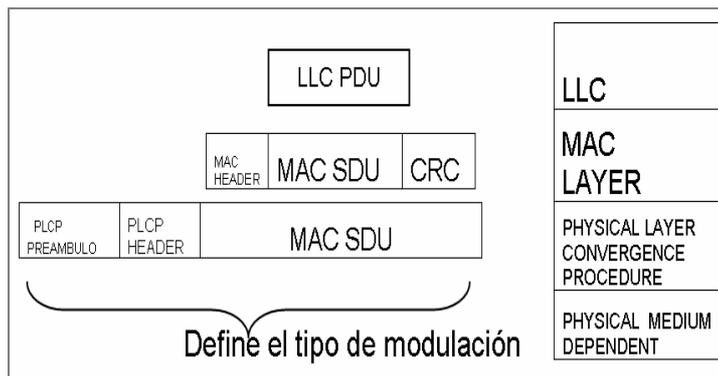
Entre las tecnologías en áreas metropolitanas están las basadas en Spread Spectrum, como LMDS (Local Multipoint Distribution Service), MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service) y 802.16 WiMAX, en el presente trabajo vamos a analizar las tecnologías WiFi, WiMAX.

2.4.2.1. 802.11 WiFi

Utiliza la arquitectura IEEE 802.11 para WLAN, especifica la interfaz aire y la subcapa MAC y LLC las cuales podrán transmitir cualquier conjunto de protocolos como TCP/IP, tiene una cobertura de 100 m con velocidades que pueden ir de 1 a 108 Mbps dependiendo de la serie del estándar.

Al no poseer cables define una topología Ad hoc la cual comunica 2 o más dispositivos portátiles sin la presencia de algún concentrador y define la unidad de servicios extendidos (ESS) por otro lado se tiene a la topología de infraestructura la cual define conjuntos básicos de asociación, posee servicios de autenticación, privacidad, asociación y re asociación.

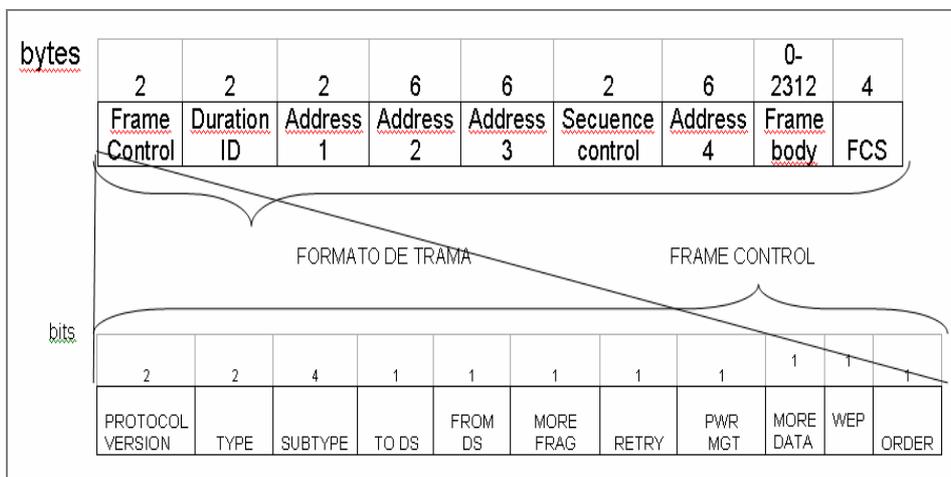
Se tiene varias capas físicas para operar con la capa de acceso al medio la que a su vez se encuentra dividida en: PLCP (Physical Layer Convergente Procedure) y PMD (Phisical Medium Depend). El Standard 802.11 especifica 4 capas físicas FHSS, DSS, DFIR, OFDM a 2.4 y 5.8 GHZ dependiendo de la serie. En la figura 2.8 se detalla el modelo de organización por capas de 802.11 de acuerdo a la arquitectura OSI.



2.8. Arquitectura 802.11

En la capa enlace de datos se tiene tres tipos trama:

- **Gestión:** permiten la asociación y disociación de estaciones con AP, realizan planificación, sincronismo, autenticación y des autenticación.
- **Control:** realiza el intercambio de datos y acuse de recibo de estos.
- **Datos:** lleva los paquetes de capas superiores.



2.9. Formato de trama MAC

El campo de control transporta instrucciones correspondientes a la naturaleza del paquete, distingue tramas de datos, control y gestión, el campo duración/id se utiliza para identificar la longitud de los paquetes fragmentados siguientes, los 4 campos de dirección especifican las direcciones de origen, destino y AP a los que se conectan, el campo de control de secuencia se encarga de numerar los fragmentos, el cuerpo de trama posee máximo 2312 bytes y un CRC para proteger la información del cliente MAC.

2.4.2.1.1. *Arquitectura*

Es necesario resaltar la arquitectura y el funcionamiento de este tipo de red considerando que por su naturaleza no tiene una topología comúnmente conocida como las redes alambradas, por lo cual se va a definir algunos términos importantes para describir su uso.

- **STA:** Estaciones. Cualquier recurso que contenga una interfaz con las capas MAC y PHY 802.11.
- **AP:** O puntos de Acceso, son entidades con funcionalidad de estación, que proporcione acceso al Servicio de Distribución.
- **BSS:** Basic Service Set. Bloque básico de red 802.11, consta de estaciones 802.11 con capacidad para comunicarse directamente.
- **IBSS:** Independiente BSS se refiere a una BSS aislada.

- **Redes Ad hoc** Se refiere a un BSS aislado con varias estaciones.
- **Redes de Infraestructura:** Varias BSS formando una red a la vista de la capa de enlace lógico LLC.
- **Portal:** Punto lógico desde el cual una MSDU MAC entra al DS desde una LAN.
- **SSID:** Es un código incluido en todos los paquetes de una red (WiFi) para identificarlos como parte de esa red.

➤ Arquitectura IBSS

IBSS se encuentra aislada, el conjunto de estaciones 802.11 con capacidad de comunicarse directamente, no hay puntos de acceso, cobertura limitada sin planificación previa Ad-hoc, es decir se comunican los computadores uno a otro sin necesidad de pasar por un concentrador.

➤ Arquitectura BSS

Nacen de la necesidad de alcanzar mayores rangos de cobertura y de integrar varias BSS dispersas y unir las con Wired LANs. Consta de un Sistema de Distribución (DS): el cual posee componentes lógicos y físicos encargados de proporcionar la interconexión de varias BSSs entre sí.

El estándar no define la estructura física del DS, podrá ser un cable Ethernet, Coaxial, Fibra óptica, Transmisión inalámbrica, etc.; el acceso al Sistema de Distribución se produce a través del AP y la unión de todas las BSS forma una ESS (Extended Service Set).

La ESS aparece como una única BSS a la LLC, cada estación deberá estar autenticada ante el DS, y asociada con el AP de su BSS; la movilidad de las estaciones entre las BSS es transparente a la LLC. Cada estación decide asociarse al Punto de Acceso del cual reciba más potencia.

La transmisión de una estación a otra es independiente de si está en su misma BSS o no, el DS se encarga de llevar la trama al destino, varias ESS pueden compartir un mismo espacio físico. Diferenciadas por el SSID, identificador de ESS.

Las transmisiones dentro de una BSS pasan a través del AP, el tamaño de una celda está limitado por la menor distancia desde una estación al AP.

2.4.2.1.2. *Extensiones del Estándar 802.11*

Lo mismo que el estándar 802.3 que define Ethernet en el entorno cableado, el IEEE ha definido un conjunto de estándares para el entorno de la gestión de las redes inalámbricas, bajo la denominación 802.11x, en este sentido se va a detallar los más importantes.

802.11a Fue creado en 1997 puede trabajar a máxima velocidad de transmisión de hasta 54 Mbps a 10m, no cumple la normativa europea, al respecto de control de potencia y gestión del espectro de frecuencias utiliza CSMA –CA opera en el espectro comprendido en las bandas 5.15-5.35/5.47-5.725/5.725-5.875 GHz sin necesidad de licencia utiliza modulación de OFDM. No es compatible con 802.11b y 802.11g.

802.11b Es el estándar más utilizado creado en 1999, puede alcanzar 11Mbps, pero una tasa de transferencia más real es de unos 4Mbps, incluso menos, dependiendo del entorno y la distancia al punto de acceso a utilizarse, trabaja en la banda de los 2.4 GHz con posibilidad de 5.5, 2 y 1 Mbps tiene un alcance de 30 m en interiores.

802.11g En Junio de 2003, se ratificó un tercer estándar de modulación: 802.11g. Este utiliza la banda de 2.4 Ghz con acceso OFDM pero opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbps, pero varía en valores 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps de velocidad real de transferencia. Modula 52 subportadoras moduladas en BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, utiliza codificadores convolucionales de $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias. Sin embargo, en redes bajo el estándar g la presencia de nodos bajo el estándar b reduce significativamente la velocidad de transmisión.

Existen algunas extensiones que se deben de tomar en cuenta, pero no están totalmente desarrolladas como 802.11s que permitiría implementar redes malladas WiFi, también el estándar 802.11i utilizado para seguridades de redes

inalámbricas, 802.11e para entregar calidad de servicio, entre otros. En el capítulo 3 se detallará estas extensiones dependiendo si se utilizaría esta tecnología para los diseños de red.

2.4.2.2. Tecnología LMDS

El bucle local inalámbrico o conocido también como WLL (Wireless Local Loop), es el resultado de la aplicación de las tecnologías wireless a las redes fijas de telecomunicaciones, en cuanto al servicio que prestan, se han ido adaptando a las nuevas demandas de forma dinámica, es así que se pueden definir tres generaciones de tecnologías WLL:

- Redes orientadas únicamente a proporcionar servicios de voz en zonas rurales.
- Redes que incorporan servicios de datos como VBD (Voice Band Data) y RDSI.
- Redes para dar soporte a servicios derivados de Internet y comunicaciones de datos en modo paquete.

Es en esta última donde podemos enmarcar a las tecnologías LMDS y MMDS. LMDS es un sistema de acceso fijo inalámbrico de banda ancha nacida con el objeto de solventar las deficiencias de otros sistemas de telecomunicaciones.

Se basa en comunicaciones punto multipunto entre la estación emisora y los receptores del servicio. Poseen elevados anchos de banda posibilitando múltiples servicios de banda ancha, debido a que funcionan a alta frecuencia.

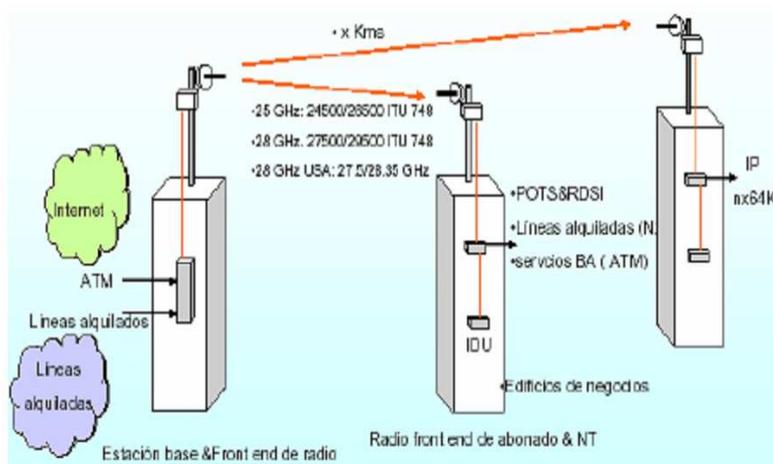
2.4.2.2.1. Arquitectura y elementos de la red LMDS

LMDS es un sistema de comunicación de punto a multipunto que utiliza ondas radioeléctricas a altas frecuencias, en torno a 26, 28 ó 40 GHz, en estos sistemas LMDS, el territorio a cubrir se divide en células de varios kilómetros de radio (7-15

Km en la banda 3,5 GHz, 2-8 Km en la banda de 28 GHz, 1-3 Km en la banda de 40 GHz). La antena receptora puede ser de dimensiones muy reducidas, con capacidad de emisión en banda ancha o en banda estrecha.

La arquitectura del sistema está formada por una serie de estaciones base interconectadas entre sí y con el centro de control de red por medio fibra o radioenlaces. Éstas estaciones base dan servicio bidireccional a los terminales de cliente ubicados en azoteas de edificios, y a partir de ese punto se realiza la conversión radio-eléctrica. Llegando hasta la centralita del cliente mediante un cableado estructurado vertical, está conformada por tres grandes bloques:

- La infraestructura de Acceso Inalámbrico (vía radio).
- La infraestructura de Acceso Fijo intercomunicando estaciones base.
- La infraestructura troncal.



2.10. Arquitectura LMDS

La infraestructura de acceso fijo consiste en enlaces del tipo E3 (34 Mbps) SDH sobre fibra o STM1 (poco utilizada PDH) entre las estaciones base. En la infraestructura troncal, estos enlaces SDH son de mayor capacidad (STM16).

El terminal de Usuario se compone de dos elementos y la unidad exterior de radiofrecuencia con la unidad interior que actúa de multiplexor de las señales. Ambas se unen por un cable con señales a frecuencias intermedias, ya demoduladas. En la figura 2.10 se detalla la arquitectura LMDS

2.4.2.2.2. *Elementos de una red LMDS*

CPE. El CPE puede variar bastante según el proveedor, el fabricante y dependen incluso de las necesidades del cliente, pero la mayoría de ellos cumplen con las especificaciones del estándar LMDS IEEE 802.16. Las funciones del equipamiento del cliente son dotar al usuario de un canal bidireccional de datos, y de una interfaz que posibilite la integración de todos los servicios, bajo un único enlace fijo vía radio. En general un CPE, está conformado por: antenas, transmisores y receptores de RF, equipos terminales IDU y adaptadores.

Estación base. Consistente en una torre de varios metros de altura, donde se instalan dos o más antenas que dan cobertura a los usuarios ubicados en un radio hasta de 7 Km, se pretende que la estación base proporcione cobertura omnidireccional. Las estaciones base deben conectar a las redes públicas o privadas de voz y datos, con interfaces ATM, IP, etc., y ofrecer la interfaz a la red de acceso inalámbrica, es decir son la pasarela entre la red inalámbrica de acceso y la red del operador.

Backbone o Red de transporte: Tiene la función de conectar la cabecera con otras redes. Es bastante común usar una infraestructura basada en ATM, para el soporte lógico de las aplicaciones. En el troncal de red se usan anillos SDH de fibra óptica y/o enlaces punto a punto de microondas.

Centro de operaciones y administración de la Red o Cabecera: Soporta ó facilita la transmisión de los diferentes servicios (voz, datos, TV, Internet) 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 el uso de los recursos por parte de los clientes, permitiendo la configuración o reconfiguración de servicios e interfaces, y el manejo de las situaciones de errores que se produzcan con los sistemas de respaldo vía backbone.

2.4.2.3. WiMAX

WiMAX es el estándar de transmisión inalámbrica de datos diseñado para ser utilizado en el área metropolitana (MAN). Todos los equipos con certificación WiMAX deben cumplir con las especificaciones del estándar 802.16-2004, para acceso fijo y 802.16-2005 para acceso móvil nómada.

El funcionamiento de WiMAX puede ser similar a WiFi pero a velocidades más altas, mayores distancias y para un mayor número de usuarios. WiMAX podría solventar la carencia de acceso de banda ancha en las áreas urbanas y rurales que las compañías del teléfono y cable todavía no ofrecen.

Desde que en el mes de enero de 2003, el IEEE aprobó el estándar 802.16a, base del actual estándar 802.16-2004 en el que se basa WiMAX, éste se ha ido adaptando hasta la versión 802.16e, aprobado en diciembre de 2005, que proporciona movilidad.

- 802.16 – 10 a 66 GHz, con modulación QAM, LOS.
- 802.16a - 2 a 11 GHz, OFDM y OFDMA, NLOS.
- 802.16b/c – Interoperabilidad y especificación de certificaciones.
- 802.16-2004 – Reemplaza a 802.16, 802.16a y 802.16d.
- 802.16e – Movilidad

En este capítulo se comentan las características claves de los estándares 802.16-2004, y 802.16e, debido a que el editado en 2004 es una recopilación de los mencionados anteriormente y 802.16e trata el tema de la movilidad los cuales se pueden aplicar en el presente diseño.

2.4.2.3.1. IEEE 802.16-2004

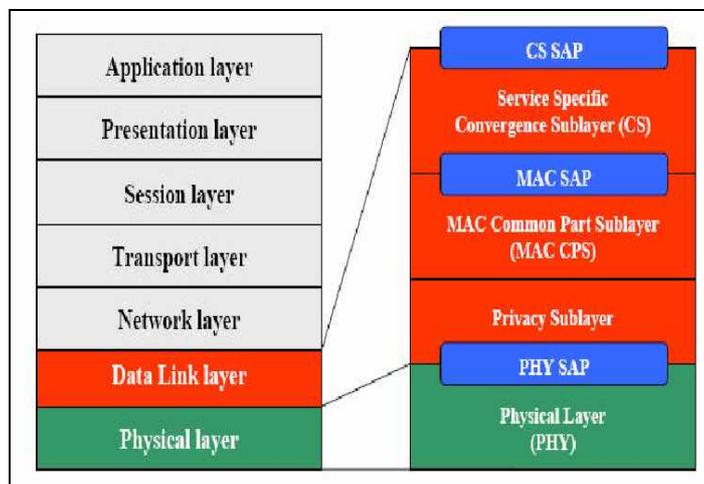
Permite hasta 70Mbps, en la realidad 30 Mbps trabajando en bandas por debajo de 11 GHz utilizando las comprendidas en 2.4, 2.5, 3.5, 5.8 GHz, en su arquitectura utiliza topologías punto a punto, punto a multipunto, y esquemas

mallados, se la utiliza para aplicaciones de acceso de banda ancha residencial (bucle de abonado WLL), Servicios de telecomunicaciones para pymes y Redes backhaul para hotspots WLAN.

2.4.2.3.2. *Arquitectura de protocolo IEEE 802.16-2004*

La versión actual del estándar 802.16 especifica la interfaz aire para frecuencias hasta 66 GHz Define las especificaciones para las múltiples capas físicas (PHY), la capa de acceso al medio (MAC), y la capa que ofrece el servicio de convergencia entre subcapas (CS) para el transporte de IP, Ethernet y ATM. La pila de protocolos se puede ver en la siguiente figura 2.11.

Es incompatible con 802.16-2004 SOFDMA (usados en 802.16e-2005) y OFDM256 (802.16d) no son compatibles con la mayoría de equipos, tendrán que ser sustituidos si un operador desea o necesita trasladarse al estándar más último.



2.11. 802.16e-2005

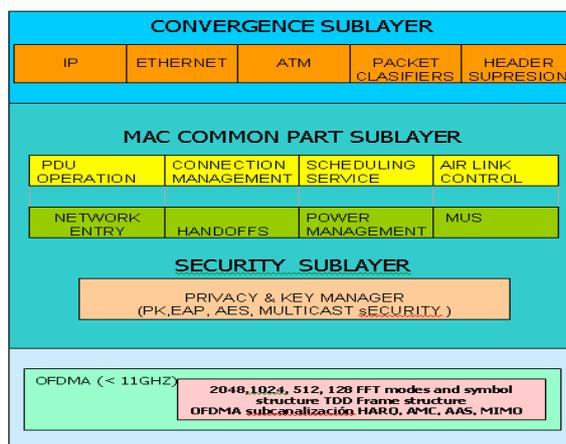
Compuesto por una capa PHY escalable, con canales de capacidad que varían de 1.5 a 20 MHz, maneja esquemas flexibles de reutilización de frecuencia para planificación de red, tramas largas con bajo overhead, técnicas avanzadas de corrección de errores FEC, modulación adaptativa, técnicas híbridas ARQ para reducir la pérdida de paquetes, y completas técnicas MIMO.

Utiliza la transformada rápida de Fourier para mantener el ancho de banda del canal a una distancia diferente de otras portadoras, mejora la cobertura NLOS utilizando esquemas avanzados de diversidad en antenas.

Utiliza un avanzado sistema de antenas adaptivas y tecnología de múltiples entradas múltiples salidas MIMO, aumento de la ganancia del sistema debido al uso de subcanalización lo que aumenta la señal indoor, introduce alto performance por medio de técnicas de codificación como Turbo Coding LDPC,

Para el downlink introduce subcanalización, resalta el algoritmo de la transformada rápida de Fourier el cual incrementa la resistencia a la interferencia multicamino.

Adiciona un modulo extra de calidad de servicio resaltando en tiempo real el Polling Service, adiciona características de movilidad como el soft y hard handover entre estaciones base más apropiado para voz sobre IP.



2.12. Arquitectura 802.16e 2005

Especifica tipos de tráfico para calidad de servicio, hard handover optimizado y seguro, rápida conmutación de la estación base en el handover, administración de energía con modos sleep e idle.

Para la seguridad utiliza la autenticación EAP, encriptación con AES-CCM, modo autenticación CMAC, certificados x509, key binding, capacidad de autenticación de usuario y dispositivo en la figura 2.12 se detalla la arquitectura de 802.16e-2005.

Existen algunas variantes del estándar 802.16 las cuales como en otras tecnologías de red definen tipos de cobertura, formatos de trama servicio entre capas, proceso de desarrollo de los estándares, es decir un conjunto de características que se describen en la tabla 2.2.

Estándar	Características	Disponible	Estado
802.16-2004	Soporta la creación de redes mesh Resume los estándares para sistemas acceso fijo inalámbrico Especifica la interfase de aire para el acceso banda ancha a redes inalámbricas fijas.	01 de junio 2006	Enmendado - vigente 802.16f y 802.16e
802.16e-2005	Entrega movilidad	30 de agosto del 2006	funcionamiento
802.16f	Interfaz aire para acceso fijo inalámbrico de banda ancha Sistemas de acceso Administración información base	01 de junio 2006	funcionamiento
802.16g	Interfaz aire para sistemas de acceso fijo y móvil inalámbrico. Administración de procedimientos y servicios.	No disponible	proceso de desarrollo

2.2. Variantes del Standard 802.16

2.4.3. REDES VSAT

Los sistemas VSAT son redes de comunicación privadas por satélite que permiten el establecimiento de enlaces entre un gran número de estaciones remotas con antenas de pequeño tamaño VSAT (Very Small Aperture Terminals), con una estación central normalmente llamada Hub.

Las redes VSAT, permiten el intercambio de información punto a punto, punto multipunto o de manera interactiva. Se conectan al satélite vía radiofrecuencia (RF), un uplink en sentido estación satélite y un downlink en sentido satélite estación. El acoplamiento total de estación a estación, conocido como salto, consiste en un uplink y un downlink.

El satélite recibe las portadoras de la tierra que transmiten las estaciones dentro del campo visual de su antena de recepción, amplifican esas portadoras, transponden su frecuencia a una generalmente más baja para evitar posibles interferencias, y retransmite esas portadoras a las estaciones situadas dentro del campo visual de su antena transmisora.

Las actuales redes de VSAT utilizan los satélites geoestacionarios, que son satélites que se mueven en órbita en el plano ecuatorial de la tierra en una altitud sobre la superficie de la tierra de 35.786 Km, el período de la órbita, es igual al de la rotación de la tierra, por lo que, el satélite aparece con respecto a la tierra como fijo.

La distancia de una estación terrestre al satélite geoestacionario induce una atenuación a las señales uplink y downlink, típicamente en 200 dB, además que la propagación retrasa, de la estación terrestre origen a la estación terrestre destino, cerca de medio segundo.

Como resultado de su posición fija evidente en el cielo, el satélite puede ser utilizado 24 horas al día evitando de esta manera el seguir al satélite, además, esto simplifica el equipo e instalación de las antenas VSAT y reduce sus costos.

2.4.3.1. Arquitectura

Una red VSAT tiene dos configuraciones posibles, estrella y malla, cuya implementación depende básicamente de tres factores: la estructura del flujo de información dentro de la red, la capacidad y calidad del enlace requerido y los retardos de transmisión.

Una configuración estrella se basa fundamentalmente en el uso de una estación transmisora principal (HUB), por la cual son enviadas al satélite las señales, que son posteriormente recibidas por un gran número de estaciones exclusivamente receptoras, típicamente de menor tamaño (VSAT).

Las redes de este tipo pueden ser unidireccionales o bidireccionales. Se habla de redes en estrella bidireccionales cuando las aplicaciones requieren que se comuniquen los VSATs con el HUB y viceversa. Por el contrario en las redes estrella unidireccional sólo hay comunicación desde el HUB hacia los VSATs.

Cuando es posible establecer un enlace directo entre dos VSATs hablamos de redes VSAT en malla. Naturalmente con una red en estrella bidireccional se puede implementar una red en malla pura pero con el problema de aumento en la latencia.

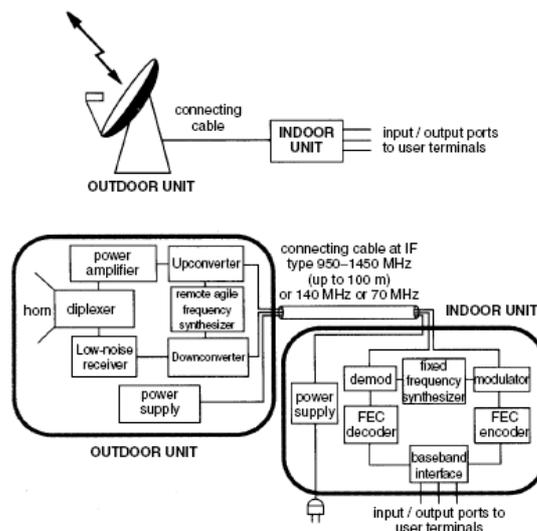
2.4.3.2. Elementos de un sistema VSAT

- **HUB** Es una estación más dentro de la red pero con la particularidad de que es más grande (la antena típicamente es 4 a 10 metros y maneja más potencia de emisión PIRE). Habitualmente el HUB está situado en la sede central de la empresa que usa la red o en su centro de cómputo. El HUB está compuesto por la unidad de RF y la unidad interna (indoor unit IDU).
- **Unidad de RF.** Se encarga de transmitir y recibir las señales. Su diagrama de bloques completo sería similar al de la ODU de terminal VSAT.
- **Unidad interna.** A diferencia de la IDU del VSAT, esta unidad puede estar conectada a la computadora que se encarga de administrar la red corporativa. Esta conexión puede ser directa o bien a través de una red pública conmutada o una línea privada dependiendo de si el HUB es propio o compartido.
- **Segmento espacial** Es el punto clave de una red VSAT y está constituido principalmente por los satélites geoestacionarios con sus respectivos transponders y las bandas de frecuencia establecidas por la UIT (C, X, Ku, Ka).

Item	Hub	VSAT
Banda de frecuencias para transmisión	14-14.5 GHz. en banda Ku 5.925-6.425 GHz en banda C	14-14.5 GHz. en banda Ku 5.925-6.425 GHz en banda C
Banda de frecuencias para recepción	10.7-12.75 GHz. en banda Ku 3.625-4.2 GHz en banda C	10.7-12.75 GHz. en banda Ku 3.625-4.2 GHz en banda C

2.3. Frecuencias de operación VSAT

- **Terminales VSAT** Como se aprecia en la figura 2.13, un terminal VSAT está conformado por la unidad al aire libre (ODU) y la unidad de interior (IDU). La unidad al aire libre es el interfaz con el satélite, mientras que el IDU es el interfaz a los terminales o a la red del cliente.



2.13. Terminal VSAT

2.4.3.3. Técnica de acceso al medio

Los sistemas VSAT suelen emplear técnicas de acceso aleatorio (random access). En la mayoría de los casos se utiliza el protocolo Aloha o el S-Aloha. Los sistemas de acceso aleatorio son los adecuados cuando hay muchos terminales que quieren acceder al satélite, pero cada uno con pocos requerimientos de tráfico. El problema de este tipo de protocolos es que debido a la utilización del recurso espacial, el throughput es relativamente bajo y la calidad de servicio no puede garantizarse.

2.4.4. TECNOLOGÍAS DE TRANSPORTE

2.4.4.1. Frame Relay

Frame Relay es un protocolo de capa 2, que se basa en el principio de conmutación de paquetes, orientado a conexión, evolucionó de la tecnología X.25 y básicamente difiere de ésta en que usa frames o paquetes son de longitud variable para el transporte de datos a través de la red. Es usado como una interfaz entre el equipo del usuario, DTE, y el equipo de acceso a la red, DCE. La red a la cual se accede desde este equipo puede ser pública o privada.

Realiza transmisiones de mejor calidad, con mayor rapidez y reduciendo el encabezado de chequeo de errores, alcanzando velocidades de transmisión de hasta 45 Mbps. Está controlado por los estándares ANSI T1.617 y por el UIT-T Q.933.

Frame Relay utiliza técnicas de multiplexación estadística, lo cual permite obtener un ancho de banda bajo demanda, es decir, la red es capaz de obtener un ancho de banda que necesita cuando lo necesita sin tener que reservar por adelantado este ancho de banda y mantenerlo sin usar hasta que se requiera.

La razón principal para usar Frame Relay es obtener una mejor conectividad entre redes de área local por un precio menor. Cambiar los componentes de las redes a Frame Relay es un proceso relativamente simple ya que usa la infraestructura de comunicación existente.

2.4.4.1.1. Funcionamiento

Las redes Frame Relay se construyen partiendo de un equipamiento de usuario que se encarga de empaquetar todas las tramas de los protocolos existentes en una única trama Frame Relay, al cual se lo denomina FRAD (Frame Relay Assembler Disassembler).

También incorporan los nodos que conmutan las tramas Frame Relay en función del identificador de conexión, a través de la ruta establecida para la conexión en la red, conocidos como FRND (Frame Relay Network Device).

En esencia, una trama procedente de una LAN se encapsula en una trama frame relay y se envía a un a un enrutador, quien a su vez transfiere los paquetes a través de puertos de conexión compuestos por circuitos virtuales permanentes o conmutados al conmutador frame relay, quien lee la dirección destino contenida en el subcampo DLCI de la cabecera frame relay.

El dispositivo de red dirige, entonces, la trama al destino correcto a través de la red frame relay. En el otro extremo de la red, la información frame relay es eliminada y los datos son ensamblados en el formato original de paquete, el cual puede ahora ser procesado por la estación receptora.

Frame Relay se desarrolló bajo el supuesto de que el medio de transmisión es confiable con muy bajos índices de error y que la aplicación del usuario puede detectar y recuperar paquetes erróneos. Por tanto, frame relay descarta los paquetes que contienen errores. Igualmente, también si los buffer de entrada del manejador frame relay se llenan, se descartan todas las tramas hasta que la congestión desaparece.

En Frame Relay los dispositivos del usuario se interrelacionan con la red de comunicaciones, haciendo que sean aquellos mismos los responsables del control de flujo y de errores. La red sólo se encarga de la transmisión y conmutación de los datos, así como de indicar cuál es el estado de sus recursos. En el caso de errores o de saturación de los nodos de la red, los equipos del usuario solicitarán el reenvío (al otro extremo) de las tramas incorrectas y si es preciso reducirán la velocidad de transmisión, para evitar la congestión.

- **Puertos de conexión** Es un punto físico de acceso a la red frame relay que define la máxima cantidad de datos que puede ser enviada a la red en cualquier momento a través de todos los PVCs. Una única interfaz de red puede soportar múltiples puertos.
- **Circuito virtual permanente** Es un camino a través de la red frame relay que conecta dos puntos. Constituye un ancho de banda dedicado que garantiza un nivel de servicio, denominado velocidad de información comprometida (committed information rate), a una estación determinada. Los circuitos virtuales permanentes permanecen activos y disponibles para la red suscriptora en todo momento.

- **Circuito virtual conmutado** Es un circuito virtual establecido ad hoc según la necesidad de la estación transmisora, incrementando la flexibilidad del ancho de banda del circuito. Generalmente ningún proveedor los ofrece.

2.4.4.1.2. Formato de trama

El paquete frame relay contiene los siguientes campos:



2.14. Formato de trama Frame Relay

- **Banderas.** Son secuencias de 8 bits que indican el comienzo y fin del paquete son de la forma 01111110.
- **Cabecera.** Este campo contiene información de direccionamiento y la escasa gestión de control de flujo que frame relay realiza. También detecta si el manejador de paquetes se encuentra congestionado. Su longitud puede variar entre 1 y 4 bytes, pero típicamente es de 2 bytes. Está conformado por los siguientes subcampos:
 - **DLCI (Data Link Connection Identifier).** Estos diez bits son el identificador de conexión de enlace de datos. Permite definir hasta 1024 circuitos virtuales. Con el DLCI se identifica al canal lógico al que pertenece cada trama. Los números de canal lógico se asignan por contratación.
 - **EA (Extended Address).** Puesto que se permiten más de dos octetos en el campo de control, este primer bit de cada octeto indica (cuando está marcado con un '0') si detrás siguen más octetos o bien (cuando está marcado con un '1') si se trata del último del campo de control. Emplear más de dos bytes resulta bastante infrecuente y se utiliza en el caso de que la dirección de multiplexión (campo DLCI) supere los 10 bits.
 - **CR (Comand/Response).** Se introduce por compatibilidad con protocolos anteriores, como los del tipo HDLC. Cuando el protocolo de enlace es fiable, utilizan este BIT.

- **DE (Discard Eligibility).** Indica si la trama puede ser descartada en el caso de una congestión.
- **FECN (Forward Explicit Congestion Notification).** Es usado con protocolos de sistema final que controlan el flujo de datos entre emisor y el receptor.
- **BECN (Backward Explicit Congestion Notification).** Puede ser usado con protocolos que controlan el flujo de los datos extremo a extremo en el propio emisor.
- **Campo de datos del usuario.** Son los datos útiles del paquete. La información transmitida en una trama Frame Relay puede oscilar entre 1 y 8.250 bytes, aunque por defecto es de 1.600 bytes.

Secuencia de verificación de trama. Es un campo de dos bytes que contiene la suma de comprobación para determinar si el paquete ha sido dañado durante la transmisión.

2.4.4.1.3. *QoS*

A la hora de contratar un enlace Frame Relay, hay que tener en cuenta varios parámetros. Por supuesto, el primero de ellos es la velocidad máxima del acceso (V_t), que dependerá de la calidad o tipo de línea empleada.

Pero hay un parámetro más importante: se trata del CIR (velocidad media de transmisión o Committed Information Rate). Es la velocidad que la red se compromete a servir como mínimo. Se contrata un CIR para cada PVC o bien se negocia dinámicamente en el caso de SVC's.

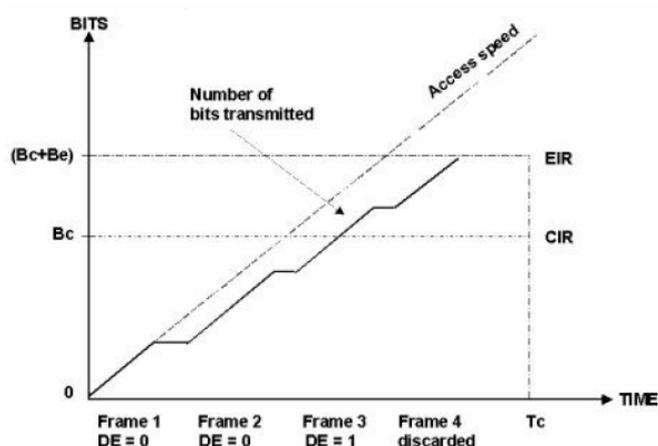
El Committed Burst Size (B_c) es el volumen de tráfico alcanzable transmitiendo a la velocidad media (CIR).

Por último la ráfaga máxima o Excess Burst Size (B_e) es el volumen de tráfico adicional sobre el volumen alcanzable.

Para el control de todos estos parámetros se fija un intervalo de referencia (t_c). Así, cuando el usuario transmite tramas, dentro del intervalo t_c , a la velocidad máxima (V_t), el volumen de tráfico se acumula y la red lo acepta siempre que esté por debajo de B_c .

Pero si se continúa transmitiendo hasta superar B_c , las tramas empezarán a ser marcadas mediante el bit DE (serán consideradas como desechables).

Por ello, si se continúa transmitiendo superando el nivel marcado por $B_c + B_e$, la red no admitirá ninguna trama más.

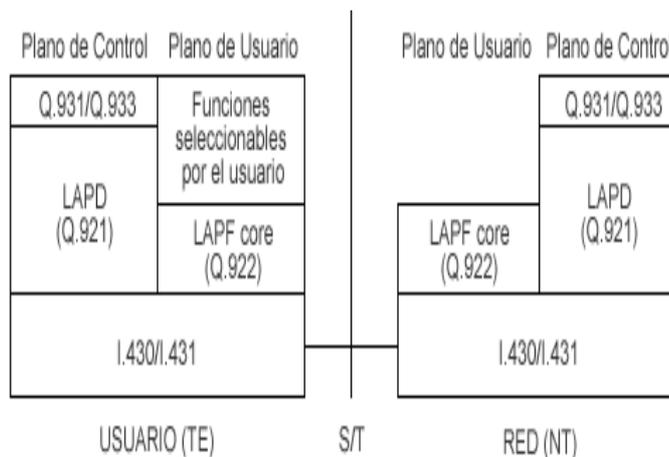


2.15. QoS Frame Relay

Por supuesto la tarificación dentro de cada volumen (B_c/B_e) no es igual, puesto que en el caso de B_e , existe la posibilidad de que las tramas sean descartadas.

2.4.4.1.4. Arquitectura del protocolo Frame Relay

Se deben considerar dos planos separados de operación: el **plano de control (plano-C)**, que tiene que ver con el establecimiento y liberación de conexiones lógicas, y el **plano de usuario (plano-U)**, responsable de la transferencia de los datos de usuario entre los suscriptores. En consecuencia, los protocolos del plano-C se aplican entre un suscriptor y la red, en tanto que los protocolos del plano-U proveen funcionalidad extremo-a-extremo.



2.16. Arquitectura Frame Relay

➤ Plano de Control

Utiliza un canal lógico separado para la información de control. En la capa de enlace de datos se emplea **LAPD (Q.921)** para proporcionar un servicio de control de enlace de datos confiable (con control de flujo y control de errores) entre el usuario (TE) y la red (NT) sobre un canal D. Este servicio de enlace de datos es usado para el intercambio de mensajes de señalización de control **Q.933**.

➤ Plano de Usuario

Para la transferencia de información entre usuarios finales se utiliza LAF (Q.922), que es una versión mejorada de LAPD. En FR sólo se utilizan las funciones LAF núcleo (LAF core) para realizar las tareas de:

- Delimitación, alineación y transparencia de tramas.
- Multiplexación y demultiplexación de tramas utilizando el campo Address.
- Inspección de la trama para asegurar si la misma consta de un número entero de octetos antes de la inserción de zero bit o luego de la extracción de zero bit.
- Detección de errores de transmisión.
- Funciones de control de congestión.

Las funciones LAPF núcleo en el plano-U conforman una subcapa de la capa de enlace de datos. Proveen el servicio de transferencia de tramas desde un suscriptor a otro, sin control de errores ni control de flujo. Además, el usuario puede optar por la inclusión de funciones adicionales de enlace de datos (equivalentes a funciones extremo-a-extremo de la capa de red) las cuales no son parte del servicio FR.

Empleando las funciones núcleo, la red ofrece un servicio de conmutación de tramas orientado a conexión que opera en la capa de enlace con las siguientes propiedades:

- Preservación del orden de transferencia de tramas desde un extremo a otro
- Baja probabilidad de pérdida de tramas.

2.4.4.2. Modo De Transferencia Asíncrona (ATM)

La tecnología ATM se inició a principios de la década de los 80, en un momento en el que los investigadores estaban intentando desarrollar una tecnología que pudiera utilizarse tanto para el intercambio de voz como de datos. Lo que se buscó fue una red capaz de brindar un ancho de banda suficiente, y que fuera "switchheado", para que su costo fuera compartido.

En una red ATM, las celdas de información son nada más transmitidas cuando el usuario está accedando o manipulando la información, al contrario de una red sincronizada, que transmitiría celdas todo el tiempo, a veces vacías. Lo conveniente de las redes ATM es que también pueden contener en sus celdas todo tipo de información.

ATM es una tecnología basada en transmisiones de pequeñas unidades de tamaño fijo (células) y formato estandarizado. Las células son transmitidas a través de conexiones con circuitos virtuales, Cada célula posee un encabezado y un campo de información (tamaño fijo de 53 octetos), atiende a requisitos de diversas aplicaciones (datos, voz, imagen).

ATM está orientada a conexiones, es decir, dos usuarios en diferentes equipos pueden establecer un canal simultáneo, pero a diferencia de redes de circuito de "switchhead" como en la red telefónica, no se establecen apartando líneas físicas o anchos de banda particulares, sino esta conexión se hace por medio de multiplexado estadístico, que combina todos los canales y anchos de banda en la misma conexión física. Para los usuarios de red, esta función es transparente y les brinda canales, o "circuitos virtuales" separados.

El ATM Forum ha aprobado cuatro velocidades UNI (User Network Interfaces) para ATM: DS3 (44.736 Mbps), SONET STS3c (155.52 Mbps) y 100 Mbps para UNI privados y 155 Mbps para UNI privadas. UNI privadas se refieren a la interconexión de usuarios ATM con un switch ATM privado que es manejado como parte de la misma red corporativa. Aunque la tasa de datos original para ATM fue de 45 Mbps especificado para redes de operadores (carriers) con redes T3 existentes, velocidades UNI adicionales se han venido evaluando y están ofreciéndose. También hay un alto interés en interfaces, para velocidades E1 (2Mbps) y T1 (1,544 Mbps) para accesos ATM de baja velocidad.

El estándar define además dos tipos de formato de celda: el NNI (Network to Network Interface) y el UNI (User to Network Interface). El primero se refiere a la conexión de Switches ATM en redes privadas y el segundo se refiere a la conexión de un Switch ATM de una empresa pública o privada con un terminal ATM de un usuario normal, siendo este último el más utilizado.

2.4.4.2.1. Tipos De Conexiones

ATM provee servicios orientados a la conexión. Para comunicarse con un nodo remoto, un host debe solicitar a su switch local el establecimiento de una conexión con el destino. Estas conexiones pueden ser de dos naturalezas: Switched Virtual Circuits (SVC) o Permanent Virtual Circuits (PVC).

➤ Switched Virtual Circuits - SVCs

Un SVC opera del mismo modo que una llamada telefónica convencional. Un host se comunica con el switch ATM local y requiere del mismo el establecimiento de un SVC. El host especifica la dirección completa del nodo destino y la calidad del servicio requerido. Luego espera que la red ATM establezca el circuito.

El sistema de señalización de ATM se encarga de encontrar la ruta necesaria desde el host origen al host destino a lo largo de varios switches. El host remoto debe aceptar el establecimiento de la conexión. Cuando el proceso de señalización concluye el switch local reporta la existencia del SVC al host local y al host remoto.

La interface UNI identifica a cada uno de los SVC por medio de un número de 24 bits. Cuando un host acepta un nuevo SVC, el switch ATM local asigna al mismo un nuevo identificador. Los paquetes transmitidos por la red no llevan información de nodo origen ni nodo destino. El host marca a cada paquete enviado con el identificador de circuito virtual necesario para llegar al nodo destino.

➤ Permanent Virtual Circuits - PVCs

A diferencia de un SVC, para un PVC es el administrador de la red quien configura en forma manual los switches para definir circuitos permanentes. El administrador, identifica el nodo origen, el nodo destino, la calidad de servicio y los identificadores de 24 bits para que cada host pueda acceder al circuito.

2.4.4.2.2. *Paths, Circuitos identificadores*

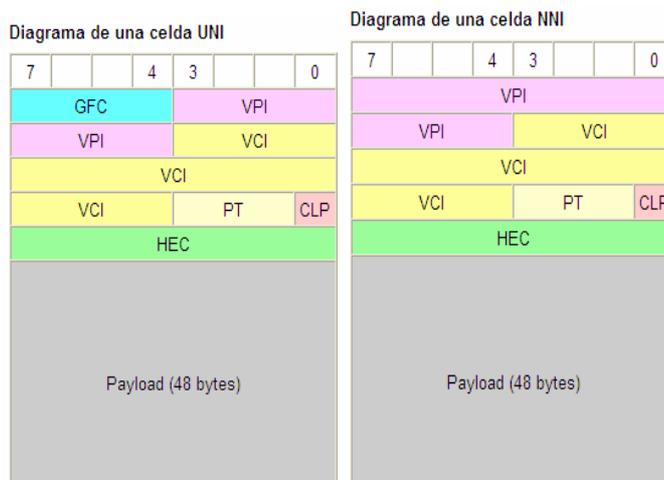
ATM asigna un número entero único como identificador para cada path abierto por un host. El identificador solo es válido mientras el circuito permanece abierto y es válido para un solo sentido del circuito, es decir que los identificadores de circuito obtenidos por los dos hosts en los extremos del mismo usualmente son diferentes.

Los identificadores usados por la interfaz UNI están formados por 24 bits comúnmente denominado “VPI/VCI pair”, divididos en dos campos, el primero de 8 bits y el segundo de 16 bits. Los primeros 8 bits forman el llamado “Virtual Path Identifier” y los 16 restantes el “Virtual Circuit Identifier”. Al igual que en el direccionamiento IP, el primer campo identifica la red y un segundo identifica el host. El hardware de ATM usa entonces los VPI para funciones de ruteo de tráfico.

2.4.4.2.3. *Formato de trama*

Son estructuras de datos de 53 bytes compuestas por dos campos principales:

- **Header.** Tiene una longitud de 5 bytes y contiene información referente a: identificación del canal, información para la detección de errores y si la célula es o no utilizada. Eventualmente puede contener también corrección de errores, número de secuencia, etc. Se encuentra conformado por los siguientes campos:
 - **GFC (Generic Flow Control, 4 bits).** Originalmente destinado para la gestión de tráfico, pero en la práctica no es utilizado. Las celdas NNI lo emplean para extender el campo VPI a 12 bits.
 - **VPI (Virtual Path Identifier, 8 bits) y VCI (Virtual Circuit Identifier, 16 bits).** Se utilizan para indicar la ruta de destino o final de la célula.
 - **PTI (Payload type, 3 bits).** Identifica si los datos de la celda son del usuario o de control.
 - **CLP (Cell Loss Priority, 1 bit).** Indica el nivel de prioridad de las células. Si el bit está activo y además la red ATM está congestionada, entonces la trama puede ser descartada.
 - **HEC (Header Error Correction, 8 bits).** Permite detectar y corregir errores simples únicamente de la cabecera.



2.17. Formato de trama ATM

- **Payload.** Son los datos del usuario y protocolos AAL que también son considerados como tales, su longitud es de 48 bytes.

2.4.4.2.4. Arquitectura de ATM

ATM es una arquitectura estructurada en capas que permite que múltiples servicios como voz y datos vayan mezclados en la misma red. Tres de las capas han sido definidas para implementar los rasgos del ATM.

La capa de adaptación garantiza las características apropiadas del servicio y divide todos los tipos de datos en payload de 48 bytes que conformaran el paquete ATM.

La capa intermedia de ATM coge los datos que van a ser enviados y añade los 5 bytes de la cabecera que garantiza que el paquete se envía por la conexión adecuada. Es independiente del tipo de información que es transmitida con excepción del tipo de servicio (QoS) requerido.

La capa física define las características eléctricas y las interfaces de la red. ATM no está ligado a un tipo específico de transporte físico.

2.4.4.3. Multi Protocol Label Switching (MPLS)

MPLS es hoy día una solución clásica y estándar al transporte de información en las redes. Ha sido hasta hoy una solución aceptable para el envío de información, utilizando Routing de paquetes con ciertas garantías de entrega.

MPLS es una red privada IP que combina la flexibilidad de las comunicaciones punto a punto o Internet y la fiabilidad, calidad y seguridad de los servicios Private Line, Frame Relay o ATM. Ofrece niveles de rendimiento diferenciados y priorización del tráfico, así como aplicaciones de voz y multimedia.

MPLS asigna a los datagramas de cada flujo una etiqueta única que permite una conmutación rápida en los routers intermedios (solo se mira la etiqueta, no la dirección de destino).

La idea de MPLS es realizar la conmutación de los paquetes o datagramas en función de las etiquetas añadidas en capa 2 y etiquetar dichos paquetes según la clasificación establecida por la calidad de servicio.

Por tanto MPLS es una tecnología que permite ofrecer QoS, independientemente de la red sobre la que se implemente.

2.4.4.3.1. Funcionamiento

El etiquetado en capa 2 permite ofrecer servicio multiprotocolo y ser portable sobre multitud de tecnologías de capa de enlace: ATM, Frame Relay, líneas dedicadas, LANs.

La base del MPLS está en la asignación e intercambio de etiquetas ya expuesto, que permiten el establecimiento de los caminos LSP (Label Switching Path) por la red. Los LSPs son simplex por naturaleza, el tráfico dúplex requiere dos LSPs, uno en cada sentido.

Cada LSP se crea a base de concatenar uno o más saltos en los que se intercambian las etiquetas, de modo que cada paquete se envía de un "conmutador de etiquetas" Label Switching Router (LSR) a otro, a través del dominio MPLS. Un LSR no es sino un router especializado en el envío de paquetes etiquetados por MPLS.

Un camino LSP es el circuito virtual que siguen por la red todos los paquetes asignados a la misma FEC (Forwarding Equivalence Class). Al primer LSR que interviene en un LSP se le denomina de entrada o de cabecera y al último se le denomina de salida o de cola. Los dos están en el exterior del dominio MPLS. El resto, entre ambos, son LSRs interiores del dominio MPLS. Un LSR es como un router que funciona a base de intercambiar etiquetas según una tabla de envío.

Dentro del dominio MPLS los LSR ignoran la cabecera IP; solamente analizan la etiqueta de entrada, consultan la tabla correspondiente (tabla de conmutación de etiquetas) y la reemplazan por otra nueva, de acuerdo con el algoritmo de intercambio de etiquetas. Al llegar el paquete al LSR de cola (salida), ve que el siguiente salto no existe y lo saca de la red MPLS; al consultar ahora la tabla de conmutación de etiquetas quita ésta y envía el paquete por routing convencional. La identidad del paquete original IP queda enmascarada durante el transporte por la red MPLS, que únicamente chequea las etiquetas que necesita para su envío por los diferentes saltos LSR que configuran los caminos LSP. Las etiquetas se insertan en cabeceras MPLS, entre los niveles 2 y 3.

2.4.4.3.2. Formato de trama



2.18. Formato de trama MPLS

La etiqueta MPLS se coloca delante del paquete de red y detrás de la cabecera de nivel de enlace, y se encuentra conformada por los siguientes campos:

- **Label (20 bits)**. Identifica una FEC Forwarding Equivalence Class con significado local.
- **Exp (3 bits)**. Bits para uso experimental, una propuesta es transmitir en ellos información de calidad de servicio, afecta al encolado y descarte de paquetes.
- **S (Stack, 1 bit)**. Sirve para el apilado jerárquico de etiquetas, tiene un valor de 1 para indicar la primera entrada de la pila, cero para el resto.
- **TTL (Time-to-Live, 8 bits)**. Cuenta el número de saltos, se decrementa en cada enrutador y al llegar al valor de 0, el paquete es descartado.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES

CAPITULO 3

DISEÑO DE REDES DE TELECOMUNICACIONES

3.1 INTRODUCCIÓN

Por la naturaleza del presente trabajo se realizará consideraciones de planificación, administración, gestión de sistemas de telecomunicaciones, enfocando el análisis en el diseño de redes de telecomunicaciones y consideraciones de la infraestructura civil y eléctrica para su desarrollo. En esta parte se proporcionarán criterios de diseño desde el punto de vista organizacional el cual permitirá realizar el boceto mediante un conjunto ordenado de procesos, entre los principales tenemos: recopilación de la información (datos 3196, análisis de terreno y tecnologías), análisis de tráfico concerniente al sistema, elección de las alternativas para aplicarlas en los diseños posteriores, profundización en sus características y desarrollo del sistema propiamente dicho.

En la segunda parte de este capítulo se decidirá que tecnologías se utilizaran en la aplicación del presente trabajo, considerando parámetros técnicos, planificación, gestión, y económicos, los cuales nos ayudarán a determinar el dimensionamiento de la red; la ubicación geográfica de los puntos o nodos de conexión, las características del equipo a utilizar, para en el capítulo cuarto realizar un análisis de costos de una probable implementación del proyecto.

Por requerimientos de seguridad, los equipos HIOKI 3196 y los equipos a instalar, los funcionarios del CONELEC y desarrolladores de este proyecto consideraron necesario tener un sistema de video vigilancia utilizando la misma red a diseñarse.

Con estos antecedentes es necesario calcular el tráfico que demanda nuestra solución, analizando el tráfico del 3196, los canales de voz, video y lo generado en el monitoreo de red; se presentará una descripción de los protocolos aplicados

a estos servicios, tomando en cuenta: el número de enlaces concurrentes dependiendo del número de equipos de medición, posteriormente conocidos estos parámetros es necesario dimensionar el canal, utilizando la tecnología que resuelva la necesidad de comunicación .

3.2 PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES (GENERALIDADES)

El capítulo anterior fue dividido en dos partes: redes de acceso y redes de backbone, las cuales forman parte de los diseños a presentar y que van a ser escogidas analizando los parámetros obtenidos en el capítulo uno.

Por lo expuesto anteriormente se va a determinar la configuración topológica de interconexión de equipos en red, que responda adecuadamente a las necesidades del proyecto, la misma que se determinará mediante la elección de un modelo de referencia estándar que satisfaga los requerimientos de las aplicaciones que se van a utilizar (tiempo de respuesta, calidad de servicio, esquema de direccionamiento, volumen de datos a transferir, distancias, accesos a otras redes, confidencialidad etc.).

A continuación se analizarán las posibilidades de conectividad de los equipos de comunicaciones existentes en el mercado a fin de integrarlos en un proyecto de infraestructura de redes telemáticas. Las condiciones de contratación y servicio de los medios de acceso básico a redes públicas ofertadas por las operadoras de telecomunicaciones se revisan e incluyen en las especificaciones del diseño de las redes.

La red a más de monitorear a los HIOKI 3196 deberá tener la capacidad de monitorear sus propios datos los cuales utilizarán los mismos canales de comunicación (principales como redundantes) para detección y control de fallas, configuraciones remotas, alarmas, asignación de tráfico a los dispositivos, estado de los equipos, es decir cuantificar distintas variables de la red en tiempo real.

Para el monitoreo del equipo y el monitoreo de la red es necesario considerar algunos criterios de administración que se detallan en el apéndice 3.1.5, entre los más importantes se resaltan: utilización de enlaces, caracterización de tráfico, porcentaje de transmisión y recepción, utilización de procesamiento, y detección de alarmas.

Posteriormente, se determinarán las prestaciones y características de los productos hardware de comunicaciones y los productos software (routers, concentradores, conmutadores, servidores VPN–redes privadas virtuales–, cortafuegos, etc.) se conocen y comparan de cara a su inclusión en el diseño de la red, la implantación de productos software de comunicaciones es evaluada sobre distintos sistemas operativos.

Necesariamente se ubicará los equipos y dispositivos de red teniendo en cuenta las condiciones de ergonomía, seguridad y aprovechamiento del espacio disponible, el sistema de cableado y el tipo de soporte utilizado para la red local y red Metropolitana, se determina en función de las distancias existentes entre los distintos nodos del sistema, la velocidad necesaria para la transmisión de los datos y las condiciones ambientales.

Los equipos y dispositivos de la red se seleccionan de acuerdo con los siguientes criterios:

- La condición de estandarización de los mismos, tanto interna como externamente.
- El cumplimiento de las condiciones técnicas y económicas prescritas.
- Los croquis y diagramas de bloques del sistema reflejan con precisión la estructura del sistema y los distintos elementos que lo componen.
- Controlar o supervisar la elaboración de la documentación técnica necesaria para la ejecución de la instalación de la red de datos y su posterior mantenimiento.

- La memoria descriptiva de la instalación explica con precisión las características y ámbito de aplicación de la misma.
- La documentación técnica incluye los esquemas y planos de conjunto y de detalle necesarios, utilizando la simbología y presentación normalizadas.
- Los planos constructivos de la instalación recogen con suficiente precisión las características de los equipos para su implantación (dimensiones físicas, localización de dispositivos y tarjetas, identificación codificada de E/ S y de cableados, etc.).
- El software de red y los programas de comunicación del sistema están suficientemente documentados y permiten la implantación y el posterior mantenimiento de las funciones de los mismos.

Para el presente trabajo se considera importante utilizar herramientas de planificación como los sistemas GIS, y software de sistemas de telecomunicaciones como sistemas operativos y simuladores.

3.2.1 PLANEACIÓN Y DISEÑO DE LA RED.

La meta de esta actividad es satisfacer los requerimientos inmediatos y futuros de la red, reflejarlos en su diseño y en una fase posterior al presente proyecto llegar hasta a su implementación. El proceso de planeación y diseño de una red contempla varias etapas, algunas son:

- Requerimientos de red: Las cuales pueden ser específicas o generales tecnológicas, cuantitativas, etc. Algunas de las necesidades específicas y de índole tecnológico de una red pueden ser: Multicast, Voz sobre IP (VoIP), Calidad de servicio (QoS), transmisión de audio y video etc. y varios requerimientos cuantitativos pueden ser: cantidad de nodos en los edificios (Redes LAN), cantidad de switches, puentes, puntos de acceso, repetidores, gateways necesarios para cubrir la demanda de nodos en las zonas objeto de estudio.

Este tipo de requerimientos solamente involucran una adecuación en el diseño de la red del CONELEC, no requiere de un rediseño completo, en el caso de alguna necesidad más general puede requerir de un cambio total en la red ya que en estos casos los cambios afectan a gran parte del diseño.

Una necesidad general, por ejemplo, se presenta cuando se desea la implementación de nuevas tecnologías de red como el cambiar de ATM a Gigabit Ethernet, o cambiar los protocolos de ruteo interno.

- Diseñar la topología de la red: Se determinará en el apéndice 2.3 de este trabajo la cual dependerá de la selección de la tecnología.
- Diseñar, en el caso de redes grandes: Cuantificar la distribución del tráfico mediante algún mecanismo de ruteo, estático o dinámico.

3.2.2 SELECCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE RED.

Esta selección se debe realizar de acuerdo a las necesidades y la topología propuesta, al seleccionar la tecnología o conjunto de tecnologías que se utilizarían. Si, la alternativa propuesta se refiere a un diseño jerárquico, se deben seleccionar los equipos adecuados para las capas de acceso, distribución y núcleo (core). Además, la infraestructura debe cumplir con la mayoría de los requerimientos técnicos de la red.

3.2.3 INSTALACIONES Y ADMINISTRACIÓN DEL SOFTWARE Y HARDWARE

El objetivo de estas actividades es conseguir un manejo adecuado de los recursos de hardware y software dentro de la red.

3.2.3.1 Instalaciones de hardware y software

Las tareas de instalación de hardware contemplan, tanto la agregación como la sustitución de equipamiento, y abarcan un dispositivo completo, como un switch o un ruteador; o solo una parte de los mismos, como una tarjeta de red, tarjeta procesadora, un módulo, etc. El proceso de instalación consiste de las siguientes etapas:

- Realizar un estudio previo para asegurar que la parte que será instalada es compatible con los componentes ya existentes.
- Generalmente, a toda instalación de hardware corresponde una instalación o configuración en la parte de software, entonces es necesario coordinar esta configuración.
- Generar un plan alternativo por si la instalación provoca problemas de funcionalidad a la red.

Otra actividad importante es el respaldo frecuente de las configuraciones de los equipos de red ya que son un elemento importante que requiere especial cuidado. Estos respaldos son de mucha utilidad cuando un equipo se daña y tiene que ser reemplazado ya que no es necesario realizar la configuración nuevamente, lo que se hace es cargar la configuración al dispositivo mediante un servidor TFTP.

3.2.4. PROVISIÓN

Esta tarea tiene la función de asegurar la redundancia de los elementos de software y hardware más importantes de la red. Puede llevarse a cabo en diferentes niveles, a nivel de la red global o de un elemento particular de la red.

Es la responsable de abastecer los recursos necesarios para que la red funcione, elementos físicos como: conectores, cables, multiplexores, tarjetas, módulos, elementos de software como versiones de sistema operativo, actualizaciones y aplicaciones. Además de hacer recomendaciones para asegurar que los recursos, tanto de hardware como de software, siempre se encuentren disponibles ante cualquier eventualidad.

Algunos elementos de hardware importantes son: tarjetas procesadoras, fuentes de poder, módulos de repuesto, equipos para sustitución y un respaldo de cada uno de ellos.

3.2.5. ADMINISTRACIÓN DEL RENDIMIENTO

Tiene como objetivo recolectar y analizar el tráfico que circula por la red para determinar su comportamiento en diversos aspectos, ya sea en un momento en particular (tiempo real) o en un intervalo de tiempo. Esto permitirá tomar las decisiones pertinentes de acuerdo al comportamiento encontrado, la administración del rendimiento se divide en 2 etapas: monitoreo y análisis.

3.2.5.1. Monitoreo

El monitoreo consiste en observar y recolectar la información referente al comportamiento de la red en aspectos como los siguientes:

- **Utilización de enlaces:** Se refiere al ancho de banda utilizado por cada uno de los enlaces ADSL, PLC, WIMAX, HFC MPLS, ya sea por elemento o de la red en su conjunto.
- **Utilización de procesamiento:** Es importante conocer la cantidad de procesador que un servidor está consumiendo para atender una aplicación.
- **Porcentaje de transmisión y recepción de información:** Encontrar los elementos de la red que más solicitudes hacen y atienden, como servidores, estaciones de trabajo, dispositivos de interconexión, puertos y servicios.

3.2.5.2. Análisis

- **Caracterización de tráfico:** Es la tarea de detectar los diferentes tipos de tráfico que circularían por la red, con el fin de obtener datos sobre los servicios de red, como http, ftp, que son más utilizados. Además, esto también permite establecer un patrón en cuanto al uso de la red.

- **Calidad de servicio:** Otro aspecto, es la Calidad de servicio o QoS, es decir, garantizar, mediante ciertos mecanismos, las condiciones necesarias, como ancho de banda, retardo, a aplicaciones que requieren de un trato especial, como lo son la voz sobre IP (VoIP), el video sobre IP mediante H.323, SIP, etc.

3.2.6. PREVENCIÓN Y SEGURIDAD

Su objetivo es ofrecer servicios de seguridad a cada uno de los elementos de la red así como a la red en su conjunto, creando estrategias para la prevención y detección de ataques, así como para la respuesta ante incidentes de seguridad.

3.2.6.1. Prevención de ataques

El objetivo es mantener los recursos de red fuera del alcance de potenciales usuarios maliciosos. Una acción puede ser la implementación de alguna estrategia de control de acceso. Obviamente, los ataques solamente se reducen pero nunca se eliminan del todo.

3.2.6.2. Detección de intrusos

La función es detectar el momento en que un ataque se está llevando a cabo. Hay diferentes maneras en la detección de ataques, tantas como la variedad de ataques. El objetivo de la detección de intrusos se puede lograr mediante un sistema de detección que vigile y registre el tráfico que circula por la red apoyado en un esquema de notificaciones o alarmas que indiquen el momento en que se detecte una situación anormal en la red.

3.2.6.3. Respuesta a incidentes

El objetivo es tomar las medidas necesarias para conocer las causas de un compromiso de seguridad en un sistema que es parte de la red, cuando éste haya sido detectado, además de tratar de eliminar dichas causas.

3.2.6.4. Políticas de Seguridad

La meta principal de las políticas de seguridad es establecer los requerimientos recomendados para proteger adecuadamente la infraestructura de cómputo y la información ahí contenida.

Una política debe especificar los mecanismos por los cuales estos requerimientos deben cumplirse. El grupo encargado de ésta tarea debe desarrollar todas las políticas después de haber hecho un análisis profundo de las necesidades de seguridad. Entre otras, algunas políticas necesarias son: políticas de uso aceptable, políticas de cuentas de usuario, políticas de configuración de ruteadores, políticas de listas de acceso, políticas de acceso remoto, políticas de contraseñas, políticas de respaldos.

3.2.6.5. Servicios de seguridad

Los servicios de seguridad definen los objetivos específicos a ser implementados por medio de mecanismos de seguridad. De acuerdo a la Arquitectura de Seguridad OSI, un servicio de seguridad es una característica que debe tener un sistema para satisfacer una política de seguridad. La arquitectura de seguridad OSI identifica cinco clases de servicios de seguridad: confidencialidad, autenticación, integridad, control de acceso, no repudio.

3.2.6.6. Mecanismos de seguridad

Se deben definir las herramientas necesarias para poder implementar los servicios de seguridad dictados por las políticas de seguridad. Algunas herramientas comunes son: herramientas de control de acceso, cortafuegos (firewall), TACACS+ o RADIUS; mecanismos para acceso remoto como Secure shell o IPSec; Mecanismos de integridad como MD5, entre otras. Todos estos elementos en su conjunto conforman el modelo de seguridad para una red de cómputo.

3.2.6.7. Seguridad de Hardware

Se tomó en cuenta las instalaciones existentes en las subestaciones de la EEASA como en su centro de cómputo y en las instalaciones de los repetidores en loma Paloma, para lo cual en las instalaciones se revisó las protecciones eléctricas para cada uno de los dispositivos por ejemplo en las subestaciones se tiene entre 0,5 y 1 Ω debido a que se prevé automatizar con equipos electrónicos.

Para el caso del analizador de calidad instalado en el lado de baja tensión se hace necesario introducir algún tipo de dispositivo que proteja de sobre voltajes, caída de rayos en las líneas en el momento de la medición, así como de la pérdida de servicio, en este sentido después de analizar las ventajas y desventajas que presentan equipos como UPS, reguladores de voltaje y DVR's se opta por escoger un UPS debido a que ofrece regulación de voltaje tiempo de descarga de 15 minutos y el costo no es excesivo como el de un DVR.

3.3. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

En el capítulo 2 se realizó un estudio de las principales características técnicas de las posibles soluciones a implementarse en redes de acceso como de backbone, en la tabla 3.1 se detalla estos parámetros, los cuales ayudarán a determinar la mejor alternativa.

	MPLS	FRAME RELAY	ATM
Velocidad	155 Mbps	64 - 2 Mbps	34 - 155 Mbps (2.4 Gbps)
Retardo	bajo	alto	bajo
Throughput	alto	bajo	alto
Tipo de tráfico	Datos/Voz/Video	Datos/Voz	Datos/Voz/Video
costo	bajo	bajo	alto
tecnología	Datagramas	Paquetes variables	celdas 53 bytes
overhead	bajo	bajo	alto
latencia	bajo	bajo	alto
QoS	Si	Rudimentarios	Si

	CONMUTADAS	xDSL	HFC	BPL	LMDS	SATELITE	WIMAX	WiFi
Velocidad	56 Kbps	2 Mbps	2 Mbps	6 Mbps	2 Mbps	600 Kbps	4,25 Mbps	54 Mbps
Tipo de tráfico	Voz/Datos	Voz/Datos/Video	Voz/Datos/Video	Voz/Datos/Video	Voz/Datos	Voz/Datos/Video	Voz/Datos/Video	Voz/Datos
Costo	bajo	medio	medio	alto	medio	alto	alto	bajo
Medio físico	Par telefónico	Par telefónico	Fibra y coaxial	Red eléctrica (segmento de baja tensión)	Radio, 3.5 GHz, 26 GHz y superiores	Radio, 11-14 GHz (Ku), 20-30 GHz (Ka)	Radio, 2-6 GHz (móvil), 10-66 GHz (fijo)	Radio, 2.4 GHz (.11b y .11g), 5 GHz (.11a)
Topología	Punto a punto	Punto a punto	Multipunto	Multipunto	Multipunto	Multipunto	Multipunto	Multipunto
Terminales	Fijos	Fijos	Fijos	Fijos	Fijos	Fijos (móviles a pocos kbit/s)	Fijos y móviles	Móviles
Alcance	50 – 150 m	300 m – 6 km	40 km	200 m	Visión directa 3 km (26 GHz) 8 km (3,5 GHz)	Visión directa	Sistema fijo hasta 10 km aprox., sistema móvil hasta 5 km. aprox. (distancia teórica máx. de 50 km)	50 – 150 m

3.1 Comparación entre Tecnologías

Para el presente trabajo el CONELEC con los desarrolladores han decidido adicionalmente tomar en cuenta los siguientes factores:

- La tecnología seleccionada deberá estar presente en todos los puntos de medición de las zonas objeto de estudio.
- Debe presentar gran ancho de banda para posibles proyectos futuros de expandir la red.
- La solución debe proveer alta movilidad, portabilidad y disponibilidad.
- La red debe ser corporativa, es decir que el CONELEC debe tener la capacidad de administrar toda la red, el número de enlaces en lo posible de acuerdo al análisis deben de ser implementados reduciendo ostensiblemente los sistemas de comunicación arrendados.
- Tecnología de fácil instalación y mantenimiento, en lo posible utilizar una infraestructura instalada y presentar características de interoperabilidad entre los sistemas existentes.

3.3.1. SELECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO

Para el presente proyecto es necesario seleccionar dos alternativas de comunicación, las cuales cumplan con los análisis anteriormente realizados, los cuales permitirán evaluar la calidad de servicio eléctrico en el usuario final en los diferentes puntos de las zonas objetos de estudio (transformadores y acometidas).

Como primera alternativa se ha seleccionado la tecnología Broadband Power line Communications la cual está presente en la mayoría de los puntos a analizarse debido a la gran penetración que tiene la red eléctrica en el usuario final, es decir no hay que desplegar ningún medio de transmisión o montar infraestructura adicional, solo se utilizarán: módems, repetidores, y conmutadores para tener una gran red metropolitana.

BPL tiene un ancho de banda en el usuario final de 6 Mbps óptimo para realizar transmisiones de telefonía, datos y tele vigilancia remota, lo que las tecnologías XDSL todavía no alcanzan, el HIOKI 3196 va a trasladarse entre postes y acometidas en las cuales existirá presencia de red, dependiendo del diseño, esto cada siete días.

De acuerdo al fabricante es un dispositivo que se conecta en las fases de los transformadores o acometidas adicionando los repetidores y CPE, soporta todos los protocolos de red TCP/IP para administración de red y prestación del servicio.

Una posible desventaja se tiene por la falta de estandarización lo cual se está superando mediante el Proyecto OPERA versión uno, el cual está determinando un Standard para BPL abierto compatible con IEEE 1901.

Para el proyecto OPERA versión 1 y 2 se encuentran las empresas, universidades y organismos de investigación como: ASCOM, DS2, EDEV, IBERDROLA, ENDESA, UNIÖN FENOSA, TECHNISCHE UNIVERSITAET DRESDEN, AMPERION, UNIVERSAL POWER LINE ASOCIATION, ENGINYERIA LA SALLE UNIVERSITAT, entre otras instituciones.

La segunda opción se optó por la tecnología concerniente al estándar IEEE 802.16e o WIMAX MOBILE, debido a su gran ancho de banda en el usuario final de hasta 4250 Kbps de bajada y 1474 Kbps en subida, al ser móvil y de naturaleza inalámbrica permite tener presencia del servicio en cualquier parte de la zona de cobertura mediante un pequeño modem, con una gran ventaja respecto a las tecnologías WiFi el radio de cobertura que para 802.16e está alrededor de 5 Km, en teoría, en algunas zonas del mundo en ambientes urbanos llega a cubrir hasta 3 Km similar a las radio bases celulares con una diferencia, de alta capacidad para transmitir datos voz y video IP.

Los analizadores de calidad de potencia se trasladan de un punto a otro en el tiempo de medición para lo cual esta solución se hace necesaria, debido a la interfaz aire el WIMAX fijo necesita de grandes antenas tanto outdoor conectadas a CPE's indoor lo que dificulta su transporte de un lugar a otro, 802.16e utiliza una tarjeta PCMCIA para laptops o un modem inalámbrico de pequeñas dimensiones.

Presenta altos niveles de seguridad, soporte para autenticación EAP, métodos de encriptación con AES CCM, Certificados Autenticación X.509, Key Binding, alta calidad de servicio para el transporte de aplicaciones en tiempo real utilizando modulación adaptiva y el nuevo H-ARQ para control de errores.

Es de fácil instalación debido a que consta de antenas de alrededor de un metro de altura para la estación base la cual es de tamaño similar a un PC de escritorio las cuales radian señal a un CPE en el usuario final, el cual es comparable al tamaño de un receptor telefónico. Por todas estas razones se escoge esta tecnología que va a ser el futuro de las comunicaciones inalámbricas de cuarta generación.

Adicionalmente, es necesario realizar el backhaul entre las radio bases WiMAX y el nodo de comunicaciones ubicado en la matriz de la EEASA para lo cual se optará por utilizar radio enlaces WiFi en la banda de 5 GHz, en el caso de la red

con BPL se realizará un anillo de comunicaciones utilizando una configuración de media tensión uniendo los transformadores en los dos barrios a través de los primarios de cada subestación comunicándose entre ellos a través de enlaces WiFi.

3.3.2. SELECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE BACKBONE

Las tecnologías de Acceso se desarrollan en la ciudad de Ambato conectando a los usuarios finales con el nodo de comunicación el cual se comunica a la ciudad de Quito utilizando un enlace WAN debido a la distancia. En el capítulo 2 se realizó este análisis y en la tabla 3.1 se expusieron los factores que deben incidir en la decisión tecnológica.

Para el diseño utilizando como tecnología de red de acceso Broadband Power Line Communications se utilizará un enlace WAN Quito – Ambato, para el cual se determinará el ancho de banda requerido para la transmisión de voz, datos y video, realizando los cálculos correspondientes.

Al referirse a la solución provista por la tecnología WiMAX, necesariamente se realizan consideraciones de tráfico y backhaul entre las estaciones base, para realizar la red WAN que comunicará a la empresa distribuidora con las oficinas del CONELEC se utilizará tecnología de conmutación de etiquetas MPLS debido a que permite la conmutación creada para proporcionar circuitos virtuales en las redes IP, presenta características propias como : mejoras en la velocidad debido a la conmutación de etiqueta, balanceo de carga en la red, seguridad: establecimiento de túneles, migración a nuevas redes: De IPv4 a IPv6 y alto QoS.

3.4. DIMENSIONAMIENTO DE TRÁFICO - VIDEO VOZ Y DATOS

Para determinar el tráfico de datos se describe el proceso de medición es decir se conectó a los alimentadores del CONELEC los analizadores de calidad HIOKI 3196, posteriormente estos se unen a un switch de datos y se midió el tráfico entregado por los analizadores los cuales serán expuestos en este trabajo.

En el capítulo uno se determinó el tráfico generado por el HIOKI 3196, para aplicar las funcionalidades del sistema telemétrico en cuestión, y se calculó el tráfico de monitoreo del equipo y el tráfico de descarga de datos analizando hasta la capa de red de acuerdo al modelo OSI debido que en el presente capítulo se procede a seleccionar la tecnología de red y desarrollo de los diseños, en la tabla 3.2 se muestra los requerimientos de tráfico para este sistema, a los cuales se denominarán desde H1 hasta H10.

Cada uno de los equipos para su instalación, necesita un canal de voz para dirigir al operario de la empresa en la instalación por cada transformador o acometida y cada equipo por su seguridad se le asigna una cámara de video vigilancia para evitar su hurto. Por esta razón se han tomado los protocolos más generales en transmisión de audio y video como son H.323, G.711, G729a, H.263, H264, MPEG4.

Analizadores de Potencia	Tráfico de Datos				Tráfico de Voz Códec G.711	Tráfico de Video Visualización	Tráfico de Video Grabación
	Tráfico de monitoreo 3196		Tráfico de descarga				
	Tráfico de Subida	Tráfico de Bajada	Tráfico de Subida	Tráfico de Bajada			
	(bits/s)	(bits/s)	(bits/s)	(bits/s)			
H1	38000	18400	202036	18400	64000	45,055	45,055
H2	38000	18400	202036	18400	64000	45,055	45,055
H3	38000	18400	202036	18400	64000	45,055	45,055
H4	38000	18400	202036	18400	64000	45,055	45,055
H5	38000	18400	202036	18400	64000	45,055	45,055
H6	38000	18400	202036	18400	64000	45,055	45,055
H7	38000	18400	202036	18400	64000	45,055	45,055
H8	38000	18400	202036	18400	64000	45,055	45,055
H9	38000	18400	202036	18400	64000	45,055	45,055
H10	38000	18400	202036	18400	64000	45,055	45,055
Total	380000	184000	2020360	184000	640000	450,55	450,55

3.2. Cálculo de tráfico total por servicio

Voz sobre IP (VoIP) Define los sistemas de enrutamiento y los protocolos necesarios para la transmisión de conversaciones de voz a través de Internet, la cual es una red de conmutación de paquetes basado en el protocolo TCP/IP para el envío de información.

Actualmente existen, principalmente, dos arquitecturas de VoIP para la transmisión de voz y video por Internet que se utilizan de forma abundante: SIP y H.323. El Audio y vídeo son codificados mediante codecs estandarizados y de calidad (G.711, G.722, G.723.1, G.728, G.729, H.261, H.263 y H.264).

H323 es el protocolo más definido pero adolece de cierta falta de flexibilidad. SIP está menos definido pero es más fácil de integrar, (SIP es más fácil de implementar aunque los conceptos de H.323 son mejores).

Los principales problemas en cuanto a la calidad del servicio (QoS) de una red de VoIP, son la Latencia, el Jitter la pérdida de paquetes y el Eco. Los problemas de la calidad del servicio en VoIP vienen derivados de dos factores principalmente: Internet es un sistema basado en conmutación de paquetes, y las comunicaciones VoIP son en tiempo real. Se escoge al protocolo H.323 debido a que integra todos los protocolos como se detalla en el Anexo 3.c.

Video IP: Para el video se ha escogido la compresión que proporciona Mpeg-4 debido a que es un sistema mucho más avanzado que sus predecesores (Mpeg-1 Mpeg-2) y por consecuencia la ventaja es imaginable: la misma calidad de video en menor ancho de banda o más calidad de video en el mismo ancho de banda.

Mpeg-4 es el último estándar de codificación audiovisual de ISO/IEC, se caracteriza por: ser un estándar muy amplio, actualmente 19 perfiles de video, base similar a H.263, multitud de formatos para Audio y Voz, es un sistema basado en Objetos.

A diferencia de sus predecesores (Mpeg-1 Mpeg-2) mejora la eficiencia de compresión desde 50 Mbps a 5 Kbps, proporciona ventajas para streaming como: protección contra errores (principalmente wireless), Identificación de objetos e interactividad. Actualmente se lo aplica en redes de telefonía Móvil de tercera generación (IMT 2000), streaming de contenidos audiovisuales sobre redes IP, servicios de televisión interactiva, video bajo demanda, tele vigilancia, tele educación y telemedicina, en el anexo 3.d se detalla estas características.

3.4.1. CÁLCULO DEL TRÁFICO

Al realizar la instalación del HIOKI 3196, en la parte del cliente, se debe cumplir con características de portabilidad y servicio nómada debido a su naturaleza, al iniciar las mediciones del analizador de calidad de potencia de manera remota, se configurará mediante el browser realizando en esta instancia la transmisión de datos concernientes al equipo y transmisión de voz para dar instrucciones al operario de cómo debe conectar los equipos que irán empotrados en una caja que se diseñará en el presente capítulo, la misma contendrá el analizador, equipo terminal, conectores, adaptadores y la cámara de video vigilancia. Posteriormente una vez configurado el HIOKI se lo dejará instalado con la cámara de video durante los siete días de la medición, lo cual por obvias razones cambia el dimensionamiento del sistema.

A los siete días finaliza la medición, se cambia la configuración del 3196 del parámetro registro a análisis finalizando el monitoreo y la video vigilancia, en este momento se procede a descargar los datos desde la PC CARD, para lo cual en la transmisión de los archivos binarios cambia el tráfico, aproximadamente se transmiten 90 Megabytes, este tráfico es el único presente en la red, finalizado el proceso de descarga, el operador eléctrico procederá a trasladar a otro transformador o acometida la caja con los dispositivos, e iniciar de nuevo el proceso de medida y monitoreo.

Para el canal de audio se selecciona códecs G.711 por las características detalladas en el anexo 3.d que entregan una excelente comunicación, el tráfico tiene mayores dificultades cuando se transmiten datos de monitoreo y de video, por lo cual con estas condiciones se diseñará el canal de comunicaciones, con estos antecedentes es necesario considerarlos en la elección de las tecnologías tanto en backbone como de acceso las cuales por ende utilizarán alta calidad de servicio.

3.4.1.1. Cálculo del tráfico de vídeo

Para realizar el diseño del sistema de tele vigilancia necesariamente se debe considerar algunos parámetros como: el tamaño de imagen, tipo de compresión, el numero de imágenes por segundo, códec utilizado protocolos de transmisión, cabeceras de datos entre los más importantes, adicionalmente se debe considerar que las cámaras al estar enviando imágenes en tiempo real, transmite información para visualizarse y de almacenamiento continuo en los discos duros para lo cual se debe dimensionar los servidores y principalmente el canal de comunicación entendiendo que existen 2 vías de comunicación de datos para las aplicaciones de video.

A continuación se procede a realizar un ejemplo de cálculo del ancho de banda tanto en modo "View bandwidth" (Ancho de banda de visualización) y Rec bandwidth" (Ancho de banda de grabación) y el tamaño en disco de una medición de siete días, considerando que una visualización aceptable se obtiene con 6 imágenes por segundo con una resolución CIF de 352 x 240 píxeles muestreados a 8 bits, es decir con 256 colores RGB utilizando compresión MPEG-4 90:1

Cálculo Ancho de Banda de Visualización

$$\begin{aligned} \text{Resolucion pixeles por cuadro,} &= 352 \times 240 \\ \text{Cantidad de Bits} &= 352 \times 240 \times 8 \left[256 \text{ colores RGB} \right] = 675840 \text{ bits} \\ \text{Compresión MPEG-4 90:1} &= 7.5093 \text{ kbits} \end{aligned}$$

Se obtiene una buena visualización con 6 cuadros por segundo entonces:

$$\begin{aligned} V_{tx} &= \frac{\text{número cuadros}}{\text{segundo}} \times \frac{\text{cantidad de bits}}{\text{cuadro}} \\ V_{tx} &= \frac{6 \text{ cuadros}}{\text{segundo}} \times \frac{7.5093 \text{ kbits}}{\text{cuadro}} \end{aligned}$$

$$V_{tx} = 45.055 \text{ kbps}$$

Cálculo del Almacenamiento en los Discos Duros × equipo

Tamaño de Imágen por cuadro = 7509.3 bits

$$7509.3 \text{ bits} \times \frac{6 \text{ cuadros}}{\text{segundo}} \times \frac{3600 \text{ segundos}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ byte}}{8 \text{ bit}} = 20275110 \frac{\text{byte}}{\text{hora}}$$

$$20275110 \frac{\text{byte}}{\text{hora}} \times 24 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 7 \text{ días} = 3.36 \text{ GB}$$

Cálculo Ancho de Banda de Grabación

$$\begin{aligned} \text{Resolución pixeles por cuadro} &= 352 \times 240 \\ \text{Cantidad de Bits} &= 352 \times 240 \times \left[\begin{array}{l} 256 \text{ colores RGB} \end{array} \right] = 675840 \text{ bits} \\ \text{Compresión MPEG-4} &= 90:1 = 7.5093 \text{ kbits} \end{aligned}$$

Se obtiene una buena visualización con 6 cuadros por segundo entonces:

$$V_{tx} = \frac{\text{numero cuadros}}{\text{segundo}} \times \frac{\text{cantidad de bits}}{\text{cuadro}}$$

$$V_{tx} = \frac{6 \text{ cuadros?}}{\text{segundo}} \times \frac{7.5093 \text{ kbits}}{\text{cuadro}}$$

$$V_{tx} = 45.055 \text{ kbps}$$

El presente trabajo se desarrollará para una predicción de 10 años, en los cuales se obtendrán 6 analizadores de calidad de potencia adicionales a los 4 existentes, en este sentido se realiza el cálculo de tráfico para la transmisión de datos, video y audio sin considerar el cálculo para canales secundarios que serán utilizados para el control y gestión de los enlaces y la red.

Adicionalmente se determina la capacidad para el almacenamiento de la descarga desde la PC Card y el video para 10 equipos como se muestra en la tabla 3.3.

Analizadores de Potencia	Capacidad de almacenamiento datos	Capacidad de almacenamiento video
	(Mbyte)	(Gbyte)
H1	90	3,36
H2	90	3,36
H3	90	3,36
H4	90	3,36
H5	90	3,36
H6	90	3,36
H7	90	3,36
H8	90	3,36
H9	90	3,36
H10	90	3,36
Total	900	33,6

3.3. Capacidad de almacenamiento

También se realiza el cálculo de la capacidad de almacenamiento de cada uno de los equipos tanto en datos al descargar los archivos bin desde la PC Card como el video almacenado en la tele vigilancia, hay que resaltar que esto se realiza para la medición en 7 días esto se detalla en la tabla 3.3.

3.5. DESARROLLO DEL PRIMER DISEÑO DE RED

Como primera alternativa se ha seleccionado BPL debido a que se trabaja directamente con la empresa distribuidora para evaluar la calidad de servicio eléctrico la cual es la concesionaria de las líneas de medio y bajo voltaje, se utilizará esta tecnología para la red de acceso la cual se aplica tanto para la parte urbana en el barrio de Miraflores y en la zona rural en el parque industrial Ambato.

Previo a esto se detalla el funcionamiento de esta tecnología resaltando sus características principales como: topología, velocidades de acceso, comparación con el modelo OSI funcionamiento de la capa física y de la capa MAC, protocolos de capa 2, encapsulamiento y enrutamiento y transporte de datos a través de redes de backbone posibles a utilizarse, se presentarán en el anexo 3.e los planos de diseño en los transformadores de media tensión así como las subestaciones que alimentan a las zonas objeto de estudio.

3.5.1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA BPL

3.5.1.1. Introducción

Cómo se describió brevemente en el capítulo 2 entrega datos a través de líneas de distribución de energía eléctrica de medio y bajo voltaje diferenciándose de PLC por que utiliza diferentes bandas de frecuencia (1Khz a 30Khz), su baja velocidad de transmisión (10 Kbps), y la utilización del protocolo X.10 utilizado para domótica y telecontrol; al revisar los cálculos de tráfico este no satisface los requerimientos. Por lo contrario BPL utiliza modulación OFDM la cual permite utilizar el canal comprendido entre 1.6 a 10 MHZ en redes de acceso y 10 a 30

MHz en sistemas in - home, una gran problema se ha evidenciado en la estandarización de equipos, pero eso se está resolviendo mediante el proyecto OPERA el cual entrega una primera versión del estándar para BPL definido por IEEE 1901 el cual se detallará en el presente trabajo.

3.5.1.2. Topología

Define una topología para redes de acceso dentro de edificios (in - home) y en redes de media tensión (out – home), para lo cual se define topologías de red a nivel de subestación, transformador y un CPE en el usuario final.

Posee una topología física en forma de árbol y lógicamente topología de bus, teniendo equipos maestros los cuales entregaran la conectividad a equipos esclavos ubicados en los usuarios o en los transformadores de medio voltaje.

Necesariamente se tiene que determinar el diseño en medio y bajo voltaje en función de los equipos que proveerán la conectividad, en general esta tecnología determina puntos o nodos de conexión, para lo cual se tienen: equipos primarios, repetidores, acopladores de transformación y equipos terminales de usuario CPE.

3.5.1.2.1. Equipo primario o head end

También conocido como nodo de cabecera se encarga de inyectar la señal de comunicaciones por las tres fases y el neutro asignando canales de frecuencia o ranuras de tiempo en la que transmitirá a cada usuario final y coordina la actividad de todos los usuarios conectados a la red controlando el flujo de datos, adicionalmente permite conectividad con otros tipos de red, funciona tanto en bajo como en medio voltaje dependiendo de la configuración de los módems.

En bajo voltaje se ubican en los transformadores de distribución, para conectarse a otras redes o al Internet necesita una red que transporte los datos de cada equipo hacia el proveedor del servicio, generalmente son anillos metropolitanos de fibra óptica.

En la mayoría de los casos se aprovecha toda la red de cobre desplegada en media tensión para lo cual este equipo se lo ubica en la subestación proporcionando conectividad mediante repetidores a 13.8 KV llegando al usuario final mediante los equipos primarios en bajo voltaje, sin repetidores en media tensión se puede alcanzar hasta 1500 m y en baja tensión 300 m.

3.5.1.2.2. *Repetidor*

Para media y baja tensión se lo utiliza para ampliar la cobertura de la red, mediante la regeneración de señal debido a problemas existentes en los cables eléctricos como: atenuación, ruido, distorsión e interferencias por efecto de antena en las frecuencias de trabajo. Mediante los equipos primarios mejora la velocidad de transmisión en sitios distantes y disminuye la potencia para reducir posibles interferencias que genera a otros sistemas.

Generalmente se instala en las acometidas de distribución en el tablero de medidores para el caso de bajo voltaje, en los postes de distribución o cámaras de transformación en medio voltaje, se optimiza la comunicación, dependiendo del método para reutilizar los recursos de acceso al medio por tiempo, por frecuencia o código que permitan configurar los equipos.

3.5.1.2.3. *Acoplador mv/lv*

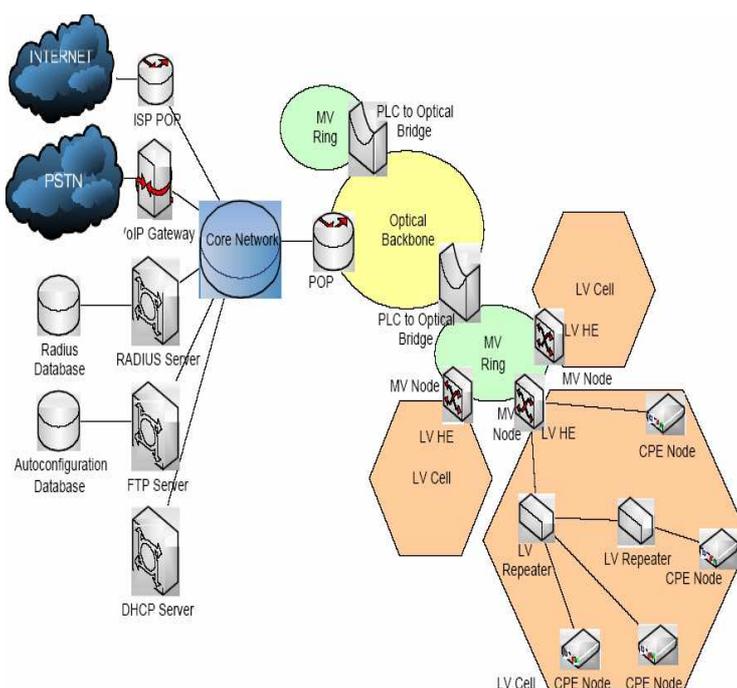
Es la parte conflictiva del sistema de comunicación debido a que los transformadores de distribución de media a baja tensión son malos conductores de señales digitales de alta frecuencia, ya que su alta inductancia los hace actuar como filtros paso bajo, bloqueando las señales de alta frecuencia. Para solucionar este problema se han incorporado unidades de acoplamiento de alta impedancia inductiva o capacitiva según sea el caso.

Este proceso de entrega de señal a las líneas de energía uniéndolas con el dispositivo acoplador se lo denomina acoplamiento directo o acoplamiento capacitivo, también se puede inyectar señal a la red primaria mediante el uso de

transformadores pequeños con núcleo de ferrita induciendo campo magnético a lo cual se denomina acoplamiento inductivo, el cual se utilizará para el presente diseño debido a su alto rendimiento en redes de media tensión, el aislamiento de los cables puede traer complicaciones.

3.5.1.2.4. CPE o nodo de usuario

Es un modem que permite al usuario conectarse a la red BPL, proporciona conexión al usuario final transformando cada punto de energía en un punto de datos, dependiendo de los modelos posee varias interfaces de red como Ethernet, WiFi, ADSL entre otras, permite manejar protocolos de capa 2 como 802.1p y 802.1q como spanning tree, en la figura 3.1 se detalla la topología de red.



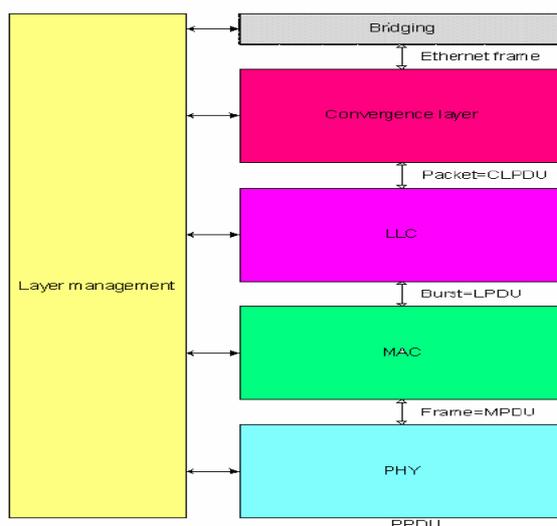
3.1. Topología Red BPL

Para el presente trabajo se considera la red de acceso a la red que proviene desde el usuario final hasta el inicio del primario en la subestación que cubre cada barrio, como red de transporte a un nodo de comunicaciones ubicado en la EEASA y la red de backbone un enlace WAN Quito – Ambato,

3.5.1.3. Arquitectura

Para describir su arquitectura (ver figura 3.2) necesariamente se compara con el modelo de referencia OSI el cual permitirá entender de mejor forma su funcionamiento, se utilizará el proyecto OPERA versión 1 el cual define el estándar IEEE 1901, para determinar el funcionamiento hasta capa 2 y la forma de comunicación entre equipos primarios, repetidores, acopladores y CPE's.

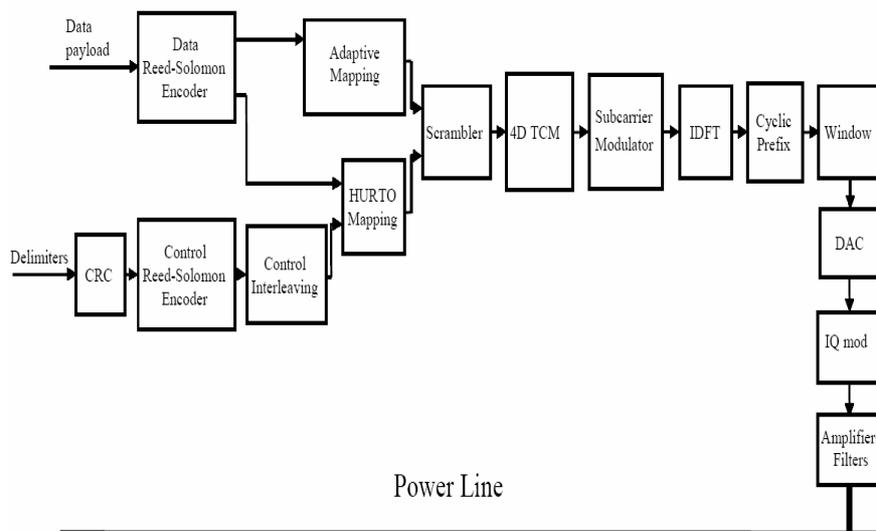
Esta especificación define PHY, MAC, LLC y la funcionalidad de la capa de convergencia, así como un mínimo de requisitos para ser compatibles con el apoyo de todas las implementaciones. También se definen las funciones de gestión de capa. Por último, también contiene especificaciones para la seguridad y la configuración.



3.2. Arquitectura BPL

3.5.1.3.1. PHY

Esta sección especifica la capa física la cual realiza una modulación (OFDM), esta tecnología ha sido elegida por la técnica de modulación, debido a su inherente capacidad de adaptación en presencia de canales de frecuencia selectiva, su resistencia a la perturbación de señales, su robustez a la presencia de ruido y su capacidad de lograr alta eficiencia espectral.



3.3. Diagrama de un transmisor BPL

En la figura 3.3 se observa en el lado del transmisor, la capa PHY recibe sus aportaciones de la capa de control de acceso al medio, los datos ingresan a un codificador para control de errores (FEC) el cual mediante el algoritmo de Reed Solomon toma el bloque de información digital y añade bits redundantes, los errores ocurren durante la transmisión o almacenamiento de información por ruido o interferencia en la comunicación.

Adicionalmente utiliza concatenación 4D-TCM, se adapta el canal especialmente en sintonía para hacer frente a las deficiencias que presenta la red eléctrica, asegurando un alto rendimiento en el peor de los casos, en el bloque de portadora se utiliza la modulación OFDM y otras tecnologías de modulación como FHSS y DSSS; se realizara una explicación del modo de trabajo de OFDM en BPL.

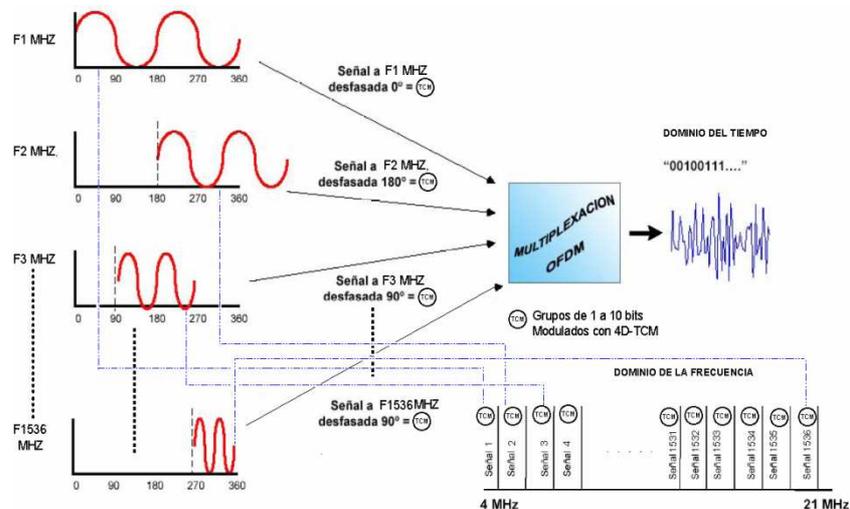
La mayoría de las características que permiten la transmisión de datos de 200 Mbps residen en la capa PHY, la cual se puede configurar con anchos de banda de 10, 20 y 30 MHz. En su modo de 30 MHz, los sistemas OPERA proporcionan un máximo rendimiento físico de 204,94 Mbps Para sistemas de acceso se utiliza frecuencias en la banda comprendida entre 1.6 a 10 MHz, para los sistemas domésticos frecuencias entre 10 y 30 MHz, proporciona una eficiencia espectral 8 bps/ Hz.

La técnica de modulación OFDM consiste en la combinación de varias señales para ser transmitidas en una sola por el canal de comunicaciones, antes de combinarlas se procede a desfasarlas de manera que sean ortogonales entre sí.

Se dice que dos señales son ortogonales en un intervalo $[t_1, t_2]$ cuando cumplen la condición:

$$\int_{t_1}^{t_2} f(t) g(t) dt = 0$$

Cuando dos señales son ortogonales, es posible hacer que utilicen simultáneamente el mismo ancho de banda sin interferirse entre sí. El caso más simple es la modulación de dos señales en cuadratura de fase. En la figura 3.4 se muestra el multiplexaje de señales por división de frecuencia ortogonal aplicada a un mapeo 4DTCM.



3.4. Funcionamiento OFDM

El principio de funcionamiento radica en proceder a la combinación de cada una de las señales individuales, que previamente son desfasadas para poder representar los bits de la señal, cada uno de los bits modulan a varias portadoras mediante la codificación Trellis de 4-dimensiones 4D-TCM, los cuales pueden estar organizados en grupos de uno a 10 bits por subportadora.

Existen 1536 subportadoras por símbolo OFDM, este número se debe a que consigue alta relación señal a ruido y se logra pequeñas hendiduras que disminuye el impacto en las portadoras adyacentes.

El control de errores en la transmisión FEC presenta dos niveles de fiabilidad, el modo más fiable reconocido es el modo HURTO, reservado a la información que es fundamental para el correcto funcionamiento del sistema, como las cabeceras y ráfagas de control.

La información puede ser transmitida con adaptive mapping a bien coincidir con las características del canal con la señal modulada, esta adaptación incluye no sólo los bits por portador, que puede ser usado para una determinada tasa de error de bit deseada, sino también una configuración Reed Solomon para cada una de las ráfagas de transmisión, según el estado del canal.

Después que cada subportadora independiente ha sido modulada, toda la señal en el dominio de la frecuencia es procesada por el bloque que realiza la Transformada Inversa de Fourier. Después de este bloque, el prefijo cíclico se añade, y se aplica la ventana de transmisión. El final de los bloques representa la modulación IQ (que permite colocar la transmisión en una banda de frecuencias diferente), el Analog Front End, y la unidad de acoplamiento para inyectar la última señal de OFDM en el canal de la red eléctrica.

3.5.1.3.2. *MAC*

Su función principal es controlar el método de acceso de múltiples usuarios conectados a una red en un mismo medio de transmisión, así como los usuarios comparten el canal de comunicaciones y como se realiza el control de flujo de la información entre los diferentes usuarios de la red de telecomunicaciones, los diferentes métodos dividen los recursos del medio de transmisión en zonas que acceden los usuarios, es decir se utilizan métodos de multiplexación.

IEEE 1901 utiliza una topología física de árbol por la naturaleza de las redes eléctricas y topología lógica de bus, como método de acceso al medio emplea la tecnología Time Division Multiplexing (TDM MAC) que está optimizado para distribuciones de Audio/Video aplicable a escenarios de un alto rendimiento como: reserva del ancho de banda, estricta priorización de tráfico y alta calidad de servicio.

TDM MAC proporciona acceso al canal libre de colisiones a todos los nodos de la red eléctrica en función de las distintas prioridades de servicio, utiliza un protocolo de acceso distribuido jerárquico, el acceso al canal se realiza a través de un token.

Los protocolos MAC trabajan en base al método de acceso por lo que es importante configurarlo en estaciones de trabajo, repetidores y equipos primarios (Head End); existen protocolos denominados de acceso fijo los cuales determinan una capacidad determinada a los usuarios a través de la conexión, y dinámica donde la capacidad del canal varía según los requerimientos de transmisión de datos y calidad de servicio, los protocolos dinámicos pueden ser de contención como CSMA y de arbitraje como TOKEN PASSING.

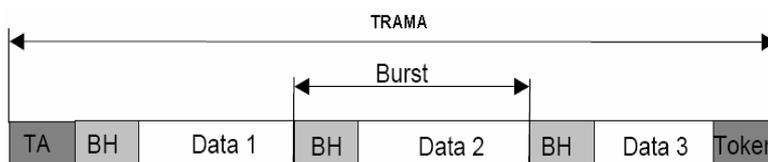
El acceso al canal se lo realiza por medio de dos procedimientos:

- El HE envía a cada uno de los dispositivos esclavos tramas de datos las cuales al último van acompañadas de un token o testigo que contiene el siguiente esclavo o lista de esclavos que usarán el canal cuando la primera transmisión ha terminado en un orden preestablecido.
- Enviando un token CSMA el cual prioriza la contención entre los nodos que lo reciben. El ganador de la contención, obtiene el derecho a transmitir por un determinado tiempo a continuación, el derecho a transmitir se devuelve al HE.

Para la mayoría de procesos de comunicación utiliza la administración de tokens, comúnmente denominado Token Passing, en este caso el HE, esto permite determinar el mecanismo de MAC dinámica el cual proporciona las siguientes ventajas:

- Las colisiones se evitan completamente, y se disminuye la latencia en la transición.
- El head end tiene el control de cuánto tiempo cada nodo es propietario del canal.
- El ancho de banda no se desperdicia si un nodo no tiene nada que transmitir, puesto que el head end asigna el canal a otro usuario.

En BPL existen tramas regulares o de datos y tramas de estimación de canal en la figura 3.5 se tiene el formato de trama regular



3.5. Formato de trama regular

El campo token announce (TA) define cual es el actual transmisor y cuál es el máximo tiempo de transmisión de la trama actual. Una secuencia de ráfagas, cada ráfaga se compone de un delimitador de ráfaga de cabecera seguido del payload o campo de datos. La ráfaga dirigida a un nodo especial se transmitirá en orden de acuerdo a su Burst Id, las ráfagas a los diferentes destinos, se puede transmitir en cualquier orden.

El puerto de destino de la ráfaga está incluido en la cabecera de la ráfaga, así como la transferencia de información, como el control, el cifrado, utilizado FEC, etc. y el número de ráfagas en forma regular por trama va desde cero hasta un máximo permitido. El tipo de trama regular se define por el tipo de token final, los

tipos de tramas regulares pueden ser: tramas de distribución, tramas de datos, tramas de silencio, tramas Polling, tramas TDR Polling, tramas CSMA, tramas acceso, tramas de respuesta, tramas de datos no retornables y tramas de reloj.

La trama de distribución termina con un token de distribución. Este token asigna el canal a la lista de nodos (lista de distribución), indicando el orden de transmisión de los nodos, las sesiones permitidas para transmitir y el tiempo de asignación de canal para cada uno de ellos.

Cuando una trama de datos se transmite de un maestro a uno de sus esclavos, el token dato que se encuentra al final de la trama de datos, indicará durante cuánto tiempo el esclavo está autorizado a transmitir, una vez que transmite un data token, el nodo entrará modo de recepción.

Un nodo transmite una trama de silencio cuando no necesita transmitir el token a otro nodo al final de la trama o cuando ningún otro tipo de tramas se pueden enviar. Una trama silencio puede contener ráfagas con datos, una vez se transmite una trama silencio, el nodo transmitirá una nueva trama.

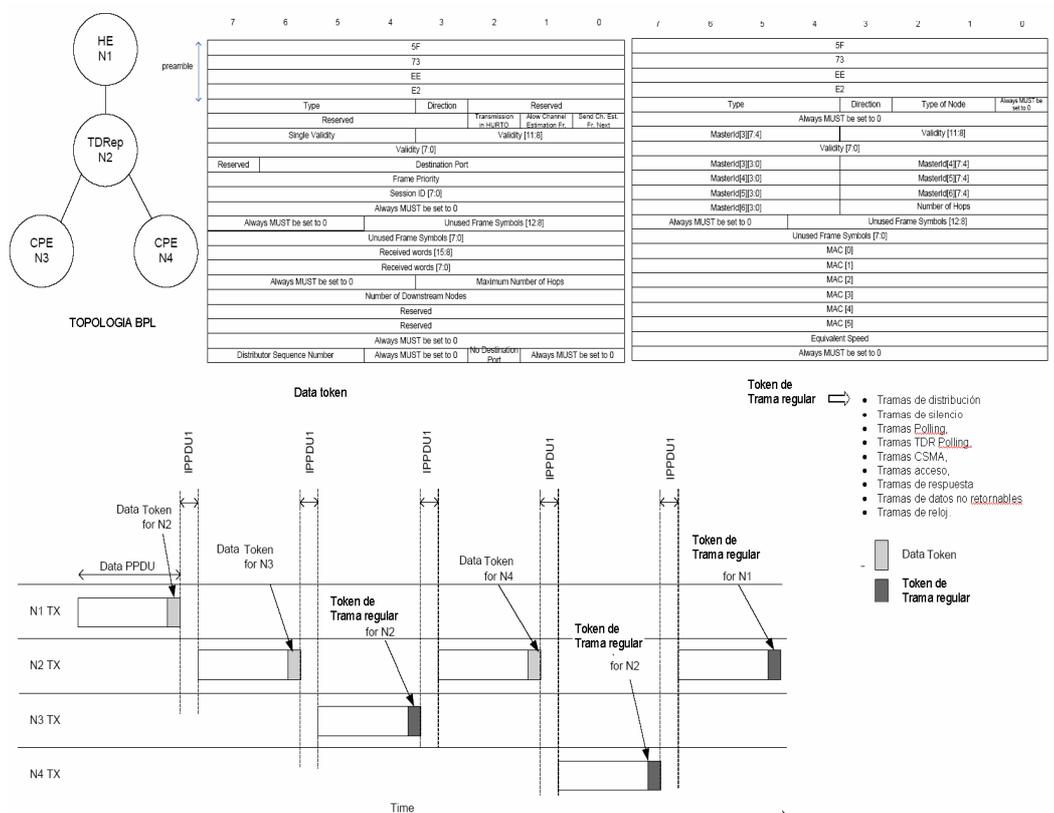
Periódicamente, cada nodo tiene que enviar una trama de estimación de canal para que los nodos de comunicación con el HE puedan estimar sus canales y ajustar las tablas de contenido. Cualquier nodo que recibe una trama de estimación de canal deberá considerar si el transmisor de la dirección MAC incluye el token de anuncio.

Las tramas de poleo son utilizadas por el HE para la gestión de las transiciones de estado desde estado activo a inactivo, las tramas de poleo son tramas terminadas por un token de poleo. Estos tokens se dirigen a varios CPE, al mismo tiempo, por campos de origen y destino; datos ubicados en el token.

El objetivo de las tramas CSMA es proporcionar conectividad a los nodos que no tienen acceso a los canales. Un HE deberá transmitir periódicamente tokens de acceso invitando a los esclavos no registrados o esclavos registrados que desea cambiar información para suscribirse a la red. Un token de acceso no tiene un destino específico, y por lo tanto es posible que ningún esclavo responda a esta petición.

La trama de datos no-retornable es una trama transmitida de un HE a muchos (sobre ocho) de sus esclavos (normalmente TDRs). El token de datos no-retornable transmite al final de la trama, indica cuales son los nodos de destino y para cuánto tiempo les permitirán transmitir. Esta longitud de tiempo es conocida como la validez de la trama, y se expresa como varios símbolos esclavos a él.

Las tramas de acceso permiten el ingreso de los CPE a la red específica direcciones origen y destino de 48 bits.



3.6. Funcionamiento BPL en Capa 2

Y finalmente se describe la trama de reloj que es usada para sincronizar todos los nodos de la celda BPL. Todos los nodos poseen un reloj interno el cual oscila a una frecuencia 3,215 MHZ, este valor es transmitido en el token de timer o contador, este valor será el del temporizador en el momento en que el reloj de modo de transmisión.

En la figura 3.6 se observa el funcionamiento de transmisión de los tokens determinando la funcionalidad de la trama cuando los HE y dispositivos intercambian información. El protocolo MAC define un conjunto de mecanismos auxiliares que garantizan su operación.

Define algunos sub - protocolos para manipular el ingreso de nuevos nodos a la red, adicionalmente trabaja con mecanismos de transmisión para descubrimiento automático de topología red, esto quiere decir que permite a los nodos no visibles comunicarse con otros fuera de su alcance, soporta spanning tree (IEEE802.1d). Adicionalmente permite realizar manipulación de nodos que están desconectados de la red.

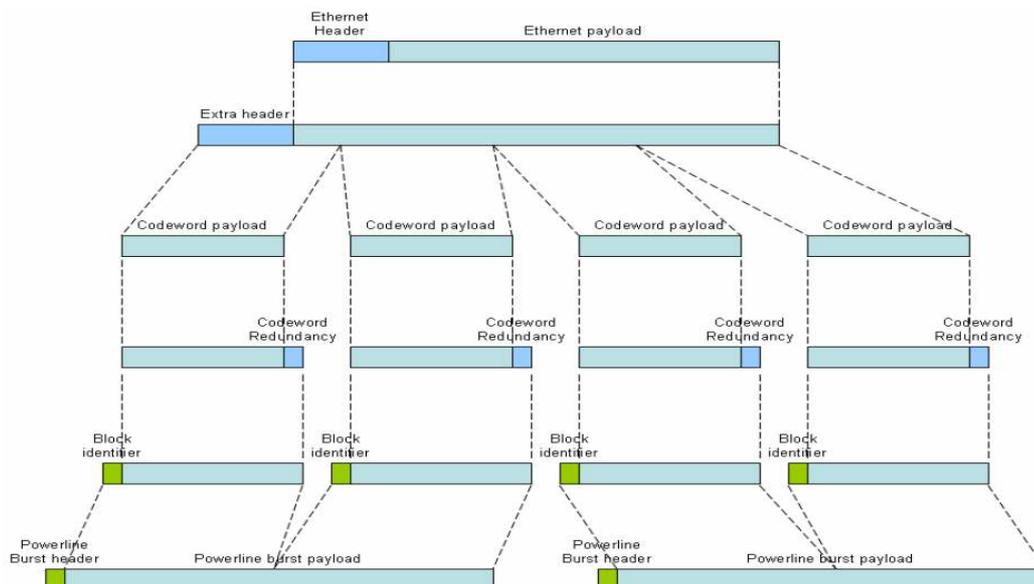
3.5.1.3.3. LLC

Para OPERA la capa LLC asegura transmisión de datos libre de errores, esto se realiza en la transmisión por codificación del campo de datos proporcionado por la capa de convergencia, se encarga de segmentar y agrupar PDU para crear ráfagas, adiciona cabeceras para cada fragmento o paquete.

Agrega un delimitador LLC (Burst Header) al paquete de datos de cada ráfaga de datos y adiciona un campo de chequeo de integridad de mensajes (MIC) para cada fragmento o paquete cuando está configurado como ráfaga.

Toma datos de la capa de convergencia provenientes de otras redes como Ethernet, a los cuales los fragmenta en segmentos o claves (codewords) adicionando una cabecera de corrección de errores mediante el algoritmo de

Reed Solomon, adicionalmente por cada segmento se incorpora información necesaria para la fusión de todas las claves en una trama Ethernet, posteriormente se agrupan las ráfagas en tramas a nivel MAC-BPL, siendo indiferente el numero de ráfagas por trama.



3.7. Agrupación Ráfagas LLC

En esta capa, para realizar el control de transmisión se utiliza protocolo ventana deslizando que administra el envío de tramas de datos en puntos finales, cada ráfaga tiene un número de identificación, durante un normal funcionamiento del sistema el receptor envía ráfagas numeradas al transmisor para confirmar la llegada del mensaje.

3.5.1.3.4. Capa de convergencia

La función de esta capa es encapsular paquetes que proviene de aplicaciones externas (típicamente 802.3 tramas Ethernet) antes de pasar a la capa LLC para la transmisión. La trama Ethernet es encapsulada en tramas power line, las cuales están formadas por la trama original Ethernet más una cabecera power line la cual incluye información como niveles de prioridad OVLAN (una extensión de VLAN), control de información de broadcast.

La capa de convergencia incluye manejador broadcast / multicast, que asegura el manejo de la transferencia de la gestión de mensajes de multicast, gestión de los puertos de múltiples solicitudes de transferencia que no llevan la gestión de multicast, evitar las emisiones de bucle de retorno.

Proporciona funciones de puente para interconectar los puertos, hay dos tipos de puertos puente: puertos BPL y no BPL. Los puertos BPL son puertos que representan una unidad BPL remota y los puertos no BPL, son puertos externos de cualquier otro de la unidad (ej. Ethernet, USB, WiFi).

3.5.1.3.5. *Capa de Gestión*

OPERA define un formato de intercambio de información de control entre nodos que usan encapsulación SNAP en tramas Ethernet soporta protocolos de control como:

- Adaptive Loading-bit Protocol: Utilizado para el intercambio de tablas de bits de carga, para adaptar la transmisión a las características del canal.
- Protocolos de Acceso: Usado para aceptar nuevos nodos en la red.
- Protocolo Solucionador de Puerto: Usado para intercambiar información de direccionamiento entre nodos.
- Protocolo de revelación de grupo: Usado para encontrar nodos que pueden transmitir simultáneamente, sin interferir con otros adyacentes.
- Protocolo de ingreso a conexión: Reserva recursos para flujos de datos.
- Protocolo para gestión automática de cruces entre sistemas no sincronizados: es utilizado por dos redes diferentes para no interferirse entre ellas.

3.5.1.4. Mecanismos y Servicios

La tecnología BPL posee varias características en la comunicación a nivel de la capa de enlace como: calidad de servicio, mecanismos de seguridad propios de la tecnología, define procedimientos para la coexistencia de los dispositivos de red, auto configuración y aprovisionamiento y gestión de MIB's entre las más importantes.

3.5.1.4.1. Calidad de servicio

Muchas aplicaciones para transmisiones de datos, voz y video tienen requerimientos específicos en ancho de banda, latencia, jitter y pérdida de paquetes. La capa Mac con calidad de servicio contiene la solicitud para los distintos servicios y ajusta el nivel de acuerdo de cada cliente. Hay 8 clases de servicio, las cuales son definidas por SLA (Service Level Agreement) las cuales son configuradas por tres tipos de políticas (Best effort, CBR, VBR).

En la tabla 3.4 se observa las diferentes clases de servicio, y su aplicación en los servicios y el tiempo de acceso por servicio a la celda BPL.

Clase de Servicio	Reservación de Recurso	Prioridad	Tiempo de Acceso a celda BPL	Fiabilidad de Servicio (ACK enabled)	APLICACIONES
7	Best Effor	7	240	No	Administración de Mensajes
6	CBR	6	30	No	VoIP
5	VBR	5	60	Si	Juegos - Video
4	VBR	4	120	Si	Datos alta prioridad
3	VBR	3	120	No	Datos alta prioridad
2	VBR	2	120	Si	Datos alta prioridad
1	Best Effor	1	240	no	Datos baja prioridad
0	Best Effor	0	240	No	Datos baja prioridad

3.4. Formatos calidad de servicio

3.5.1.4.2. Seguridad

El cifrado y la integridad son dos características fundamentales que necesita cualquier dispositivo de comunicación para garantizar la seguridad y privacidad en el intercambio de mensajes. Trabaja con fuertes algoritmos de encriptación como triple DES y las variantes de AES garantizando la privacidad entre nodos, es necesario establecer la integridad mensaje contra la manipulación indebida.

Con este fin IEEE P1901 utiliza el modo de operación conocida como CCM (Counter con CBC - MAC (Message Authentication Check)) que evita el uso de un mecanismo distinto para proporcionar integridad del mensaje.

El modo de operación CCM está definido en el RFC 3610 y se ha utilizado y estudiado durante mucho tiempo, la principal característica criptográfica es que la misma clave de cifrado puede ser usada para ambos procesos en relación con otros parámetros, lo que supondría, de hecho no utilizar dos llaves.

Soporta estándares de seguridad 802.1x aplicando la mayoría de variantes del protocolo EAP, soporte para túneles EAP-TLS mediante servidores Radius en los cuales se autentica cada cliente, dicho servidor posee una base de datos de todas las direcciones MAC de los equipos cliente.

El objetivo de IEEE 802.1X es aplicar el control de acceso en el punto en que un usuario se une a la red. En el proceso de aplicación de IEEE 802.1X las entidades pueden tomar una de las tres funciones: Supplicant, Authenticator y del servidor de autenticación (AS), esto se lo realiza mediante EAPOL (Extensible Authentication Protocol over Ethernet). Adicionalmente utiliza los procedimientos de 802.11i a nivel de capa de enlace.

3.5.1.4.3. *Mecanismos de coexistencia*

OPERA define tres tipos de mecanismos para compartir el canal de comunicaciones entre sistemas que coexisten basados en: división de tiempo, división de frecuencia, e híbridos. Los mecanismos básicos de coexistencia entre los sistemas de acceso y las redes in home se refiere a compartir la frecuencia y dividir el tiempo.

3.5.1.4.4. *Autoconfiguración y aprovisionamiento*

Un sistema de comunicación debe ser fácilmente configurable, por lo cual los sistemas BPL proporcionan configuración remota mediante la dirección MAC del cliente final, utiliza para la configuración el protocolo TFTP.

3.5.2. ANÁLISIS DEL TENDIDO ELÉCTRICO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE SA

La EEASA está configurada con 12 S/E 69/13.8 KV y 5 de menor jerarquía MT/MT con un total de 125.75 MVA instalados. La EEASA dispone de 17 subestaciones de subtransmisión, de las cuales 13 son de reducción, 3 de elevación, y una para mantenimiento y operaciones.

En cada subestación puede coexistir más de un transformador, topológicamente las subestaciones configuran un Anillo con dos alimentaciones desde SNT (Totoras y Ambato) que rodea al Gran Ambato (Ambato ciudad y periferia). Estos parámetros se detallan en el anexo 3.f.

3.5.2.1. Sistemas de Distribución Primario y Secundario

El sistema está estructurado con 57 Circuitos Primarios con un total de aproximadamente 3296 km.; 83310 Transformadores de Distribución con un total de 234 MVA, desde los que derivan 6029 Km. de líneas secundarias, para

abastecer a 175223 clientes, el alumbrado público general consta de aproximadamente 39126 luminarias, con una demanda de 6,396 Kw Cabe destacar que alrededor de 8 mil clientes del casco central de la Ciudad de Ambato están servidos por un sistema subterráneo, en la zona urbana se tiene a nivel de bajo voltaje distancias entre alimentadores de hasta 200 m y en medio voltaje sobre los 3.000 m.

3.5.2.2. Redes de Distribución Urbana y Rural

Sistema subterráneo de redes para el centro de Ambato, a 13.8 KV, construida a partir del 2000, con la finalidad de mejorar las condiciones de funcionamiento de las antiguas redes aéreas que tenían un voltaje nominal de 4.16 KV; con estas redes subterráneas se han mejorado las condiciones técnicas, de seguridad, de confiabilidad y del medio ambiente.

La EEASA cuenta con 24 alimentadores primarios urbanos y 29 alimentadores rurales, los alimentadores primarios y secundarios son de tipo aéreo, siendo la principal razón la necesidad de cubrir grandes extensiones de terreno con la finalidad de dotar de servicio eléctrico a toda el área de concesión de la EEASA. Las instalaciones aéreas presentan conductores desnudos ubicados sobre estructuras de soporte.

3.5.2.2.1. Subestación Huachi

Se encuentra ubicada en la zona urbana del cantón Ambato posee los alimentadores primarios Magdalena, Pasa, Atahualpa, Miraflores, Santa Rosa definidos sus nombres por los barrios a los que proporcionan el servicio, son alimentados por el transformador de potencia HUACHI 1 de 12.5 MVA, en el barrio de Miraflores se tiene un tendido con una edad relativamente joven ya que fue renovado en el año 2000, en la tabla 3.5 se detalla para esta subestación el número de transformadores, cámaras de transformación y longitud máxima de los circuitos primarios.

NOMBRE ALIMENTADOR	TRANSFORMADORES MONOFASICOS			POTENCIA TOTAL INSTALADA (MVA)	NÚMERO CÁMARAS	NUMERO DE USUARIOS	LONGITUD DEL PRIMARIO (Km)
	POTENCIA	NUM_	TOTAL				
		TRAFO	KVA				
ALIMENTADOR MIRAFLORES	10	12	120	3,100	0	169	6,46
	15	26	390			550	
	25	48	1.2			1693	
	38	16	600			847	
	45	2	90			127	
	50	14	700			988	

3.5. Instalación monofásica del alimentador Miraflores

NOMBRE ALIMENTADOR	TRANSFORMADORES TRIFASICOS				POTENCIA TOTAL INSTALADA (MVA)	NUMERO DE USUARIOS	LONGITUD DEL PRIMARIO (Km)
	POTENCIA	NUM	NUMERO	TOTAL			
		TRAFOS	CÁMARAS	KVA			
ALIMENTADOR MIRAFLORES	15	1	1	30	4,63	42	18,81
	30	11	1	360		508	
	45	9	3	540		762	
	50	11	2	650		917	
	75	18	5	1.725		2434	
	90	1	1	180		254	
	100	3	0	300		423	
	113	3	2	563		794	
	125	0	1	125		176	
	160	1	0	160		226	

3.6. Instalación trifásica del alimentador Miraflores

3.5.2.2.2. Subestación Samanga

Proporciona energía al parque industrial Ambato a través de los alimentadores primarios Cunchibamba y el alimentador PIA en un área comprendida en alrededor de 1 Km², se ubica a las afueras del cantón Ambato en la parte rural en el cantón Cunchibamaba, posee un transformador de potencia de 16.5 MVA. En la tabla 3.7 se detallan el alimentador PIA para una configuración monofásica.

NOMBRE ALIMENTADOR	TRANSFORMADORES MONOFASICOS			POTENCIA TOTAL INSTALADA (MVA)	POTENCIA TOTAL INSTALADA (MVA)	NUMERO DE USUARIOS	LONGITUD DEL PRIMARIO (Km)
	MONOFASICOS	NUM_	TOTAL				
		TRAFO	KVA				
ALIMENTADOR P.I.A.	5	1	0	5	3400	7	0,19
	10	9	3			169	
	15	3	1			85	
	25	1	0			35	
	30	1	0			42	
	50	2	0			141	

3.7. Instalación monofásica del alimentador PIA

El PIA recientemente está expandiéndose debido a que muchas industrias están instalando galpones, maquinaria entre otros, debido a este antecedente la edad del tendido eléctrico tanto en medio y bajo voltaje se lo considera en óptimas condiciones para el presente trabajo, en la tabla 3.8 se describe los parámetros de una conexión trifásica.

NOMBRE ALIMENTADOR	TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS				POTENCIA TOTAL INSTALADA (MVA)	NUMERO DE USUARIOS	LONGITUD DEL PRIMARIO (Km)
	TRIFASICO	NUM	NUMERO	TOTAL			
		TRAFOS	CÁMARAS	KVA			
ALIMENTADOR P.I.A.	15	1	0	15	3,495	21	5,82
	30	6	2	180		254	
	45	2	0	90		127	
	50	10	4	500		705	
	75	7	3	525		741	
	100	3	3	300		423	
	113	2	0	225		317	
	125	-	2	-		0	
	150	3	3	450		635	
	160	1	2	160		226	
	200	1	1	200		282	
	250	1	2	250		353	
	300	2	2	600		847	

3.8. Instalación trifásica del alimentador PIA

Debido al gran crecimiento del sector industrial en la provincia del Tungurahua la EEASA incorpora a este sistema el alimentador Cunchibamba en su primera etapa el cual cubre la parte norte del cantón Ambato y proporciona energía a la Panamericana Norte, en la tabla 3.9 se describe la configuración monofásica y trifásica del alimentador.

NOMBRE ALIMENTADOR	TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS				POTENCIA TOTAL INSTALADA (MVA)	NÚMERO DE USUARIOS	LONGITUD DEL PRIMARIO (Km)
	MONOFÁSICOS	NUM	NUMERO	TOTAL			
	POTENCIA	TRAFOS	CÁMARAS	KVA			
ALIMENTADOR CUNCHIBAMBA	5	48	-	240	3,58	339	52,99
	10	100	4	1,04		1467	
	15	45	5	750		1058	
	25	24	5	725		1023	
	30	-	2	60		85	
	38	7	6	488		688	
	75	1	-	75		106	
	100	-	2	200		282	
	TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS				7,18		5,82
	15	2	30	30		42	
	30	10	300	300		423	
	50	4	200	200		282	
	75	1	75	75		106	
	113	1	113	113		159	

3.9. Instalación trifásica del alimentador CUCHIBAMBA

3.5.3. DESARROLLO

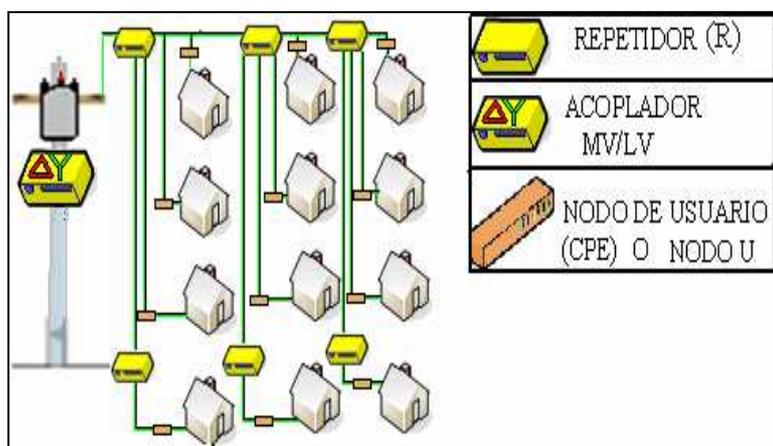
La norma IEEE1901 relativa a BPL utiliza distancias de cobertura entre celdas o equipos adyacentes a nivel de medio voltaje, determina que la distancia máxima entre repetidores es 1500 m, debido a la topología del sistema de distribución se ha optado por definir esta distancia en 1400 metros para alto voltaje y 200 metros para bajo voltaje.

3.5.3.1. Diseño en Bajo Voltaje

Para el desarrollo del presente trabajo se toma en cuenta las distancias y topología BPL, que permitan utilizar la menor cantidad de equipos de conectividad, desde este punto de vista se utilizará un HE en los transformadores de distribución para disminuir el uso de repetidores en bajo voltaje, tomando en cuenta que en este caso los analizadores de calidad de potencia reciben comunicación de los módems ubicados en las cajas protectoras de los equipos.

El HIOKI 3196 analizará la calidad de energía en los contadores de los usuarios por lo cual el presente diseño debe asegurar la conectividad de esos puntos en la zona de cobertura, debido a que se tienen usuarios residenciales e industriales, los equipos deben de permitir la conexión trifásica. La comunicación se realiza desde los módems de cabecera o equipo principales hacia los repetidores o equipos terminales para este caso se consideran 10 equipos que pueden funcionar dentro de una celda BPL para lo cual está definido la tasa de tráfico que transmitirían a la red.

Para el PIA y el barrio de Miraflores se observa en el anexo 3.g que las distancias de cobertura no sobrepasan los dos kilómetros lo cual permite que al movilizar los analizadores de calidad en las cajas protectoras se acoplaran a la red de comunicación en media tensión sin repetidores lo cual ayuda a una disminución sustancial en el costo final.



3.8. Topología en Baja Tensión

3.5.3.2. Diseño en medio voltaje

Permite conectar las distintas celdas BPL a nivel de media tensión, entre los transformadores de un mismo alimentador y alimentadores de una misma subestación, generalmente se utiliza esta configuración por que define la mayor cobertura posible en una red metropolitana disminuyendo la cantidad de repetidores.

Es necesario acoplar los equipos a la línea de transmisión, los equipos de media tensión lo realizan mediante circuitos que adaptan la señal de datos modulada por el transmisor para que sea inyectada a la red eléctrica, y que a la vez le permite detectar señales de retorno.

En los canales convencionales de comunicaciones las impedancias de salida del transmisor (Z_o) y de entrada al receptor (Z_i) son valores estables que permiten un acople sencillo de los circuitos, mientras que en el canal BPL se presentan impedancias que varían no solo con la carga del circuito eléctrico sino también con la frecuencia.

Las características de una línea de transmisión están determinadas por sus propiedades físicas, tales como el diámetro del alambre y la distancia entre los conductores, y por sus propiedades eléctricas, fundamentalmente la conductividad de los alambres y la constante dieléctrica del aislamiento

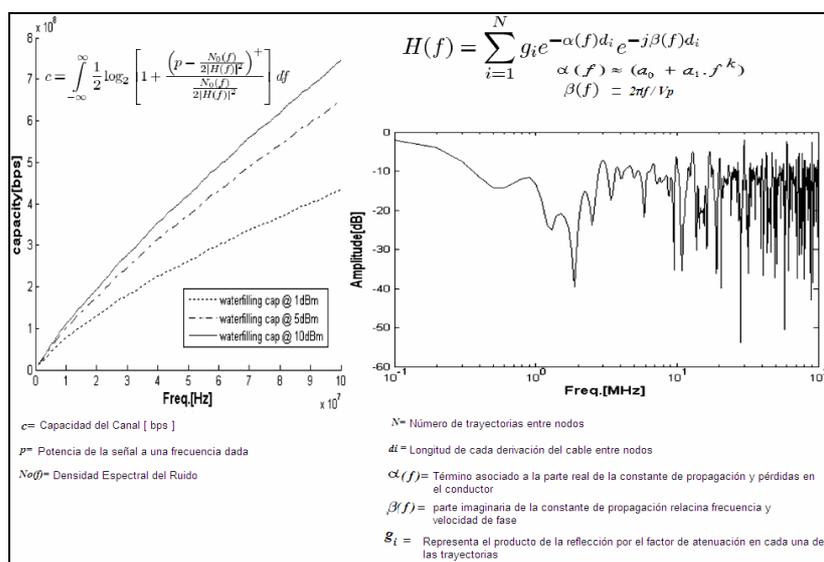
Estas propiedades, a su vez, determinan las constantes eléctricas primarias; resistencia de CD en serie (R), inductancia en serie (L), capacitancia de derivación (C), y conductancia de derivación (G). La resistencia y la inductancia ocurren a lo largo de la línea y constituyen la impedancia serie, mientras que entre los dos conductores, ocurre la capacitancia y la conductancia que corresponden a la admitancia en paralelo. Las constantes primarias se distribuyen de manera uniforme a lo largo de la línea, y por la tanto, se les llama comúnmente parámetros distribuidos.

Al ser los cables medios de transmisión ruidosos y receptores de interferencias necesariamente se debe conocer el comportamiento del canal a las frecuencias de transmisión y adicionalmente parámetros de la línea como: impedancia característica, atenuación por distancia del cable y relación señal a ruido.

En la EEASA se pudo disponer de los diámetros de los conductores y las longitudes en las zonas de estudio las cuales se detallan en el anexo 3.g, la mayoría de conductores son del fabricante ELECTROCABLES en un 99% de

aluminio y un 1 % de cobre para lo cual se ha determinado la respuesta de frecuencia del canal para dichos materiales BPL en las frecuencias de 10 a 30 MHz, así como la reactancia en función de la frecuencia.

Esta tecnología permite tener gran ancho de banda en distancias relativamente largas refiriéndose en media tensión y altas velocidades de transmisión como se observa en la figura 3.9 se tiene la respuesta de frecuencia de un canal BPL así como las ecuaciones para su modelación.



3.9. Respuesta de frecuencia canal BPL media tensión

Para media tensión de acuerdo a la norma IEEE 1901 la distancia entre repetidores es 1500 metros, por motivos de derivación de los cables se ha optado por escoger un repetidor por cada 1400 metros dependiendo de la atenuación del cable, mediante las tablas detalladas en el anexo 3.g se muestran los principales parámetros para el diseño de la red BPL. Se presenta un ejemplo de cálculo de para estos parámetros.

Se elije dos nodos, en este caso el nodo HM1 y HM2, cuya distancia es 71,079 metros, posee un conductor ACSR-(3*1/0) el cual tiene de acuerdo a datos de tabla 0,656Ω/ milla de reactancia inductiva debido a que las líneas en distribución se modelan como líneas cortas es decir una resistencia y la reactancia propia de la línea, se calcula el valor de inductancia a 60Hz.

$$L = \frac{Z}{2 \pi f} = \frac{0,656}{2 * \pi * 60 \text{ HZ}} = 1,740094 * 10^{-3} \text{ H / milla}$$

$$L_{\text{linea}} = 1,740094 * 10^{-3} \frac{\text{H}}{\text{milla}} * \frac{\text{milla}}{1600 \text{ m}} * 71,079 \text{ m} = 7.73 * 10^{-5} \text{ H}$$

$$Z_{25 \text{ MHz}} = 2 \pi * 25 * 10^6 \text{ HZ} * 7.73 * 10^{-5} \text{ H} = 12114 \text{ (} \Omega \text{)}$$

Para calcular la atenuación del cable se observa el gráfico correspondiente a la atenuación por distancia a una frecuencia dada en el anexo 3.g., y se obtiene de manera interpolada, que para un rango de frecuencias comprendidas entre 20 y 30 MHz, la atenuación corresponde a 0.25 Neper/m para lo cual se calcula por cada tramo de los cables a media tensión existentes en las zonas objeto de estudio, para el caso anterior se tiene:

$$0.25 \frac{\text{neper}}{\text{m}} * 8.68 \frac{\text{db}}{\text{neper}} * 71,079 \text{ m} = 0,154348049 \text{ db}$$

Para el presente trabajo debido a la movilidad de la solución se ha determinado la necesidad de que un equipo repetidor se transporte con el analizador de calidad de potencia teniendo en cuenta que estos dispositivos van a ir incrustados en una caja protectora la cual permitirá dejar a los equipos en los transformadores por cada medición.

EQUIPO	REQUERIMIENTOS
Head End y Repetidores Medio Voltaje	Norma IEEE 1901, configurable en rangos de 1 - 10MHZ
	función de head end y repetidor, alcance 2000 m, selección de canales de tiempo, soporte para administración vía protocolos HTTP, SNMP, TFTP, y vía consola, soporte de picos de voltaje, acoplador de impedancias incluido, bajo consumo de potencia 0 - 100W, vlan, spanning tree configuración de niveles de potencia y velocidad de transmisión, soporte para encriptación 3DES o AES mediante Radius, QoS, interfaces de configuración Ethernet
Head End y Repetidores Bajo Voltaje	Norma IEEE 1901, configurable en rangos de 1 - 30MHZ
	función de head end y repetidor, alcance 240 m, selección de canales de tiempo o frecuencia, soporte para administración vía protocolos HTTP, SNMP, TFTP, y vía consola, acoplador de impedancias incluido, bajo consumo de potencia 0 - 100W, vlan, spanning tree configuración de niveles de potencia y velocidad de transmisión, soporte para encriptación 3DES o AES mediante Radius, QoS, interfaces de configuración Ethernet

3.10. Requerimiento de equipos BPL

En la caja constarán: HIOKI 3196, MODEM, cámara de video vigilancia con interfaz Ethernet y un pequeño switch, el equipo repetidor en medio y bajo voltaje y un UPS de voltaje el cual se conectará a cualquiera de las fases tanto en medio como en bajo voltaje según sea el caso, un criterio de selección para los equipos BPL repetidores será la dimensión debido a que los acopladores de impedancia tienen dimensiones considerables lo cual dificultaría su instalación para este fin los equipos deben de cumplir con los siguientes requerimientos detallados en la tabla 3.10.

Adicionalmente se debe considerar que esta solución no va a utilizar equipos CPE in – home debido a que se van a realizar medidas en las acometidas y en los transformadores de distribución. Para tener un sistema pequeño y manejable de preferencia el equipo BPL conectado al analizador de calidad de potencia, debe poseer características de repetidor en medio voltaje y de HE y repetidor en bajo voltaje para reducir la cantidad de equipos.

Subestación	Alimentador	Ubicación de repetidores en Transformadores		Distancia [m]	Norma del Conductor	Atenuación de línea entre [20-30 MHZ] [db]	Equipos Gateway MV
HUACHI	MIRAFLORES	HM1	HM7	1392,806	ACSR-(3*266) ACSR-(3*1/0) ACSR-(3*2)	3,024478229	3
		HM7	HM13	1151,53	ACSR-(3*2)	2,500547395	
		HM13	HM16	607,122	ACSR-(3*2) ACSR-(3*4)	1,318365423	
		HM16	P32610	1040,511	ACSR-(3*2)	2,259469637	
		HM16	P32988	852,195	ACSR-(3*2)	1,850541443	
SAMANGA	P.I.A.	HP1	HP50	1.353	ACSR-(3*2/0)	2,938143732	3
		HP1	HP34	1.010	ACSR-(3*2/0)	2,193675358	
		HP34	HP84	336	ACSR-(3*2/0)	0,729984469	
		HP83	HP84	652	ACSR-(3*2/0)	1,416608426	
	HP34	P291115	487,682	ACSR-(3*2/0)	1,059001463		
	CUNCHIBAMBA	HC1	HC3	805,668	ACSR-(3*2/0)	1,749508062	1

3.11. Equipos BPL medio voltaje

Para el diseño en la zona de Miraflores se tienen 3 equipos para cubrir toda la zona siendo los puntos remotos los transformadores ubicados en los postes 32610 en el noreste y 32988 al suroeste, en el PIA se tienen 2 alimentadores con 4 repetidores donde el punto de cobertura crítico se halla en el poste 91115

tendrá una interfaz de red Ethernet, uno en producción y otro de respaldo, para conectar todos los dispositivos de red se utilizará un pequeño switch de 8 puertos, se conectará un UPS para conectar todos los dispositivos en una caja (ver 3.10), la cual se recomienda realizar de material aislante como plástico reforzado.

3.5.3.3. Diseño de Red Metropolitana

Se forman 2 tipos de redes metropolitanas la primera a través de la red BPL de media tensión y la segunda la red que une a todas las subestaciones a un nodo central, ubicado en la EEASA generalmente se utiliza anillos SDH para realizar el monitoreo mediante sistemas SCADA . Para el presente trabajo se realiza en 2 subestaciones, al no poseer la distribuidora enlaces de fibra óptica se opta por unir a las dos subestaciones mediante radio enlaces a través de puentes WiFi debido al gran ancho de banda que dispone, facilidad de instalación, no pago de derechos de licencias, amplia cobertura y por el costo de equipos, teniendo en cuenta la convergencias tecnológica que deben tener los equipos BPL con esta tecnología inalámbrica.

Como se explicó en el capítulo 1 la EEASA monitorea las subestaciones mediante enlaces WiFi a 2.4 GHZ en el canal 1, para no interferir con las operaciones del sistema se opta por utilizar el estándar 802.11a para unir las 2 subestaciones con las oficinas centrales de la empresa y polarizaciones distintas en cada antena para evitar las interferencias. En el Anexo 3.i se detalla la topología de la red de datos y el sistema de UHF para monitorear las RTU ELIOP para controlar las subestaciones de la EEASA.

Se diseñan dos enlaces de radio para cada subestación debido a que a la matriz de la empresa no existe línea de vista, por lo cual se utilizará una repetidora en la loma Paloma ubicada a 8 Km de la ciudad de Ambato donde se encuentran las repetidoras de la red de UHF para utilizar la misma infraestructura civil y eléctrica.

Para los cálculos se ha realizado un promedio de los datos de algunos fabricantes como CISCO, 3COM, DLink, MOTOROLA, LINKSYS; entre puentes, cables, conectores y antenas, para escoger al final del capítulo a los equipos que presenten menor precio satisfaciendo el requerimiento técnico, a continuación se muestra el ejemplo de cálculo del enlace entre la subestación Huachi y la repetidora.

Pérdidas por trayectoria

$$Le(db) = 92.44 + 20 \log f(GHZ) + 20 \log D(Km) = 92.44 + 20 \log(5,8) + 20 \log(8,83973)$$

$$Le(db) = 126,597339 \text{ db}$$

Pérdidas desvanecimiento

$$Ld(db) = 30 \log D(Km) + 10 \log[6ABf(GHZ)] - 70 - 10 \log(1 - R)$$

$$Ld(db) = 30 \log(8,83973) + 10 \log[6 * 0,125 * 0,25 * (5,8)] - 70 - 10 \log(1 - 0,999)$$

$$Ld(db) = -11,249 \text{ db}$$

Para un cable LMR 400 se tiene pérdidas en transmisión y recepción

$$La(db) = 7,2 \text{ db}$$

En promedio para un puente se tiene una sensibilidad de -70dbm y potencia de transmisión 24dbm

Ganancia de antena en transmisión y recepción $G=22,5 \text{ dbi}$

Pérdidas del sistema

$$GS(db) = La + Le + Ld - Garx - Gatx = 7,2 \text{ db} - 126,597 \text{ db} - 11,249 \text{ db} - 22,5 \text{ db} - 22,5 \text{ db}$$

$$GS(db) = 77,547 \text{ db}$$

Potencia de transmisión

$$Prx(db) = Ptx - GS > Sr = 24 \text{ dbm} - 77,547 \text{ db} = -53,547 \Rightarrow -53,547 > -70 \therefore \text{nivel de señal aceptable}$$

Cálculo del radio de la primera zona de Fresnel

$$Rf1(m) = \sqrt{\frac{\lambda d1 d2}{d1 + d2}} = \sqrt{\frac{\left(\frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{5.8 \cdot 10^6 \text{ Hz}}\right) * 3938,44m * 4901,28m}{3938,44m + 4901,28m}} = 10,6278m$$

Despeje de la primera zona de Fresnel

$$F = \frac{H1d2 + H2d1}{d1 + d2} - Ho - 0,0784 \frac{d1d2}{krtierra}$$

$$F = \frac{2970,49m * 3938,44m + 2849,76 * 3938,44m}{3938,44m + 4901,28} - 2788,63 - 0,0784 \frac{3938,44m * 4901,28m}{(4/3)6371106m}$$

$$F = 114,91m$$

$M \geq 0$ Libre de obstáculos

$$M = F - Rf1 = 114,91m - 10,62m = 104,29m \quad M < 0 \text{ enlace obstruido}$$

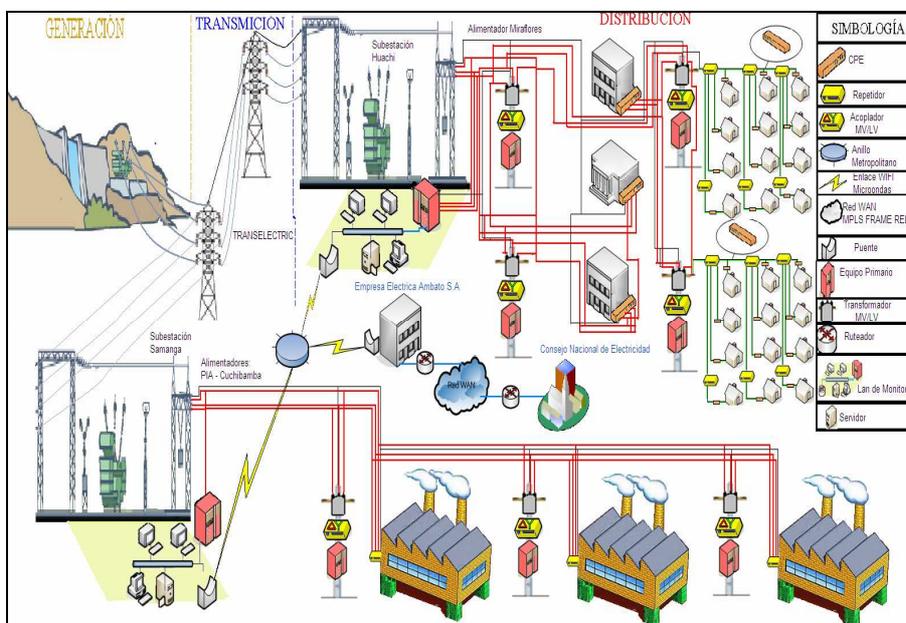
En el anexo 3.j se presentan las simulaciones de los enlaces metropolitanos.

Se encontró que los puentes CISCO AIRONET 1400 entregan las mejores características de conectividad, pero con parámetros similares se tienen en los equipos de la casa 3COM, a un costo más bajo, cada uno de los usuarios del sistema de comunicaciones necesariamente deben autenticarse en un servidor RADIUS que se localizará en la matriz de la EEASA tanto para los dispositivos BPL como para los enlaces entre puntos WiFi.

Se instalará un servidor Asterix para los canales de voz entre las ciudades de Quito y Ambato comunicando a la matriz de la empresa con los operarios en los postes y el posible centro de monitoreo ubicado en el CONELEC.

Adicionalmente, se colocará en la EEASA un servidor de video para almacenar las tomas realizadas por los equipos de vigilancia, al revisar sus especificaciones en las cuales el software de monitoreo se instala en sistemas Windows para lo cual

se adecuara el equipo para estas condiciones. En la figura 3.11 se detalla la topología de la red de telecomunicaciones tanto en la zona urbana como en la zona rural.



3.11. Topología red de Telecomunicaciones

Para optimización del canal que comunicará a Quito con Ambato se ha optado por ubicar los servidores de video y telefonía en el centro de cómputo de la EEASA, adicionalmente los usuarios en este caso las cajas con analizadores y repetidores se autenticaran en el servidor RADIUS ubicado en la empresa debido a que funciona a nivel de capa enlace, adicionalmente deberá hacerse la instalación de un firewall el cual eleve el nivel de seguridad.

Un criterio para la selección de equipos es el costo de la licencia referente a los servidores por lo cual en la mayoría de casos se opta por alternativas libres excepto en el servidor de video debido a que las aplicaciones de tele vigilancia vienen dadas en Windows.

En la tabla 3.12 se detallan los equipos a utilizar en el diseño de red entre enlaces y servidores.

EQUIPO	UBICACIÓN	MARCA / MODELO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TOTAL
TERMINALES BPL	CAJA DE APLICACIÓN	CORINEX M/V	REPETIDOR, GATEWAY, MODEM, LV/MV	1/HIOKI 3196	10
PUENTE PRINCIPAL	MATRIZ EEASA	3COM Building-to-Building Bridge Family	NORMA 802.11a ALCANCE 16Km	1	1
PUENTE ESCLAVO	SUBESTACIONES HUACHI, SAMANGA	3COM Building-to-Building Bridge Family SLAVE	NORMA 802.11a ALCANCE 16Km	2	2
REPETIDOR	LOMA PALOMA	3COM Building-to-Building Bridge Family SLAVE	NORMA 802.11a ALCANCE 16Km	2	2
ROUTER /SWITCH	CAJA DE APLICACIÓN	DLINK DI 624	QoS, VLAN	1/HIOKI 3196	10
CAMARA VIDEOVIGILANCIA	CAJA DE APLICACIÓN	DLINK 950	MPEG4, H263 /H264 2MPIXELES	1/HIOKI 3196	10
REGULADOR DE VOLTAJE	CAJA DE APLICACIÓN	POWERWARE DATA LINE 800VA	110/220V	10	10
TELEFONO IP	CAJA DE APLICACIÓN	LINKSYS SPA922	H323, SIP	1/HIOKI 3196	10
SERVIDOR DE ARCHIVOS	CONELEC	2 PROCESADORES INTEL XEON 5300 1GB RAM/1000GB RAID 0 Raid 1 HD SO LINUX CENTOS 5	SERVICIOS: FTP, HTTP, SAMBA LINUX	1	1
SERVIDOR SEGURIDADES	EEASA	2 PROCESADORES INTEL XEON 5300 1GB RAM/1000GB RAID 0 Raid 1 HD SO LINUX CENTOS 5	FREE RADIUS, CERTIFICADOS DIGITALES X509 FIREWALL	1	1
SERVIDOR VIDEO	EEASA	2 PROCESADORES INTEL XEON 5300 1GB RAM/1000GB RAID 0 Raid 1 HD SO WINDOWS 2003 R2	WINDOWS 2003 R2 SMALL BUSSINES	1	1
SERVIDOR TELEFONÍA	EEASA	2 PROCESADORES INTEL XEON 5300 1GB RAM/1000GB RAID 0 Raid 1 HD LINUX ASTERIX	ASTERIX H323, SIP G:711, G.722, G.723.G.728, G.729,	1	1
SWITCH 8 PUERTOS	MATRIZ EEASA SUBESTACIONES SAMANGA, HUACHI	DLINK DGS-2208	IEEE 802.3,802.3u,802.1p, 802.3ab compatible con 10BASE-T, 100BASE-TX, and 1000BASE-T	1	3
SERVIDOR DE MONITOREO DE RED	CONELEC	PENTIUM CORE 2 DUO 2.66GHZ 2GB RAM/1000GB LINUX CENTOS 5	WINDOWS 2003 R2 SMALL BUSSINES	1	3
CABLE UTP CAT 5e	TODOS LOS PUNTOS				

3.12. Equipos de red Metropolitana

3.5.3.4. Red WAN

En el capítulo 2 se vio las características de diferentes tipos de tecnología LAN y WAN lo cual permitió definir las que mejor se adecuan al presente diseño, como punto de referencia se hace notar que un diseño a grandes distancias implicará medios de transmisión que cubran grandes distancias tales como la microonda terrestre, satelital o los enlaces de fibra óptica y la influencia de su costo dependiendo si se utiliza una infraestructura arrendada o alquilada.

Entre la EEASA y el CONELEC se tiene una distancia de 119.08 Km., para lo cual se analizó lo costoso que puede resultar montar una infraestructura propia sea cableada o inalámbrica entendiendo que el transporte de datos no es el negocio de esta organización, por este cometido se ha decidido optar por una solución arrendada a través de una empresa portadora la cual debe satisfacer la necesidad de transmisión de datos a una velocidad constante, calidad de servicio, segmentación de tráfico, asignación de ancho de banda y un costo mínimo.

El cálculo de tráfico se lo realizó para 10 equipos en situación crítica es decir para enviar monitoreo de los analizadores de calidad y la tele vigilancia de los mismos lo cual generaba un tráfico aproximado de 500kbps, adicionalmente el tráfico que va a emplear la red para efectos de su propio monitoreo evaluado en 25% adicional al tráfico total.

Si comparamos el tipo de servicio que se necesita es decir en tiempo real tanto para el vídeo y el monitoreo significa que el enlace a contratar debe tener alta disponibilidad y asegurar siempre la entrega de tasa de datos a transmitir por lo cual no debe ser compartido y la latencia debe ser despreciable.

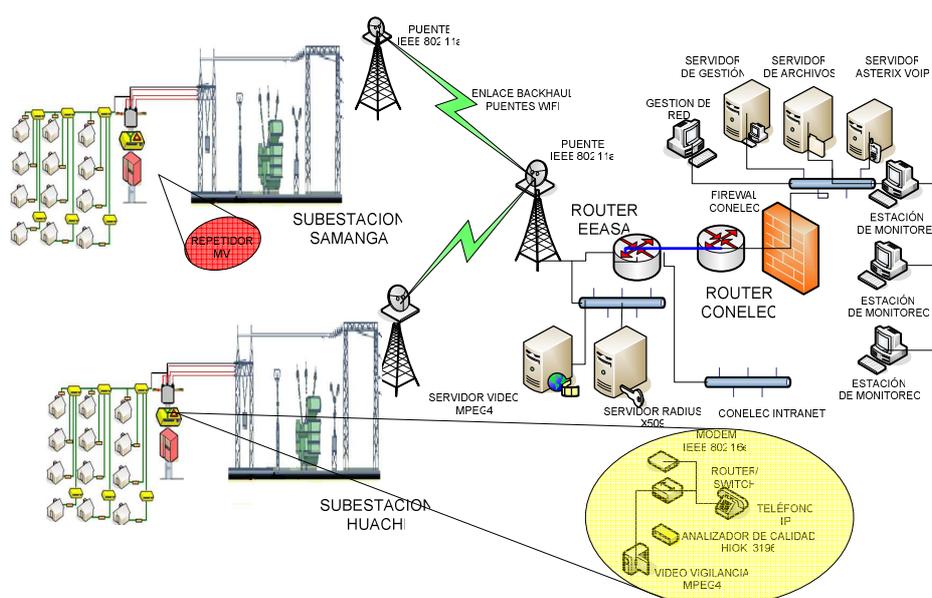
Para el presente trabajo se utilizará tecnologías WAN de conmutación de paquetes proporcionada a través de una empresa proveedora de servicios las cuales brindan una solución de un bajo costo en comparación de montar una infraestructura propia, adicionalmente proporciona una buena capacidad de enlace.

Analizando las diferentes tecnologías WAN como X.25 Frame Relay, ATM, IP/MPLS se encuentran características propias de cada una de ellas para satisfacer necesidades específicas, en este sentido se realizó la consulta a diferentes proveedores de servicio, y el tipo de red que tiene desplegado dentro de su área de cobertura que comprenda las zonas objeto de estudio para el presente trabajo.

Al contactar a las empresas portadoras como TELCONET, OTECELL – MOVISTAR, CONECELL-PORTA, se indicó que el servicio de transmisión de datos se lo realizaba anteriormente mediante tecnología Frame Relay en su gran mayoría debido principalmente a la compartición de canales en un mismo enlace físico, generalmente de 8:1 rebajando ostensiblemente su costo.

Por lo manifestado anteriormente en esta parte del diseño se utilizará un enlace principal Clear Chanel MPLS y un backup con tecnología Frame Relay los cuales permitirán realizar la comunicación entre la red de acceso y el posible centro de monitoreo, para el desarrollo de la presente solución las distintas empresas portadoras ofertaron un enlace MPLS, no como servicio de valor agregado sino como una infraestructura de mayor rendimiento, para el presente trabajo necesariamente se utilizará un enlace en producción y otro de backup.

La red WAN que unirá la red de acceso con el posible centro de monitoreo en el norte de la ciudad de Quito debe poseer características de calidad de servicio, segmentación de tráfico, para los datos del analizador, el video proporcionado por la tele vigilancia, y los canales de voz para operación e instalación, al ser transmitidos en forma remota se debe asegurar bajos niveles de retardo y que los paquetes transmitidos tengan mínimos niveles de errores.



3.12. Topología Red WAN CONELEC - EEASA

En lo posible se considera las características híbridas del diseño, es decir se observa que se utilizaron para la red de acceso BPL, para el backhaul WIFI y para el transporte del centro de cómputo de la EEASA hacia CONELEC MPLS como se muestra en la figura 3.12.

El tráfico en una red WAN es de carácter aleatorio y no existen fórmulas para calcularlo de manera determinística por lo cual se tratará de definir un valor promedio de transmisión, se debe de considerar las circunstancias en las cuales funciona el enlace de comunicaciones teniendo en cuenta que este sistema tiene dos modos de configuración: monitoreo de datos con tele vigilancia del HIOKI 3196 y descarga de datos desde la PC Card con VoIP en la instalación del sistema en los postes y cámaras de transformación.

Como se describió en el capítulo 1 el funcionamiento en el modo de monitoreo del analizador de calidad conlleva la tele vigilancia el cual genera un tráfico de datos y video enviado en el caso crítico todos al mismo tiempo generando un throughput de 380 Kbps, los cuadros en formato Mpeg-4 se transmiten a una tasa total de 450 Kbps lo cual se tendrá cada siete días, adicionalmente el sistema utilizará este enlace para el monitoreo de la red el cual debe ser aproximadamente entre el 15 y 25% del total de la capacidad del canal a contratar en este caso .

En el modo descarga de datos se analizará lo que sucede cuando desde el HIOKI 3196 se descarga desde la PC Card los datos de los eventos medidos a un servidor de archivos y los datos generados en las comunicaciones de voz cuando el operador instala o retira el analizador de calidad, en el tiempo de medición, se retransmiten desde la tarjeta 2020.36 Kbps y 640 Kbps en la VoIP.

Con este antecedente se optó por realizar una simulación de la red MPLS del presente diseño mediante la herramienta libre OPEN MPLS con la cual se espera determinar el comportamiento de este enlace para requerimientos de QoS, definir el rendimiento de la red y establecer la cantidad throughput a contratar a la empresa portadora de servicios.

La dificultad para la implementación de pruebas sobre redes MPLS reales, OpenSimMPLS es una solución para el diseño de redes con los diferentes casos de funcionamiento que plantearía un posible dominio MPLS. Para el presente trabajo, el simulador ha sido ampliado de forma que ofrezca compatibilidad con escenarios capaces de ofrecer Garantía de Servicio (GoS).

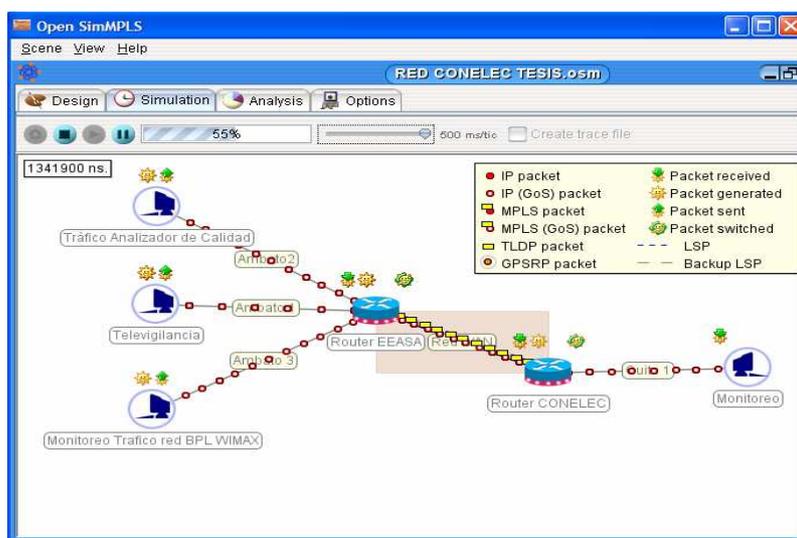
Se entiende como GoS a la posibilidad de ofrecer a un cierto flujo de tráfico la seguridad de que en condiciones normales será tratado preferentemente con respecto al resto de flujos y que, en caso de la existencia de problemas (pérdidas de paquetes y caídas de enlaces), el simulador pondrá los medios necesarios para que en cualquier caso el flujo que requiera GoS sea favorecido, entre más GoS haya sido especificada para ese flujo y siempre en función de las posibilidades de los nodos que atraviese.

Previamente se establecen los parámetros necesarios para realizar la simulación como: velocidad de transmisión del enlace, la clase o tipo de servicio, el grado de servicio para transmisión de datos voz y video, el tiempo de simulación, tamaños de paquetes, tipo de tráfico. Al revisar los distintos parámetros a configurar en el simulador se observa que en los diferentes parámetros los valores mínimos son elevados para los valores entregados por las redes de acceso por lo cual se hará una tabulación de datos.

CONFIGURACIÓN MONITOREO DEL ANALIZADOR DE CALIDAD						
Servicio	Tasa de datos Real (Kbps)	Porcentaje %	Tipo de Tráfico	Tasa de datos Simulación (Mbps)	GoS	Tamaño de paquetes
Monitoreo HIOKI 3196	380	38	Constante	3891.2	2	1500
Tele vigilancia Mpeg-4	450	45	Variable	4608	1	Aleatorio 0 – 65535
Monitoreo de Red (17%)	170	17	Constante	1740.8	3	1500
CONFIGURACIÓN DESCARGA DE DATOS, INSTALACIÓN DEL ANALIZADOR						
Descarga PC CARD	2020.36	63	Constante	6451.2	2	1500
VoIP	640	20	Variable	2048	1	Aleatorio 0 – 65535
Monitoreo de Red (17%)	544.89	17	Constante	1740.8	3	1500

3.13. Requerimientos simulación Red WAN

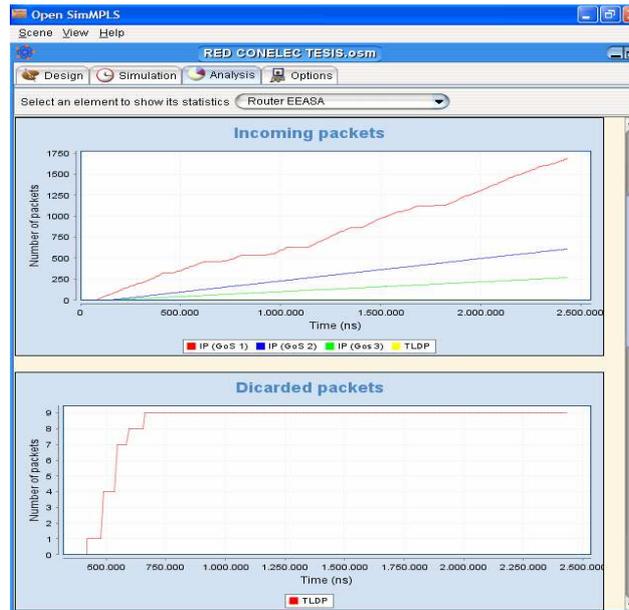
Las simulaciones se realizarán en un tiempo de 429800 ns en pasos de 9745 ns para las dos circunstancias de operación lo cual ayuda a determinar el dimensionamiento del canal a contratar evitando perdida de paquetes y teniendo mínimos niveles de latencia, en la figura 3.13 se puede observar el proceso de simulación para el caso de monitoreo del analizador de calidad.



3.13. Tráfico monitoreo HIOKI 3196

Previamente se determina la capacidad del canal como primer valor de configuración el cual es de 1024 Mbps En la figura14 se observa la pérdida mínima de paquetes y un tráfico fluido desde las tres fuentes de datos, es decir, el canal no está saturado, adicionalmente se tomó en cuenta que todos los datos son en tiempo real por lo cual la configuración del sistema evita retransmisiones de datos.

Para esta parte de la red se analiza el comportamiento del ruteador ubicado en la EEASA, en el cual se puede observar que no se produce pérdida de paquetes considerable, teniendo en cuenta que de 1750 paquetes se pierden 9 siendo menor al 1% en el cual se conmutan los paquetes de datos, voz y video debido a la asignación de GoS, se observa de igual manera la ocupación completa del canal Quito- Ambato, en la figura 3.14 se puede observar y analizar los resultados del trafico entrante y paquetes descartados, el resto de parámetros se muestran en el anexo 3.k.



3.14. Tráfico de entrada y descarte de paquetes router EEASA

El router ubicado en el CONELEC recibe todos los paquetes distribuyéndolos de forma uniforme a los servidores de monitoreo en las simulaciones se observa que el número de paquetes perdidos es nulo y una inexistente saturación en el enlace debido a la conmutación, en la figura 3.15 se muestra la prioridad de acceso de paquetes de acuerdo al GoS y el tráfico ingresado en los fuentes de información (datos, tele vigilancia y monitoreo de red) si se compara el porcentaje de segmentación del tráfico se observará que son similares a los datos de entrada.

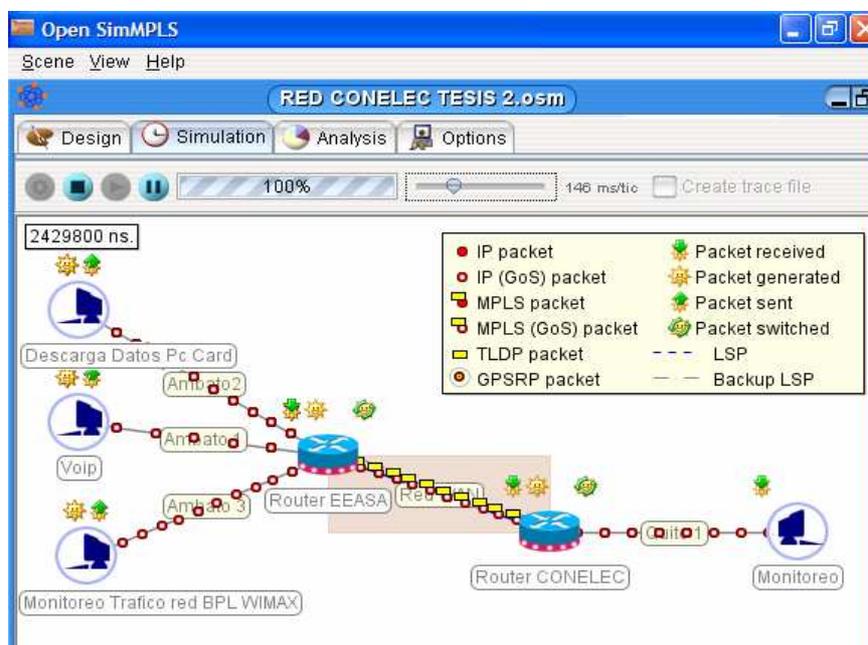


3.15. Tráfico de entrada y salida router CONELEC

De acuerdo a estos resultados se observa que el dimensionamiento de ancho de banda en la simulación es oportuno entendiendo que se tomó en cuenta las condiciones críticas principalmente entre los dos puntos de conmutación, concluyendo que el tráfico generado por el monitoreo del analizador de calidad, la tele vigilancia y el monitoreo de red no sobrepasa los requerimientos iniciales.

Para la configuración descarga de datos e instalación del sistema, transmitiendo VoIP se tiene diferentes velocidades tomando en cuenta que se transmiten mayor cantidad de paquetes los cuales llegan a 90 Mbyte, ahora se tiene operando teléfonos con H.323 codificados con G.711 a una tasa de datos de 64 Kbps.

En la asignación de tráfico se determina diferentes porcentajes del enlace para la simulación como se observa en la figura 16, se determina el valor del canal en este caso 1024 Mbps con los porcentajes de asignación de canal se eligen las tres fuentes de tráfico de igual manera que el caso anterior los datos son en tiempo real de características constantes o variables.



3.16. Tráfico descarga de datos y canales de voz

En el ruteador ubicado en la EEASA se observa que a pesar de aumentar el tráfico el nivel de prioridad de entrega de tráfico es el mismo y existe una mínima

pérdida de paquetes lo cual no influye significativamente en el rendimiento de la red en la figura 3.17 se observan los parámetros más relevantes como los paquetes de salida y otros parámetros se detallan en el anexo 3.k.



3.17. Tráfico de router EEASA

El ruteador ubicado en la EEASA presenta una mínima cantidad de paquetes perdidos, en cuenta que de 1000 paquetes se pierden 9 siendo menor al 1% en el cual se conmutan los paquetes de datos y voz debido a la asignación de GoS, el comportamiento presentado por el tráfico en este segundo caso permite visualizar un comportamiento similar. De igual manera la ocupación completa del canal Quito Ambato, en la figura 3.14 se puede observar y analizar los resultados del tráfico entrante y paquetes descartados, el resto de parámetros se muestran en el anexo 3.k.

En el CONELEC el ruteador MPLS recibe todos los paquetes distribuyéndolos de forma uniforme a los servidores de archivos y transporta los paquetes de voz al servidor Asterix se observa en la figura 3.18 que el número de paquetes perdidos es nulo y una inexistente saturación en el enlace.

Adicionalmente se considerara para cada uno de los casos que este sistema se comunica a la red del CONELEC, a través de un router, el cual deberá permitir el tráfico que se está simulando fluya, es decir, no tener restricciones en las políticas de ingreso y salida principalmente en información que requiere calidad de servicio.

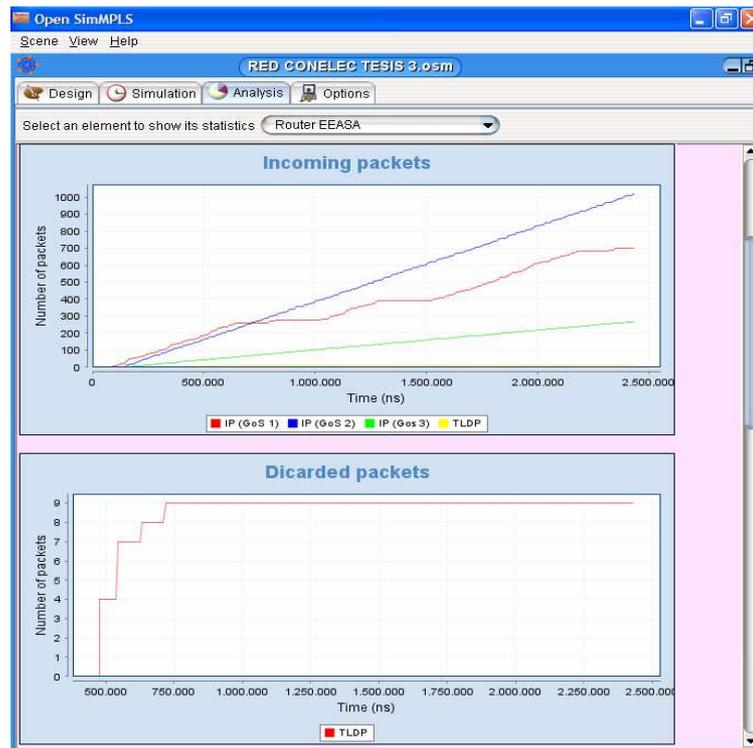


3.18. Tráfico de router CONELEC

Al analizar los resultados se puede concluir que esta configuración necesitará mayor cantidad de ancho de banda que la primera simulación, hay que tomar en cuenta que el HIOKI 3196 al transmitir los datos desde la PC Card a través de la interfaz Ethernet tiene la posibilidad de auto negociación de velocidad con el switch/router que le permite salir a la red de acceso y posteriormente a la red MPLS.

Para seleccionar el tipo de enlace a contratar se toma en cuenta cual de los dos casos permite un costo mínimo y una insignificante pérdida de datos lo cual no afecte el rendimiento de ninguna de las dos condiciones de uso, en este sentido la condición más crítica en el canal sería el tráfico generado en el modo descarga.

Con estos antecedentes se decidió simular el segundo modo de funcionamiento cambiando las configuraciones de trabajo de los dos ruteadores a las del caso en el que el sistema ésta en monitoreo de los analizadores de calidad, para lo cual se tiene que el ancho de banda en la simulación será 1Mbps siendo aproximadamente un tercio del ancho de banda máximo requerido de la segunda solución el cual tiene un valor de 3,205 Mbps



3.19. Tráfico de la solución a contratarse

En la figura 3.19 se puede observar que en el transcurso de la simulación no hay congestión en ninguno de los dos ruteadores y que los paquetes retransmitidos son mínimos, adicionalmente los paquetes descartados son insignificantes en comparación a los transmitidos comparando los resultados se entrega el mismo rendimiento lo cual permite elegir la primera opción de canal como alternativa a contratar.

3.6. DESARROLLO DEL SEGUNDO DISEÑO DE RED

WiMAX móvil ha sido seleccionado como la segunda alternativa en tecnología debido a ser una solución sin cables, de zona de cobertura amplia en un rango de 3 a 5 km de radio lo cual cubrirá las zonas objeto de estudio tanto urbana como rural, permite la comunicación entre los distintos terminales con la radio base similar al funcionamiento de una red WiFi con los Host Pots.

Entrega una solución móvil, portable y segura con velocidades superiores a los 2 Mbps por cada terminal, proporciona mecanismos de calidad de servicio, algoritmos mejorados para el control de errores, seguridad a nivel de capa enlace entre las características más importantes, en esta parte del proyecto se va a desarrollar una metodología similar a la del primer diseño donde se detalla el funcionamiento de esta tecnología resaltando sus características principales como: topología, velocidades de acceso, comparación con el modelo OSI funcionamiento de la capa física y de la capa MAC, protocolos de capa 2, encapsulamiento y enrutamiento, se presentarán en el anexo 3.I las simulaciones de la propagación en el barrio de Miraflores y el PIA.

3.6.1. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA WiMAX 802.16e

3.6.1.1. Introducción

Como aplicación para transmitir datos WiMAX se puede considerar como tecnología de cuarta generación debido a su gran movilidad, alta velocidad, soporte para servicios triple play y los mecanismos de seguridad, creado en el año 2000 para sistemas con línea de vista utilizando las bandas comprendidas entre 10 y 66 GHz, posteriormente en el año 2002 se publica 802.16a para sistemas fijos en las bandas 2 a 10 GHz, en el 2004 aparece 802.16d como estándar de comunicaciones de banda ancha y en el 2005 802.16e evolucionando hacia la movilidad.

Utiliza diferentes bandas de frecuencia (2 GHz a 6 GHz) para IEEE 802.16e, mediante canales que van desde 1,25 MHz a 20 MHz de ancho de banda, obteniendo tasa de transmisión sobre 2 Mbps por cada Terminal, proporciona esquemas flexibles de reutilización de frecuencias, tramas largas con bajo overhead, realiza procesos avanzados FEC, reduce las pérdidas de paquetes por medio de mecanismo híbridos ARQ, realiza modulación adaptiva, mecanismos MIMO para transmitir datos, ejecuta métodos de ingeniería de tráfico para trabajar con QoS, seguridad y optimización del hard y soft handover, rápida conmutación entre radio bases en el proceso de handover, administración de energía en modos sleep e Idle, proporciona seguridad a nivel de capa enlace mediante EAP y certificados digitales X.509.

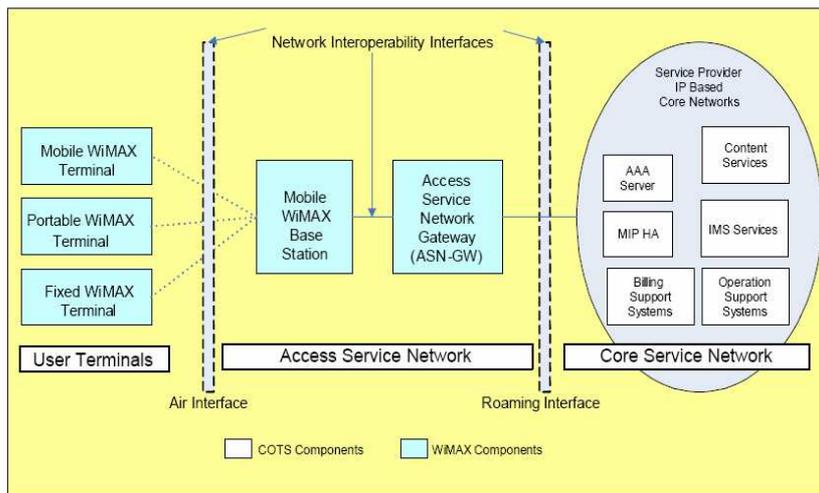
3.6.1.2. Topología

WiMAX proporciona una comunicación mallada entre radio bases y topología para redes de acceso metropolitanas, adicionalmente tienen una configuración punto multipunto entre la radio base y los CPE.

Posee una topología física en forma de estrella y lógicamente topología de bus, teniendo radio bases los cuales entregaran la conectividad a equipos terminales o módems ubicados en los usuarios tanto en transformadores de medio voltaje, como en las acometidas, es necesario determinar el diseño de cobertura en las zonas objeto de estudio y los radio enlaces de backhaul entre las estaciones bases y la EEASA.

Para el presente trabajo se va a determinar el modelo de propagación de 802.16e (ver figura 3.20) en los cálculos de cobertura de la señal emitida, de acuerdo al estándar este proceso se realiza mediante el modelo COST 231 WALFISH IKEGAMI.

Para esta tecnología se describen los equipos terminales y las radio bases en sus características generales y posteriormente se explicará el funcionamiento de la solución tecnológica



3.20. Topología Red IEEE 802.16e

3.6.1.2.1. Terminal de usuario (CPE)

En WiMAX 802.16e, se lo denomina estación móvil suscriptor, es utilizado para conectar a la red de comunicaciones a los usuarios, generalmente consta de 2 tipos de interfaces una aire y otra por cable de tipo Ethernet para configuración o comunicación con otros equipos, posee en el bloque de radio frecuencia mecanismos híbridos ARQ para detección y corrección de errores, al poseer modulación adaptiva permite obtener alta eficiencia espectral y garantizar una determinada tasa de bits erróneos en canales sometidos a desvanecimiento plano, sobre todo cuando las variaciones del canal son suficientemente lentas.

3.6.1.2.2. Estación base IEEE 802.16e

También conocido como radio base es una instalación fija de radio para la comunicación bidireccional, se encarga de comunicar con una o más radios móviles o portátiles, es decir sirve como punto de acceso a una red de comunicación fija (como la Internet o la red telefónica) o para que dos terminales se comuniquen entre sí a través de la estación base para WiMAX 802.16e una estación base es un transmisor/receptor de radio que sirve como nexo (hub) de la red de área local inalámbrica, también puede servir como pasarela entre las redes inalámbrica y fija.

Realiza los procesos de handover entre los terminales de las estaciones base al realizar el cambio de celda, se encargan de entregar permisos y certificados para autenticar a los usuarios; define servicios de identificación de redes IP home, y calidad de servicio, proporciona mecanismos de medición de inactividad y control de movilidad, detecta, monitorea, asocia, selecciona conjuntos de estaciones base.

Proporciona varios tipos de acceso a los terminales en el proceso de ganar el canal como: fijo, nomádico, acceso portable, movilidad básica, movilidad completa dependiendo de la solución contenida en módems externos o tarjetas USB, PCMCIA, dependerá también de las características de los usuarios y las características del servicio a entregar.

3.6.1.2.3. Gateway de Acceso de servicio a redes (ASN)

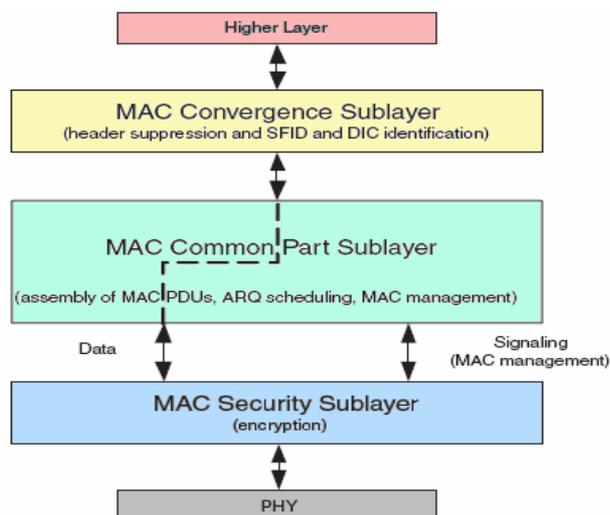
Se define como un gateway para redes WiMAX, relaciona un conjunto de funciones de red que proporcionan acceso a una comunicación con celdas WiMAX, estas funciones son: descubrimiento y la selección de red, entrega la conectividad entre terminales de usuario y la red de Servicios Básicos (CSN) también llamado CORE, administración de recursos de radio, control multicast y de broadcast, gestión de movilidad.

Adicionalmente posee características como : describir la agregación funcional de las entidades, proporciona la conectividad a la red de acceso con otro tipo de redes, permite la interoperabilidad de sistemas WiMAX de diferentes fabricantes, soporte para redes IPV4, IPV6 en su versión móvil.

3.6.1.3. Arquitectura

WiMAX MOBILE se describe como una pila de protocolos y capas comparándolo con el modelo OSI, esta especificación define PHY, MAC, LLC y la funcionalidad de la capa de convergencia, así como un mínimo de requisitos para ser compatibles con el apoyo de todas las implementaciones. También se definen las

funciones de gestión de capa y el modelo de propagación. Por último, también contiene especificaciones para la seguridad y la configuración. En la figura 3.21 se encuentra el modelo por capas de WiMAX MOBILE.



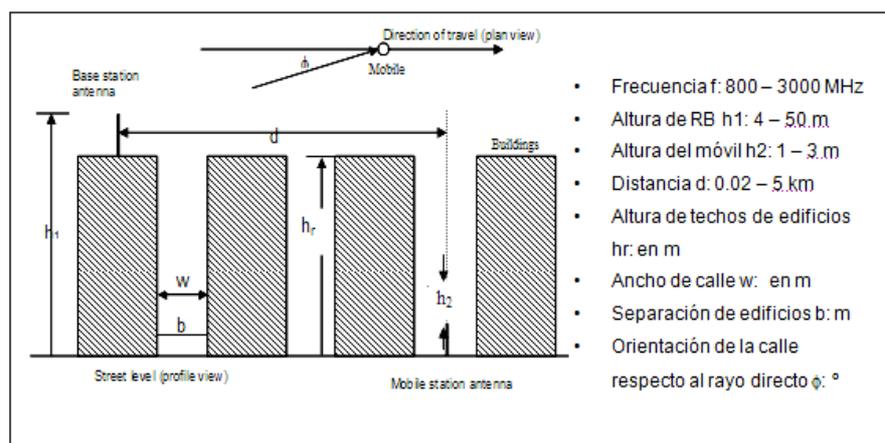
3.21. Arquitectura WIMAX

Se ha mencionado la modulación OFDM la cual se explicó en el primer diseño de red por lo cual no se va desarrollar este tema, pero si es importante revisar la propagación de la señal de comunicaciones debido a los problemas que se pueden presentar como: ruido, distorsión e interferencia, en este sentido se necesita una descripción general del modelo de propagación, en IEEE 802.16e se utiliza el modelo COST 231 WOLFISH IKEGAMI.

3.6.1.3.1. Modelo de Wolfish-Ikegami (COST-231)

Con el objetivo de mejorar las predicciones que se obtienen por otros métodos, este fue propuesto por el grupo europeo de trabajo COST-231. Combina los modelos de Walfish e Ikegami y está basado en los diferentes estudios llevados a cabo por miembros del mencionado grupo. Es aplicable a los siguientes entornos: Celdas grandes y pequeñas: La antena de la estación base se sitúa por debajo o por encima de los tejados de los edificios, en los cuales las pérdidas de propagación están determinadas principalmente por la difracción y la dispersión en los techos de los edificaciones cercanas al móvil.

Este modelo permite incorporar a la estimación de Path Loss más parámetros que describen las características de un ambiente urbano, estos son: alturas de edificios (h_{Roof}), ancho de las calles (w), separación entre edificios (b) y orientación de las vías (ϕ) respecto al trayecto directo de radio entre la Estación Base (BS) y el Abonado Móvil (MS). Los parámetros se definen en la figura 3.22. Sin embargo, este modelo es de tipo estadístico y no determinístico, ya que sólo puede considerar valores característicos del entorno y no valores específicos provenientes de bases de datos topográficas, el modelo distingue entre las situaciones en las que hay línea de vista (*line-of-sight: LOS*) y en las que no la hay. En el caso de LOS se aplica una fórmula simple para las pérdidas de propagación, diferente a la aplicada en el caso de espacio libre.



3.22. Diagrama modelo Walfish Ikegami

Proporciona una cobertura de celda entre 2 a 5 Km. trabajando en frecuencia que van de los 800 a 3 GHz, aunque WIMAX lo utiliza para frecuencias más altas, en la figura 3.22 se detalla los diferentes parámetros del modelo para realizar los cálculos de propagación con IEEE802.16e.

Para condiciones NLOS (sin línea de vista) el total de pérdidas que propone el método consta de tres términos:

$$L_b = L_o + L_{rts} + L_{msd}$$

El primer término representa las pérdidas en espacio libre (L_o); el segundo, las pérdidas por difracción y dispersión del techo a la calle (L_{rts}); y el tercero, la pérdida por difracción multipantalla (L_{msd}), todas ellas en dB, las pérdidas en espacio libre se obtienen a partir de la ecuación siguiente:

$$L_o = 32.44 + 20 \log f + 20 \log d$$

Las pérdidas por difracción y dispersión del tejado a la calle, vienen dadas por:

$$L_{rts} = -16.9 - 10 \log W + 10 \log f + 20 \log (\Delta hp) + L_{ori}$$

Donde: (**L_{ori}**) son las pérdidas debidas a la orientación de la calle, W el ancho de la calle y $\Delta hp = hr - h_2$

$$L_{ori} = \begin{cases} -10 + 3571\phi & 0 \leq \phi \leq 35^\circ \\ 2.5 + 0.075(\phi - 35) & 35^\circ \leq \phi \leq 55^\circ \\ 4 - 0.114(\phi - 55) & 55 \leq \phi \leq 90^\circ \end{cases}$$

El valor de L_{ori} tiene en cuenta el ángulo ϕ entre el rayo directo y el eje de la calle. Si el valor de L_{rts} es menor que 0, se toma L_{rts} igual a 0. 4.

Las pérdidas multipantalla, que al igual que las anteriores, se hacen 0 cuando son negativas, se obtienen a partir de la siguiente ecuación:

$$L_{msd} = L_{bsh} + K_a + K_b \log d + K_f \log f - 9 \log b$$

L_{bsh} = Ganancia de sombra o perdidas negativas que ocurren cuando la altura de la antena de la estación base es mayor que los tejados.

$$L_{bsh} = \begin{cases} -18 \log(H + h_1 - h_r) & h_1 > h_r \\ 0 & h_1 \leq h_r \end{cases}$$

K_a = Es una cantidad que determina la dependencia de las pérdidas de multipantalla debido a una antena de la radio base ubicada a una altura menor a la de los techos de los edificios adyacentes.

$$K_a = \begin{cases} 54 & h_1 > h_r \\ 54 - 0.8(h_1 - h_r) & d_{km} \geq 0.5, h_1 \leq h_r \\ 5.4 - 1.6d_{km}(h_1 - h_r) & d_{km} < 0.5, h_1 \leq h_r \end{cases}$$

K_d = Es una cantidad que determina la dependencia de las pérdidas de multipantalla en función de la altura por encima o por debajo del techo del edificio superior que la estación base de la antena.

Los términos k_d y k_f controlan la dependencia de las pérdidas por difracción debidas a múltiples filos versus la distancia y la frecuencia de radio, respectivamente.

$$K_d = \begin{cases} 18 & h_1 > h_r \\ 18 - 15 \frac{(h_1 - h_r)}{h_r} & h_1 \leq h_r \end{cases} \quad k_f = \begin{cases} -4 + 0.7 \left(\frac{f_{MHz}}{925 - 1} \right) & \text{Para ciudades medianas y} \\ & \text{centros suburbanos} \\ -4 + 1.5 \left(\frac{f_{MHz}}{925 - 1} \right) & \text{Para ciudades metropolitanas} \end{cases}$$

Por otro lado, si las características de los edificios y las calles son desconocidas, los siguientes valores por defecto, para los parámetros, pueden ser utilizados para la realización de un trabajo aproximado:

$$h_r = \begin{cases} 3 \text{ metros} \times \text{piso} & \longrightarrow \text{para techos planos} \\ 3 \text{ metros} \times \text{piso} + 3 \text{ metros} & \longrightarrow \text{para techos puntiagudos} \end{cases}$$

En una situación donde existe línea de vista desde la antena en la estación base hacia la estación móvil. El modelo de propagación Walfisch-Ikegami de pérdida en dB está dado por la ecuación:

$$L_{WIM-LOS} = 42.64 + 26 \log d_{km} + 20 \log f_{MHz} \quad d_{km} \geq 0.02$$

3.6.1.3.2. Técnicas de Antenas para IEEE 802.16e

Los sistemas WiMAX son capaces de lograr la diversidad de frecuencia a través del uso de la modulación multiportadora, esta tecnología utiliza la diversidad de

espacio que puede ser creado, sin utilizar el ancho de banda adicional que la diversidad tiempo y la frecuencia requieren.

Además de ofrecer la diversidad espacial, los arreglos de antena se pueden utilizar para centrar la energía (beamforming), o crear varios canales paralelos, de la ejecución de datos única (multiplexado espacial). Cuando se utilizan varias antenas, tanto en el transmisor y el receptor, se denomina comunicación de múltiples entradas; múltiples salidas (MIMO) y pueden ser utilizados para: aumentar la fiabilidad del sistema (disminución de la tasa de error de paquetes), incremento la velocidad de datos alcanzable y por tanto la capacidad del sistema, proporciona gran área de cobertura y reduce la potencia necesaria para transmitir.

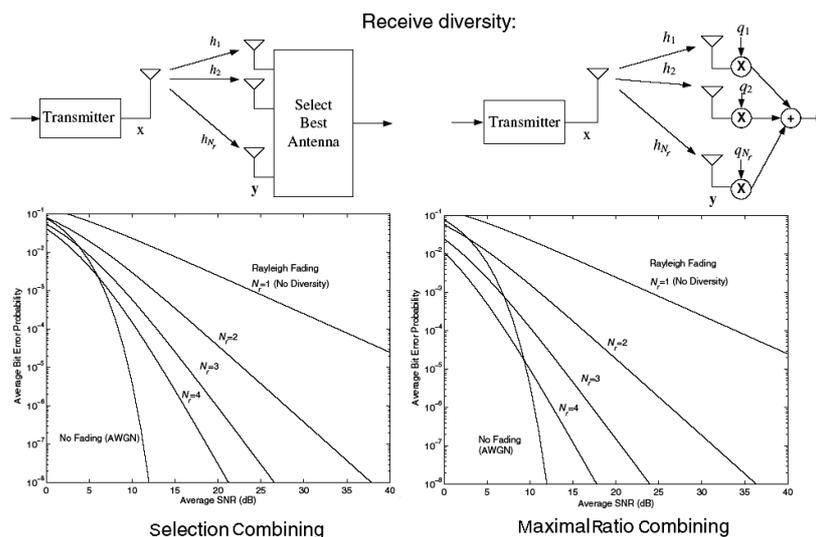
La diversidad de espacio proporciona varias ventajas que se aplican a los casos anteriores, en este punto se describen los más importantes:

Ganancia por diversidad, que resulta de la creación de múltiples caminos para la señal, independientes entre el transmisor y el receptor y es un producto de los beneficios estadísticos de la modelación de los canales. La ganancia de array, en cambio, no depende de la diversidad estadística entre los canales y en su lugar mejora el rendimiento, combinando de forma coherente la energía recibida por cada una de las antenas.

La diversidad espacial se la utiliza tanto en receptores móviles WiMAX como en estaciones base para proporcionar una comunicación confiable y segura, en este sentido se describe de manera sintetizada el funcionamiento de la diversidad tanto en recepción como en transmisión.

La forma más preponderante de diversidad de espacio es la diversidad en recepción, por lo general se la puede encontrar en las estaciones base celulares y en los puntos de acceso de las redes WiFi, en esta sección, se enumeran dos algoritmos ampliamente utilizados: selección combinada, el cual estima los niveles de potencia en cada una de las antenas seleccionando el más elevado. El

segundo algoritmo se denomina: máximo combinado, el mismo que permite combinar la información recibida de todas las ramas a fin de maximizar la relación de señal-ruido, este método trabaja para ponderar cada rama con un factor que en la figura 3.23 se exponen los modelos por selección combinada y MRC.

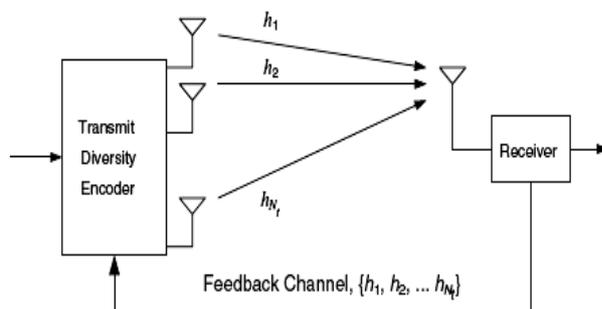


3.23. Diversidad en recepción

Debido a las señales enviadas desde diferentes antenas transmisoras, interfieren unas con otras, el procesamiento es necesario, tanto en el transmisor y el receptor con el fin de lograr la diversidad al tiempo que elimina o al menos atenúa las interferencias espaciales.

Transmitir la diversidad es particularmente atractivo para el enlace descendente de la infraestructura basada en sistemas como WiMAX, ya que desplaza la carga de múltiples antenas de la emisora, que en este caso es una estación base por lo tanto se benefician enormemente las estaciones móviles que tienen niveles de potencia bajos.

Múltiples esquemas de diversidad de transmisión se definen para comunicaciones inalámbricas, para IEEE 802.16e se definen los de bucle cerrado el cual no requiere información del canal que se va a transmitir, se refiere a que un código sabe que receptor se aplica en el transmisor, en la figura 3.24 se detalla su funcionamiento.

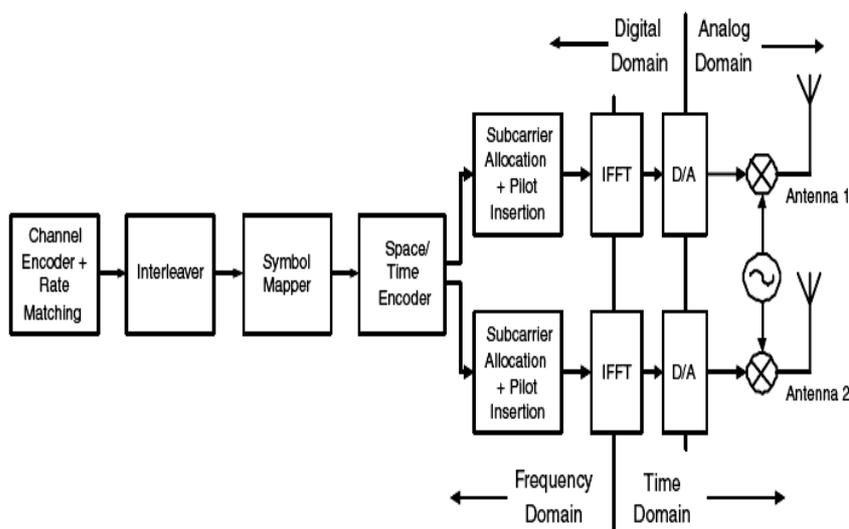


3.24. Diversidad de Antenas WiMAX

3.6.1.3.3. PHY

La capa física de WIMAX está basada en los estándares IEEE 802.16-2004 e IEEE 802.16e-2005 con mucha influencia de WiFi, en esta sección se detalla el funcionamiento por bloques de un transmisor WIMAX MOBILE.

Se describe el proceso de comunicación al receptor de manera general, se toma en cuenta para la explicación donde los datos provienen desde la capa MAC, a continuación, la información ingresa a un bloque donde se realiza el proceso de codificación inicial adecuando los bits para ser transmitidos al canal de comunicaciones, posteriormente ingresa al bloque donde se le adicionan códigos los cuales protegerán contra ráfagas de errores en la transmisión, se lo denomina interleaving.



3.25. Transmisor WiMAX MOBILE

La secuencia binaria de bits es transformada a una secuencia de símbolos dependiendo de la modulación digital utilizada mediante el bloque de mapeo, la información ingresa a un bloque el cual aplica la transformada inversa rápida de Fourier para enviar la señal en el dominio del tiempo, en la figura 3.25 se describe el esquema de un transmisor WiMAX MOBILE.

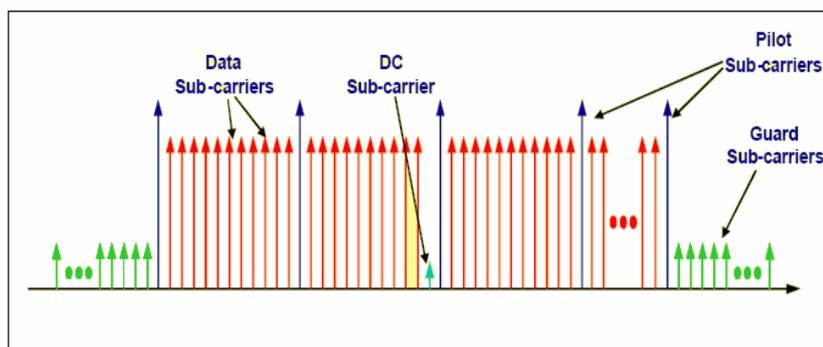
Se define para estas normas cuatro capas PHY, las cuales posteriormente se pueden usar con la capa MAC para desplegar una red inalámbrica de largo alcance, estas capas se detallan a continuación:

- Wireless MAN SC, con una simple portadora en la capa PHY destinado para frecuencias superiores a 11 GHz, necesita condiciones de línea de vista es parte del 802.16 original.
- Wireless MAN SCa, una sola portadora-PHY para frecuencias entre 2GHz a 11GHz en configuración punto multipunto.
- Wireless MAN OFDM, utiliza FFT de 256 puntos para configuraciones punto multipunto sin línea de vista para frecuencias entre 2 y 11 GHz, esta capa PHY se concluyo con IEEE 802.16 2004 se lo denomine como el WiMAX fijo.
- Wireless MAN OFDMA, utiliza FFT de 2048 puntos para configuraciones punto multipunto sin línea de vista en frecuencias que van entre 2 y 6 GHz. Para las especificaciones de IEEE 802.16e 2005 ha sido modificada por SOFDMA (escalable OFDMA) donde la FFT puede tomar los siguientes valores: 128,512, 1024, 2048. Al variar el tamaño de la FFT permite un funcionamiento óptimo del sistema para la selección de una amplia gama de anchos de banda de canal de radio. Esta capa PHY ha sido aceptada por WiMAX para móviles y portátiles.

Los recursos de tiempo y frecuencia pueden ser organizados en subcanales para su asignación a los usuarios individuales. OFDMA es un esquema de múltiple acceso que proporciona una multiplexación de datos de varios usuarios sobre los subcanales de bajada y acceso múltiple en los enlaces ascendentes a través de subcanales de subida.

La estructura de símbolo y subcanalización OFDMA se compone de tres tipos de subportadoras que se detallan a continuación:

- Subportadora de datos para la transmisión de datos.
- Subportadora principal (pilot) para propósitos de estimación y sincronización.
- Subportadoras nulas (null) para no transmisión, usada como banda de guarda y portadoras DC.



3.26. Subcanalización IEEE 802.16e

El IEEE 802.16e-2005 Wireless MAN OFDMA se basa en el concepto de escalables OFDMA (SOFDMA). SOFDMA soporta una amplia gama de anchos de banda para flexiblemente dirigir la necesidad de asignación de varios espectros y requerimientos de modelo de uso.

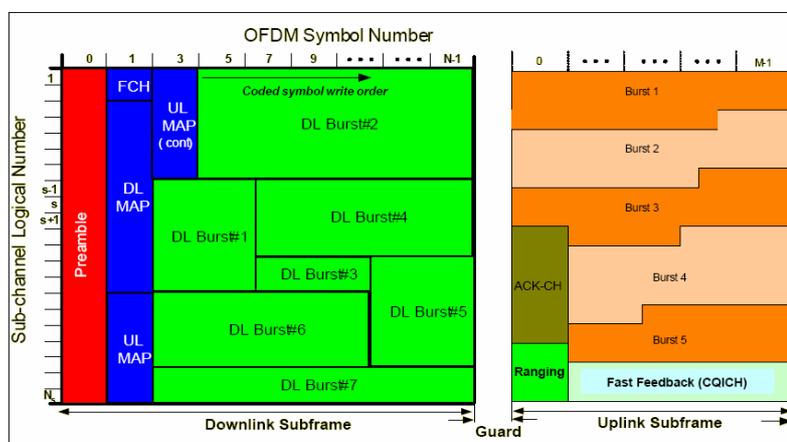
Estos parámetros del SOFDMA figuran en la tabla 3.14. El ancho de banda para dos sistemas de perfiles iniciales previstos que están siendo desarrollados por el WiMAX Forum Technical Working Group.

Parámetros	Valores			
Ancho de banda del canal (MHZ)	1.25	5	10	20
Frecuencia Salto (MHZ)	1.4	5.6	11.2	22.4
Número de Subcanales	2	8	16	32
Espacio entre portadoras	10.94 KHZ			
Tiempo de símbolo	91.4us			
Tiempo de guarda	11.4 us			
Tiempo de Trama OFDMA	5ms			
Número de símbolos OFDMA/trama	48			

3.14. Parámetros SOFDMA

La figura 3.27 ilustra la estructura de la trama OFDM para una implementación con duplexación por división de tiempo (TDD). Cada trama se divide en subtramas Down Link y Up Link, separadas por Transmisor/Receptor y Receptor/Transmisor con espacios de transición (TTG y RTG, respectivamente) para prevenir colisiones en la transmisión de DL y UL.

En una trama, la siguiente información de control se utiliza para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema:



3.27. Formato de trama OFDMA

- **Preámbulo:** usado para sincronización y es el primer símbolo OFDM de la trama
- **Cabecera de control de trama (FCH):** El FCH le sigue al preámbulo. Proporciona la información de configuración de la trama, tales como mapeo de mensajes, longitud de mensaje, sistema de codificación y subcanales utilizables.
- **DL MAP y UL MAP:** El DL MAP y UL MAP proporcionan la asignación de subcanales y otra información de control para las tramas DL y UL respectivamente.
- **UL Ranging:** el subcanal UL ranging es asignado para estaciones móviles (MS) para mejorar tiempo de lazo cerrado, frecuencia, ajuste de potencia así como peticiones de ancho de banda.
- **UL CQICH:** El canal UL CQICH está asignado a las estaciones móviles para enviar de regreso información del estado de canal.
- **UL ACK:** El UL ACK es asignado a las estaciones móviles para devolver el acuse de recibo DL HARQ.

Para IEEE 802.16e, la capa PHY posee otras características avanzadas como: Modulación y codificación adaptiva (AMC), Solicitud de repetición automática híbrida (HARQ) y retroalimentación de canal rápida (CQICH) son introducidas con Mobile WiMAX para mejorar la cobertura y la capacidad de WiMAX en aplicaciones móviles.

Las combinaciones de los diversos tipos de modulaciones y velocidades de código proporcionar una excelente resolución de las tasas de datos, como se muestra en la tabla 3.15 los cuales indican velocidades de datos para canales de 5 y 10 MHz con subcanales PUSC. La duración de trama es 5 milisegundos. Cada trama tiene 48 símbolos OFDM, con 44 OFDM símbolos disponibles para la transmisión de datos. Los valores resaltados indican velocidades de datos para modulación 64QAM opcional en la UL.

Parámetros		Down Link	Uplink	Down Link	Uplink
Ancho de banda		5 MHz		10MHz	
Tamaño FFT		512		1024	
Subportadoras nulas		92	104	184	184
Subportadoras piloto		60	136	120	280
Subportadoras de datos		360	272	720	560
Tipo de modulación	Code Rate	Canal 5 MHz		Canal 10 MHz	
		Downlink	Uplink	Downlink	Uplink
		Velocidad Mbps	Velocidad Mbps	Velocidad Mbps	Velocidad Mbps
QPSK	1/2 CTC 6X	0,53	0,38	1,06	0,78
	1/2 CTC 4X	0,79	0,57	1,58	1,118
	1/2 CTC 2X	1,53	1,14	3,17	2,35
	1/2 CTC 1X	3,17	2,28	6,34	4,7
	3/4 CTC	4,75	3,43	9,5	7,06
16QAM	1/2 CTC	6,34	4,57	12,67	9,41
	3/4 CTC	9,5	6,85	19,01	14,11
64QAM	1/2 CTC	9,5	6,85	19,01	14,11
	2/3 CTC	12,67	9,14	25,34	18,82
	3/4 CTC	14,26	10,28	28,51	21,17
	5/6 CTC	15,84	11,42	31,68	23,52

3.15. Velocidades IEEE 802.16e

3.6.1.3.4. Capa MAC

WiMAX presenta un gran desafío al problema de comunicación multiusuario: Muchos usuarios de la misma zona geográfica requieren de una alta demanda de tasas de datos en un ancho de banda finito con baja latencia. Múltiples técnicas de acceso permiten a los usuarios compartir el ancho de banda disponible por cada usuario y la posibilidad de asignar una fracción del total de recursos del sistema.

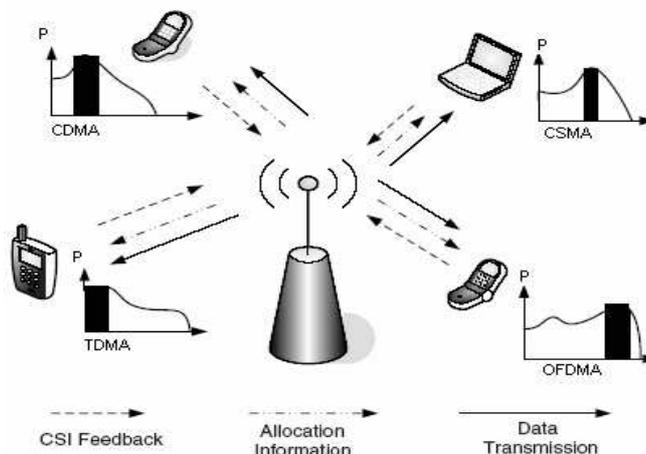
OFDM no es una estrategia de acceso múltiple, sino más bien una técnica de modulación que crea otros flujos de datos que pueden ser utilizados por diferentes usuarios. Sistemas anteriores a OFDM, como DSL, 802.11a/g, y las versiones anteriores de 802.16/WiMAX, utiliza un solo usuario OFDM.

Todas las portadoras son utilizadas por un único usuario a la vez. Por ejemplo, en 802.11a / g, los usuarios comparten el ancho de banda de 20 MHz para transmitir en diferentes momentos, después de luchar por el canal como en CSMA/CA.

WiMAX (802.16e-2005) adopta un enfoque diferente, conocido como: Acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA), en virtud del cual los usuarios comparten portadoras y ranuras de tiempo.

Se pensaría que el estándar IEE 802.16e es la evolución de WIFI, esto no es tan cierto, debido al método descrito para acceder al medio por ejemplo: los sistemas CSMA aplicado en 802.11 en general pueden considerarse como un tipo de TDMA, donde presenta algunas ineficiencias debido a la contienda y las colisiones.

Cabe señalar que a pesar de FDMA y TDMA son ciertamente más eficientes que CSMA, por este motivo se utiliza OFDMA que es esencialmente un híbrido de FDMA y TDMA, a los usuarios se asignan dinámicamente portadoras (FDMA) en diferentes ranuras de tiempo (TDMA), como se indica en la figura 3.28.



3.28. Rendimiento métodos de acceso al medio

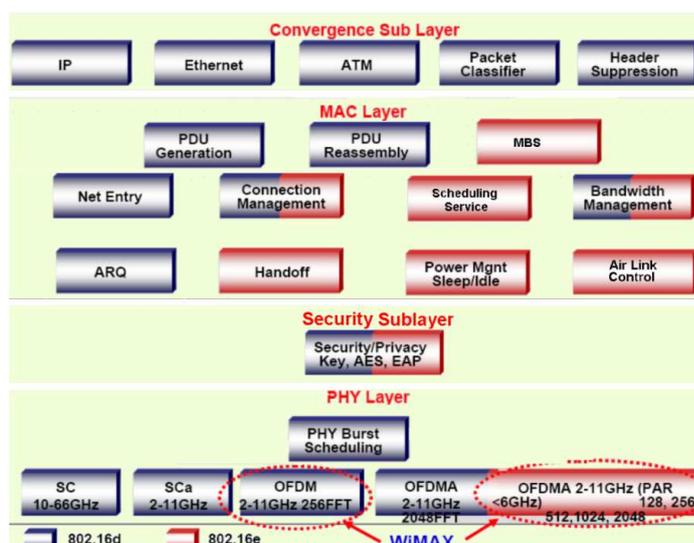
Debido a que el acceso múltiple se realiza en el dominio digital, antes de la operación de IFFT, dinamiza y genera una eficiente asignación de ancho de banda. Una ventaja importante de OFDMA en relación con OFDM es su potencial para reducir la potencia de transmisión, En la figura 3.28 se puede observar la eficiencia en términos de velocidad de transmisión de OFDMA respecto a otras tecnologías y la mejor asignación de usuarios en tiempo y frecuencia.

A pesar de su buen comportamiento frente al multicamino, uno de los mayores problemas que presenta OFDM es la aparición de grandes picos de amplitud en la señal temporal cuando las subportadoras frecuenciales que la componen se suman constructivamente.

La relación entre la potencia instantánea de estos picos y la potencia media de la señal (PAPR) resulta muy elevada y reduce la resolución de los convertidores A/D y D/A. Aunque la peor consecuencia es el hecho de que obliga al amplificador de potencia (HPA) a trabajar en su zona lineal, perdiendo eficiencia en la transmisión, OFDMA reduce ostensiblemente este problema.

Para dividir el ancho de banda entre varias estaciones móviles de una misma celda, cada estación utiliza un pequeño conjunto de portadoras, por lo tanto cada estación móvil transmite con un bajo PARP, es decir con poca potencia optimiza el ancho de banda y lo maximiza.

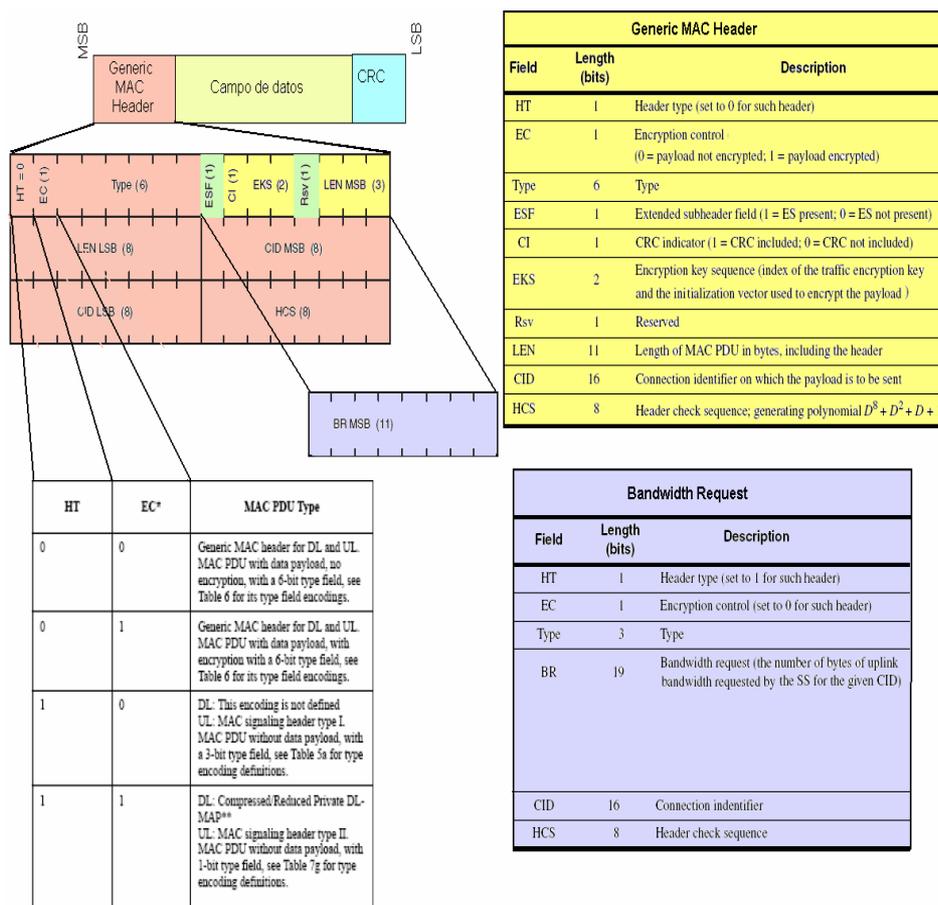
Para esta parte del trabajo se va a describir la arquitectura de la tecnología y los procesos que involucra cada una de las subcapas que la constituyen, anteriormente se enuncia los componentes de la capa física, para la capa de enlace se muestra en la figura 3.29 la estructura de la capa de convergencia, la capa MAC y la administración de seguridad, posteriormente se describe cada uno de estos procesos.



3.29. Pila de protocolos en la capa MAC

La capa de convergencia es la interfaz entre la capa MAC y la capa de red de acuerdo al modelo OSI, toma los paquetes de la capa superior también conocido como unidades de servicio de datos (SDU). La capa de convergencia CS es la responsable de realizar todas las operaciones que dependen de protocolos en las capas superiores como: compresión de la cabecera y mapeo de direcciones.

LA capa MAC de WiMAX es orientada a conexión y determina una relación lógica entre la BS y el MS por medio de un identificador de conexión unidireccional (CID). El CIDs para conexiones UL y DL son diferentes, puede considerarse como una dirección temporal y dinámica de capa 2 asignada por la estación base para identificar una conexión unidireccional entre el par de entidades MAC/PHY y es usado para transportar datos y controlar el tráfico.



3.30. Formato de Trama IEEE 802.16e - WiMAX Móvil

Los campos de generación y reensamblaje de trama se relacionan en un procedimiento de operación de trama, donde principalmente se define el formato. Cada MAC PDU comienza con una cabecera genérica 6 bytes, el campo de datos puede variar en longitud, la estación móvil tienen una dirección MAC de 48 bit, así como la dirección de la estación base, las conexiones están identificadas por un CID de 16 bit, y la máxima longitud del PDU MAC es 2048 bytes, incluyendo cabecera, campo de datos y códigos de redundancia cíclica.

Un terminal necesita completar exitosamente su ingreso a la red mediante la comunicación con la estación base de mejores características, debido a este antecedente se evalúa el bloque de ingreso a la red o inicialización, realiza el siguiente procedimiento: primero realiza la exploración para establecer canal DL y sincronización con la estación base, obtiene parámetros de transmisión y negocia la capacidad del canal, autoriza el ingreso del Terminal realizando previamente un intercambio de claves, posteriormente realiza el registro y establece conectividad IP y finalmente realiza la transferencia de parámetros operativos y establece conexiones.

Esta tecnología permite la administración de conexiones, proceso que posee las siguientes características: realiza el enlace lógico unidireccional entre la estación base y la capa MAC de la estación móvil, posee múltiples conexiones que puede establecer a través de múltiples servicios, sesiones de capas superiores pueden compartir las mismas conexiones.

La subcapa de servicios de programación permiten obtener mecanismos de manipulación de datos para planificar los procesos de la capa MAC, adicionalmente entrega el servicio de transporte de datos sobre conexiones, ayuda a la programación de servicios de apoyo, especifica si existe solicitud de QoS, solicitud de enlace, ancho de banda ascendente y optimiza los recursos del sistema.

El estándar WiMAX móvil (IEEE que 802.16e) introduce varios conceptos nuevos relacionados a la administración de movilidad y potencia, aunque estos parámetros son enunciados, conjuntamente enlazan conceptos diferentes, la administración de potencia permite a las estaciones móviles el ahorro de baterías, una característica crítica de los dispositivos móviles, por otro lado, la administración de movilidad permite al MS que retenga su conectividad en la red mientras se está moviendo del área de cobertura cubierta por una estación base a otra.

En WiMAX, como en cualquier otra red móvil el procedimiento para administrar la movilidad requiere el apoyo de las capas 1, 2 y 3 de la red. Aunque la decisión definitiva para el handoff está determinada por la capa 3, las capas MAC y PHY desempeñan un papel fundamental al proporcionar la información requerida por la capa 3 para ejecutar el handoff.

El término “handoff” se refiere al proceso de transferir una comunicación de datos que se está llevando a cabo en un canal conectado al núcleo de la red a otro canal, en este caso de una estación base a otra.

Existen básicamente 2 razones principales para llevar a cabo el “handoff”, la primera es cuando la MS se ha alejado de rango de acción de una celda y pueda obtener un mejor enlace de radio de otra celda de un transmisor más fuerte, la segunda se refiere a la saturación de conexiones que pueda sufrir una estación base, entonces la BS transfiere a otra BS cercana una parte del tráfico, para poder manejar la carga.

Existen 3 métodos de handoff soportados en el estándar 802.16e: “Hard Handoff” HHO, “Fast Base Station Switching” (FBSS), y “Macro Diversity Handover” (MDHO), de estos tres solo HHO es obligatorio mientras que FBSS y MDHO son modos opcionales.

El "Hard Handoff" es el esquema de "handoff" más básico utilizado en las redes celulares GSM y analógicas, en este cuando se tiene en progreso una transmisión de datos que es re direccionada a otra BS utilizando otra frecuencia diferente sin interrumpir la comunicación, aunque se da una desconexión temporal del canal de tráfico al cambiar el terminal del usuario de frecuencia.

Cuando Se utiliza FBSS, la MS y la BS mantienen una lista de BS que utilizan FBSS con la MS, este grupo es llamado un grupo activo. En este modo la MS monitorea continuamente las estaciones base en el grupo activo, entre las BS del grupo activo se define una BS de referencia o fija (ancla).

Cuando se opera en FBSS, la MS solo se comunica con el BS fija para los mensajes de DL y UL incluyendo conexiones de mantenimiento y tráfico. La transición de una BS fija a otra BS es realizada sin la necesidad de enviar mensajes de señalización, la actualización de la BS fija se hace por medio de la fuerza de la señal de comunicación del BS vía el canal de CQI.

Un FBSS handover empieza con la decisión de un MS de recibir o transmitir datos de otro BS fijo, el MS escanea las BS vecinas y selecciona cuales son apropiados para ser incluidos en grupo activo. La MS reporta a las BS seleccionadas y el procedimiento de actualización del grupo activo es realizado por el BS y la MS.

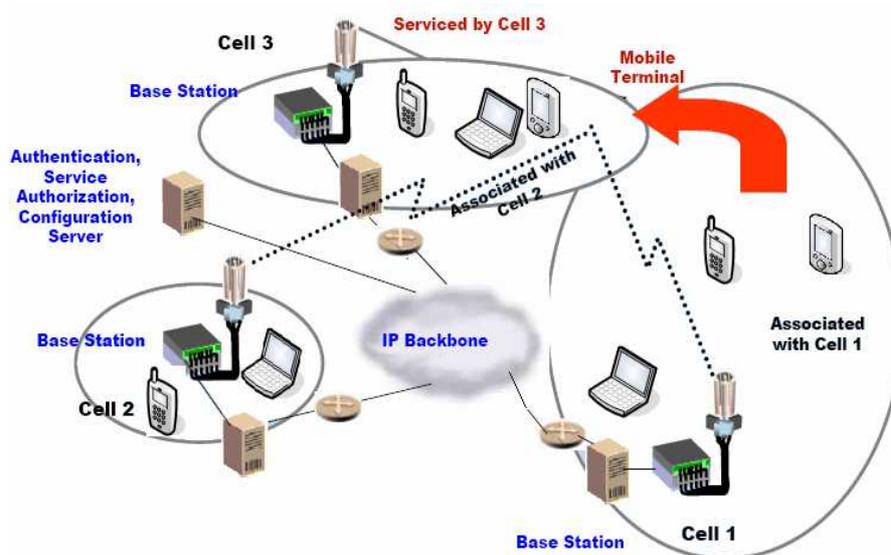
La MS continuamente monitorea la fuerza de la señales de las BSs que están en el grupo activo y selecciona una BS para que sea la BS fija, el MS reporta la BS fija seleccionada en el CQICH.

Cuando se implementa FBSS los datos son simultáneamente transmitidos a todos los miembros de un grupo activo que están disponibles para servirle al MS.

Para MSs y BS que soportan MDHO, la MS y la BS mantienen un grupo activo de BS que están relacionadas con la MS por medio de MDHO, entre las BSs del grupo activo una BS es definida como fija o ancla. En el modo regular de operación de MDHO un grupo activo consistente en una sola BS.

Cuando se trabaja MDHO la MS se comunica con todas las BS en el grupo activo por medio de mensajes “unicast” y tráfico en ambos sentidos UI y DI.

Un “handoff” MDHO comienza cuando un MS decide transmitir o recibir mensajes “unicast” y tráfico de múltiples BS en el mismo intervalo de tiempo. Para el DL en MDHO dos o más BSs suministran transmisiones sincronizadas de los datos del DL del MS. Para el UL MDHO, la transmisión de un MS es recibida por varias BS.



3.31. Handover en WIMAX IEEE802.16e

WiMAX móvil apoya dos modos de funcionamiento para administrar de manera eficaz la potencia estos son: modo SLEEP y modo IDLE.

El modo Sleep es un estado en el cual el Terminal móvil tiene períodos pre negociados de ausencia de la estación base. Estos periodos están caracterizados por la indisponibilidad del MS respecto a la BS para el tráfico UL y DL, de este modo está pensado en para que se minimice el uso de potencia del MS y minimizar el uso de los recursos de la interfaz aire del BS en servicio.

El modo Sleep también provee la flexibilidad a la MS de escanear otras BS para recoger información para el “handoff”.

El modo Idle provee un mecanismo para la MS para que pueda estar periódicamente disponible para recibir mensajes en “broadcast” sin tener que registrarse en una BS específica al tiempo que la MS se mueve a través de una zona con varias de BS. El Modo Idle beneficia al MS ya que elimina el requerimiento del “handoff”, y beneficia la red y la BS mediante la eliminación de la interfaz de aire y el tráfico de “handoff” para MS que están prácticamente inactiva.

La subcapa de control de enlace se encarga de las operaciones: control de errores a través de ARQ y HARQ, adaptación del enlace, control de potencia, Feedback.

A nivel de enlace de datos controla los errores mediante ARQ y para la capa física lo realiza con HARQ características que permiten: funcionamiento simple en capa 2, bajo overhead y ordena los paquetes.

La adaptación del enlace en la interfaz aire permite seleccionar esquemas de modulación y codificación basados en características de canal como: maximizar la capacidad, estabilizar en el punto de operación. Adicionalmente proporciona procedimientos de adaptación del enlace como: medida de condición del canal receptor y transmisor.

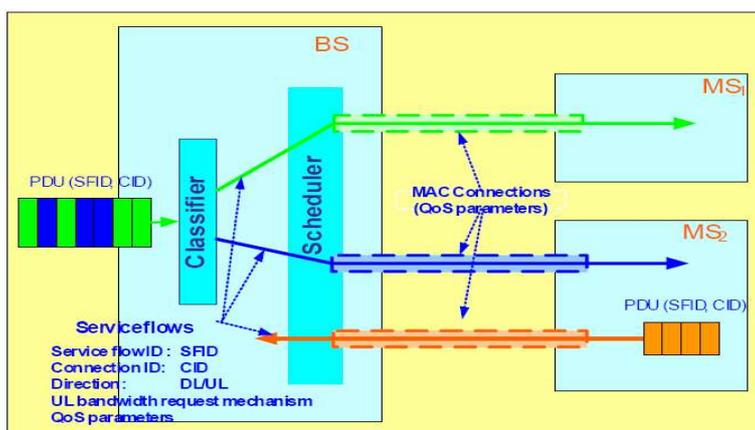
El control de potencia permite compensar el path loss, combate el problema del Near – Far, realiza control de interferencia, control del consumo de potencia, ahorro de energía, reduce la interferencia entre celdas.

El Feedback se caracteriza por entregar canales dedicados para proporcionar rápido retorno desde los terminales móviles, permite el procesamiento rápido de HARQ y la acelera la conmutación entre estaciones base.

3.6.1.4. Calidad de servicio (QoS)

WiMAX móvil posee varias características que le permiten cumplir con los requerimientos de calidad de servicio (QoS “Quality of Service”) para una gran cantidad de servicios y aplicaciones, entre ellas la capacidad de manejar tráfico UL/DL asimétrico y el poseer un mecanismo flexible de asignación de recursos.

En la capa MAC, el QoS es proveído mediante flujos de servicio como se muestran en la figura 3.32. En este flujo unidireccional de paquetes se transmite un grupo de parámetros para QoS. Antes de entregar algún tipo de servicio la estación base y el Terminal del usuario establece un enlace unidireccional entre las capas MAC llamado conexión. La capa MAC entonces asocia paquetes que atraviesan la interfaz MAC con un flujo de servicio para ser entregado en la conexión.



3.32. QoS en IEEE 802.16e

Los parámetros QoS asociados con el flujo de servicios definen la clasificación de la transmisión y la asignación en la interfaz de aire. Ya que la interfaz de aire es usualmente el cuello de botella, las conexiones orientadas QoS pueden habilitar el control punto a punto QoS.

Los parámetros del flujo de servicio pueden ser dinámicamente manejados a través de mensajes MAC para acomodar la demanda de servicios de manera dinámica. Los flujos de servicios están basados en el mecanismo QoS y aplica en ambos sentidos DL UL.

WiMAX móvil puede ser dinámicamente optimizado para el tipo de tráfico que se esté transportando, cuatro tipos de servicios son soportados:

- **Servicio Subvencionado No Solicitado (UGS):** está diseñado para soportar flujos de datos en tiempo real constituidos de paquetes de datos de un tamaño fijo emitidos en intervalos periódicos, como T1/E1 y voz sobre IP.
- **Servicio de registro en tiempo real (RTPS):** está diseñado para soportar flujos de datos en tiempo real constituidos de paquetes de datos de un tamaño variable que son emitidos en intervalos periódicos, como el formato de video MPEG.
- **Servicio de registro (no en tiempo real) (NRTPS):** está diseñado para soportar flujos de datos tolerantes al retardo constituidos de paquetes de datos de un tamaño variable donde se requieren mantener una velocidad mínima, como en FTP.
- **Servicio al mejor esfuerzo (BE):** está diseñado para soportar flujos de datos para los cuales no se requiere un nivel mínimo y pueden ser manejados en los espacios disponibles.

WiMAX soporta un amplio rango de servicios y aplicaciones con una variedad de requerimientos que se han resumido en la tabla 3.16.

Tipo de QoS	Aplicación	Especificación de QoS
UGS Servicio subvencionado No Solicitado	VoIP	Velocidad máxima mantenida Máxima tolerancia a latencia Tolerancia al Jitter Velocidad mínima reservada
RTPS Servicio de registro en tiempo real	Transmisión de datos o video	Velocidad mínima reservada. Velocidad máxima mantenida Máxima tolerancia a latencia Prioridad de tráfico
nrtPS Servicio de registro (no en tiempo real)	Protocolo de transferencia de archivos TFP	Máxima Tolerancia al Jitter Velocidad máxima mantenida Velocidad mínima reservada Prioridad de tráfico.
BE Servicio al mejor esfuerzo	Transferencia de archivos, Web	Velocidad máxima mantenida Prioridad de tráfico

3.16. Tipos de QoS

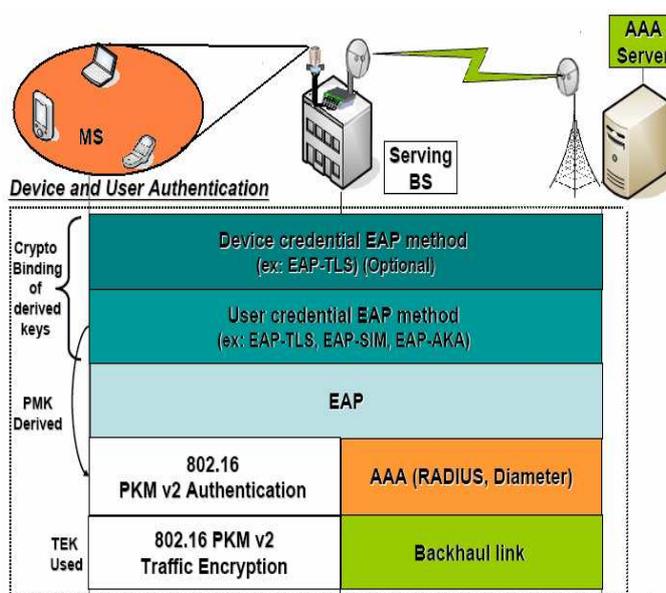
3.6.1.5. Seguridad

A diferencia de WiFi, los sistemas WiMAX fueron diseñados desde el principio con una robusta seguridad en mente, el sistema se caracteriza por los siguientes aspectos: soporte para privacidad, dispositivos de autenticación de usuario, gestión de protocolos de claves, protección de mensajes de control, cifrado de tráfico y soporte para rápido handover, se detallan a continuación.

- **Soporte para Privacidad:** Proporciona privacidad a través de algoritmos de cifrado en los datos de usuario como el AES (Advanced Encryption Standard) y el 3DES (Triple Data Encryption Standard); la mayoría de las implementaciones se da con el sistema AES, ya que es el nuevo estándar de encriptación aprobado en la forma compatible con la Norma Federal de Procesamiento de Información Capítulo 54 y es más fácil de implementar. El sistema de cifrado se genera durante la fase de autenticación y se actualiza periódicamente para protección adicional mediante claves de 128 o 256 bit.
- **Autenticación:** se basa en el Internet Engineering Task Force (IETF) EAP, que apoya una variedad de credenciales, como el nombre de usuario y contraseña, certificados digitales y tarjetas inteligentes, los dispositivos terminales WiMAX vienen con una función de los certificados digitales X.509 que contienen su clave pública y la dirección MAC, finalmente los operadores WiMAX pueden utilizar los certificados para la autenticación de dispositivos y el uso de un nombre de usuario y contraseña en una tarjeta inteligente de autenticación para los usuarios.
- **Protocolo de privacidad y gestión de claves (PKMv2):** Se utiliza para la transferencia segura de información codificada desde la estación base a la estación móvil, refresco y reutilización periódica de claves, PKM es protocolo cliente servidor donde la estación móvil actúa como cliente y la estación base como servidor. PKM utiliza certificados digitales X.509 y algoritmos de encriptación de clave pública RSA (Rivest Shamer Adleman) los cuales permiten realizar intercambio seguro de llaves entre la estación base y la estación móvil.

- **Protección para el control de mensajes:** la integridad de los mensajes transmitidos sobre la interfaz aire es protegido mediante esquemas de mensajes lo realiza mediante AES se basa en CMAC (Chipre- Message Authentication Code) o bajo esquemas MD5 (Message-Digest Algorithm 5).
- **Tráfico Cifrado:** AES-CCM (Cipher Block Chaining Message Authentication Code) es el sistema de cifrado utilizado para la protección de todos los datos del usuario sobre la capa MAC de WiMAX Móvil, Las claves utilizadas para el cifrado son generadas a partir de la autenticación EAP.
- **Soporte para rápido Handover:** WiMAX permite a la estación móvil que utilicen pre-autenticación con el objetivo particular que la estación base permita el reingreso acelerado. Un esquema de handshake a 3 vías es soportado por WiMAX móvil para optimizar mecanismos de re-autenticación para apoyar el handover rápido, este mecanismo también es útil para prevenir cualquier ataque debido al medio.

En la figura 3.33 se observa el funcionamiento de toda la etapa de autenticación entre los dispositivos móviles, las estaciones base y servidor de autenticación.



3.33. Arquitectura de Seguridad IEE 802.16e

3.6.2. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

En esta parte del trabajo se describe el procedimiento para realizar una red WIMAX móvil, en este sentido se detalla a continuación los procesos que se realizarán: en primaria instancia se determina la población objetivo, a continuación se analiza las normas regulatorias involucradas, posteriormente se especifican las clases de servicio y las características de los usuarios, se calcula el peor caso de tráfico en la red, adicionalmente se dimensionan los anchos de banda de canalización de acuerdo a la cantidad de frecuencias disponibles, lo cual permite el cálculo el número de radios por celda, y el tamaño de celda ideal para cubrir el grado de servicio.

Finalmente se evalúa el desempeño de la red y verificar estar por encima de la cobertura deseada mediante la simulación mediante software de planeación de Radio Frecuencia

3.6.2.1. Población objetivo

En el capítulo uno se realizó el análisis del terreno, donde se describió la topografía, condiciones meteorológicas, levantamiento de información de mapas de las poblaciones y visita a las posible instalaciones de los equipos, toda esta documentación fue entregada por la EEASA en la primera fase de este proyecto, adicionalmente se considera necesario levantar los puntos principales con el GPS en las zonas de estudio para corroborar los datos en los mapas georeferenciados.

Para determinar posibles interferencias se revisó en los edificios aledaños a la EEASA ubicada en el centro de la ciudad, por su ubicación se deduce la existencia de redes que se encuentren transmitiendo en las bandas posibles a utilizar para estos diseños 2.4 GHz, 3.5GHz, 5 GHz, en este sentido mediante un computador portátil con una tarjeta inalámbrica cliente cisco 350 se realiza una medición de potencia alrededor de la empresa y en las subestaciones como en los transformadores de distribución.

3.6.2.2. Normas regulatorias

WiMAX y todas sus variantes se rigen dentro del reglamento para la “IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA” debido al tipo de modulación y las potencias involucradas.

Este reglamento define el espectro que los equipos de modulación digital de banda ancha tienen que operar en las siguientes frecuencias: 902 - 928ICM, 2400 - 2483.5ICM, 5150 - 5250INI, 5250 - 5350INI, 5470 - 5725INI, 5725 - 5850ICM INI, de acuerdo al Capítulo cuarto de este reglamento se tiene que este sistema es de carácter privado, para lo cual se debe obtener un título habilitante, debido a que el sistema se lo realiza conjuntamente con la EEASA y se describió la existencia de un radio enlace en una posible banda a utilizar como es 2.4GHZ se coordinara para que la solución no interfiera con ese radio enlace para evitar problemas por modificaciones.

3.6.2.3. Clases de servicio y tráfico de la red

Al inicio de este capítulo se determinó que se va a tener servicio de voz, datos y video vigilancia y la velocidad de transmisión máxima, dependiendo de los modos de configuración debidos al tipo de medición que van a realizar los analizadores de calidad HIOKI 3196.

3.6.2.4. Dimensionamiento de ancho de banda y canalización

Previamente, se determina la banda a utilizar en este caso de acuerdo a las opciones que presta la regulación, y al estudio del sitio y a equipos en esas bandas se ve conveniente utilizar la banda de 2.4 GHz a pesar de estar utilizada por varias redes, se observó, en la ciudad de Ambato, que a nivel outdoor se encuentra muy poca interferencia en las zonas objeto de estudio.

Al realizar el site survey de la zona urbana y rural y al haber previamente elegido la banda de frecuencias se procedió mediante la tarjeta Cisco 350 y las herramientas de software Airmagnet y WiFi Hooper a determinar las redes y canales ocupados, el tipo de red utilizada y las bandas de frecuencia asignados con sus respectivos niveles de potencia para lo cual se ha determinado que en el caso de las mediciones no existirían problemas de interferencia debido a que en las calles se obtuvieron niveles de potencia bastante bajos en el orden de los 60dB.

Debido a que las mediciones de la calidad del servicio eléctrico se realizarán en postes y acometidas se tomó en cuenta la cercanía de redes WiFi instaladas lo cual no se convierte en un problema debido a que también utilizan generalmente configuraciones de equipos caseros que escogen los canales que presenten menores interferencias lo cual se comprobó conectando un pequeño punto de acceso cerca de una de estas redes y observando con los analizadores de sitio (Airmagnet y WiFi Hooper) se detectó el cambio de canal y frecuencia,

El número de redes instaladas es muy pequeño ya que son de carácter casero en las zonas objeto de estudio lo cual no será un problema de gran magnitud al contrario con la asignación de frecuencias se logrará optimizar el diseño para el presente trabajo, en la figura 3.34 se muestra una medición en la zona urbana de Miraflores, para los otros puntos se muestra en el anexo 3.m.

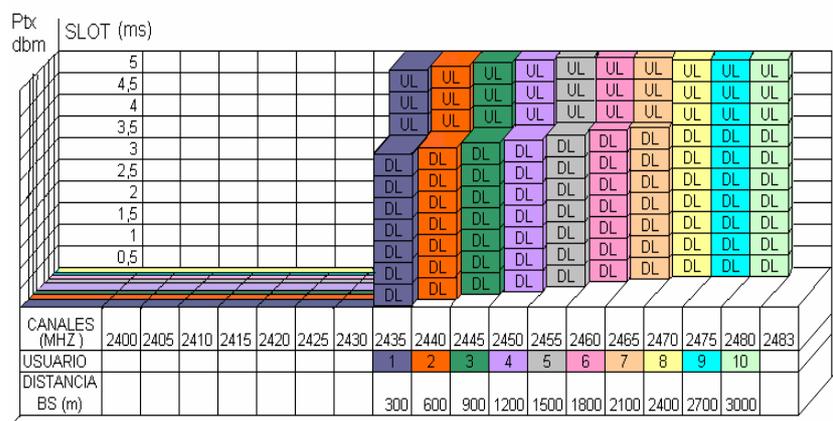
Ssid	Type	MAC Address	Signal	Mode	Encryption	Status	Hits	Score	Frequency	PHY	Vendor
Hotel Carolina	802.11g	00:17:3f:7d:e2:30	-60 dBm	Infrastructure	WEP	Not Connected	52	0%	2.462 Ghz (11)	OFDM	Lookup OUI?
wirelesslan52	802.11g	00:19:3b:10:4d:ca	-80 dBm	Infrastructure	WEP	Not Connected	50	0%	2.432 Ghz (5)	OFDM	Lookup OUI?
PIN	802.11b	00:0c:42:18:fd:c4	-92 dBm	Infrastructure	WEP	Not Detected	45	0%	2.412 Ghz (1)	DS	Lookup OUI?
aocif-pasa	802.11b	00:60:b3:4f:21:66	-88 dBm	Infrastructure	None	Not Detected	39	0%	2.442 Ghz (7)	DS	Z-COM, INC.
reydavid	802.11g	00:19:5b:65:b0:22	-90 dBm	Infrastructure	WEP	Not Detected	18	0%	2.437 Ghz (6)	OFDM	Lookup OUI?
39725	802.11b	00:0d:f5:10:2f:d8	-87 dBm	Infrastructure	None	Not Detected	18	0%	2.462 Ghz (11)	DS	Lookup OUI?
PIN	802.11b	00:0c:42:1f:09:21	-86 dBm	Infrastructure	WEP	Not Detected	18	0%	2.452 Ghz (9)	DS	Lookup OUI?
WHSP	802.11a	00:80:48:4c:f1:bd	-91 dBm	Infrastructure	WEP	Not Detected	18	0%	5.180 Ghz (36)	OFD...	Lookup OUI?
wirelesslan51	802.11g	00:19:3b:10:22:52	-89 dBm	Infrastructure	WEP	Not Detected	13	0%	2.452 Ghz (9)	OFDM	Lookup OUI?
	802.11b	00:00:00:00:02:00	0 dBm	Unknown	None	Not Detected	8	0%	13.016 Ghz (...)	Unk...	Lookup OUI?
wirelesslan30	802.11b	00:0d:f5:10:1c:93	-74 dBm	Infrastructure	WEP	Not Detected	7	0%	2.412 Ghz (1)	DS	Lookup OUI?
pinilo	802.11g	00:02:6f:44:f3:dd	-87 dBm	Infrastructure	None	Not Detected	2	0%	2.447 Ghz (8)	OFDM	Lookup OUI?

3.34. Redes WiFi Miraflores

En esta banda se tiene disponible 83.5 MHz los cuales de acuerdo a los anchos de banda críticos tienen que ser distribuidos en primera instancia a todos los sistemas receptores para entregar conectividad al HIOKI 3196 instalados en los postes de distribución.

Debido a utilizar la banda ICM se tiene una canalización de 5 a 10 MHz de acuerdo al WiMAX FORUM, utilizando código rate 1/2 CTC 6X a 1.53 Mbps mediante OFDMA escalable con 8 subcanales para DL y UL agrupados en canales de 5 MHz, es decir que se tienen 16 canales con 3 MHz de guarda.

Para este diseño se asumen los niveles de potencia desde la antena de la estación base hasta una distancia de 3000 metros de acuerdo a las normas de WiMAX para tener un nivel de señal aceptable teniendo en cuenta que la potencia de estas antenas se encuentra entre 16 a 23 dbi, se asigna un 30% de portadoras para UL y 70% para DL, lo beneficioso de esta tecnología es que a medida que se aleja de la BS el terminal adapta su potencia y modulaciones manteniendo la velocidad de transmisión. En la figura 3.35 se muestra la posible canalización para la red WiMAX.



3.35. Canalización WIMAX 2.4GHZ

En la zona del PIA algunos de las industrias asentadas ahí poseen una pequeña red WiFi a través de 3 access point en esta banda para la implementación del presente proyecto se acordó que los administradores de red utilicen las frecuencias iniciales de esta banda para evitar las interferencias mutuas.

3.6.2.5. Características de CELDA, desempeño de red

Para este caso se tiene 2 zonas de aplicación, el PIA y el barrio de Miraflores, para lo cual se tienen dos zonas planas a distintas altitudes lo cual facilita el dimensionamiento del ancho de celda en un ambiente urbano outdoor comunicando inicialmente a los 10 equipos analizadores de calidad como se indicó en la parte inicial del presente capítulo.

El edificio matriz de la EEASA se encuentra en el centro de la ciudad, el cual tiene una distancia hacia la zona del barrio de Miraflores de alrededor de 3000 m y una distancia hacia el PIA de alrededor de 6000m, en este sentido se determina utilizar antenas omnidireccionales para cubrir toda la zona de cobertura a un costo mínimo con una sola estación base. Se van a cubrir las tres subestaciones con 2 radio bases debido a las distancias antes mencionadas esto se lo detalla en el plano de la ciudad y red de distribución en el anexo 3.I.

La planificación de cobertura, servicio y requerimientos de estaciones base gateway y terminales se evalúan en el proceso de desarrollo el desempeño y la evaluación de red se analizan mediante una simulación.

3.6.3. DESARROLLO

En los terminales se tiene que asegurar en toda el área de cobertura las mismas velocidades de transmisión, para este proyecto se va realizar un ejemplo de cálculo de la propagación en un ambiente outdoor plano en general, posteriormente se utiliza el programa RADIO PLAN para realizar la simulación del modelo de propagación y velocidades de transmisión. En el anexo 3.I se detalla las simulaciones en las zonas objeto de estudio.

El número de estaciones base y su ubicación dependerán del sitio, en este caso, en primera instancia se ubican en zonas altas de fácil accesibilidad con infraestructura instalada por tratarse de una primera etapa se ha determinado una sola estación base para cubrir cada uno de los barrios es decir se ubicará una radio base que cubre la zona del barrio de Miraflores y otra el PIA.

Al analizar en el plano georeferenciado de la ciudad se encuentra que la distancia entre la matriz de la EEASA y la zona de estudio es menor a lo que recomienda la norma por lo que se ubicará en este edificio de 10 pisos la primera estación base sobre un pedestal instalado de 3 m, el PIA se encuentra a una distancia mayor a los 6km debido a esto se instalará una radio base en la zona de mayor cobertura en este caso el techo del galpón más alto perteneciente a la empresa Plasticaucho.

Es necesario realizar un enlace de backhaul para unir la estación base en el parque industrial con la matriz de la EEASA para ello se utilizarán puentes WiFi por su costo y gran ancho de banda se lo realizará con la norma IEEE 802.11a, uniendo dos puentes esclavos y uno maestro.

Algo adicional al estudio del terreno en las zonas objeto de estudio se tiene su infraestructura urbana como en el barrio de Miraflores el cual se clasifica como una zona residencial donde se tienen edificios de hasta 10 pisos y en promedio se tiene 5 pisos estos edificios son generalmente de concreto de 40 cm de espesor.

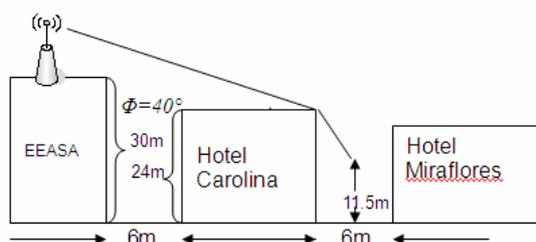
En el parque industrial Ambato se tiene galpones con alturas de hasta 16 m como es el caso del Galpón de la Empresa Plasticaucho S.A., en promedio se tiene 8m de altura de todos los galpones en el PIA, estructuras hechas generalmente de latón, hierro y concreto en el mejor de los casos lo cual influirá en la propagación.

El ancho de la calle tiene que ver mucho en el modelo de propagación por lo cual se determina que en la zona urbana se tienen distancia entre edificios tomando en cuenta calles avenidas y bordillos hechas de concreto con una distancia promedio de 6 m, para la parte rural 8 m en el PIA y finalmente se tiene una altura de los terminales de 11.5 promedio de altura de la ubicación de los transformadores.

Para el cálculo de propagación se tiene que aplicar el modelo de WALFISH IKEGAMI, para el cual anteriormente se describió sus fórmulas, para un ejemplo de cálculo se determina una zona con dos edificios distantes en este caso se realizará un ejemplo en la avenida Miraflores y otro en el parque industrial Ambato en la Panamericana Norte .

Posiblemente se va a colocar una de las radio bases en el edificio matriz de la EEASA con una altura de 30 m debido a una existente infraestructura de telecomunicaciones, eléctrica y civil la cual reduce los costos de instalación, posteriormente se toma un edificio ubicado en la avenida Miraflores el hotel Carolina con un altura de 24 m se tiene un promedio de ancho de la calle 6 m. A continuación se realiza un ejemplo de cálculo para la parte urbana como rural.

Ejemplo de cálculo en la zona urbana (Barrio de Miraflores)



3.36. Ejemplo de cálculo de Propagación en el barrio Miraflores

$$L_b = L_o + L_{rts} + L_{msd}$$

$$L_o = 32.44 + 20 \log (2.4 \text{GHZ}) + 20 \log (2,384 \text{km})$$

$$L_o = 47,59306377 \text{ db}$$

$$L_{rts} = -16.9 - 10 \log W + 10 \log f + 20 \log (\Delta h_p) + L_{ori} \rightarrow 2,5 + 0,075(\Phi - 35)$$

$$L_{rts} = -16.9 - 10 \log (6 \text{m}) + 10 \log (2,4 \text{GHZ}) + 20 \log (24 \text{m} - 1,65 \text{m}) + 2,5 + 0,075(40^\circ - 35^\circ)$$

$$L_{rts} = 8,981 \text{ db}$$

$$L_{msd} = L_{bsh} + K_a + K_b \log d + K_f \log f - 9 \log b$$

$$L_{msd} = -18(1 + h_1 - h_r) + 54 + 18 \log (2,384 \text{km}) + [-4 + 0,7((2400 \text{MHZ}/925) - 1)] \log (2400) + 9 \log (70 \text{m})$$

$$L_{msd} = 70,49 \text{ db}$$

$$L_b = L_o + L_{rts} + L_{msd}$$

$$L_b = 47,59306377 \text{ db} + 8,981 \text{ db} + 70,49 \text{ db}$$

$$L_b = 129,058 \text{ db}$$

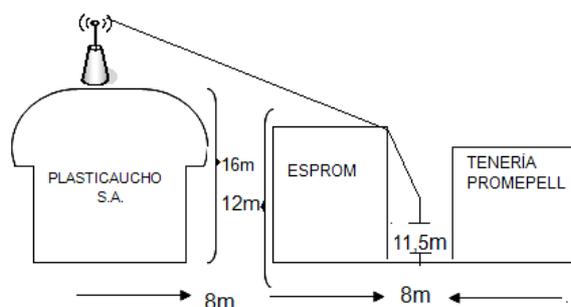
En la tabla 3.17 se tienen cálculos para radios de cobertura que aumentan desde el origen del lóbulo de radiación hasta los 3 km que determina el WIMAX FORUM un nivel de señal aceptable.

Distancia [Km]	Frecuencia [GHz]	h1 [m]	h2 [m]	Hr [m]	W [m]	ϕ [°]	Lo [dB]	Lrts [dB]	Lmsd [dB]	Lb [dB]
0,3	2,44	33	11,5	30	6	0	29,71	14,527	77,72	121,9639219
0,6	2,44	31	11,5	28	6	10	35,75	9,972	77,73	123,4577637
0,9	2,45	29	11,5	26	6	20	39,29	5,289	77,75	122,3242248
1,2	2,45	27	11,5	24	6	30	41,81	0,438	77,76	120,0007519
1,5	2,46	24	11,5	22	6	40	43,76	2,518	80,01	126,2953049
1,8	2,46	23	11,5	20	6	50	45,36	1,441	77,78	124,5814526
2,1	2,47	21	11,5	18	6	60	46,72	-1,075	77,79	123,4320625
12,4	2,47	19	11,5	16	6	70	62,16	-5,4	77,8	134,558837
2,384	2,4	17	11,5	14	6	80	47,59	-11,769	77,65	113,4783899
2,7	2,48	15	11,5	12	6	85	48,96	-26,178	77,82	100,5961907
3	2,49	13	11,5	10	6	90	49,89	-17,196	77,83	110,5203846
3	2,4	33	11,5	24	6	40	49,59	3,934	70,49	124,0105717

3.17. Parâmetros de Walfish Ikegami zona urbana

El software de simulación permite tomar los distintos niveles de potencia en las zonas objeto de estudio para lo cual se realiza un ejemplo de cálculo en el PIA tomando en cuenta que en este caso el área a cubrir es menor a 500m, independiente del tipo de modulación y la banda de frecuencias presentando gran resistencia al ruido e interferencia.

Ejemplo de cálculo para la zona rural (PIA)



3.37. Ejemplo de cálculo de Propagación PIA

$$L_b = L_o + L_{rts} + L_{msd}$$

$$L_o = 32,44 + 20 \log (2,4 \text{ GHz}) + 20 \log (0,874 \text{ km})$$

$$L_o = 38,5298 \text{ db}$$

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log W + 10 \log f + 20 \log (\Delta h_p) + L_{ori} \rightarrow 2,5 + 0,075 (\Phi - 35)$$

$$L_{rts} = -16,9 - 10 \log (8 \text{ m}) + 10 \log (2,4 \text{ GHz}) + 20 \log (16 \text{ m} - 12 \text{ m}) + 2,5 + 0,075 (40^\circ - 35^\circ)$$

$$L_{rts} = -6,1901 \text{ db}$$

$$Lmsd = Lbsh + Ka + Kb \log d + Kf \log f - 9 \log b$$

$$Lmsd = 0 + 57,2 + 21,75 \log (2,384 \text{ km}) + [-4 + 0,7((2400 \text{ MHz}/925) - 1)] \log(2400) + 9 \log(70 \text{ m})$$

$$Lmsd = 104,37 \text{ db}$$

$$Lb = Lo + Lrts + Lmsd$$

$$Lb = 38,5298 \text{ db} - 6,1901 \text{ db} + 104,37 \text{ db}$$

$$Lb = 136,706 \text{ db}$$

En la tabla 3.18 se calcula para un rango de distancias entre 0,1 y 1000 m debido a que el área de cobertura es menor y el terreno a proporcionar servicio es de una topografía plana.

Para este caso no se vio factible utilizar esquema de reutilización de frecuencias debido a que cada estación base tiene una antena omnidireccional que cubre toda el área de cobertura requerida para cada caso, y las zonas de cobertura no se solapan evitando por el momento el handover. Se toma en cuenta que el sistema de comunicación asigna un canal de tiempo y frecuencia configurado a la velocidad de transmisión más baja reduciendo la potencia en terminales y transmisores.

Distancia [Km]	Frecuencia [GHz]	h1 [m]	h2 [m]	Hr [m]	W [m]	ϕ [°]	Lo [dB]	Lrts [dB]	Lmsd [dB]	Lb [dB]
0,1	2,435	50	1,65	30	8	0	20,17	16,985	64,76	101,917
0,2	2,44	48	1,65	28	8	10	26,21	12,789	64,77	103,769
0,3	2,445	46	1,65	26	8	20	29,75	8,5419	64,78	103,072
0,4	2,45	44	1,65	24	8	30	32,26	4,2363	64,79	101,293
0,5	2,455	42	1,65	22	8	40	34,22	7,0159	64,8	106,039
0,6	2,46	40	1,65	20	8	50	35,82	6,8762	64,81	107,511
0,7	2,465	38	1,65	18	8	60	37,18	5,6876	64,82	107,689
0,8	2,47	36	1,65	16	8	70	38,36	3,4231	64,83	106,613
0,9	2,40075	34	1,65	14	8	80	39,13	0,8559	64,69	104,679
1	2,48	32	1,65	12	8	85	40,33	-1,1076	64,85	104,076
1,1	2,485	30	1,65	10	8	90	41,17	-3,5339	64,86	102,505
0,84	2,4	12	11,5	16	8	40	38,53	-6,1895	104,4	136,706

3.18. Parámetros de Walfish Ikegami zona Rural

Se ha revisado algunos fabricantes de esta tecnología para determinar parámetros promedio que ayudarán a cálculo de propagación y rendimiento del presente diseño en las tablas que se muestra a continuación se describe las características generales de las antenas y transmisores.

Dispositivo	Parámetro	Valor	Dispositivo	Parámetro	Valor
Terminal	Ganancia de Antena	6,2dbi	Estación Base	Ganancia de Antena	16dbi
	Banda de frecuencias	2400-2483MHZ		Banda de frecuencias	2400-2483MHZ
	Tipo de Antena	Omnidireccional		Tipo de Antena	Omnidireccional
	Perdidas cables	0,001db		Canalización	5MHZ
	Sensibilidad	-121.6dbi		Modulación	QPSK
	PTX RF	32		PTX RF	47dbm
	Interfaces	PCMCIA		sensibilidad	-141.1

3.19. Características de equipos de transmisión y recepción

La evaluación del grado de servicio GoS permitirá evaluar el tráfico y la asignación de recursos de la red a cada uno de los usuarios en el caso de tener varias conexiones, para el caso del presente trabajo al inicio de este capítulo se determinó el tráfico crítico.

El tipo de servicio es un factor muy importante en la comunicación inalámbrica, debido a su naturaleza asimétrica, en la canalización se diseño enlaces de subida con un 30% del enlace y 70% se asignó a la descarga; es decir para el tipo de modulación y codificación asignada se entregará un CIR de 459 Kbps en UL y en DL 1071 Kbps lo cual para cada uno de los usuarios está sobre los requerimientos.

3.6.4. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Para este segundo diseño se realizó el cálculo para una red de acceso, teniendo en cuenta que son 10 analizadores de calidad, se necesitaran por cada uno, un pequeño conjunto de dispositivos para el diseño, de toda la solución posible a implementarse. Como se lo realizó en el primer trabajo los equipos terminales se unirán a los analizadores de calidad mediante un switch, router el cual entregará conectividad en la red y adicionalmente conectará los dispositivos de audio y video.

Para esta parte del proyecto se define una caja de las mismas dimensiones y características como en el primer diseño entendiendo que los terminales WiMAX son de dimensiones similares y los otros dispositivos no cambian debido a que cumplen las mismas funciones como tele vigilancia y control de instalación de los equipos en los postes mediante los canales de voz.

Con este antecedente se determina que en el presente diseño no se hace necesario volver a diseñar la caja de los elementos teniendo algo importante a considerar es que la carcasa permita la descarga de energía a través del neutro.

A pesar de tener conectividad en todos los puntos del área de cobertura tanto en la radio base ubicada en la EEASA como en la otra ubicada en el PIA necesitan conectarse a un punto central en la ciudad de Ambato, que a su vez se comunicará en un centro de monitoreo ubicado en Quito, en este sentido estos dos dispositivos se conectarán en primera instancia al centro de cómputo de la empresa distribuidora para lo cual necesitarán algún medio de transmisión.

Los lugares a comunicar son los mismos que en el primer diseño aprovechando las instalaciones civiles de la subestación SAMANGA y la EEASA se realiza dos radio enlaces de las mismas características utilizando los puentes WiFi, por lo cual es innecesario volver a realizar cálculos de propagación.

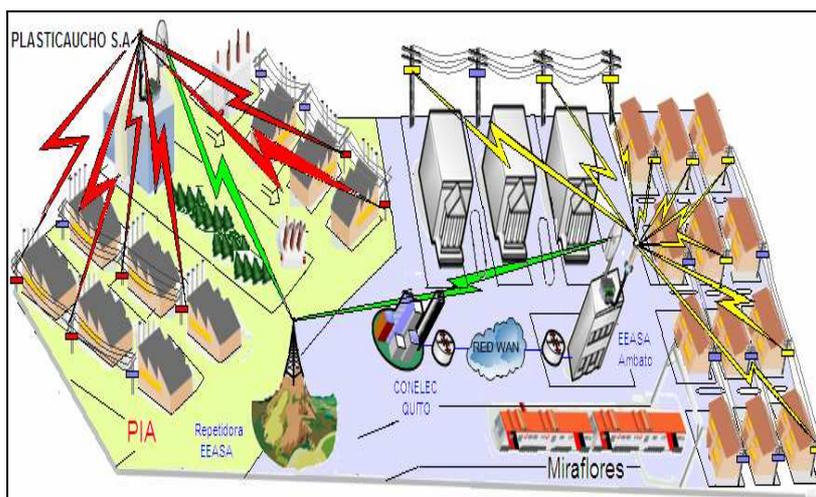
Algo importante para considerar en el presente diseño es que entre celdas no va a existir roaming debido a que no es necesario comunicar a los terminales en movimiento ya que la solución es portable, para un futuro se considerara esta característica.

Para la tecnología de acceso en este caso IEEE 802.16e se necesitan requisitos mínimos de conectividad, seguridad y portabilidad, requerimientos tanto en terminales móviles, estaciones base y gateways los cuales se detallan a continuación en la tabla 3.20.

EQUIPO	REQUERIMIENTOS
ASN-Gateway	Norma IEEE 802.16- 2005, arquitectura AAA, soporte EAP, DHCP, VPN, 802.1q, MPLS, IPsec, múltiples host, QoS, redundancia, monitoreo de eventos, reportes de ejecución del sistema, soporte IPv4, IPv6, IP móvil, Troubleshooting, arquitectura cliente servidor, interfaz de backhaul, Ethernet, FO, microonda, 802.1p, soporte para administración vía protocolos HTTP, SNMP, TFTP, y vía consola, integración con backbone IP o ATM software de administración. suport Radius Server, control de tráfico soporte para RIP, OSPFv2, BGP4
Estación base	Norma IEEE 802.16e, banda de frecuencia de 2400-2483 MHZ, tipo de acceso OFDMA, SOFDMA, TDD, FDD, Beamforming ,modulación adaptiva, antenas con ganancias superiores a los 8dbi, alcance 3000m en outdoor, soporte para handover, alta eficiencia espectral, mapeo de realces a través de software de administración, configuración de vtx asimétrico UL, DL soporte para administración vía protocolos HTTP, SNMP, TFTP, y vía consola, integración con backbone IP o ATM .
Terminales Móviles	Norma IEEE 802.16e, banda de frecuencias de 2400 – 2483 MHZ, tipo de acceso OFDMA, TDD, FDD, alcance 3000 m, ganancia de antena de 6db, bajo consumo de potencia 0 - 100W, vlan, spanning tree configuración de niveles de potencia y velocidad de transmisión, soporte para encriptación 3DES o AES mediante Radius, QoS, interfaces de configuración Ethernet, soporte para DNS y DHCP

3.20. Requerimiento de equipos WiMAX MOBILE

En este diseño se toman en cuenta también los cálculos realizados anteriormente concernientes a servidores de datos, voz y video, requerimientos que no van a variar debido a que los analizadores, cámaras, y teléfonos IP son los mismos, en la figura 3.38 se puede observar la topología de red implementada entre el CONELEC y la EEASA para lo cual se emplea un MODEM IEEE 802.16e por cada analizador de calidad.



3.38. Topología Red WIMAX MOBILE

Como se puede observar en la figura 3.38 se tiene el conjunto de equipos instalados en cada uno de los postes, enlazado a través de esta tecnología a una estación base principal la cual sea el caso de la ubicación en Miraflores o el PIA, se tiene de color amarillo o rojo, comunicados a su vez mediante un enlace de puentes WiFi a la matriz para a su vez salir por un portador por definirse hacia Quito.

El WiMAX FORUM recomienda implementar las estaciones base unidas a un punto central mediante el ASN-GW el cual realiza funciones de router ya que proporciona a estos dispositivos de capa 2 comunicación a redes IP, tomando en cuenta que el número de equipos es pequeño se escogerá de ser necesario un router que tenga características mínimas especificadas en la tabla anterior debido a los costos de los equipos.

Este router ayudará a unir los puentes WiFi con las estaciones base, configurándose en distintas redes para cada uno de los dispositivos con la posibilidad de realizar VLANs de acuerdo a la ubicación de cada una de las radio bases.

Para la selección de los equipos WiMAX se toma en cuanto a la calidad, redes implementadas y adicionalmente equipos existentes, se revisa fabricantes de equipos como ALVARION, NAVINI-CISCO, AIRSPAN, MOTOROLA, entre los más importantes se determinó las características de portabilidad confiabilidad y costo, en este aspecto.

En el mercado ecuatoriano se tiene instalaciones WiMAX fijo mediante las empresas ALVARION y AIRSPAN, para proporcionar Internet en el caso de la empresa operadora TV Cable en la ciudad de Guayaquil, para soluciones portátiles se tienen configuraciones mediante antenas repetidoras de gran tamaño ubicadas en los hogares lo cual dificulta enormemente la solución planteada en el presente trabajo, AIRSPAN presentará una solución completamente móvil para este año modificando el software de estaciones base y terminales en memorias USB lo que le hace atractivo pero en el momento está en fase de pruebas.

Motorola lanza su versión pre WiMAX CANOPI la cual es de carácter fijo principalmente para enlaces punto multipunto instalada en varias organizaciones en el país, lamentablemente los terminales fijos necesitan de grandes transmisores lo cual no soluciona el problema de conectividad para el presente trabajo.

De acuerdo a estos antecedentes el presente diseño se escoge a NAVINI NETWORKS debido a que es fabricante explícito de WiMAX MOBILE el cual ya tiene operando desde algún tiempo en la ciudad de Lima con gran éxito proporcionado servicios de video bajo demanda, telefonía IP inalámbrica, movilidad de hasta 5 Km. en ambientes nómadas, una de las características fundamentales para escoger esta solución son sus terminales de dimensiones similares a los terminales telefónicos.

Las estaciones base se las puede administrar mediante el software de gestión, el cual entre una de las características más importantes permite realizar la asignación dinámica del ancho de banda tanto en enlaces simétricos y asimétricos mediante el mapeo OFDMA con la manipulación simple de ventanas.

Con la tecnología de NAVINI NETWORKS se puede construir para la organización su propio bucle local inalámbrico de banda ancha, cubriendo poblados extensos con pocas radio bases, en este caso la ciudad de Ambato, sin requerimientos de 'línea de vista', y sin esfuerzo de instalación en postes y acometidas.

No se necesita licencia de uso del espectro radio-eléctrico, solamente un permiso de operador de red privada. El coste de desplegar una red RIPWAVE MX NAVINI NETWORKS es tan económico que permite, por primera vez, a grupos de tamaño modesto, entrar en el juego de la banda ancha con solución propia., proporciona terminales de conexión mediante módems con interface ETHERNET, PCMCIA para laptops y como última innovación en dispositivos USB.

Adicionalmente se considera que las estaciones base y antenas son de dimensiones menores a las de los otros fabricantes lo cual proporciona ahorro en montaje de infraestructura civil, fácil instalación debido a que estos equipos tienen características Plug and Play y desde que CISCO adquirió esta compañía existe soporte en todos sus productos.

En la tabla 3.21 se detallan los equipos a utilizar en el diseño de red de acceso detallando el numero de dispositivos de red, estaciones base y terminales móviles

EQUIPO	UBICACIÓN	MARCA / MODELO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
ASN GATEWAY O ROUTER	MATRIZ EEASA	CISCO 7301 ROUTER ASN GW	Gate Way para radio bases IEEE 802.16e	1
ESTACION BASE	MATRIZ EEASA SAMANGA	NAVINI RIPWAVE MX BASE STATION 2,4GHz	18dbi de potencia, alcance de hasta 3km, antena omnidireccional	2
TERMINALES MOVILES	MIRAFLORES P.I.A.	NAVINI RIPWAVE MX MODEM 2,4GHz	Sensibilidad -141.1dbi ganancia de antena 16dbi interfaz Ethernet	1 por cada analizador de calidad

3.21. Equipos WiMAX MOBILE

En la tabla 3.22 se detallan los equipos a utilizar en el diseño de red entre enlaces y servidores, subestaciones y número de terminales, hay que tomar en cuenta que en este diseño las características de tráfico como las aplicaciones y requerimientos son los mismos para el primer diseño, variando únicamente el número de puentes debido a la ubicación de las oficinas de la matriz de la EEASA y el Barrio de Miraflores.

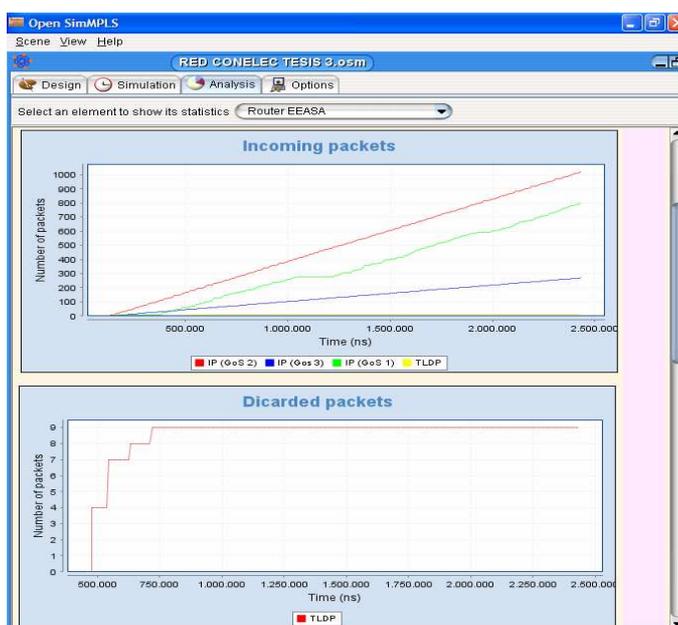
EQUIPO	UBICACIÓN	MARCA / MODELO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TOTAL
PUENTE PRINCIPAL	MATRIZ EEASA	3COM Building-to-Building Bridge Family	NORMA 802.11a ALCANCE 16Km	1	1
PUENTE ESCLAVO	SUBESTACIONES HUACHI,SAMANGA	3COM Building-to-Building Bridge Family SLAVE	NORMA 802.11a ALCANCE 16Km	3	3
REPETIDOR	LOMA PALOMA	3COM Building-to-Building Bridge Family SLAVE	NORMA 802.11a ALCANCE 16Km	3	3
ROUTER SWITCH	CAJA DE APLICACIÓN	DLINK DI 624	QoS, VLAN	1/HIOKI 3196	10
CAMARA VIDEOVIGILANCIA	CAJA DE APLICACIÓN	DLINK 950	MPEG4, H263 /H264 2MPIXELES	1/HIOKI 3196	10
REGULADOR DE VOLTAJE	CAJA DE APLICACIÓN	POWERWARE DATA LINE 800VA	110/220V	10	10
TELEFONO IP	CAJA DE APLICACIÓN	LINKSYS SPA922	H323, SIP	1/HIOKI 3196	10
SERVIDOR DE ARCHIVOS	CONELC	2 PROCESADORES INTEL XEON 5300 1GB RAM/1000GB RAID 0 Raid 1 HD SO LINUX CENTOS 5	SERVICIOS: FTP, HTTP, SAMBA LINUX	1	1
SERVIDOR SEGURIDADES	EEASA	2 PROCESADORES INTEL XEON 5300 1GB RAM/1000GB RAID 0 Raid 1 HD SO LINUX CENTOS 5	FREE RADIUS, CERTIFICADOS DIGITALES X509 FIREWALL	1	1
SERVIDOR VIDEO	EEASA	2 PROCESADORES INTEL XEON 5300 1GB RAM/1000GB RAID 0 Raid 1 HD SO WINDOWS 2003 R2	WINDOWS 2003 R2 SMALL BUSSINES	1	1
SERVIDOR TELEFONÍA	EEASA	2 PROCESADORES INTEL XEON 5300 1GB RAM/1000GB RAID 0 Raid 1 HD LINUX ASTERIX	ASTERIX H323, SIP G:711, G.722, G.723.G.728, G.729,	1	1
SWITCH 8 PUERTOS	MATRIZ EEASA SUBESTACIONES SAMANGA, HUACHI	DLINK DGS-2208	IEEE 802.3,802.3u,802.1p, 802.3ab compatible con 10BASE-T, 100BASE-TX, and 1000BASE-T	1	3
SERVIDOR DE MONITOREO DE RED	CONELC	PENTIUM CORE 2 DUO 2,66GHZ 2GB RAM/1000GB LINUX CENTOS 5	WINDOWS 2003 R2 SMALL BUSSINES	1	3
CABLE UTP CAT 5e	TODOS LOS PUNTOS				

3.22. Equipos Complementarios red WiMAX MOBILE

3.6.5. Red WAN

En el capítulo uno se realizó el análisis del enlace a contratar mediante la tecnología MPLS, se revisó los dos casos de funcionamiento del sistema de telecomunicaciones, concluyendo utilizar la primera opción debido que la cantidad de ancho de banda es proporcional al costo sin afectar considerablemente el rendimiento, en esta parte del trabajo se tratará de optimizar este enlace realizando un análisis de tráfico al disminuir los requerimientos del mismo buscando tener un nivel de rendimiento aceptable entendiendo que no existan altos niveles de latencia, pérdidas de paquetes, y retransmisiones.

Para esto se toma el caso cuando el enlace funcione al 50% de concurrencia es decir el tráfico de 5 equipos trabajando simultáneamente y disminuyendo el tiempo por cuadro de las imágenes enviadas por la cámara de video teniendo el problema que las imágenes se visualicen como fotografías en movimiento lo cual para la solución no será un problema.



3.39. Optimización del Enlace

En los generadores de tráfico se disminuye a la mitad manteniendo los mismos niveles de GoS y los ruteadores de la simulación se configuran con valores de 5,121 Mbps En la figura 3.39 se observa el comportamiento de la optimización del enlace, aquí se visualiza que el comportamiento de los paquetes es similar a las otras configuraciones por lo cual se opta por utilizar esta configuración para este diseño de red como para el primero sugiriendo en este caso los equipos que permitan tener conectividad mediante este enlace.

Al consultar diferentes proveedores del servicio se ofrece el alquiler del enlace y el alquiler de los equipos de conectividad, en la instalación del servicio. Para esta necesidad en particular se necesita 2 routers generalmente de la casa Cisco debido a su facilidad de configuración y soporte técnico, pero el enlace a instalar no es para realizar la actividad de un portador, por el contrario es una pequeña aplicación menor que 100 Mbps.

Con este antecedente se opta por arrendar el servicio y utilizar computadores con el sistema operativo Debian 3.1, debido a que Linux permite para volúmenes pequeños de información protocolos de enrutamiento BGP, RIP, OSPF, entregan soporte para comunicaciones Ethernet, VLANs, realizar NAT, ATM, PPOE filtrado de iptables, teniendo en cuenta el número de usuarios; estas maquinas se podrían utilizar como servidores adicionales de seguridad (firewall), archivos, web, etc. En la tabla 3.23 se detalla las características de estos computadores.

Equipo	Características	Capacidad
Procesador	Intel Core 2 duo	2Ghz
Motherboard	MAINBOARD INTEL DG33BU	Soporte DDR2 800 MHz, DDR2 667 MHz DIMMs Soporte de 8GB de memoria
Memoria	PC-6400	2 GB
Almacenamiento	HD serial ATA 2	200 GB
Cache	L1=64kb	L2=4Mb
Interfaz de Red	2 tarjetas Ethernet	10/100/1000

3.23. Características de equipos de conmutación MPLS

En el anexo 3.o se detalla las data sheets de los equipos.

CAPITULO IV
ANÁLISIS DE COSTOS

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE COSTOS

4.1. INTRODUCCIÓN

En esta parte del trabajo se va a desarrollar un análisis de costos de las dos soluciones posibles a implementar poniendo énfasis en el costo de los equipos de la red de acceso, red de backbone, backhaul, equipos complementarios, servidores, licencias de software y permisos de funcionamiento como red privada, y el alquiler del enlace WAN MPLS entre Ambato y el posible centro de monitoreo en la sede del CONELEC en la ciudad de Quito.

Se analiza el costo del personal que se encargaría de instalar el sistema y el monitoreo del mismo considerando que este proyecto se lo realiza, tomando en cuenta que es un proyecto piloto en la zona urbana y rural para evaluar la calidad de servicio eléctrico.

Adicionalmente se analiza otras posibilidades de aplicación de la red a diseñarse tanto para la EEASA como para el CONELEC.

4.2. COSTO DE LA PRIMERA SOLUCIÓN DE RED

En la primera solución de red se utilizó en el acceso Broad Band Power Line Communications para el proyecto, en la tabla 4.1 se detalla el costo de equipos tanto en baja y media tensión.

SUBESTACION	ALIMENTADOR	EQUIPOS MV	PRECIO UNIDAD	TOTAL USD
HUACHI	MIRAFLORES	3	1150	3450
SAMANGA	PIA	3	1150	3450
	CUCHIBAMBA	1	1150	1150
REPETIDOR HIOKI 3196	ZONA URBANA Y RURAL	17	1150	19550
TOTAL				27600

4.1. Precio Equipos BPL MV

En la tabla 4.2 se puede observar el costo de los equipos 3Com elegidos y los equipos Cisco teniendo en cuenta que nuestra solución utiliza pocos usuarios concurrentes, se utiliza una solución más económica.

EQUIPO	MARCA / MODELO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL USD
PUENTE PRINCIPAL	3COM Building-to-Building Bridge Family	NORMA 802.11a ALCANCE 16Km	1	982.73	982.73
PUENTE ESCLAVO	3COM Building-to-Building Bridge Family SLAVE	NORMA 802.11a ALCANCE 16Km	INCLUIDO FUNCIONES DE PUENTE Y REPETIDOR	0	0
REPETIDOR	3COM Building-to-Building Bridge Family SLAVE	NORMA 802.11a ALCANCE 16Km	3	982.73	2948.19
TOTAL					3930.92

4.2. Precio de Puentes WiFi

Un factor determinante en la solución del sistema de telecomunicaciones es la conectividad proporcionada por la misma, donde se encuentran los equipos de comunicaciones y tele vigilancia, se detalla su costo en la tabla 4.3.

EQUIPO	MARCA / MODELO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL USD
ROUTER SWITCH	DLINK DI 624	QoS, VLAN	10	54	540
CAMARA VIDEOVIGILANCIA	DLINK 950	MPEG4, H263	10	226	2260
REGULADOR VOLTAJE	ALTEK	110/220V	10	20	200
TELEFONO IP	LINKSYS SPA922	H323, SIP	10	109.5	1095
TOTAL					4095

4.3. Precio de Equipos para conectividad HIOKI 3196

El almacenamiento, provisión de seguridad y transmisión de datos y video a través de la red de acceso se lo realiza mediante servidores de datos, calculando la capacidad de los mismos en el capítulo 3 en la tabla 4.4 se detalla sus características y precio.

EQUIPO	MARCA / MODELO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL USD
SERVIDOR ARCHIVOS	2 PROCESADORES INTEL XEON 5300 1GB RAM/1000GB RAID 0 Raid 1 HD	SERVICIOS: FTP,HTTP, SAMBA	1	2207,78	2207,78
SERVIDOR SEGURIDADES Y TELEFONÍA	2 PROCESADORES INTEL XEON 5300 1GB RAM/1000GB RAID 0 Raid 1 HD	FREE RADIUS, CERTIFICADOS DIGITALES X509 FIREWALL ASTERIX H323, SIP G:711, G.722, G.723.G.728, G.729,	1	2207,78	2207,78
SERVIDOR VIDEO	PENTIUM CORE 2 DUO 2,66GHZ 2GB RAM/1000GB HD PCI NVIDIA 128Mbps	APLICACIÓN DE VIDEO	1	1650	1650.00
SERVIDOR MONITOREO	PENTIUM CORE 2 DUO 2,66GHZ 2GB RAM/1000GB HD PCI NVIDIA 128Mbps	SNMP TFTP	1	1650	1650.00
SWITCH 8 PUERTOS	DLINK DGS-2208	802.3,802.3u,802.1p, 802.3ab compatible con 10BASE-T, 100BASE-TX, y 1000BASE-T	4	200	800
TOTAL					7715.56

4.4. Precio de Equipos para conectividad HIOKI 3196

Dependiendo del sistema operativo y las aplicaciones, influyen de manera directa en el costo por lo cual en este trabajo se evalúa el software a utilizar, para disminuir los costos de la solución total se opta donde sea posible utilizar sistemas operativos y software de naturaleza libre el cual posibilita tener la misma calidad de herramientas evitando la necesidad de realizar grandes inversiones, para el servidor de video y monitoreo debido a que el software de tele vigilancia se utiliza Windows 2003 R2.

EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL USD
LICENCIA WINDOWS 2003 R2	2	350	700
LINUX CENTOS 5	10		0
TOTAL			700

4.5. Precio de Sistemas Operativos

Finalmente para este primer diseño se detalla el costo de los computadores que permitirán realizar la conexión MPLS y el tipo de sistema operativo a instalar.

EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL USD
PENTIUM CORE 2 DUO 2,66GHZ 2GB RAM/1000GB HD	2	1650	3300
LINUX CENTOS 5	2	0	0
TOTAL			3300

4.6. Precio de equipos MPLS

Adicionalmente se valora el enlace WAN MPLS en el cual se tiene el costo para dos tasas de datos, para el primer diseño 1024 Kbps y 512 Kbps.

Punto A	Punto B	SERVICIO	BW (Kbps)	MEDIO TRANSMISION	PRECIO MENSUAL (USD)
QUITO	AMBATO	TUNEL IP MPLS	512	FIBRA ÓPTICA	400
QUITO	AMBATO	TUNEL IP MPLS	1024	FIBRA ÓPTICA	650

4.7. Precio del enlace MPLS

4.3. COSTO DE LA SEGUNDA SOLUCIÓN DE RED

En la tabla 4.8 se detalla los valores tanto de estaciones base ASN Gateways y terminales móviles previamente para la elección de equipos a utilizarse se determinó el precio de cada uno de los dispositivos, el tamaño, frecuencia y funcionalidad.

EQUIPO	MARCA / MODELO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL USD
ASN GATEWAY O ROUTER	CISCO 7301 ROUTER ASN GW	Gate Way para radio bases IEEE 802.16e	1	2000	2000
ESTACION BASE	NAVINI RIPWAVE MX BASE STATION 2,4 GHz	18dbi de potencia, alcance de hasta 3km, antena omnidireccional	2	25000	50000
TERMINALES MOVILES	NAVINI RIPWAVE MX MODEM 2,4 GHz	Sensibilidad -141.1dbi ganancia de antena 16dbi interfaz Ethernet	10	200	2000
TOTAL					54000

4.8. Precio Equipos WiMAX

A diferencia del primer diseño se observa que el número de repetidores disminuye debido a consideraciones de diseño, es decir, en el edificio matriz se instaló la segunda estación base la cual permite entregar conectividad al barrio de Miraflores.

EQUIPO	MARCA / MODELO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL USD
PUENTE PRINCIPAL	3COM Building-to-Building Bridge Family	NORMA 802.11a ALCANCE 16Km	1	982.73	982.73
PUENTE ESCLAVO	3COM Building-to-Building Bridge Family SLAVE	NORMA 802.11a ALCANCE 16Km	INCLUIDO FUNCIONES DE PUENTE Y REPETIDOR	0	0
REPETIDOR	3COM Building-to-Building Bridge Family SLAVE	NORMA 802.11a ALCANCE 16Km	2	982.73	1965.46
TOTAL					2948.19

4.9. Precio de Puentes WiFi

Al comparar los diseños encontramos la similitud en los dispositivos de comunicación del analizador de calidad y servidores, por lo cual se considera no volver a realizar estos cálculos, algo importante de considerar en el costo es que se utiliza la banda de frecuencias libre ISM 2.4GHz por lo cual no se tiene que pagar por concesión de licencias de uso del espectro.

Debido a ser una red corporativa necesariamente se debe de obtener un título habilitante para cada uno de los casos de diseño de red, lo que permite empezar su posible implementación, en la tabla 4.10 se detalla el costo de obtención de este título.

RED	COSTO RED PRIVADA USD
WiMAX MOBIL	500

4.10. Costo del permiso de red privada

4.4. ESTIMACION DE COSTOS DE LA MANO DE OBRA

En este punto se analiza el costo de mano de obra en la implementación de la solución y su operación, en este sentido el costo por el tamaño de la red es pequeño a pesar de ser metropolitana en la parte del acceso, por lo cual se determina un ingeniero para la configuración de todo el sistema, se estima un tiempo de implementación aproximado de seis meses entre instalación, periodo de pruebas y producción de la red de telecomunicaciones.

Para el funcionamiento de la solución, necesariamente para realizar la colocación de la caja con los equipos en los transformadores y acometidas se requiere un operario el cual realizará estas mediciones cada siete días en las zonas objeto de estudio.

Con este antecedente se estima el costo de un operario permanente en la empresa, el cual realiza las mediciones en las zonas objeto de estudio, se calcula para todo el tiempo de duración del proyecto.

PERSONAL	COSTO / MES USD	COSTO / AÑO USD
INGENIERO	800	9600
OPERARIO	400	4800

4.11. Costo del mano de obra

4.5. COMPARCIÓN DE PRECIOS EN LAS DOS SOLUCIONES

Según el costo de las soluciones es necesario determinar la de menor precio, al mismo rendimiento, entendiendo que no se sacrifica parámetros técnicos ya que se utilizó el mismo criterio para las dos tecnologías de acceso en los diseños anteriores.

En la tabla 4.12 se detalla los costos por cada uno de las partes de la red desde el terminal hasta el posible centro de monitoreo en Quito.

TECNOLOGÍA	COSTO RED ACCESO	RED BACKHAUL WI-FI USD	EQUIPOS CAJA USD	SERVIDORES USD	MPLS USD	TOTAL USD
RED BPL	19200	3930.92	4095	8592.34	650	36468.26
RED 802.16e	72000	2948.19	4095	8592.34	650	88285.53

4.12. Comparación de costo de las dos soluciones

4.6. ELECCIÓN ECONÓMICA DE LA ALTERNATIVA POSIBLE A IMPLEMENTARSE

Al comparar las dos alternativas de diseño se observa que a pesar de que se utilizan menos enlaces WiFi el costo de WiMAX, sigue siendo elevado debido a este antecedente se escoge la tecnología BPL, porque proporciona menor inversión inicial por lo cual será la solución que se presente al CONELEC para que posteriormente decida su implementación.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se cumple el objetivo de presente trabajo al diseñar una red de telecomunicaciones, que permite evaluar la calidad de servicio eléctrico de usuarios finales tanto en la parte urbana como en la rural de la provincia de Tungurahua, con dos tecnologías de acceso diferentes, cumpliendo parámetros de disponibilidad, confiabilidad y escalabilidad.
- El presente proyecto cumple con el objetivo de proporcionar una red propietaria, confiable, y segura al costo mínimo para comunicar a todos los puntos de medición eléctrica como transformadores y acometidas en las zonas objeto de estudio y adicionalmente en el caso de su implementación proporcionar servicios adicionales.
- En el transcurso del periodo de funcionamiento del presente proyecto se tendrá un incremento en los abonados del sistema de distribución lo cual modificará alguno parámetros a ser medidos desde el punto de vista eléctrico, dependiendo de la carga conectada a cada uno de los transformadores, para lo cual se tendrá que incrementar el número de equipos y mediciones en el área de concesión de la EEASA.
- Los requerimientos de tele medida, telecontrol y tele comando de los analizadores de calidad, adicionalmente la tele vigilancia y los canales de voz como el monitoreo de la red propiamente dicha, requieren alto grado de calidad de servicio y cobertura en las zonas de estudio, en este contexto los portadores y proveedores de servicio no lo aseguran teniendo en cuenta tecnologías como ADSL que no tiene ultima milla en cada uno de los transformadores y para las tecnologías móviles la tele vigilancia presenta alto grado de latencia y costos sumamente elevados.

- La tecnología satelital sería la que proporcione cobertura en todos los puntos pero el costo por byte transmitido no justificaría la inversión, adicionalmente que el sistema necesitaría de equipos de tamaño considerable lo cual dificultaría las características de portabilidad y movilidad.
- La evolución de los sistemas de tele medida y telecontrol aumenta los requerimientos de ancho de banda para las soluciones, como lo demuestra el presente proyecto, debido a que para el tratamiento de datos, operación y manipulación de equipos se incluyen protocolos a diferentes niveles lo cual incrementa el tamaño de las cabeceras, incrementado el tráfico cursado por la red.
- Al no poseer la EEASA una red metropolitana con anillos de fibra óptica la comunicación entre subestaciones se lo realiza mediante puentes WiFi debido a que en comparación con soluciones WiMAX fijo o soluciones de espectro ensanchado se tiene un menor rendimiento en velocidad de transmisión, latencia y calidad de servicio, se opta por esta solución debido al bajo costo en repetidores.
- Tanto para BPL o WiMAX móvil se tiene que asignar el ancho de banda a utilizar para los datos de monitoreo de los HIOKI 3196, voz sobre IP, video y el tráfico para controlar y monitorear la red asignando prioridades a los datos del analizador de calidad y de la red debido a que la solución transmite en tiempo real.
- A nivel de última milla, los índices de penetración de la red eléctrica es superior que la red telefónica por lo que BPL asegura cobertura en todos los punto de medición en las zonas objeto de estudio. De igual forma WiMAX móvil asegura cobertura en todos los puntos con una antena omnidireccional como se observa en la simulación tanto urbana como rural.

- Las dos tecnologías de acceso tanto alámbrica como inalámbrica aseguran el despliegue de redes metropolitanas a un costo considerablemente menor que otras tecnologías debido a que en el caso de BPL el medio de transmisión son los cables de media y baja tensión invirtiendo en repetidores por cada 2000 m. Para este caso se utiliza la banda ISM por lo que no se tiene un costo por concesión del espectro radioeléctrico.
- Para la tecnología BPL se evita problemas de compatibilidad de equipos tanto en media como en baja tensión, debido a que el diseño se basa en el estándar IEEE 1901 proyecto OPERA versión 1.
- Un factor preponderante de análisis para la implementación de una red BPL es la interferencia que genere a otros sistemas como el radio aficionado enfocando a que los repetidores deben de utilizar bajos niveles de potencia teniendo en cuenta que las distancias de cobertura se incrementan por ende aumenta el número de repetidores y el costo de la solución, en el Ecuador no existe una regulación vigente.
- Adicionalmente se debe considerar posteriormente los armónicos generados por los repetidores y Head End's BPL cuando ingresan señal a la red de distribución eléctrica debido a la utilización de dispositivos no lineales con lo cual aumenta las perturbaciones a medir con los analizadores de calidad.
- En la mayoría de países de Latinoamérica se tiene la automatización de los sistemas eléctricos de distribución, máximo hasta el nivel de subestación a 69 KV, BPL permite realizar el control de la red eléctrica hasta el usuario final pudiendo controlar los medidores y acometidas beneficiando así la disminución de pérdidas y el aumento de servicio como la facturación en línea y la energía prepago en tiempo real.

- WiMAX móvil permite realizar la transmisión de paquetes IP a grandes distancias debido al gran ancho de banda que posee sin necesidad de línea de vista con equipos terminales de pequeñas dimensiones lo cual facilita la portabilidad, siendo una desventaja el costo de los equipos, pero a medida que pasan los años su costo ha disminuido ostensiblemente.
- Al utilizar la banda libre se tiene gran cantidad de interferencia por lo cual la canalización y el permiso de red privada permiten determinar las frecuencias donde va a trabajar la solución siendo exclusivas para el presente proyecto, limitando a otros usuarios el uso de las mismas.
- La caja que posee los analizadores de calidad debido al material realizado permite aislar eléctricamente a todo el sistema receptor con el analizador de calidad, ayudando a evitar arcos de corriente que podrían producirse entre la antena del Terminal IEEE 802.16e y las líneas de 13.8KV presentes en los transformadores.
- WiMAX siendo una tecnología emergente se presenta actualmente como una solución complementaria a las tecnologías 3G, principalmente debido a la velocidad, movilidad y a los precios de los equipos terminales. En un futuro se espera que sea competencia para estas tecnologías.
- BPL como WiMAX móvil son tecnologías inseguras debido a que cualquier usuario podría conectarse a la red mediante un modem conectado a un toma corriente o en el caso inalámbrico se conecta mediante una tarjeta, por lo cual la seguridad influye dentro del presente trabajo, en este sentido el servidor RADIUS permite la autenticación y seguridad a nivel de acceso a la red.
- El firewall es un segundo filtro de seguridad ubicado en el posible centro de monitoreo en el CONELEC el cual ya está instalado, garantizando para toda la red autenticación autorización, contabilidad y no repudio, Asignando a cada equipo un puerto fijo TCP o UDP según sea el caso.

- Al revisar los costos de la solución se observa que la red WiMAX móvil resulta ser más costosa que la red BPL indicando que todavía a pesar de su desarrollo es muy compleja la implementación de soluciones con esta tecnología.
- En los dos diseños de red se asegura que las soluciones sean centralizadas y brinden características de confiabilidad, portabilidad y corporativas a un costo relativamente bajo debido a que se aprovecha la infraestructura existente en la EEASA como la del CONELEC.
- Para interconectar la red metropolitana BPL o WiMAX se decidió contratar un enlace WAN el cual permitirá tener alto grado de servicio mediante la tecnología MPLS la cual permite asignación dinámica de tráfico y es la que la mayoría de proveedores visitados ofertaron, la simulación ayudó a determinar el tráfico a contratar.
- Se eligió a loma Paloma como repetidora de los radio enlaces con puentes WiFi debido a la saturación de enlaces en el cerro Pilisurco y adicionalmente a que la empresa distribuidora tiene infraestructura instalada tanto eléctrica como civil y torres de 10 m para la instalación de las antenas.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para la posible implementación del proyecto con cualquiera de las dos tecnologías se recomienda tener una política de instalación de la tecnología principal y secundaria, implementación de sitios, fase de pruebas y políticas de seguridad y localización de fallas.
- Se recomienda que al implementar la red BPL se la aproveche para entregar nuevos servicios como: facturación en línea, el prepago eléctrico, conexión y desconexión del servicio en tiempo real, reclamos por mala calidad de servicio vía web, la automatización para el control de pérdidas negras entre otras.

- Con las facilidades que prestan las tecnologías utilizadas principalmente los altos grados de servicio y segmentación de tráfico es posible aprovechar la red para proporcionar servicios a las agencias de la propia empresa teniendo en cuenta que en la zona de cobertura posee un número considerable de agencias, e incluso cambiando el carácter del proyecto inicial se podría convertir en proveedor de servicios de Internet en la ciudad de Ambato.
- Debido al tamaño de la ciudad de Ambato se puede observar que con 2 radio bases prácticamente se cubre toda la ciudad lo cual con algunas modificaciones al presente proyecto se convertiría en un ISP inalámbrico con una desventaja que necesariamente se tiene que revisar la concesión de la espectro electromagnético y concesión de otra banda de frecuencia.
- Se recomienda realizar en base de este proyecto el estudio de los efectos que tendría la implementación de una red BPL en la calidad de servicio eléctrico tomando en cuenta los armónicos que genera principalmente a nivel de media tensión, es decir su incidencia desde el punto de vista eléctrico, y de las telecomunicaciones por las posibles interferencias que genere.
- Se recomienda utilizar esta tecnología para proveer servicios de Internet y telefonía en zonas en las cuales no llega el bucle telefónico, tomando en cuenta que el cableado eléctrico tiene una duración aproximada de 20 años.
- Se recomienda al CONELEC publicar el resultado de mediciones en un servidor Web para que en este caso todo el sector esté informado de lo que sucede en cada uno de los puntos de medición.
- Para una posible de implementación del proyecto con IEEE 802.16e debido a la utilización de la banda ISM, se debe realizar un nuevo site survey para determinar las redes existentes, posteriormente llegar a un acuerdo con los propietarios a que usen otras bandas a pesar de que previamente se ha obtenido el título habilitante correspondiente al permiso de uso por red privada para maximizar su uso.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] *Electrical Transmission and Distribution Reference Book*. Cuarta Edición. Pennsylvania: ABB
- [2] Halid Hrasnica Abdelfatteh, Haidine Ralf, Lehnert (2007). *Broadband Power line Communications*. Primera Edición. USA: Willey
- [3] Andrew Tanenbaum. (2003). *Redes de computadoras* Cuarta Edición. Holanda: Prentice Hall
- [4] *William Stallings* (2005). *Comunicaciones y redes de computadores* Sexta Edición. USA: Prentice Hall
- [5] Jeffrey G. Andrews, Arunabha Ghosh, Rias Muhamed (2007). *Fundamentals WIMAX* Sexta Edición. USA: Prentice Hall
- [6] Consejo Nacional de Electricidad. (2007). *Regulación de la Calidad de Servicio Eléctrico (004/001)*. Quito.
- [7] Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte (2007). *Guías de Diseño EEASA, Octubre 2007*. Ambato: Centro de Publicaciones.
- [8] Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte (2000). *Sistema de Información para Distribución (SID)*, Ambato: Centro de Publicaciones.
- [9] Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte (2007). *Sistema de Información Geográfica (GIS)*, Ambato: Centro de Publicaciones.
- [10] Condiciones Atmosféricas de la ciudad de Ambato (2007), "Humedad, condiciones de terreno", <http://www.ambato.gov.ec>.

- [11] Condiciones Atmosféricas de la Atmosféricas de la provincia de Tungurahua (2007), "Humedad, condiciones de terreno", <http://www.tungurahua.gov.ec>.
- [12] Topología de red telefónica en la ciudad de Ambato (2007), "Puntos de presencia", <http://www.andinatel.com>.
- [13] Cobertura de servicio de Internet en la ciudad de Ambato (2007), "Cobertura de servicio a través de ADSL", <http://www.andinanet.net>.
- [14] Cobertura de servicio de Internet en la ciudad de Ambato (2007), "Cobertura de servicio a través de ADSL", <http://www.andinanet.net>.
- [15] Cobertura de servicios móviles en la provincia del Tungurahua (2007), "Cobertura de servicio a través de GSM y CDMA 1x EVDO", <http://www.alegropcs.com>.
- [16] Cobertura de servicios móviles en la provincia del Tungurahua (2007), "Cobertura a través de GSM y CDMA 1x IS95", <http://www.movistar.com.ec>.
- [17] Cobertura de servicios móviles en la provincia del Tungurahua (2007), "Cobertura a través de GSM y CDMA 1x IS95", <http://www.movistar.com.ec>.
- [18] Cobertura de servicios móviles en la provincia del Tungurahua (2007), "Cobertura través de GSM", <http://www.porta.net>.
- [19] Proveedor de servicios portadores en la provincia del Tungurahua (2007), "Cobertura de la red metropolitana de fibra óptica", <http://www.telconet.net>.

- [20] Proveedor de servicios de Internet en la provincia del Tungurahua (2007), “Cobertura de la red ADSL”, <http://www.interactive.net.ec>.
- [21] Proveedor de servicios portadores en la provincia del Tungurahua (2007), “Cobertura de la red WAN de fibra óptica”, <http://www.transnexa.com>.
- [22] Proveedor de servicios portadores en la provincia del Tungurahua (2007), “Cobertura de la red VSAT”, <http://www.impsat.com>.
- [23] Proveedor de servicios portadores en la provincia del Tungurahua (2007), “Cobertura de la red metropolitana de fibra óptica”, <http://www.grupotvcable.com.ec>.
- [24] Proveedor de comunicación satelital en el Ecuador (2007), “Cobertura de la red satelital Iridium”, <http://www.comsatel.com.ec>.
- [25] Proveedor de servicios de Internet en la provincia del Tungurahua (2007), “Cobertura de la red metropolitana de fibra óptica”, <http://www.asap-tel.net>.
- [26] Empresas existentes en el sector de Telecomunicaciones (2007), “Informe anual a la Presidencia de la República 2006”, <http://www.supertel.gov.ec>.
- [27] Redes de telecomunicaciones aplicadas a subestaciones eléctricas de distribución, (2007), “Descripción y aplicación de la norma IEC 61650 por Las empresas SIEMENS Y ABB, [http://www02.abb.com/global/clabb/clabb151.nsf/0/584514dde9936a10c12571ef00716097/\\$file/IEC61850_Santiago.pdf](http://www02.abb.com/global/clabb/clabb151.nsf/0/584514dde9936a10c12571ef00716097/$file/IEC61850_Santiago.pdf).
- [28] Configuración de seguridades en servidores Linux (2007), “Configuración de servidores Free Radius Server”, <http://www.freeradius.org>.
- [29] Análisis de protocolos multimedia (2007) “Descripción del protocolo H323 para aplicaciones de voz y video”. <http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/h323.pdf>.

- [30] Análisis de protocolos para transmitir voz sobre IP (2007) “Descripción del protocolo G.711 para aplicaciones de voz en tiempo real”. <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.711-198811-l/en>.
- [31] Análisis de protocolos para sistemas de tele vigilancia sobre tecnología IP (2007) “Descripción del protocolo Mpeg4 para aplicaciones de video en tiempo real”. <http://www.m4if.org/public/documents/vault/m4-out-20027.pdf>.
- [32] Broadband Power Line Communications descripción del estándar IEEE 1901 (2007) “Arquitectura y análisis de proceso de comunicación” <http://www.ist-opera.org/>.
- [33] Universidad de Tecnologías Helsinki (2007) “Modelamiento de un canal BPL”, http://netlab.hut.fi/opetus/s383310/05-06/Kalvot%2005-06/Gao_181005.ppt.
- [34] Universidad Nacional Experimental Politécnica de Venezuela (2007), “Descripción matemática de un canal BPL”, http://www2.scielo.E.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212006000300006&lng=es&nrm=iso.
- [35] WIMAX MOBILE descripción del estándar IEEE 802.16e (2007), “Arquitectura y análisis del proceso de comunicación”, <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16e-2005.pdf>.
- [36] Universidad Politécnica de Cataluña (2007), “Simulador MPLS” <http://www-entel.upc.es/xavierh/mpls/index.html>.
- [37] Funcionamiento y análisis de redes MPLS (2007), “Topología formatos de trama”, <http://es.wikipedia.org/wiki/MPLS>.
- [38] ASCOM (2007) “Especificaciones técnicas de equipos BPL, repetidores de medio y bajo voltaje”, <http://www.ascom.com/>

- [39] CORINEX (2007) “Especificaciones técnicas de equipos BPL, repetidores de medio y bajo voltaje”, <http://www.corinex.com/>.
- [40] AMPERION (2007) “Especificaciones técnicas de equipos BPL, repetidores de medio y bajo voltaje”, <http://www.amperion.com/>.
- [41] ILEVO (2007) “Especificaciones técnicas de equipos BPL, repetidores de medio y bajo voltaje”, <http://www.amperion.com/>.
- [42] 3COM (2007) “Especificaciones técnicas de puentes inalámbricos IEEE 802.11 a, 802.11b, 802.11g”, <http://www.3com.com/>.
- [43] D`LINK (2007) “Especificaciones técnicas de switch y ruteadores, gateway ethernet”, <http://www.dlink.com/>.
- [44] NAVINI (2007) “Especificaciones técnicas de estaciones base gateway`s y módems IEEE 802.16e”, <http://www.navini.com/>.
- [45] CISCO (2007) “Especificaciones técnicas ruteadores gateway`s y switch”, http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns524/ns562/ns223/net_brochure0900aecd801e8bfe.pdf.
- [46] HEWLETT PACKARD (2007) “Especificaciones técnicas de servidores”, <http://www.hp.com/latam/ec/grandes-empresas/servidores/index.html>
- [47] Christian D. Bravo G.; Andrés D. Calle Z., (Quito, Abril 2006), “Diseño de un ISP, basado en la tecnología Broadband Power line Communications, para la Empresa Eléctrica Quito S.A.”.
- [48] Fernanda E. Páez A. (Quito, Octubre 2006), “Estudio de factibilidad para la aplicación de la tecnología “Broadband Over Power Line ” usando la infraestructura de la red de distribución de las subestaciones San Rafael y Sangolquí de la Empresa Eléctrica “Quito” S.A.”.

- [49] Franklin I. Palate C. (Quito, Septiembre 1998), "Diseño de un sistema de comunicaciones par la transmisión de voz y datos en el área de concesión de la Empresa Eléctrica Ambato S. A".
- [50] Santiago R. Maldonado C. Iván P. García P. (Quito, Agosto 2005), "Diseño de la cobertura de telefonía móvil celular en la banda de 1900 MHz / con la tecnología CDMA 2000 1x RTT para la ciudad de Ambato".
- [51] María E. Campoverde G. (Quito, Noviembre 1999), "Diseño de la red de transmisión de datos para el proyecto Sistema de pronóstico hidrometeorológico de las laderas del Pichincha y área metropolitana de Quito Sishilad EMAAP-Quito".
- [52] Xavier V.; David E. Guaygua T. (Quito, Septiembre 2006), "Diseño de la red WAN de voz y datos para el Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria".
- [53] Villacrés E., Grace S. (Quito, Octubre 2006), "Análisis y diseño de un sistema de acceso inalámbrico fijo de banda ancha para brindar servicio portador a los sectores de San Rafael, Sangolquí y Conocoto para ANDINATEL S.A.".
- [54] Francisco F. Charro S. y Paulina R. Erazo A. (Quito, Junio 2006), " Estudio y diseño de una red LAN híbrida, utilizando las tecnologías WIMAX y WI-FI, para brindar servicios de video sobre IP e internet de banda ancha incluyendo transmisión de voz y datos, en la Universidad Central del Ecuador".
- [55] Villacís C., Andrés F. (Quito, Marzo 2007), "Diseño de un centro de provisión de servicio de Internet con acceso de última milla inalámbrico utilizando el estándar IEEE 802.11 para el parque industrial de la ciudad de Ambato".

ACRÓNIMOS

ACRÓNIMOS

xEVDO	cdma2000 1x Evolution - Data Optimized
1xRTT	One Time Radio Transmission Technology
2B1Q	Two binary, one Quartery
3GPP2	Third Generation Partnership Project 2
AAA	Authentication, Authorization, Accounting
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
ANSI	American National Standards Institute
AP	Access Point
ARP	Address Resolution Protocol
ATM	Asynchronous Transfer Mode
ATU-C	ADSL Terminal Unit Central
ATU-R	Terminal Unit Remote
AWG	American Wire Gauge
BECN	Explicit Congestion Notification
BGP	Border Gateway Protocol
BPL	Broadband over Power Line
BPSK	Binary Phase-Shift Keying
BS	Base Station
BSC	Base Station Controller
BSS	Basic Service Set
BSS	Base Station Subsystem
BTS	Base Transceiver Station
CAP	Carrierless amplitude and phase
CATV	Community Antenna TeleVision
CDMA	Code Division Multiple Access
CEPT	Council of European Post Telecommunications
CIR	Committed Informattion Rate
CONELC	Consejo Nacional de Electricidad
CPE	Customer Premises Equipment
CR	Comand/Response
CRC	Código de. Redundancia Cíclica
CSMA	Sense Multiple Access
CSMA-CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
DC	Direct Current

DE	Discard Eligibility
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DLCI	Data Link Connection Identifier
DMT	Discrete MultiTone
DMZ	Demilitarized zone
DNS	Domain Name System
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
DO-RNC	Radio Network Controller
DS3	digital signal level 3
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
E1	Estándar ETSI a 2 Mbps
EAP	Extensible Authentication Protocol
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
EEASA	Empresa Eléctrica Ambato S.A.
EES	Extended Service Set
ESS	Extended Service Set
ETHERNET	Tecnología de red de nivel 2 originaria del mundo de la LAN
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCD	Floating Car Data
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FEC	Forwarding Equivalence Class
FECN	Forward Explicit Congestion Notification
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
FM	Frequency Modulation. Modulación en frecuencia.
Fp	Factor de potencia
FRAD	Frame Relay Assembler Disassembler
FRND	Frame Relay Network Device
FTP	File Transfer Protocol
FTTC	Fiber To The Curb
GMSK	Gaussian Minimun Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Service.
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile communications
HFC	Híbrido Fiber Coaxial

HLR	Home Location Register
HMI	Human Machine Interface
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IBSS	Independiente Basic Service Set
IDU	Indoor unit
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMT	International Mobile Telecommunications
IP	Internet Protocol
IPSEC	IP Security protocol
ISDN	Integrated Services Data Network.
ISO	International Organization for Standardization
ISP	Internet Service Provider
LAN	Local Area Network
LLC	Logical Link Control
LMDS	Local Multipoint Distribution System
LoS	Line of Sight
LSP	Label Swiching Path
LSR	Label Swiching Router
MAC	Medium Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
MEM	Mercado Eléctrico Mayorista
MI2	Desbalance de Fases en Corriente
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MMDS	Microwave Multipoint Distribution Systems
MODEM	Modulador Demodulador
MPEG4	Moving Pictures Experts Group.
MPLS	MultiProtocol Label Switching
MS	Mobile Station. Estación móvil.
MSC	Mobile Switching Center
MSNM	Metros sobre el nivel del mar
MV2	Desbalance de Fases en Voltaje
NAP	Network Access Point
NLOS	No Line-of-Sight. Si
NNI	Network to Network Interface
NOC	Network Operation Center

ODU	Outdoor unit
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OSI	Open Systems Interconnection
PC	Personal Computer. Ordenador personal
PCF	Packet Control Function
PCMCIA	Personal Computer Memory Card Internacional Association
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PDU	Protocol Data Unit
PHS	Personal Handyphone System
PIA	Parque Industrial Ambato
PLC	Power Line Communications
PLC	Programable Logic Controller
PLCP	Physical Layer Convergente Procedure
PMD	Phisical Medium Depend
POP	Point Of Presence
POTS	Plain Old Telephone Service
PPP	Point to Point Protocol
PSDN	Packet-Switched Data Network
PSK	Phase Shift Keying
PSTN	Public Switched Telephone Network
PVC	Permanent Virtual Circuits
Pyme	Pequeña y Mediana Empresa.
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying
RAM	Random Access Memory
RDI	Red Digital Integrada
RF	Radio Frequency.
RFC	Request For Comments
RMS	root mean square
RTC	Telefónica Conmutada
RTS/CTS	Request to Send/Clear to Send.
RTU	Remote Terminal Unit
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
S-CDMA	Synchronous CDMA
SCPC	Single Channel Per Carrier
SDH	Synchronous Digital Hierarchy

SLA	Service Level Agreement. Acuerdo de nivel de servicio.
SNT	Sistema Nacional interconectado
SoHo	Small Office Home Office
SSID	Service Set Identifier
STB	Set Top Box
STM1	Synchronous Transfer ModeSynchronous Transport Module-1
STM16	Synchronous Transfer ModeSynchronous Transport Module-16
SVC	Switched Virtual Circuits
TCP	Transmission Control Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol.
TDM	Time Division Multiplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
TFTP	Trivial File Transfer Protocol
THDI	Tasa de Distorsión de Armónicos en Corriente
THDV	Tasa de Distorsión de Armónicos en Voltaje
TTL	Time to Live
UDP	User Datagram Protocol
UHF	Ultra High Frecuency
UNI	User to Network Interface
USB	User Network Interfaces
UTP	Unshielded Twisted Pair
VBD	Voice Band Data
VCI	Virtual Circuit Identifier
VHF	Very High Frecuency
VLR	Visitor Location Register
VoIP	Voice over IP
VPI	Virtual Path Identifier
VPN	Virtual Private Network
VSAT	very small aperture terminal
WAN	Wide Area Network
WAP	Wireless Application Protocol
WiFi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network
WLL	Wireless Local Loop
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network
WPA	Wi-Fi Protected Access

xDSL

Digital Subscriber Line

ANEXOS