

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA
“BROADBAND OVER POWER LINE” (BPL) USANDO LA INFRAESTRUCTURA
DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LAS SUBESTACIONES SAN RAFAEL Y
SANGOLQUÍ DE LA EMPRESA ELÉCTRICA “QUITO” S.A.

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

TOMO I

ELIZABETH FERNANDA PÁEZ ALEAGA

DIRECTOR : ING. PATRICIO ORTEGA

Quito, Febrero 2006

CONTENIDO

Resumen.....	I
Presentación.....	III
Glosario.....	V
Acrónimos.....	XV
Abreviaturas.....	XVII

CAPÍTULO 1

ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA BPL “BROADBAND OVER POWER LINE”

1.1 Evolución de la tecnología BPL	1
1.1.1 Origen	1
1.1.2 Pruebas y proyectos piloto	2
1.1.3 Situación actual y perspectivas	5
1.1.3.1 Retos tecnológicos y estandarización	5
1.1.3.2 Retos económicos	5
1.1.3.3 Factores de crecimiento	7
1.1.3.4 Futuro	7
1.2 Descripción de la tecnología BPL	8
1.2.1 Definición	8
1.2.2 Funcionamiento	9
1.2.2.1 Breve descripción del sistema de suministro eléctrico	9
1.2.2.2 Transmisión simultánea de energía e información	10
1.2.3 Características	11
1.2.3.1 Frecuencia utilizada	11
1.2.3.2 Velocidad de transmisión	11
1.2.3.3 Técnicas de modulación	12
1.2.3.3.1 “Orthogonal Frequency Division Multiplex” (OFDM)	13
1.2.3.3.2 “Multiple Carrier Code Division Multiple Access”	16
1.2.3.4 Técnicas de acceso al medio	16
1.2.4 Ventajas	16
1.2.4.1 Instalación rápida y sencilla	16
1.2.4.2 Alta ubicuidad y capilaridad	17
1.2.4.3 Velocidad de transmisión superior a tecnologías similares	17

1.2.4.4 Variedad de servicios y aplicaciones	17
1.2.4.5 Facilidad de conexión del cliente	18
1.2.4.6 Movilidad	18
1.2.4.7 Evolución de la tecnología y proliferación de productos	18
1.2.4.8 Tarifas competitivas	18
1.2.4.9 Emisiones electromagnéticas controlables	19
1.2.4.10 Servicios de gestión para la empresa de servicio eléctrico	19
1.2.4.11 Interconexión con otras tecnologías	19
1.2.5 Desventajas	19
1.2.5.1 Infraestructura variable de la red eléctrica	19
1.2.5.2 Distancia	20
1.2.5.3 Número de hogares por transformador	20
1.2.5.4 Seguridad	20
1.2.5.5 Múltiples fuentes de interferencia	21
1.2.5.6 Interferencia con otros servicios	21
1.3 Configuración de una red BPL	21
1.3.1 Elementos principales	21
1.3.1.1 Nodo de cabecera (C)	22
1.3.1.2 Nodo repetidor (R)	23
1.3.1.3 Nodo de usuario (U)	24
1.3.2 Elementos complementarios	24
1.3.2.1 Unidades acondicionadoras	24
1.3.2.2 Acoplador para las líneas eléctricas	26
1.3.3 Sistemas BPL	28
1.3.3.1 Sistema BPL doméstico	28
1.3.3.2 Sistema BPL de acceso	28
1.3.3.3 Sistema BPL de media tensión	29
1.4 Servicios y aplicaciones	30
1.4.1 Hogares inteligentes	30
1.4.2 Redes de área local	31
1.4.3 Acceso a Internet	31
1.4.4 Telefonía	31
1.4.5 Seguridad	32
1.5 BPL y otras tecnologías de banda ancha	33
1.5.1 Redes de banda ancha	33
1.5.2 Tecnologías de banda ancha en el Ecuador	33

1.5.3 Descripción de otras tecnologías de banda ancha	33
1.5.3.1 Redes de banda ancha fijas	33
1.5.3.1.1 Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha	34
1.5.3.1.2 Línea de Abonado Digital	36
1.5.3.1.3 Cable módem	38
1.5.3.2 Redes de banda ancha inalámbricas	41
1.5.3.2.1 “Wireless Fidelity”	41
1.5.3.2.2 Worldwide Interoperability for Microwave Access	42
1.5.4 Conclusiones	46

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SUBESTACIONES SAN RAFAEL Y SANGOLQUÍ EMPRESA ELÉCTRICA “QUITO” S.A.

2.1 El sistema de suministro eléctrico	50
2.1.1 Definición	50
2.1.2 Subsistemas y componentes	50
2.1.2.1 Subsistema de generación	51
2.1.2.1.1 Elementos	51
2.1.2.1.2 Clases de centrales eléctricas	51
2.1.2.2 Subsistema de transmisión	53
2.1.2.2.1 Elementos	54
2.1.2.2.2 Clasificación de las redes de transporte	55
2.1.2.3 Subsistema de distribución	56
2.1.2.3.1 Etapas	56
2.1.2.3.2 Elementos	56
2.1.2.4 Instalación del enlace	57
2.1.2.4.1 Elementos	58
2.2 Breve descripción Empresa Eléctrica “Quito” S.A.	59
2.2.1 Datos generales del sector eléctrico nacional	59
2.2.2 Antecedentes	61
2.2.2.1 Reseña histórica	62
2.2.2.2 Área de servicio	62
2.2.2.3 Accionistas	63

2.2.2.4 Organigrama estructural	63
2.2.3 Características técnicas generales	64
2.2.3.1 Generación	64
2.2.3.2 Distribución	65
2.2.3.3 Comercialización	66
2.2.3.4 Comunicaciones	67
2.2.3.4.1 Situación actual	67
2.2.3.4.2 Sistema de comunicaciones SCADA	67
2.3 Análisis de las redes de distribución	70
2.3.1 Parámetros principales en las líneas de transmisión	70
2.3.1.1 Resistencia distribuida (R)	72
2.3.1.2 Inductancia distribuida (L)	72
2.3.1.3 Capacitancia distribuida (C)	73
2.3.1.4 Conductancia distribuida (G)	73
2.3.1.5 Variación de los parámetros con la frecuencia	74
2.3.2 Sistemas de distribución primario y secundario EEQ S.A.	75
2.3.2.1 Sistema de distribución eléctrica americano	75
2.3.2.2 Sistema de distribución eléctrica europeo	76
2.3.2.3 Alimentadores primarios de distribución	76
2.3.2.4 Alimentadores secundarios de distribución	77
2.3.3 Análisis como medio de transmisión de datos	77
2.3.3.1 Nivel de media tensión	78
2.3.3.1.1 Línea convencional	78
2.3.3.1.2 Línea compacta	78
2.3.3.1.3 Líneas multiplexadas	79
2.3.3.2 Nivel de baja tensión	79
2.3.3.2.1 Línea convencional	79
2.3.3.2.2 Líneas multiplexadas	80
2.3.3.2.3 Línea compacta	80
2.3.3.2.4 Línea preformada	80
2.3.4 Resumen de ventajas y desventajas	81
2.3.4.1 Ventajas	81
2.3.4.2 Desventajas	81
2.4 Recopilación de información	82
2.4.1 Programa de inventarios y avalúos EEQ S.A. (PIA)	82
2.4.1.1 Ingreso al sistema	82

2.4.1.2 Reportes y búsquedas	83
2.4.2 Reconocimiento del área de servicio del proyecto	84
2.4.3 Subestación San Rafael	84
2.4.3.1 Descripción	84
2.4.3.2 Ubicación e integración en el sistema eléctrico	85
2.4.3.3 Equipos	86
2.4.3.4 Infraestructura eléctrica	88
2.4.4 Subestación Sangolquí	89
2.4.4.1 Descripción	89
2.4.4.2 Ubicación e integración en el sistema eléctrico	89
2.4.4.3 Equipos	90
2.4.4.4 Infraestructura eléctrica	91
2.4.5 Resumen de características	92

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES BPL DE COBERTURA EN EL VALLE DE LOS CHILLOS

3.1 Objetivos y alcance	95
3.1.1 Antecedentes	95
3.1.2 Objetivos	95
3.1.3 Alcance	96
3.2 Requerimientos de diseño	97
3.2.1 Zona de servicio	97
3.2.2 Mercado consumidor	97
3.2.2.1 Determinación del índice de penetración del servicio	98
3.2.2.2 Número general de usuarios del servicio de Internet	100
3.2.2.3 Número de usuarios para la introducción del servicio BPL	100
3.2.3 Proyección del crecimiento de la demanda	101
3.2.3.1 Definición del método de pronóstico	101
3.2.3.2 Recopilación de información	102
3.2.3.2.1 Índice de crecimiento del acceso a Internet a nivel nacional ..	102
3.2.3.2.2 Índice de crecimiento del acceso a Internet de banda ancha ...	103
3.2.3.2.3 Proyecciones internacionales sobre el crecimiento BPL	104

3.2.3.3 Definición del índice de crecimiento para el proyecto	105
3.2.4 Requerimientos del sistema de comunicaciones	107
3.2.4.1 Aplicaciones	107
3.2.4.2 Velocidad de transmisión	107
3.2.4.3 Tipo de línea	107
3.3 Elementos del sistema de comunicaciones	108
3.3.1 Red BPL	108
3.3.2 Red de acceso a Internet	108
3.4 Diseño de la red de acceso BPL	109
3.4.1 Alternativas y proveedores de equipos BPL	109
3.4.1.1 Consideraciones de evaluación	109
3.4.1.2 Aspectos técnicos	110
3.4.1.3 Aspectos financieros	111
3.4.1.4 Sostenibilidad	111
3.4.1.5 Principales fabricantes	113
3.4.2 Evaluación de alternativas	118
3.4.2.1 Condiciones generales	118
3.4.2.2 BPL a baja tensión	119
3.4.2.3 BPL a media tensión	120
3.4.2.4 Evaluación y definición del proveedor de equipos	121
3.4.3 Descripción general del sistema ASCOM powerline	122
3.4.3.1 Elementos y productos disponibles	122
3.4.3.2 Configuraciones ASCOM BPL	123
3.4.3.2.1 Acceso de banda ancha en la última milla	123
3.4.3.2.2 Redes interiores	124
3.4.3.3 Ventajas del sistema	125
3.4.4 Definición del número de equipos de la red BPL	126
3.5 Diseño del acceso a Internet	129
3.5.1 Dimensión del canal de acceso	129
3.5.2 Alternativas para el sistema BPL	131
3.5.3 Estructura básica del ISP	132
3.5.3.1 Centro de servicios y operación ISP – BPL	132
3.5.3.2 Servicios del ISP	133
3.5.3.3 Topología del centro de operación ISP – BPL	134
3.5.3.4 Elementos básicos del ISP	134
3.5.4 Infraestructura nacional para acceso a Internet	140

3.5.5 Alternativa A: Enlace de fibra óptica – TRANSNEXA	141
3.5.5.1 Descripción del servicio	142
3.5.5.2 Criterio de Transelectric	143
3.5.6 Alternativa B: Enlace de fibra óptica – ANDINADATOS	144
3.5.6.1 Descripción del servicio	144
3.5.7 Alternativa C: Enlace satelital propio	145
3.5.7.1 Descripción del servicio	146
3.5.8 Evaluación de alternativas	147
3.6 Diseño tipo enlace del usuario	148
3.6.1 Ámbitos y aplicaciones	148
3.6.2 Descripción del sistema	148
3.6.3 Principales características	149
3.6.4 Equipos disponibles	150
3.6.4.1 APC-2000-DB	151
3.6.4.2 APC-2000-VB	151
3.6.4.3 API-2000-GW	152
3.6.5 Instalación de equipos	152
3.6.6 Soluciones avanzadas	153
3.7 Servicios complementarios para la Empresa Eléctrica “Quito” S.A.	154
3.7.1 Introducción	154
3.7.2 Aplicaciones	155
3.7.3 Descripción	155
3.7.4 Requerimientos	156
3.8 Implementación de un proyecto piloto	156
3.8.1 Fase I: Estudio inicial	157
3.8.2 Fase II: Pruebas de campo limitadas	158
3.8.2.1 Reconocimiento de la red eléctrica	158
3.8.2.2 Instalación del módem de cabecera	159
3.8.2.3 Comprobación de cobertura	159
3.8.2.4 Realización de un diagrama de la red BPL	159
3.8.2.5 Instalación de equipos	159
3.8.3 Fase III: Pruebas de campo de larga escala	159
3.8.4 Fase IV: Legalización y permisos	160
3.8.5 Fase V: Operación comercial	160
3.8.6 Fase VI: Mantenimiento y evaluación	160

CAPÍTULO 4

SITUACIÓN REGULATORIA ACTUAL

4.1 Introducción	162
4.2 Organismos y foros relacionados con BPL	162
4.2.1 Organismos internacionales de normalización	162
4.2.1.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones	162
4.2.1.2 Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos	164
4.2.1.3 Comité Internacional Especial sobre Perturbaciones Radioeléctricas ..	166
4.2.2 Organismos de normalización a nivel europeo	166
4.2.2.1 Instituto Europeo de Estándares Técnicos	167
4.2.2.2 Comité Europeo para la Estandarización Electrotécnica	169
4.2.3 Organismos de normalización a nivel latinoamericano	170
4.2.3.1 Comisión Interamericana de Telecomunicaciones	171
4.2.4 El entorno en Estados Unidos	172
4.2.4.1 Comisión Federal de Comunicaciones	173
4.2.4.2 Administración Nacional de Telecomunicaciones e Información	174
4.2.5 Foros y grupos especiales de apoyo	175
4.3 Principales regulaciones y normas	178
4.3.1 Normas internacionales	178
4.3.2 Normas regionales	178
4.3.3 Normas locales	183
4.4 Marco regulatorio en el Ecuador	185
4.4.1 Instrumentos legales - sector de telecomunicaciones	185
4.4.2 Condiciones de BPL en relación a la normativa del sector de telecomunicaciones	186
4.4.2.1 Ley Especial de Telecomunicaciones	186
4.4.2.2 Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones	188
4.4.2.3 Reglamento para otorgar concesiones de los Servicios de Telecomunicaciones	190
4.4.2.4 Reglamento para homologación de equipos terminales de Telecomunicaciones	190
4.4.3 Criterio de los organismos de regulación nacional	191
4.4.3.1 Secretaría Nacional de Telecomunicaciones	191
4.4.3.2 Consejo Nacional de Telecomunicaciones	193
4.4.4 Servicios con tecnología BPL y sus requerimientos	195

4.4.4.1 Servicios de Valor Agregado	195
4.4.4.2 Servicios Portadores	197
4.4.5 Instrumentos legales – sector eléctrico	201
4.4.6 Condiciones de BPL en relación a la normativa del sector eléctrico	201
4.5 Recomendaciones	203
4.5.1 Elementos para la normativa local	203
4.5.2 Requisitos de operación y servicio	204

CAPÍTULO 5

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

5.1 Introducción	206
5.2 Modelo de servicio	206
5.2.1 Modelo A: Operador global BPL	207
5.2.1.1 Permiso de operación	207
5.2.1.2 Ventajas y desventajas	208
5.2.2 Modelo B: Sociedad de servicios compartidos	208
5.2.2.1 Permiso de operación	208
5.2.2.2 Ventajas y desventajas	209
5.2.3 Modelo C: Portador independiente	209
5.2.3.1 Permiso de operación	209
5.2.3.2 Ventajas y desventajas	209
5.3 Alternativas de servicio Empresa Eléctrica “Quito” S.A.	210
5.3.1 Introducción	210
5.3.2 Condiciones	210
5.3.2.1 Operador global BPL	211
5.3.2.2 Sociedad de servicios compartidos	211
5.4 Costos e ingresos del proyecto	211
5.4.1 Identificación de costos e ingresos	212
5.4.2 Parámetros de la valoración de costos	213
5.4.2.1 Período de duración del proyecto	213
5.4.2.2 Crecimiento anual del número de abonados	213
5.4.2.3 Costos unitarios de equipos de la red BPL	213
5.4.2.4 Costos de operación	215

5.4.2.5 Costos de instalación y mantenimiento	216
5.4.2.6 Costos de logística e imprevistos	216
5.4.3 Valoración de costos	216
5.4.3.1 Costos de equipamiento red BPL	216
5.4.3.2 Costos de operación	218
5.4.3.3 Costos de equipamiento del ISP	219
5.4.4 Resumen de costos de inversión y egresos anuales	220
5.4.4.1 Modelo A: Operador global	220
5.4.4.2 Modelo B: Sociedad de servicios compartidos	222
5.4.5 Parámetros de la valoración de ingresos	223
5.4.5.1 Ingresos del proyecto	223
5.4.5.2 Tarifa mensual por el servicio	223
5.4.6 Valoración de los ingresos	225
5.4.6.1 Modelo A: Operador global	225
5.4.6.2 Modelo B: Sociedad de servicios compartidos	226
5.5 Evaluación económica del proyecto	227
5.5.1 Principales factores de evaluación económica	227
5.5.1.1 Beneficio o utilidad neta (BN)	227
5.5.1.2 Valor presente neto (VPN)	228
5.5.1.3 Tasa interna de retorno (TIR)	228
5.5.1.4 Período de recuperación del capital (PRC)	229
5.5.1.5 Rentabilidad (R)	230
5.5.2 Parámetros de evaluación del proyecto BPL	231
5.5.2.1 Tasa de interés activa vigente	231
5.5.3 Evaluación económica	231
5.5.3.1 Modelo A: Operador global	231
5.5.3.2 Modelo B: Sociedad de servicios compartidos	232
5.5.3.3 Observaciones generales	233
5.6 Análisis de mercado	234
5.6.1 Segmentos de mercado	234
5.6.1.1 Identificación de usuarios potenciales	235
5.6.2 Competencia con tecnologías similares	235
5.6.2.1 Situación nacional de acceso a servicios de banda ancha	236
5.6.2.2 Principales competidores	236
5.6.2.3 Comparación del servicio	236

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

<i>Figura 1.1</i>	Rango de frecuencias sistemas BPL	11
<i>Figura 1.2</i>	Subportadoras en un sistema OFDM	15
<i>Figura 1.3</i>	Instalación de unidades repetidoras	17
<i>Figura 1.4</i>	Elementos básicos de un sistema BPL	21
<i>Figura 1.5</i>	Unidad acondicionadora sistemas BPL	25
<i>Figura 1.6</i>	Topología típica de una red BPL de medio y bajo voltaje	27
<i>Figura 1.7</i>	Sistema BPL doméstico	28
<i>Figura 1.8</i>	Sistema BPL de acceso	29
<i>Figura 1.9</i>	Sistema BPL de media tensión	29
<i>Figura 1.10</i>	Servicios y aplicaciones de los sistemas BPL	30
<i>Figura 1.11</i>	Ámbitos de la tecnología BPL	32
<i>Figura 1.12</i>	Modelo de referencia RDSI-BA	35
<i>Figura 1.13</i>	Modo de conexión ADSL	38
<i>Figura 1.14</i>	Elementos de un sistema de cable módem	40
<i>Figura 1.15</i>	Cable módem en el lugar del usuario	40
<i>Figura 1.16</i>	Elementos de una red WiFi	41
<i>Figura 1.17</i>	Elementos de una red WiMax	43

CAPÍTULO 2

<i>Figura 2.1</i>	Diagrama esquematizado del sistema de suministro eléctrico	50
<i>Figura 2.2</i>	Esquema de una central hidroeléctrica	53
<i>Figura 2.3</i>	Líneas aéreas de transmisión eléctrica	55
<i>Figura 2.4</i>	Subestación de transformación	57
<i>Figura 2.5</i>	Instalación eléctrica del enlace de abonado	58
<i>Figura 2.6</i>	Sector eléctrico nacional	61
<i>Figura 2.7</i>	Área de servicio Empresa Eléctrica "Quito" S.A.	62
<i>Figura 2.8</i>	Organigrama estructural Empresa Eléctrica "Quito" S.A.	63
<i>Figura 2.9</i>	Energía total producida en el país en el año 2004	64
<i>Figura 2.10</i>	Tipos de cargas que alimenta una red de distribución	66
<i>Figura 2.11</i>	Esquema del Sistema de Comunicaciones entre Subestaciones EEQ ...	69
<i>Figura 2.12</i>	Geometría de una línea de transmisión bialámbrica	71
<i>Figura 2.13</i>	Alternativas de topología para redes de distribución eléctrica	75
<i>Figura 2.14</i>	Cuadro de diálogo para la obtención del plano de la red PIA	83
<i>Figura 2.15</i>	Cuadro de diálogo propiedades del conductor PIA	84

<i>Figura 2.16</i>	Tablero de comando S/E San Rafael	85
<i>Figura 2.17</i>	Alimentación del parque de 46 kV S/E San Rafael	86
<i>Figura 2.18</i>	Transformador de potencia 46/23 kV S/E San Rafael	87
<i>Figura 2.19</i>	Módem para el envío de datos automatizado	87
<i>Figura 2.20</i>	Diagrama unifilar S/E San Rafael	88
<i>Figura 2.21</i>	S/E Sangolquí	89
<i>Figura 2.22</i>	Primario A S/E Sangolquí	90
<i>Figura 2.23</i>	Diagrama unifilar S/E Sangolquí	91

CAPÍTULO 3

<i>Figura 3.1</i>	Zona de servicio del proyecto BPL	97
<i>Figura 3.2</i>	Crecimiento de los usuarios del servicio de Internet entre 1998 y 2005	103
<i>Figura 3.3</i>	Crecimiento de los usuarios de Internet de banda ancha 1998 – 2005	104
<i>Figura 3.4</i>	Crecimiento de usuarios servicio BPL para un período de 5 años	107
<i>Figura 3.5</i>	Ubicación del equipo de cabecera en el sistema BPL de baja tensión .	119
<i>Figura 3.6</i>	Ubicación del equipo de cabecera en el sistema BPL de media tensión	120
<i>Figura 3.7</i>	Instalaciones ASCOM a nivel mundial	122
<i>Figura 3.8</i>	Instalación de equipos ASCOM para sistemas “outdoor”	124
<i>Figura 3.9</i>	Instalación de equipos ASCOM para sistemas “indoor”	124
<i>Figura 3.10</i>	Distribución de datos en tramas según su naturaleza	125
<i>Figura 3.11</i>	Atenuación de la señal vs. distancia en sistemas ASCOM	126
<i>Figura 3.12</i>	Esquema del acceso a Internet en un sistema BPL	131
<i>Figura 3.13</i>	Esquema básico ISP	134
<i>Figura 3.14</i>	Puntos de enlace del Cable Panamericano	140
<i>Figura 3.15</i>	Mapa del “backbone” de TRANSNEXA	142
<i>Figura 3.16</i>	Enlace S/Es del proyecto con el “backbone” de ANDINADATOS	145
<i>Figura 3.17</i>	Enlace satelital entre el ISP BPL y el backbone internacional	146
<i>Figura 3.18</i>	Red BPL interior en un establecimiento educativo	149
<i>Figura 3.19</i>	Terminal de usuario APC-2000-DB	151
<i>Figura 3.20</i>	Terminal de usuario APC-2000-VB	151
<i>Figura 3.21</i>	Equipo repetidor API-2000-GW	152

CAPÍTULO 4

<i>Figura 4.1</i>	Proceso de regulación BPL en Europa	167
<i>Figura 4.2</i>	Ámbitos de regulación referente al modelo OSI en Europa	170

CAPÍTULO 5

<i>Figura 5.1</i>	Ciclo de vida de tecnologías de banda ancha	214
-------------------	---	-----

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

<i>Tabla 1.1a</i>	Principales proyectos piloto a nivel mundial	3
<i>Tabla 1.1b</i>	Principales proyectos piloto a nivel mundial	4
<i>Tabla 1.2</i>	Principales despliegues comerciales a nivel mundial	6
<i>Tabla 1.3</i>	Denominación de la tecnología	8
<i>Tabla 1.4</i>	Diferencias entre PLC y BPL	8
<i>Tabla 1.5</i>	El sistema de suministro eléctrico y sus etapas	9
<i>Tabla 1.6</i>	Desempeño de sistemas de modulación empleados en BPL	13
<i>Tabla 1.7</i>	Ejemplos de sistemas BPL con modulación OFDM	14
<i>Tabla 1.8</i>	Características de las Tecnologías xDSL	37
<i>Tabla 1.9</i>	Especificaciones 802.11	42
<i>Tabla 1.10</i>	Especificaciones 802.16	44
<i>Tabla 1.11a</i>	BPL y otras tecnologías de banda ancha fija	45
<i>Tabla 1.11b</i>	BPL y otras tecnologías de banda ancha inalámbrica	46

CAPÍTULO 2

<i>Tabla 2.1</i>	Principales clases de centrales de generación eléctrica	52
<i>Tabla 2.2</i>	Accionistas de la Empresa Eléctrica "Quito" S.A.	63
<i>Tabla 2.3</i>	Potencia instalada y efectiva en centrales de generación EEQ 2004	65
<i>Tabla 2.4</i>	Dimensión de la red de distribución EEQ S.A.	65
<i>Tabla 2.5</i>	Número de consumidores promedio anual Junio 2005	67
<i>Tabla 2.6</i>	Transformadores instalados S/E San Rafael	86
<i>Tabla 2.7</i>	Características de los primarios S/E San Rafael	89
<i>Tabla 2.8</i>	Transformadores instalados S/E Sangolquí	90
<i>Tabla 2.9</i>	Características de los primarios S/E Sangolquí	92

CAPÍTULO 3

<i>Tabla 3.1</i>	Número de usuarios de Internet en Pichincha Septiembre 2005	98
<i>Tabla 3.2</i>	Principales proveedores de acceso a Internet a nivel nacional 2005	101
<i>Tabla 3.3</i>	Crecimiento de usuarios del servicio de Internet	103
<i>Tabla 3.4</i>	Crecimiento de usuarios del servicio de Internet de banda ancha	104
<i>Tabla 3.5</i>	Crecimiento de usuarios del sistema BPL	106
<i>Tabla 3.6a</i>	Principales fabricantes de equipos con tecnología BPL	115
<i>Tabla 3.6b</i>	Principales fabricantes de equipos con tecnología BPL	116
<i>Tabla 3.7</i>	Detalle de equipos para la etapa de introducción del sistema BPL	128
<i>Tabla 3.8</i>	Dimensión de los canales de acceso a Internet	130

<i>Tabla 3.9</i>	Requerimientos de hardware y software para los servidores ISP – BPL	137
<i>Tabla 3.10</i>	Características de los equipos de conexión y protección del ISP - BPL	139

CAPÍTULO 4

<i>Tabla 4.1</i>	Límites del campo de fuerza eléctrica Recomendación UIT K.60	163
<i>Tabla 4.2a</i>	Grupos especiales y foros sobre BPL	176
<i>Tabla 4.2b</i>	Grupos especiales y foros sobre BPL	177
<i>Tabla 4.3</i>	Principales normas y especificaciones internacionales referentes a BPL	179
<i>Tabla 4.4a</i>	Principales normas y publicaciones europeas referentes a BPL	180
<i>Tabla 4.4b</i>	Principales normas y publicaciones europeas referentes a BPL	181
<i>Tabla 4.4c</i>	Principales normas y publicaciones europeas referentes a BPL	182
<i>Tabla 4.5</i>	Principales normas y publicaciones locales referentes a BPL	184
<i>Tabla 4.6</i>	Instrumentos legales sector de telecomunicaciones en relación a BPL	185
<i>Tabla 4.7</i>	Títulos habilitantes por servicios en Ecuador	189
<i>Tabla 4.8</i>	Principales instrumentos legales del sector eléctrico nacional	201

CAPÍTULO 5

<i>Tabla 5.1</i>	Actividades de la empresa distribuidora eléctrica en cada modelo de negocio	210
<i>Tabla 5.2</i>	Identificación de costos e ingresos del proyecto	212
<i>Tabla 5.3</i>	Costos de equipos BPL ASCOM	214
<i>Tabla 5.4</i>	Alternativas de tarifas mensuales por el servicio portador	215
<i>Tabla 5.5a</i>	Costos de equipamiento de la red BPL Subestación San Rafael	216
<i>Tabla 5.5b</i>	Costos de equipamiento de la red BPL Subestación Sangolquí	217
<i>Tabla 5.6a</i>	Costos de operación Subestación San Rafael	218
<i>Tabla 5.6b</i>	Costos de operación Subestación Sangolquí	218
<i>Tabla 5.7</i>	Costos de equipamiento e instalación del ISP – BPL	219
<i>Tabla 5.8</i>	Costos de inversión del proyecto modelo A	220
<i>Tabla 5.9</i>	Egresos anuales del proyecto modelo A	221
<i>Tabla 5.10</i>	Costos de inversión del proyecto modelo B	222
<i>Tabla 5.11a</i>	Egresos anuales del proyecto modelo B Subestación San Rafael	222
<i>Tabla 5.11b</i>	Egresos anuales del proyecto modelo B Subestación Sangolquí	222
<i>Tabla 5.12</i>	Tarifas internacionales del servicio de Internet BPL	223
<i>Tabla 5.13</i>	Tarifas del servicio de Internet de banda ancha Ecuador	224
<i>Tabla 5.14</i>	Tarifas del servicio de Internet proyecto BPL	224
<i>Tabla 5.15a</i>	Ingresos anuales del proyecto modelo A Subestación San Rafael	225
<i>Tabla 5.15b</i>	Ingresos anuales del proyecto modelo A Subestación Sangolquí	226

<i>Tabla 5.16a</i>	Ingresos anuales del proyecto modelo B Subestación San Rafael	226
<i>Tabla 5.16b</i>	Ingresos anuales del proyecto modelo B Subestación Sangolquí	227
<i>Tabla 5.17a</i>	Evaluación económica del proyecto modelo A	231
<i>Tabla 5.17b</i>	Evaluación económica del proyecto modelo A	232
<i>Tabla 5.18a</i>	Evaluación económica del proyecto modelo B	232
<i>Tabla 5.18b</i>	Evaluación económica del proyecto modelo B	232
<i>Tabla 5.19</i>	Matriz de competidores del proyecto BPL	237

RESUMEN

Con el fin de conocer las ventajas y desventajas que involucraría la posible implementación de un sistema de comunicaciones mediante el uso de la tecnología “Broadband over Power Line”, la que es nueva para nuestro medio, se plantea la necesidad de desarrollar el presente estudio de factibilidad, el cual involucra ámbitos técnicos, regulatorios y económicos.

El **CAPÍTULO 1** describe las principales características de la tecnología BPL, sus ventajas, desventajas, aplicaciones, ámbitos de servicio y las topologías de red usadas para su implementación. Adicionalmente, se analiza cuál ha sido la evolución y crecimiento desde su apareamiento y cuáles son las perspectivas a futuro. Con el objeto de situar a BPL en el entorno tecnológico, además se describen las principales tecnologías de banda ancha tanto fijas como inalámbricas, en base de lo cual se realiza una comparación de las características, limitantes y potenciales entre éstas y la tecnología que emplea las líneas de poder.

El **CAPÍTULO 2** hace referencia a otro elemento importante del proyecto, como lo es el análisis de la infraestructura eléctrica involucrada en el diseño de sistemas BPL. Para lo cual, inicialmente se describen las etapas y elementos de un sistema general de suministro eléctrico y luego se definen las principales características de las líneas eléctricas operando a altas frecuencias.

El desarrollo de este estudio cuenta con la colaboración y supervisión de la Empresa Eléctrica “Quito” S.A., debido a lo cual este capítulo se refiere de manera breve a la operación y áreas de la empresa, para luego centrar el análisis en una zona piloto, la cual ha sido definida como la zona del Valle de los Chillos, por sugerencia de la Dirección Técnica de la empresa.

El tramo del sistema de distribución que alimenta esta zona corresponde a los primarios eléctricos derivados de las Subestaciones San Rafael y Sangolquí, los que constituyen la infraestructura eléctrica base para el diseño modelo, por lo cual se especifica su longitud, número de usuarios y transformadores.

Con el objeto de analizar la factibilidad técnica de implementación de la tecnología, el **CAPÍTULO 3** se refiere al diseño del sistema de comunicaciones en la zona de servicio. Las principales aplicaciones de este sistema son acceso de banda ancha a Internet y la posibilidad de establecer redes locales sin necesidad de cableado adicional.

El desarrollo del diseño se realiza por etapas, las que incluyen equipamiento de la red BPL, opciones de acceso al “backbone” de Internet y requerimientos básicos para el establecimiento de un nuevo proveedor de servicio de Internet.

El **CAPÍTULO 4** describe la situación regulatoria actual, en la que se daría la posible introducción comercial de los servicios BPL en nuestro país. Para lo cual como una importante referencia, inicialmente se describen de manera breve el entorno, actividades y logros en otras regiones en lo referente a la normalización BPL. Finalmente, se analiza la normativa local vigente tanto para la introducción de nuevos operadores en el sector de telecomunicaciones como para la administración de las actividades del sector eléctrico ecuatoriano.

El **CAPÍTULO 5** se refiere a la estimación de los costos e ingresos que generaría la implementación del proyecto, los cuales se definen por rubros, para identificar el porcentaje de participación de cada uno de ellos en los costos e ingresos totales.

Con el objeto de analizar la factibilidad económica de ejecución del proyecto, se definen los principales modelos de servicio mediante los que la Empresa Eléctrica “Quito” podría comercializar los servicios del sistema diseñado, para cada uno de los que se calculan factores de evaluación económica, que permiten identificar la opción más rentable.

PRESENTACIÓN

En la actualidad, la importancia de los servicios de telecomunicaciones es innegable, su contribución le ha agregado dinamismo al desarrollo de las actividades, tanto en ámbitos educativos, comerciales, administrativos como de entretenimiento.

La evolución que ha tenido este sector está basada en el crecimiento del número de usuarios de sus sistemas y los requerimientos por mayores aplicaciones y servicios, lo que a su vez ha promovido la investigación de nuevas tecnologías que permitan cumplir al máximo con estas necesidades.

Las comunicaciones de banda ancha son el objetivo de varias tecnologías desplegadas a nivel mundial. Sin embargo, su implementación ha estado limitada por las condiciones de infraestructura propias de cada región.

En nuestro país, son limitadas y costosas las opciones que permiten alcanzar estos servicios, rezagando el ingreso de la población en el desarrollo de la sociedad de la información.

En estas condiciones, se plantea la necesidad de analizar una tecnología alternativa y nueva para nuestro medio, como lo es “*Broadband over Power Line*” (**BPL**), la cual se fundamenta en la prestación de servicios de banda ancha sobre una infraestructura ya desplegada, la red eléctrica de distribución de media y baja tensión.

Esta tecnología no es reciente, se ha fortalecido con los años pudiendo superar pruebas de campo y ser comercializada actualmente en otras regiones del mundo. Su potencial se basa en la capilaridad de la red eléctrica, la que permite llegar a zonas donde no existe infraestructura de comunicaciones.

El hecho de que las redes eléctricas sean un medio hostil y variable requiere de un adecuado equipamiento que permita el acoplamiento de esta red como sistema de comunicaciones y la posibilidad de integrarse con redes complementarias para la distribución del servicio de Internet.

El presente estudio de factibilidad examina los condicionantes tecnológicos, económicos y regulatorios que permitirían implementar sistemas de comunicación empleando BPL y su despliegue comercial como una tecnología de acceso de banda ancha. Para lo cual, se toma como referencia la infraestructura de la red eléctrica de distribución de la Empresa Eléctrica “Quito” en la zona del Valle de los Chillos.

GLOSARIO

Acometida	Instalación comprendida entre el punto de entrega de la electricidad al consumidor y la red pública del distribuidor.
Ancho de Banda	Capacidad para transportar datos o velocidad de transmisión que posee un medio en particular. Es la diferencia en Hertzios entre la frecuencia más alta y la más baja de un canal retransmisión.
Atenuación	Pérdida de energía de una señal conforme se propaga a su destino por un medio de transmisión.
ATM	Tecnología de transmisión de datos de forma de paquetes, la información se divide en pequeñas células que se transmiten individualmente y se dividen de forma asíncrona. Las celdas ATM son las más calificadas para soportar la demanda de Internet; cada celda compuesta por 53 bytes de los cuales 48 (opcionalmente 44) son para transporte de información y los restantes para uso de campos de control.
Backbone	Columna vertebral de una red de comunicación. Involucra un mecanismo de conectividad primario, que a través de una línea de alta velocidad permite distribuir el tráfico de paquetes a otras líneas menores.
Banda ancha	Capacidad de transmisión con anchura de banda suficiente para ofrecer conjuntamente voz, datos y vídeo.
BER	Tasa de bits errados que se producen durante la transmisión de una señal y corresponde a la relación entre el número de bits con error y el total de bits transmitidos.
Bifásico	Sistema formado por dos corrientes alternas iguales y desfasadas entre sí un cuarto de ciclo.
Cable coaxial	Cable conformado por un núcleo de cobre, aislado por plástico de un recubrimiento metálico y envuelto en otra capa de plástico. Es usado para establecer la conexión entre la central emisora y el usuario ó en las conexiones de redes de área local.

Cable módem	Tecnología que permite acceso a Internet a través de las redes de televisión por cable.
Capacitancia	Propiedad de un sistema de conductores y dieléctricos que permite almacenar electricidad cuando existe una diferencia de potencial entre los conductores
Carrier	Carrier o portadora es una señal o pulso transmitido a través de una línea de telecomunicación. Un carrier es también una empresa que opera en el sector de las telecomunicaciones ofreciendo servicios de telefonía de larga distancia e internacional.
Caudal	Flujo máximo de datos permitidos a través de un canal sin que se produzcan errores en la transmisión.
CDMA	Técnica de multiplexación que permite agrupar numerosas señales en el mismo canal. Para diferenciarla se le asigna a cada una un código que posibilite la separación en el receptor.
Chip	Pequeño circuito integrado que realiza numerosas funciones en ordenadores y dispositivos electrónicos.
CMOS	Tecnología que se emplea para implementar circuitos integrados que se caracterizan por consumir muy poca energía eléctrica, lo que la hace idónea para almacenar datos de la BIOS.
Compatibilidad electromagnética	Funcionamiento de un equipo electrónico sin que interfiera con otros próximos con su radiación ó sea afectado por la de ellos.
CSMA / CA	Protocolo de control de acceso al medio mediante el que los dispositivos transmiten de forma que se evite la colisión entre mensajes.
CSMA / CD	Protocolo de acceso al medio mediante el que los dispositivos de una red pueden transmitir mensajes detectando colisiones cuando ocurran. Fundamentalmente usado en redes Ethernet.
Densidad espectral de potencia	Energía total de salida por unidad de ancho de banda de un pulso o secuencia de pulsos para los cuales la potencia de transmisión está al máximo nivel dividida para la duración total de la señal de pulsos.

DHCP	Protocolo de red en el que un servidor provee los parámetros de configuración a las computadoras conectadas a la red informática que los requieran (máscara, puerta de enlace y otros) y también incluye un mecanismo de asignación de direcciones de IP.
Diagrama unifilar	Diagrama de conexión eléctrico que incluye todas las partes que lo, tomando en cuenta las conexiones que hay entre ellos, para lograr así la forma una visualización completa del sistema de la forma más sencilla.
Dieléctrico	Sustancia aislante en la cual puede existir un campo eléctrico en estado estacionario. Esta sustancia tiene como principales características eléctricas su permitividad y su poder de aislamiento.
Dirección IP	Dirección numérica de una computadora en Internet, la cual es única y está compuesta de cuatro octetos de bits.
Distorsión	Deformación de una señal que origina una diferencia entre los parámetros de la señal transmitida y la recibida, tales como la amplitud, frecuencia, fase, etc.
Domótica	Tecnología basada en el uso del protocolo de comunicación X10, el cual permite controlar y automatizar electrodomésticos tradicionales (televisores, lavadoras, microondas) y otros artefactos eléctricos a distancia.
Downstream	Flujo de datos recibido por un el terminal de usuario desde el proveedor o la red.
Efecto Joule	Producción de calor en un conductor cuando circula una corriente eléctrica a través del mismo. La energía eléctrica se transforma en energía térmica debido a los continuos choques de los electrones móviles contra los iones metálicos del conductor, produciéndose un intercambio de energía cinética, que provoca un aumento de temperatura del conductor.
Eficiencia Espectral	Cociente definido por velocidad binaria entre ancho de banda ocupado. Da una idea del mejor o peor aprovechamiento que hace del espectro una modulación determinada.

Empresa Distribuidora	Entidad que tiene la obligación de prestar el suministro de energía eléctrica a los consumidores finales ubicados dentro de un área asignada.
Empresa Generadora	Entidad que produce energía eléctrica, destinada al mercado libre o regulado.
Empresa Transmisora	Empresa que presta el servicio de transmisión y transformación de la tensión vinculada a la misma, desde el punto de entrega de un generador, hasta el punto de recepción de un distribuidor.
Espectro Ensanchado	Técnica por la cual la señal transmitida se ensancha a lo largo de una banda muy ancha de frecuencias, mucho más amplia que el ancho de banda mínimo requerido para transmitir la información que se quiere enviar. La señal de espectro ensanchado, una vez ensanchada puede coexistir con señales en banda estrecha, ya que sólo les aportan un pequeño incremento en el ruido.
Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia	Técnica de modulación en espectro ensanchado en el que la señal se emite sobre una serie de radiofrecuencias aparentemente aleatorias, saltando de frecuencia en frecuencia sincrónicamente con el transmisor.
Espectro Ensanchado por Secuencia Directa	Técnica de modulación que utiliza un código pseudoaleatorio para modular directamente una portadora, de tal forma que aumente el ancho de banda de la transmisión y reduzca la densidad de potencia espectral.
Ethernet	Estándar para redes de ordenadores muy utilizado por su aceptable velocidad y de bajo costo. Admite distintas velocidades según el tipo de hardware utilizado, siendo las más comunes 10 Mbps (Ethernet) y 100 Mbps (Fast Ethernet)
Fiabilidad	Probabilidad de que un dispositivo desarrolle una determinada función, bajo ciertas condiciones y durante un período de tiempo determinado.
Full Duplex	Característica de una comunicación que permite transmitir información al mismo tiempo que la recibe y de manera similar a un teléfono convencional.

Gateway	Pasarela en redes de comunicaciones, que consiste de una combinación de software y hardware que comunica dos tipos diferentes de redes.
Half Duplex	Transmisión de información bidireccional sobre un medio común por donde la información sólo puede viajar en una sola dirección en un tiempo. Esto permite transmitir o recibir información.
Homologación	Verificación del cumplimiento de las normas técnicas en un equipo terminal.
Indoor	Estructura de la red eléctrica que se encuentra al interior de la ubicación del usuario, desde la acometida hacia adentro.
Inductancia	Propiedad de un circuito que establece la cantidad de flujo magnético que lo atraviesa, en función de la corriente que circula por él.
Interferencia	Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada.
Interferencia Electromagnética	Interferencia producida por una señal electromagnética que causa una distorsión de la señal que afecta a su integridad dando errores o pérdida de datos. Se puede disminuir utilizando un blindaje apropiado.
Internet	Red digital de conmutación de paquetes basada en los protocolos TCP/IP. Interconecta entre sí redes de menor tamaño permitiendo la transmisión de datos entre computadoras conectadas a esta red subsidiaria.
IP	Protocolo que describe los procedimientos para la transmisión de datos entre ordenadores de una red identificándolos mediante una dirección IP única.
ISP	Organización que a través de un sistema informático remoto conecta un computador personal para acceso a Internet e intercambio de información en red.

LAN	Red de comunicaciones de datos solamente confinada a un área geográfica limitada con velocidades desde 100 kbps a 100 Mbps o más. El área en servicio puede consistir en un solo edificio, un grupo de edificios o un campus estudiantil.
Línea Digital de Abonado	Nombre genérico de la familia de tecnologías de acceso que ofrecen gran ancho de banda a través del par de cobre telefónico.
Línea de Abonado Digital Asimétrica	Tecnología que permite a los hilos de cobre telefónicos transportar hasta 8 Mbps sobre un par de abonado de longitud media. Es asincrónica ya que el ancho de banda asignado para downstream es mucho mayor que el ancho de banda de upstream.
MAC	En una red los terminales comparten un único medio de transmisión. Esto provoca que sea necesario establecer un protocolo para asegurar que el medio de transmisión sea utilizado de forma racional y equitativa. El protocolo de Control de Acceso al Medio distribuye los recursos del medio de transmisión para los usuarios que lo utilizan.
MAN	Red de computadores y equipos periféricos conectados en una ciudad ó en varias ciudades, cuya cobertura no supera los 100 km.
Multiplexor	Dispositivo que permite la transmisión de varias señales por un mismo enlace simultáneamente, pudiendo ser por división temporal ó de frecuencia.
Multi Tono Discreto	Técnica de transmisión de datos que divide un canal en cientos de subcanales. Cada subcanal es testeado para determinar el nivel de ruido existe. Una vez concluida la revisión, el sistema enviará más o menos bits por cada canal, dependiendo el nivel de interferencia que presente cada uno.
OFDM	Modulación digital que divide la señal entre varios canales de banda estrecha. Es útil en entornos con mucha interferencia porque optimiza el ancho de banda disponible en el medio, debido a que los diferentes canales no se interfieren entre si.

OSI	Modelo de referencia para la transmisión de información entre dos puntos de una red de telecomunicaciones. Define siete niveles que tienen lugar en los extremos del sistema.
Out-door	Toda la instalación eléctrica que se encuentra desde la puerta de la vivienda hacia el exterior, esto incluye las líneas eléctricas desde el medidor hacia el poste de energía eléctrica, el transformador de energía, las redes de baja, media y alta tensión.
Plug & Play	Tecnología que permite la autodetección de dispositivos tales como tarjetas de expansión por parte del ordenador, con objeto de facilitar su instalación.
PPP	Protocolo de comunicaciones utilizado para transmitir datos de la red a través de las líneas telefónicas. PPP permite comunicación directamente entre computadores de la red por medio de conexiones TCP/IP.
Primario eléctrico	Líneas de media tensión que se derivan de la subestación eléctrica hacia los centros de carga, para a partir de éstos distribuir el servicio de energía eléctrica.
Protocolo de comunicación	Conjunto de normas que definen cómo se realiza el intercambio de datos entre computadores o programas computacionales, organizando el desplazamiento de la información a través de la red e indicando cuál es el origen de los datos, el camino que deben recorrer y el destino final.
PSTN	Es el término internacional para designar un servicio telefónico público, encargado de transmitir señales analógicas de voz entre distintas conexiones.
Puerto	Unidad funcional de un nodo a través de la cual los datos pueden entrar ó salir de una red de datos.
P2P	Programa de intercambio de archivos entre usuarios de Internet.
QAM	Modulación lineal que consiste en modular en doble banda lateral 2 portadoras de igual frecuencia desfasadas 90°. Cada portadora es modulada por una de las dos señales, las dos modulaciones se suman y la señal resultante es transmitida.

QoS	Calidad sobre la velocidad de conexión, tasa de error que puede ser medida, mejorada ó garantizada en un servicio determinado.
Radiocomunicación	Toda telecomunicación transmitida por medio de ondas radioeléctricas.
RDSI	Conexiones realizadas por medio de líneas telefónicas ordinarias para transmitir señales digitales en lugar de analógicas, permitiendo que los datos sean transmitidos más rápidamente que con un módem tradicional.
Repetidor	Elemento que interconecta dos segmentos de una red y actúa como amplificador y regenerador de las señales. Trabaja a nivel de OSI.
Resistencia	Oposición que presenta un material al paso de la corriente eléctrica.
RJ11	Conector de 4 contactos utilizado para conectar aparatos telefónicos.
RJ45	Conector de 8 contactos utilizado para interconectar redes de computadores basados en cable UTP.
Ruido	Señal extraña que interfiere con la señal presente en el mismo medio de comunicación.
SCADA	Sistema para supervisar, enviar, controlar y monitorear los datos a través de la línea de poder.
Simplex	Transmisión de información en un solo sentido a través de un medio.
Sistema Nacional Interconectado	Sistema integrado por los elementos del sistema eléctrico conectados entre sí, el cual permite la producción y transferencia de energía eléctrica entre centros de generación, centros de consumo y nodos de interconexión internacional, dirigido a la prestación del servicio público de suministro de electricidad.
Sistema nacional de transmisión de energía eléctrica	Conjunto de instalaciones de transmisión del SNI, incluyendo el equipamiento de compensación, transformación, protección, maniobra, conexión, control y comunicaciones; destinadas al servicio público de transporte de energía eléctrica.

SLA	Protocolo por el que una compañía que presta un servicio a otra se compromete a prestar el mismo bajo unas determinadas condiciones y con unas prestaciones mínimas.
SNMP	Protocolo para la administración simple de una red.
Splitter	Dispositivo pasivo empleado a un sistema de cableado para obtener dos ó más salidas de única entrada. Separador de voz y datos en ADSL.
STM	Modo de transferencia en el que las tramas son fijas con un número definido de canales por trama, como es el MIC.
TCP/IP	Protocolo que rige las comunicaciones en Internet. Incluyen un conjunto de instrucciones que dictan cómo se han de enviar paquetes de información por distintas redes. También tiene una función de verificación de errores para asegurarse que los paquetes llegan a su destino final en el orden apropiado.
Topología	Arreglo lógico-físico de nodos y estaciones en una red. Existen diferentes topologías de red (bus, anillo, estrella, malla).
Tráfico	Cantidad de información cursada por una vía de comunicación.
Trifásico	Sistema de tres corrientes eléctricas alternas iguales, procedentes del mismo generador, y desplazadas en el tiempo, cada una respecto de las otras dos, en un tercio de periodo.
Triple play	Servicios que incluyen aplicaciones de voz, datos y video.
Última milla	Tramo más cercano al abonado de un sistema, que comprende el enlace desde el terminal de usuario al de cabecera.
Upstream	Flujo de datos que es enviado desde un computador remoto a un servidor.
UDP	Protocolo con funciones similares a TCP, caracterizado por reducir el tiempo de proceso, permitiendo aplicaciones en tiempo real. Sin embargo, no garantiza que la información llegue a su destino ni que sea de forma ordenada.
Videoconferencia	Sistema que permite la transmisión en tiempo real de video sonido y texto a través de una red; ya sea de área local (LAN) o Internet.

Video bajo demanda	Servicio que permite a los telespectadores pedir y visionar un programa concreto en cualquier momento. Además el espectador puede detener la reproducción en cualquier momento, ir hacia atrás, usar cámara lenta y demás opciones de reproducción.
VoIP	Tecnología que convierte los sonidos de una conversación en paquetes que son transportados por Internet. Procedimiento que permite transmitir la voz por la red, posibilitando la realización de llamadas telefónicas mediante el protocolo de Internet.
VPN	Red soportada por infraestructura de telecomunicaciones pública que soporta acceso remoto de un usuario a la red de su organización. Incorpora procedimientos seguridad para evitar el acceso de usuarios no autorizados.
VSAT	Sistema de comunicaciones por satélite bidireccional en el que los usuarios están conectados a una pequeña estación terrena que permite transmitir y recibir señales. Suele adoptar topología en estrella empleando una estación central (hub) de mayor capacidad.
WAN	Red de área extendida que abarca una gran cobertura geográfica y que contiene una colección de computadores que le permiten correr las aplicaciones de usuario.
WiFi	Conjunto de especificaciones desarrolladas por el comité IEEE 802.11, las que establecen los estándares para las redes Ethernet inalámbricas. Definen un interfaz de aire entre los clients inalámbricos y una estación base o un punto de acceso que esté físicamente conectado a la red cableada.
WiMAX	Se refiere al estándar 802.16 desarrollado por la IEEE para proveer una cobertura inalámbrica bajo 31 millas. Opera en una banda de 2 a 11 GHz.
X-10	Lenguaje de comunicación que utilizan los productos compatibles X10 para hablar entre ellos. Lo que permite controlar luces, electrodomésticos de un hogar, aprovechando para ello la instalación eléctrica existente del hogar u oficina.

ACRÓNIMOS

ACRÓNIMO	DEFINICIÓN	
	INGLÉS	ESPAÑOL
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	Línea de Abonado Digital Asimétrica
AMR	Automatic Meter Remote	Medidor Automático Remoto
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Modo de Transferencia Asíncrona
AWG	American Wire Gauge	Sistema de Calibración Americano para Medida de Conductores
BER	Bite Error Rate	Tasa de Bits Errados
BPL	Broadband over Power Line	Comunicaciones de banda ancha sobre la línea de poder
CDMA	Code Division Multiple Access	Acceso Múltiple por División de Código
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor	Semiconductor Complementario de Óxido Metálico
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance	Acceso Múltiple por Detección de Portadora / con prevención de colisión
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access / Collision Detect	Acceso Múltiple por Detección de Portadora / con detección de colisión
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	Protocolo Dinámico de Configuración de Hosts
DNS	Domain Name Server	Servidor de nombres de dominio
DSL	Digital Subscriber Line	Línea de Abonado Digital
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer	Multiplexor de Acceso para Línea de Abonado Digital
DSSSM	Direct Sequence Spread Spectrum Modulation	Modulación de Espectro Ensanchado por Secuencia Directa
EMC	Electromagnetic Compatibility	Compatibilidad Electromagnética
EMI	Electromagnetic Interference	Interferencia Electromagnética
FHSSM	Frequency Hopping Spread Spectrum Modulation	Modulación de Espectro Ensanchado por Saltos de Frecuencia
GIS	Geographic Information System	Sistema de Información Geográfico
HFC	Hybrid Fiber Coaxial	Red Híbrida Fibra Coaxial
HTTP	Hyper Text Transmisión Protocol	Protocolo de Transmisión de Hipertexto
IP	Internet Protocol	Protocolo de Internet
ISDN	Integrated Services Digital Network	Red Digital de Servicios Integrados
ISP	Internet Service Provider	Proveedor de Servicios de Internet

ACRÓNIMO	DEFINICION	
	INGLÉS	ESPAÑOL
OFDM	Orthogonal Frecuency Division Multiplex	Multiplexación Ortogonal por División de Frecuencia
LAN	Local Area Network	Red de Área Local
LV	Low Voltage	Bajo Voltaje
MAC	Protocols use the Medium Access Control	Protocolo de Control de Acceso al Medio
MAN	Metropolitan Area Network	Red de Área Metropolitana
MV	Medium Voltaje	Medio Voltaje
MCM	Multiplex Carrier Modulation	Modulación de Portadora Múltiple
NAP	Network Access Point	Punto de Acceso al Internet
OSI	Open System Interconection	Interconexión de Sistemas Abiertos
PLC	Power Line Communications	Comunicaciones por Líneas de Poder
PSTN	Public Switched Telephone Network	Red Telefónica Pública Conmutada
PPP	Point-to-Point Protocol	Protocolo Punto a Punto
P2P	Peer to peer	Igual a igual
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Modulación de Amplitud en Cuadratura
QoS	Quality of Service	Calidad de Servicio
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	Supervisión Control y Adquisición de Datos
SOHO	Small Office Home Office	Pequeña Oficina en casa
SLA	Service Level Agreement	Acuerdo de Nivel de Servicio
SNMP	Simple Network Management Protocol	Protocolo Simple de Gestión de Red
STM	Synchronous Transfer Mode	Modo de Transferencia Síncrono
TCP	Transmission Control Protocol	Protocolo de Control de Transmisión
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol	Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo de Internet
UDP	User Datagram Protocol	Protocolo Datagrama de Usuario
VPN	Virtual Private Network	Red Privada Virtual
VoD	Video on Demand	Video Bajo Demanda
VoIP	Voice Access Over Internet Protocol	Acceso de Voz Sobre Protocolo Internet
VSAT	Very Small Aperture Terminal	Terminal de Abertura muy Pequeña
WiFi	Wireless Fidelity	Fidelidad Inalámbrica
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	Interfaz Aérea para Sistemas Fijos de Acceso Inalámbrico de Banda Ancha

ABREVIATURAS

CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CENELEC	Comité Europeo de Normalización Electrónica
CISPR	Comité Internacional Especial sobre Perturbaciones Radioeléctricas
CITEL	Comité Interamericano de Telecomunicaciones
CMT	Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones
CONATEL	Consejo Nacional de Telecomunicaciones
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad
DS2	Design of Systems on Silicon
EEQ S.A.	Empresa Eléctrica "Quito" S.A.
ETSI	Instituto Europeo de Estandarización de las Telecomunicaciones
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
NTIA	Administración Nacional de Telecomunicaciones e Información
S/E	Subestación
SENATEL	Secretaría Nacional de Telecomunicaciones
SUPTEL	Superintendencia de Telecomunicaciones
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones

EQUIVALENCIAS

Protocolo	Equivalencia
E1	2.048 Mbps
E2	8.448 Mbps
E3	34.368 Mbps
T1	1.544 Mbps
T2	6.312 Mbps
T3	44.736 Mbps
STM1	155 Mbps
STM4	622 Mbps
STM16	2.5 Gbps
STM64	10 Gbps

Capítulo 1

**ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA BPL “BROADBAND
OVER POWER LINE”**

1.1 EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA BPL ^{[2],[4], [7] – [19]}

1.1.1 ORIGEN

La tecnología que permite ofrecer servicios de comunicaciones a través de la red eléctrica no es reciente. Las compañías proveedoras del servicio eléctrico fueron las pioneras en su uso; su principal objetivo era el estudiar las cargas en las líneas y generar las facturas de los clientes. Es así como a través de una señal de baja frecuencia (100 Hz) y a velocidades de 9.6 kbps, se realizaban transmisiones hacia la compañía, con lo cual se conseguía:

- Mantenimiento, control y gestión de las redes eléctricas.
- Detección de averías en las líneas eléctricas.
- Transmisión de datos procedentes de la lectura de los contadores.

Sin embargo, los equipos empleados tenían varios inconvenientes debido a su baja velocidad y la posibilidad de transmitir en una sola dirección.

A mediados de los años 80, se iniciaron pruebas que permitían utilizar el cable eléctrico como medio de transmisión bidireccional. Posteriormente algunas compañías eléctricas de países europeos, tales como Inglaterra y Alemania, empezaron a utilizar sus redes de distribución para la transmisión de datos de modo interno.

Las pruebas iniciales no tuvieron los resultados esperados, sin embargo los proyectos e investigaciones se incrementaron, el objetivo era conseguir velocidades más altas y mejorar la calidad de la señal.

La compañía israelí **NAMS** “Nisko Advanced Metering Solutions” desarrolló en el año 1998 un equipo medidor de electricidad. El mismo actuaba como estación de comando, pues permitía el control del encendido y apagado de luminarias públicas, semáforos y otras aplicaciones industriales. Sin embargo, durante el desarrollo de este equipo se experimentó la capacidad de transmitir datos a 1 Mbps e incluso a 10 Mbps en cortas distancias. Fue así como en el año 2000 se crea el protocolo NISCOM, el primero que permitía operar en las líneas de distribución eléctrica como una verdadera red de comunicaciones. Esta tecnología fue conocida en ese entonces como **PLC** “Power Line Communications”.

La atracción que despertó esta tecnología se puso en evidencia con las alianzas estratégicas y el apareamiento en el mercado de nuevos productos. En el año 2001, Polytrax una empresa alemana y la japonesa Hitachi presentaron un prototipo de módem específico para líneas eléctricas, el cual permitía el acceso a Internet a una velocidad de 1.5 Mbps y empleaba como sistema de modulación **OFDM** “Orthogonal Frequency Division Multiplex”.

1.1.2 PRUEBAS Y PROYECTOS PILOTO

El rápido desarrollo de nuevas formas de modulación y técnicas de transmisión, además del crecimiento de la demanda por servicios de banda ancha, motivó a importantes compañías a nivel mundial ha emprender proyectos de investigación y pruebas piloto para trabajar con la tecnología PLC.

Inicialmente, las pruebas de campo se realizaron con pequeños grupos de usuarios para luego emplear la tecnología para comunicar ciudades enteras. Durante el período de duración de las pruebas se llevaba a cabo un monitoreo continuo de parámetros de calidad, tales como tiempo de indisponibilidad, máximo caudal de datos y **BER** (Bite Error Rate). Además se obtenía información sobre el tiempo de despliegue de la red, comportamiento, hábitos de los usuarios e índice de concurrencia; lo que permite caracterizar tanto la red de distribución eléctrica, los módems PLC y las principales necesidades del usuario.

Los proyectos piloto desarrollados a nivel mundial son varios, no todos concluyeron con éxito, pero fueron una importante contribución para conocer las posibilidades de esta tecnología e identificar los problemas que actualmente están siendo superados.

A continuación un detalle de las principales pruebas y proyectos realizados:

Tabla 1.1a Principales proyectos piloto a nivel mundial

PAÍS	AÑO	OPERADORA	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN
EUROPA				
Alemania	1998	EnBW-Tesion	Siemens/ NOR.WEB	Las pruebas empezaron con 150 clientes. El sistema se basa en topología estrella, usa modulación OFDM, que distribuye a 400 portadores a lo largo de una banda que va de los 0 a los 10 MHz.
	2000	RWE	ASCOM/ KEYIN	Se empleó PLC como tecnología de acceso desde el transformador de bajo voltaje a 200 hogares, de los cuales 150 fueron equipados con tecnología ASCOM y 50 con KEYIN.
	2000	MVV	ABB/ ALCATEL	Fuchs Petreolub es el primer cliente industrial. Además en Mannheim se realizó una prueba en 100 hogares.
	2000	VEBA/ Avacon Online	Online/ Enikia	Se realizó una prueba en 8 hogares, para probar servicios de alta velocidad para transmisión de voz y datos.
Italia	2000	ENEL	ASCOM	Se empleó tecnología PLC desde los hogares a la subestación y fibra óptica para el tramo restante.
Suecia	2000	Evicom Sydkraft	ASCOM	Se experimentó con equipos PLC de segunda generación.
Hungría	2000	ELMU/ Novaco	Siemens	Pruebas piloto en la ciudad de Budapest
Dinamarca	2001	R-KOM	Alcatel	Participaron clientes corporativos como la empresa Danone.

Austria	2001	EVN	ASCOM	Permitía velocidades de transmisión de 3 Mbps. Empleaba un innovador chip que evitan interferencias eléctricas.
Francia	2001	France Telecom	ASCOM	Pruebas de los servicios potenciales y la aceptación de los clientes.
Rusia	2002	Energomegasbit	ASCOM	Se desarrolló en Jelesnogorsk y contó con 20 mil usuarios.
Inglaterra	2003	SST Telecom	MAIN NET	Plan piloto comercial con mil usuarios en la ciudad de Winchester.

Tabla 1.1b Principales proyectos piloto a nivel mundial

PAÍS	AÑO	OPERADORA	PROVEEDOR	DESCRIPCIÓN
EUROPA				
España	2000	Iberdrola/NAMS	NAMS	El proyecto denominado Niscom1 probó el acceso a Internet, voz y videoconferencia. En el proyecto Niscom2 se alcanzó velocidades de hasta 10 Mbps.
	2000	Endesa	ASCOM	Se desarrolló en Barcelona, alcanzó 3 Mbps e incluyó el servicio de telefonía.
	2001	Endesa	DS2	Fue realizada en Sevilla, incluyó acceso a Internet, video, música, telefonía IP y videoconferencia a 12 Mbps.
AMÉRICA				
Estados Unidos	2002	Cinergy	ASCOM	Se realizó en Cincinnati y con pequeñas compañías municipales de zonas rurales.
Unidos	2002	Nortel	NORWEB	Se realizó en la escuela "Seymour Park" y en dos localidades cercanas a la subestación Stanley en Manchester.
Chile	2002	Emel	TECNOCOM	Emplea un sistema de acceso a Internet por medio de satélite y para la distribución entre los usuarios usa PLC de segunda generación a 3 Mbps.
Brasil	2001	CEMIG	ASCOM	Incluye 40 puntos de Belo Horizonte y permite acceso a Internet de banda ancha empleando la red de baja tensión.
	2002	Electropaulo	ASCOM	Los datos se transmiten a incluso 45 Mbps en el rango de frecuencia de 5 a 30 MHz.

Costa Rica	2003	ICE	MAIN NET	Las pruebas se realizaron en la localidad de Cartago y Heredia a través de RAC, una subsidiaria del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). La proyección de usuarios de la zona es de 67000 abonados. La velocidad por transformador empleada fue de 2.5 Mbps. Los resultados mostraron que no existió problemas de interferencia con los servicios VHF y bandas AM y FM de radio.
México	2006	CFE/AXTEL	DS2	Las pruebas iniciarán a partir de enero, en el área metropolitana de Monterrey y utilizarán la red eléctrica de media y baja tensión de la CFE.

1.1.3 SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS

1.1.3.1 Retos tecnológicos y estandarización

Las redes de comunicación experimentan transformaciones encaminadas a proveer servicios más amplios y universales. Así, este cambio se refleja en la mayor capacidad de las redes, la alta demanda por servicios de banda ancha, la liberalización que abre las puertas a nuevos operadores y la reducción de precios. La necesidad de contar con redes alternativas y el desarrollo de sistemas complejos de modulación de espectro expandido para reducir el ruido en las líneas eléctricas, promovió a que una tecnología que acumulaba años de experiencia, alcanzara un entorno que hoy la convierte en atractiva.

La tecnología "Power Line Communications" pasó a ser considerada como una tecnología de banda ancha cuando ofrecía una velocidad igual o superior a 2 Mbps. A partir de esta velocidad fue posible ofrecer servicios multimedia y acceso de un mayor número de usuarios a Internet, especialmente en las áreas rurales. En el año 2004, la **FCC** "Federal Communications Commission" inicia el proceso de estandarización de esta nueva generación de la tecnología PLC a la cual denomina: **BPL "BROADBAND OVER POWER LINE"**.

Varias han sido las organizaciones involucradas en la regulación de esta tecnología, es así como para el año 2005 el estudio de las comunicaciones de banda ancha a través de la línea de poder BPL forma parte de la agenda de los

más importantes comités consultivos. Entre los cuales se destaca el aporte de la Unión Europea y de los Estados Unidos.

1.1.3.2 Retos económicos

Las condiciones que permitirán un impulso económico de BPL incluyen, topología de la red eléctrica de baja y media tensión, oferta de tecnologías similares en el mercado, penetración de los servicios de comunicaciones y el grado de desarrollo de la población en la región o país en el que se implementará.

Debido a ello cada empresa previa a la incursión en este mercado han cumplido con una etapa de análisis de factibilidad y pruebas que permitan identificar las posibles ventajas y desventajas. Con ello es posible conocer cual será la adecuada estrategia y el segmento de mercado a cubrir.

En la actualidad, varias empresas a nivel mundial ofertan servicios de banda ancha basados en los sistemas BPL de una manera comercialmente viable. Entre las principales tenemos las siguientes:

Tabla 1.2 Principales despliegues comerciales a nivel mundial

PAÍS	TECNOLOGÍA	OPERADORA	COBERTURA	SERVICIOS
Alemania	Mainnet	MW	2200 clientes	De acceso: Internet para segmento residencial.
	Ascom	EnBW	700 clientes	De acceso e "In-home": Internet en hoteles y escuelas.
Austria	Mainnet	Linz StromAG	800 clientes	De acceso e "In-home": servicios minoristas de Internet y telefonía
	Ascom	Tiwag	250 clientes	De acceso: Internet a nivel residencial, en hoteles y escuelas.
Suiza	Ascom	EFF	1000 clientes	De acceso: servicios mayoristas de Internet
Suecia	Mainnet	Vattenfall	500 clientes	De acceso: Internet para segmento residencial
España	DS2	Endesa	2200 clientes	De acceso: servicios mayoristas de Internet y telefonía.

	ASCOM-DS2	Iberdrola	200 clientes	De acceso: servicios mayoristas de Internet
--	-----------	-----------	--------------	---

Los nuevos sistemas BPL pueden operar dentro de edificios o en el exterior usando líneas eléctricas de voltaje bajo y medio. Dentro de los edificios se pueden lograr redes de computadoras sin necesidad de nuevas líneas y mediante las líneas exteriores se pueden hacer conexiones de Internet. Adicionalmente, las compañías eléctricas pueden continuar usando estos sistemas para monitorear su red de distribución y servicios para manejarlos de forma más eficiente.

1.1.3.3 Factores de crecimiento

Adicionalmente a las características propias de la tecnología BPL, las cuales se describen más adelante, existen otros factores externos que propician su desarrollo, entre ellos tenemos los siguientes:

- Avances en las técnicas de VLSI, lo que permite integrar funciones complejas en los circuitos integrados, tareas que debían hacerse vía software tienen ahora la posibilidad de ser integradas en el mismo chip lo que incrementa la velocidad de ejecución.
- Estandarización de los protocolos de comunicación en torno al modelo **OSI** "Open System Interconnection". Lo que permite establecer un estándar básico e independiente del medio físico sobre el que se realiza la transmisión de datos.
- El crecimiento de Internet y la proliferación de nuevos servicios sobre el protocolo **IP**, tales como la voz sobre IP (**VoIP**), vídeo bajo demanda (VoD) y difusión de señal de televisión sobre IP.

1.1.3.4 Futuro

BPL se encuentra en una etapa de crecimiento y en importantes regiones es considerada como una de las posibilidades de mayor proyección en las técnicas

de banda ancha. Su mayor uso se encuentra difundido en las redes de baja tensión, las cuales ofrecen condiciones favorables para el sistema europeo.

Sin embargo, con los avances futuros se esperan mayores oportunidades a través de BPL en media tensión, lo cual será una alternativa a las redes de transporte tradicionales y permitirá costos competitivos para el sistema eléctrico americano.

En lo referente a nuevas aplicaciones, las principales tendencias incluyen la prestación del servicio de vídeo a través de BPL y como canal de retorno interactivo para las plataformas de televisión digital y vía satélite, teniendo en cuenta que actualmente es posible alcanzar velocidades de hasta 200 Mbps.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA BPL ^{[1] - [5], [20] - [38]}

1.2.1 DEFINICIÓN

“Broadband over Power Line” es una tecnología que permite ofrecer servicios de comunicación utilizando como infraestructura la red eléctrica. Esto implica la capacidad de ofrecer, mediante este medio, cualquier servicio basado en IP, como podría ser telefonía IP, Internet, videoconferencia y datos a alta velocidad. Esta tecnología ha sido motivo de múltiples estudios, por lo cual de acuerdo a la organización encargada de su análisis recibe diferentes nombres.

Tabla 1.3 Denominación de la tecnología

NOMBRE	SIGNIFICADO	ORGANIZACIÓN
PLC	Power Line Communications	European Telecommunications Standard Institute ETSI
PLT	Power Line Transmission	
DPL	Digital Power Line	Federal Communications Commission FCC
BPL	Broadband over Power Line	

Para este estudio nombraremos como PLC a la tecnología que permitía anchos de banda limitados y BPL a la evolución que brinda altas velocidades.

Tabla 1.4 Diferencias entre PLC y BPL

CARACTERÍSTICAS	PLC	BPL
RANGO DE FRECUENCIA	8 kHz a 520 kHz	3 MHz a 30 MHz
VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	9.6 kbps	Superior a 2 Mbps
APLICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lectura de contadores ■ Control de cargas ■ Localización de averías 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Acceso a Internet ■ Telefonía IP ■ Creación de entornos LAN
EJEMPLO	Sistema X10	HomePlug BPL
OBSERVACIONES	Las interferencias son reducidas, porque a la frecuencia que opera la longitud de onda es muy elevada en relación a la longitud del cable.	Para transmitir los datos utiliza técnicas de espectro expandido (SS) y/o múltiples portadoras de datos (DMT).

1.2.2 FUNCIONAMIENTO

1.2.2.1 Breve descripción del sistema de suministro eléctrico

“El sistema de suministro eléctrico está formado por el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica, el cual dispone de mecanismos de control, seguridad y protección”.^[25]

Tabla 1.5 El sistema de suministro eléctrico y sus etapas¹

NOMBRE	VOLTAJE	DESCRIPCIÓN
MEDIA TENSIÓN	4 a 13.8 kV	Abarca desde la central generadora de energía hasta el primer transformador elevador.
ALTA TENSIÓN	138-230 kV	Es una red de transporte, que hace llegar la energía desde los centros de producción a los de consumo. La mayoría de los tendidos son aéreos. Los altos rangos de voltaje permiten un transporte más eficiente de la energía.
MEDIA TENSIÓN	46 a 69 kV	Abarca desde la subestación de transporte, donde existen centros de transformación que convierten la energía eléctrica a valores de tensión inferiores y concluye en la subestación de distribución.
MEDIA TENSIÓN	6.3 a 23 kV	Corresponde al tramo desde la subestación de distribución hasta el centro de distribución.
BAJA TENSIÓN	110 a 220 V	Finalmente se produce la transformación de la energía a un voltaje adecuado para uso doméstico, comercial e industrial. La distribución se realiza por medio de un centro de transformación, que sirve a un promedio de 300 usuarios en Europa y a 10 en EEUU.

¹ Los niveles de voltaje señalados hacen referencia al Sistema Nacional de Transmisión Eléctrica.

1.2.2.2 Integración de los sistemas BPL y la red eléctrica

La tecnología BPL emplea para su funcionamiento sólo una parte de la red eléctrica y la misma depende del ámbito de aplicación en que se requiera. Como se expondrá luego existen sistemas BPL de baja y media tensión. Por lo tanto, el punto de integración del sistema eléctrico y de comunicación ocurre en el transformador o en la subestación de distribución, respectivamente.

En ambos casos, es en este punto donde se produce el acondicionamiento de la red eléctrica mediante equipos complementarios, para por un lado garantizar el enlace a Internet mediante una conexión de alta velocidad hacia un proveedor de servicio de Internet (**ISP**); y a su vez el control de la red BPL, ya que el equipo presente actúa como cabecera de esta red, proporcionando conectividad a través de las líneas de distribución eléctrica.

En el tramo de media tensión se alcanza velocidades de transmisión de 135 Mbps e incluso 200 Mbps, dependiendo de la calidad de los equipos y el estado de las líneas eléctricas. La velocidad en el tramo de baja tensión es de 45 Mbps y se comparte entre todos los usuarios que colgarán de dicho repetidor, con un máximo de 256 usuarios.

Cuando la red eléctrica llega a los domicilios de los usuarios se reparte dejando a la vista los enchufes eléctricos que se convierten en los puertos de datos. Lo más importante es que la línea eléctrica se puede utilizar tanto para comunicarse con el exterior como para establecer redes de área local en el interior.

Un aspecto adicional es que mientras la comunicación transcurre en el tramo de baja tensión es protegida por algoritmos propietarios, los cuales son implementados en hardware y varían dependiendo del fabricante de los equipos.

1.2.2.3 Transmisión simultánea de energía e información

La técnica empleada se basa en la transmisión de dos señales: *energía e información*, usando para ello el mismo medio simultáneamente.

Esto es posible debido a que las señales son diferentes. Mientras la energía eléctrica llega a los usuarios en forma de corriente alterna de baja frecuencia (50 ó 60 Hz), para la señal de datos se emplean frecuencias que normalmente no se utilizan y corresponde al rango de alta frecuencia es decir entre 3 y 30 MHz.

Una red conocida como **HFCPN** “High Frequency Conditioned Power Network” permite a través de equipos o unidades acondicionadoras filtrar y separar la electricidad que alimenta a los electrodomésticos de las señales de alta frecuencia que van a un módulo o unidad de servicio.

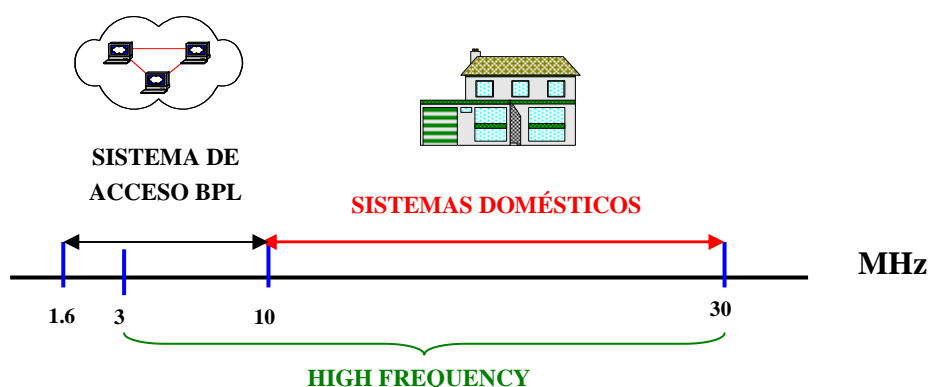
El objetivo de estos equipos es conseguir la máxima transmisión con el mínimo consumo. El diseño, la modulación y la asignación de frecuencias empleadas en el sistema está basada en una cuidadosa planificación, para así evitar la interferencia con otros servicios.

1.2.3 CARACTERÍSTICAS

1.2.3.1 Frecuencia utilizada

Los sistemas BPL ocupan el espectro de onda corta o **HF** (High Frequency), el cual corresponde a un rango entre 3 y 30 MHz.

La recomendación ETSI **TS 101867** [V1.1.1 (2000-11)]^{II} se refiere a sistemas BPL de primera generación. En ella se asigna el rango de 1.6 MHz a 10 MHz para los sistemas de acceso y la banda de 10 MHz a 30 MHz para los sistemas de comunicación BPL domésticos, como se muestra en la figura siguiente:



^{II} Capítulo 4. Sección 4.3

Figura 1.1 Rango de frecuencias sistemas BPL

1.2.3.2 Velocidad de transmisión

La velocidad de los sistemas BPL depende de los equipos e infraestructura empleada. Cada punto de inyección de la señal BPL permite entre 24 y 200 Mbps en el tramo de media tensión y 205 Mbps en el de baja tensión.

Sin embargo, esta velocidad es compartida por los usuarios que se encuentren conectados, por lo cual la velocidad de cada usuario es variable.

En promedio el ancho de banda del que pueden disfrutar los clientes varía entre 2 y 10 Mbps, suficiente para transmitir voz, información multimedia o crear redes privadas virtuales.

1.2.3.3 Técnicas de modulación

Las comunicaciones a través de línea de poder están caracterizadas por múltiples e impredecibles formas de interferencia, provocando un medio poco confiable y robusto para la comunicación.

Estas condiciones han hecho que el sistema de modulación empleado en la tecnología BPL deba contar con importantes ventajas y fortalezas frente al resto de técnicas.

Esencialmente se utilizan los siguientes tipos de modulación:

- **DSSSM** “Direct Sequence Spread Spectrum Modulation”
- **FHSSM** “Frequency Hopping Spread Spectrum Modulation”
- **OFDM** “Orthogonal Frequency Division Multiplex”

Cada una de estas técnicas para acoplar la señal al canal de comunicación cuenta con ventajas y desventajas, las cuales detallamos a continuación:

Las técnicas de espectro ensanchado (FHSS y DSSS) consisten en distribuir la potencia de la señal a lo largo de un amplio espectro de frecuencias de modo que la densidad espectral de potencia sea alta. Además, éstas permiten contar con un sistema muy robusto frente a interferencias.

El inconveniente es que ello supone un gran ancho de banda y una baja velocidad de datos. Otro problema al aplicarlos al canal BPL es la interferencia debida a los múltiples caminos que puede seguir la señal.

Al final ha sido un sistema adaptativo el que se ha impuesto, se trata de **OFDM**, una técnica que consiste en modular un gran número de portadoras de banda estrecha distribuida. Esta técnica permite alta eficiencia espectral y maneja muy bien el ruido, los cambios de impedancia y las reflexiones producidas por los múltiples caminos que recorre la señal.

Tabla 1.6 Desempeño de sistemas de modulación empleados en BPL ^[5]

CARACTERÍSTICAS	MODULACIÓN		
	PORTADORA SIMPLE	ESPECTRO ENSANCHADO	OFDM
EFICIENCIA ESPECTRAL	Moderada	Baja	Bueno
ROBUSTEZ CONTRA DISTORSIONES DEL CANAL	Buena	Mala	Excelente
ROBUSTEZ CONTRA RUIDO EN EL CANAL	Buena	Aceptable	Aceptable
HABILIDAD PARA ADAPTARSE A CAMBIOS EN EL CANAL	Buena	Aceptable	Excelente
COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC)	Pobre	Excelente	Buena
COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN	Bajo	Bajo	Aceptable

1.2.3.3.1 “Orthogonal Frequency Division Multiplex” (OFDM)

Es el sistema de modulación más extendido y utilizado en estándares BPL. Su ventaja es emplear un método adaptativo, es decir capaz de medir los niveles de

atenuación y ruido con una alta resolución espectral y en base a esta información usar unas u otras subportadoras para enviar la información. En cada subportadora se usa modulación **QAM**.

El proceso general es el siguiente:

1. El transmisor envía al receptor una señal de prueba conocida.
2. El receptor estima la atenuación y distorsión del canal basándose en la señal recibida.
3. Se establece un período de tiempo en el que el transmisor no transmite para que el receptor evalúe las características de la interferencia.
4. Toda la información se envía de vuelta desde el receptor al transmisor para que adapte su transmisión a las características del canal.

Ventajas.-

- Adapta el canal a los cambios en las condiciones de transmisión, a través del monitoreo continuo que permite configurar el canal para obtener la mejor relación entre velocidad y fiabilidad. Los equipos que emplean esta modulación potencian las frecuencias donde el ruido es menor y anulan el uso de frecuencias donde el ruido o la atenuación es considerable.
- Maneja un alto número de portadoras lo que permite una sincronización robusta y sencilla, fácil adaptación a los valles de la función de transferencia y al ruido selectivo, mejor comportamiento frente al ruido impulsivo.

A continuación, algunas características de sistemas BPL que operan con modulación OFDM:

Tabla 1.7 Ejemplos de sistemas BPL con modulación OFDM ^[15]

SISTEMA O ESTÁNDAR	NÚMERO DE PORTADORAS	FRECUENCIA MHz	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN Mbps
HOMEPLUG	84	4.5 – 21	Máxima:14 Efectiva: 6-7
CODENGY	84	4.5 – 21	14
DS2	1280	Hasta 30	45 y 200

- La velocidad de datos por subportadora es adaptable, de acuerdo al número de bits presente en cada portadora. La eficiencia de modulación máxima es $7.25 \left[\frac{bps}{Hz} \right]$
- No requiere ecualización temporal por medio de filtros complejos, sino que emplea ecualización de frecuencia por corrección de fase.
- Habilidad para usar o dejar de usar cualquier subcanal, con el fin de mantener una óptima tasa de error. Esto permite además evitar interferencias con otros sistemas y poder cumplir los niveles de emisión regulados por las normas.

La *Figura 1.2* muestra la transmisión de bits por medio de subportadoras en el sistema OFDM, se observa que el nivel de la señal está bajo un límite establecido y que existen intervalos durante los cuales no se transmite para evitar interferir con otros servicios.

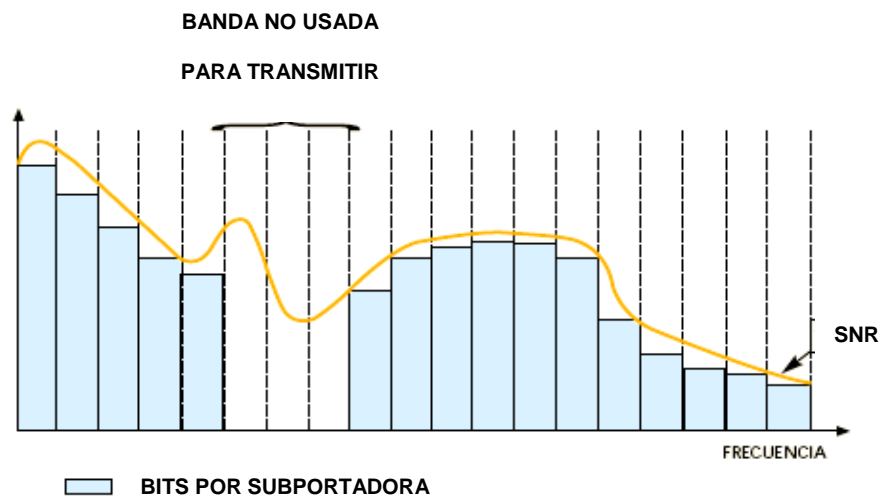


Figura 1.2 Subportadoras en un sistema OFDM [5]

Nota: En los sistemas BPL para evitar la interferencia y proteger otros servicios se pueden utilizar filtros. La forma de implementar estos filtros es variada y en general los fabricantes hablan de un control de densidad espectral.

Algunos fabricantes emplean un caso particular de modulación OFDM, conocida como OFDM de banda ancha. Esta modulación tiene un espectro en forma de campana gaussiana, por lo cual recibe el nombre de **GMSK** (Gaussian Minimum Shift Keying). Esta técnica permite un desempeño más constante de modo que los amplificadores pueden ser más simples. Adicionalmente, la señal está adaptada contra interferencias de señales de radio de onda corta.

El *Anexo 1.C* incluye una descripción de estos sistemas de modulación.

1.2.3.3.2 “Multiple Carrier Code Division Multiple Acces”

Se está investigando y probando una nueva tecnología llamada MC-CDMA (Multiple Carrier-Code Division Multiple Access) que es una combinación de CDMA y OFDM, la cual permite incrementar el número de subportadoras y la velocidad de transmisión a más de 100 Mbps.

1.2.3.4 Técnica de acceso al medio

En los sistemas “in-home” que emplea tecnología BPL para el establecimiento de redes de área local, existen dos condiciones a ser consideradas al diseñar el método de acceso al medio, estas son: no existe una distancia fija entre los nodos de la red y múltiples nodos pueden transmitir simultáneamente.

Por ello la técnica apropiada y ampliamente usada como solución para estos sistemas es CSMA/CA, es decir el acceso múltiple con detección de portadora y prevención de colisiones, un protocolo usado en 802.11.

1.2.4 VENTAJAS

1.2.4.1 Instalación rápida y sencilla

Debido a que esta tecnología emplea la red de distribución eléctrica, es decir una infraestructura existente, no requiere de obras de cableado adicionales.

En varias pruebas realizadas se ha demostrado que el tiempo invertido para el despliegue de la red ha sido mucho menor que el necesario para usar otras tecnologías de banda ancha.

En el proceso de implementación de los sistemas BPL se requiere de la instalación de unidades repetidoras, las que proveen conexión a un promedio de 64 usuarios y se ubican cada cierta distancia dependiendo de los equipos utilizados.

La figura adjunta muestra la instalación de equipos BPL ASCOM en las líneas de media tensión.



Figura 1.3 Instalación de unidades repetidoras ^[101]

1.2.4.2 Alta ubicuidad y capilaridad

La población mundial abastecida por el servicio de energía eléctrica es tres veces mayor a la alcanzada por la red telefónica. Ello implica no sólo la posibilidad de llevar nuevos servicios a los usuarios de los países desarrollados, sino la

oportunidad de prestar servicios básicos como: telefonía, canales de radio y televisión en zonas alejadas con el fin de romper las brechas tecnológicas entre países y a favor del desarrollo de la población.

1.2.4.3 Velocidad de transmisión superior a tecnologías similares

La velocidad límite para la tecnología ADSL es 2 Mbps. La tecnología BPL ofrece velocidades de usuario superiores: 2 Mbps, 4.5 Mbps e incluso mayores en pruebas de laboratorio.

1.2.4.4 Variedad de servicios y aplicaciones

Permite el acceso a múltiples servicios, entre los más importantes:

- Acceso de banda ancha a Internet.
- Correo electrónico, chat, radio en línea, actividades bancarias.
- Telefonía IP, servicio de fax, video bajo demanda (VOD)
- Control de aplicaciones en el hogar, tales como electrodomésticos, sistemas de seguridad y alarmas.
- Creación de entornos LAN y redes privadas virtuales (VPN)
- Sistemas de teletrabajo, teleconferencias y monitoreo remoto.

1.2.4.5 Facilidad de conexión del cliente

La instalación por parte del usuario es sencilla. Se requiere de un módem BPL de características similares a los convencionales y de una toma eléctrica, la cual servirá como alimentación y como conexión hacia el sistema de comunicación BPL. Adicionalmente, es posible crear redes de datos domésticas utilizando el cableado existente.

1.2.4.6 Movilidad

El usuario puede realizar la conexión desde cualquier punto del hogar donde disponga de una toma eléctrica, lo cual permite dotar de movilidad al abonado.

1.2.4.7 Evolución de la tecnología y proliferación de productos

Actualmente, existen productos BPL que permiten mayores aplicaciones y servicios que versiones anteriores, las que incluyen: altas velocidades, compatibilidad con audio, video, multimedia y aplicaciones inteligentes. El mayor despliegue de pruebas de campo e implementaciones comerciales permitirá la producción de equipos a gran escala y la consecuente reducción de costos a mediano plazo.

1.2.4.8 Tarifas competitivas

Las tarifas de los servicios BPL que en la actualidad se ofrecen en algunos países no superan los precios de ADSL. Además, al no existir alternativas a ADSL existen operadores dominantes que controlan el mercado, con el apareamiento de otra tecnología se incrementará la competencia.

1.2.4.9 Emisiones electromagnéticas controlables

Las emisiones electromagnéticas son equiparables a ADSL e inferiores a la telefonía móvil. Adicionalmente, existen recomendaciones que norman los niveles de transmisión con lo cual se previenen posibles problemas de interferencia con otros servicios.

1.2.4.10 Servicios de gestión para la empresa de servicio eléctrico

Las compañías de electricidad también obtendrían beneficios operacionales y de costos. Por ejemplo, podrían ampliar y mejorar sus servicios tradicionales como lectura de contadores, detección de problemas de suministro, optimización de la curva de carga y automatización de la distribución, etc.

1.2.4.11 Interconexión con otras tecnologías

La tecnología BPL no es sustitativa, sino que se puede complementar con otras ya instaladas tanto en el tramo de acceso como en el hogar, logrando la implementación del mejor sistema acorde a las necesidades y ubicación del usuario.

1.2.5 DESVENTAJAS ^[39] – ^[44]

1.2.5.1 Infraestructura variable de la red eléctrica

Las instalaciones de las redes de distribución eléctrica tienen características que difieren de acuerdo a su topología, ubicación y tiempo de operación. La calidad y el buen funcionamiento de los sistemas BPL dependen directamente de las condiciones de la red eléctrica, si éstas se encuentran deterioradas o existen cables en mal estado será necesario un acondicionamiento y mejora de la red para hacer posible la implementación de sistemas con tecnología BPL.

1.2.5.2 Distancia

La transmisión óptima de datos se obtiene cuando la distancia entre el usuario y la subestación de distribución es corta. En el caso de distancias grandes o incluso edificios altos se requiere del uso de repetidores. En promedio se deben instalar nodos repetidores cada 300, 600 o 1000 m, para garantizar la transmisión y recepción óptima de la señal.

1.2.5.3 Número de hogares por transformador

Para el caso de sistemas BPL de baja tensión, la señal de datos ingresa a la red eléctrica a partir del transformador que une el tramo de media tensión y baja tensión. El cual debe estar provisto de estaciones base BPL, mientras menor sea el número de usuarios por cada transformador más se elevan las inversiones.

En el sistema europeo la red eléctrica dispone de transformadores cada 150 hogares, a diferencia de Estados Unidos donde el número de usuarios por transformador es 10. Por ello esta tecnología es más rentable en Europa y para el caso del sistema eléctrico americano se opta por una variación que emplea las líneas de media tensión.

1.2.5.4 Seguridad

El cable eléctrico no es un medio diseñado para transmitir datos por lo que tiene múltiples pérdidas, una parte la absorbe y el resto la irradia en cuyo caso actúa como antena retransmitiendo los datos hacia el exterior, violando la privacidad y confidencialidad de de la comunicación.

Con el objeto de superar este problema, algunos equipos BPL que se encuentran en el mercado disponen de circuitos integrados que permiten la encriptación de datos y manejan otros protocolos de seguridad.

1.2.5.5 Múltiples fuentes de interferencia

Existen muchas fuentes de interferencia electromagnética, tal es el caso de aparatos eléctricos conectados a la red, los que pueden afectar la transmisión. Para solucionar este conveniente se emplean filtros, los que permiten aislar la señal de datos y la señal de energía eléctrica, pero que incrementan los costos de los equipos.

1.2.5.6 Interferencia con otros servicios

En la banda de alta frecuencia existen ciertos servicios que han venido empleando este segmento del espectro desde hace años, por lo cual los sistemas BPL deben utilizar un tipo de modulación compleja para no afectarlos.

Los servicios afectados pueden ser: servicios de información de aeropuertos, radioaficionados y emergencia.

1.3 CONFIGURACIÓN DE UNA RED BPL ^{[4], [33], [36], [49], [78], [79], [83], [☆]}

1.3.1 ELEMENTOS PRINCIPALES

Los elementos básicos de un sistema BPL son:

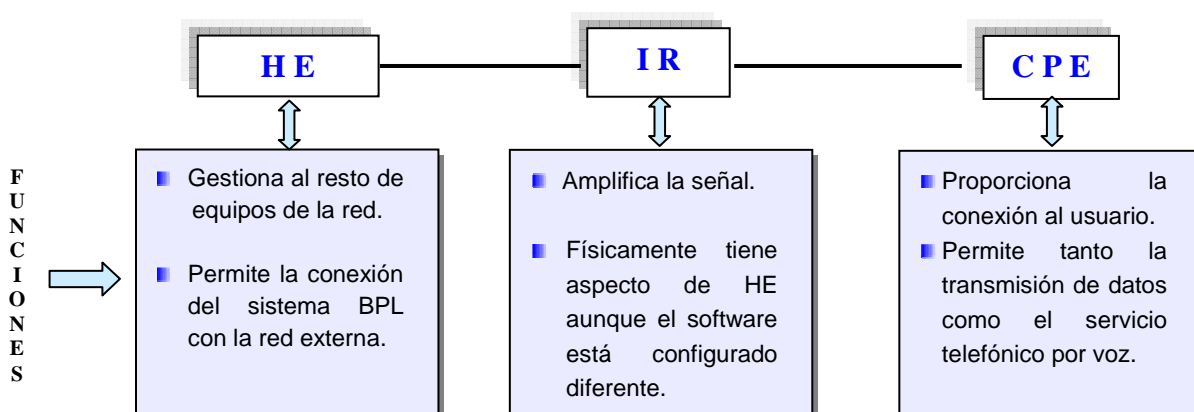


Figura 1.4 Elementos básicos de un sistema BPL

1.3.1.1 Nodo de cabecera (C)

Es el componente principal de una red BPL, recibe el nombre de módem de cabecera, "Head End" (HE) o "Transformer Premises Equipment" (TPE).

Funciones.-

- Coordina la frecuencia y actividad del resto de equipos que conforman la red BPL, de forma que se mantenga constante en todo momento el flujo de datos a través de la red eléctrica.
- Permite conectar el sistema BPL con la red externa (WAN, Internet, PSTN, RDSI, etc.) por lo que es el interfaz adecuado entre la red de datos y la red eléctrica.

Lugar de instalación.- La elección de su ubicación es un aspecto clave en la arquitectura de una red BPL, ya que es esencial que la inyección de datos se

produzca de forma que permita proporcionar la máxima cobertura posible dentro de la red. Por lo general, se instala en las subestaciones de distribución o en el transformador de media a baja tensión, dependiendo de la configuración eléctrica más favorable y del ámbito del sistema BPL que se esté implementando.

Características.- Existen dos tipos de módems de cabecera, los de media tensión con un alcance de 1500 m y los de baja tensión de 300 m.

El número de usuarios que una estación estándar sirve está directamente relacionado con la topología de la red eléctrica como se analiza en el *Capítulo 3*.

Para proveer la conexión del sistema BPL hacia el Internet o el resto de redes existen varias opciones, con diferentes costos. La solución más simple pero más costosa es la conexión a través de líneas alquiladas hacia cada estación. Otras alternativas pueden ser fibra óptica o enlaces inalámbricos. Sin embargo, el actual desarrollo de BPL incluye el empleo de alternativas mixtas, que permiten optimizar los costos.

La última generación de módems de cabecera tienen una configuración flexible basada en varias diferentes tarjetas. De esta forma, la *tarjeta de baja tensión* permite inyectar la señal BPL en la red acceso a través de los cables de baja tensión, la *tarjeta de media tensión* se usa para la comunicación con módems de otras subestaciones incluidas en la red de distribución y la *tarjeta Fast o Gigabit Ethernet* que permite la interconexión de la red con las redes de “backbone”.

1.3.1.2 Nodo repetidor (R)

Es el punto que permite ampliar la cobertura y alcance de la señal BPL, ya que está constituido por un repetidor intermedio (IR).

Funciones.-

- Permite la transferencia de los datos entre las líneas de medio voltaje y bajo voltaje.

- Regenera la señal degradada por la atenuación provocada por los cables eléctricos, asegurando la calidad en el enlace.
- Aumenta la cobertura del servicio ofrecido y consigue altas velocidad de transmisión en lugares alejados del módem de cabecera.

Lugar de instalación.- Es instalado generalmente en el centro de distribución o cuarto de contadores de la empresa proveedora del suministro eléctrico. Provee servicio a un barrio, lote o sector específico. Este dispositivo se conecta con el módem del usuario.

Características.- Es un módulo que se encuentra cubierto de manera especial para protegerse de interferencias, al encontrarse ubicado en un ambiente expuesto a elementos externos.

1.3.1.3 Nodo de usuario (U)

Se conoce como módem de usuario o Customer Premises Equipment (CPE). Es un módulo construido para proveer el interfaz hacia los servicios en el hogar.

Funciones.-

- Proporciona la conexión al cliente final.
- Convierte cada toma eléctrica en un punto de red, al cual se puede conectar un equipo informático.

Lugar de instalación.- Es el dispositivo instalado en el hogar del abonado.

Características.- Estos equipos son construidos mediante circuitos integrados en tecnología CMOS de 0.25 μ que disponen de toda la circuitería necesaria para que los módems sean competitivos con opciones de otras

tecnologías, ya que soportan capacidades como prioridad de tráfico, asignación de ancho de banda, calidad de servicio y LANs virtuales.

1.3.2 ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

1.3.2.1 Unidades acondicionadoras

Las unidades acondicionadoras forman parte tanto del módem de usuario como del módem de cabecera y son las encargadas de permitir la transmisión simultánea de energía y datos por el mismo medio.

Están formadas por dos filtros:

Filtro pasa bajo: Libera la corriente eléctrica de 50 o 60 Hz para su distribución a todos los enchufes de la casa. Este filtro además sirve para limpiar los ruidos generados por los electrodomésticos conectados en casa del usuario. Si se dejaran pasar esos ruidos, al unirse a los procedentes de otros usuarios de la red, acabarán por introducir distorsiones muy significativas.

Filtro pasa altos:

Libera los datos y facilita el tráfico bidireccional entre el cliente y la red.

Además en las estaciones acondicionadoras se efectúa el mecanismo que posibilita la alta velocidad de transmisión de los datos. Ya que durante la transmisión en caso de encontrar un error de transferencia, rápidamente se efectúa un cambio de frecuencia, de tal modo que se intercambian las frecuencias disponibles para aumentar la velocidad y trabajar con éxito en este medio hostil.

La figura siguiente muestra los puertos de la unidad acondicionadora.

A través del **puerto de la red** ingresa la señal, la cual atraviesa el filtro pasa altos filtrando todas las señales de datos que pasan hacia el **puerto de distribución**

de comunicaciones. La señal además atraviesa un filtro pasa bajos que envía las señales eléctricas al **puerto de distribución eléctrica.**

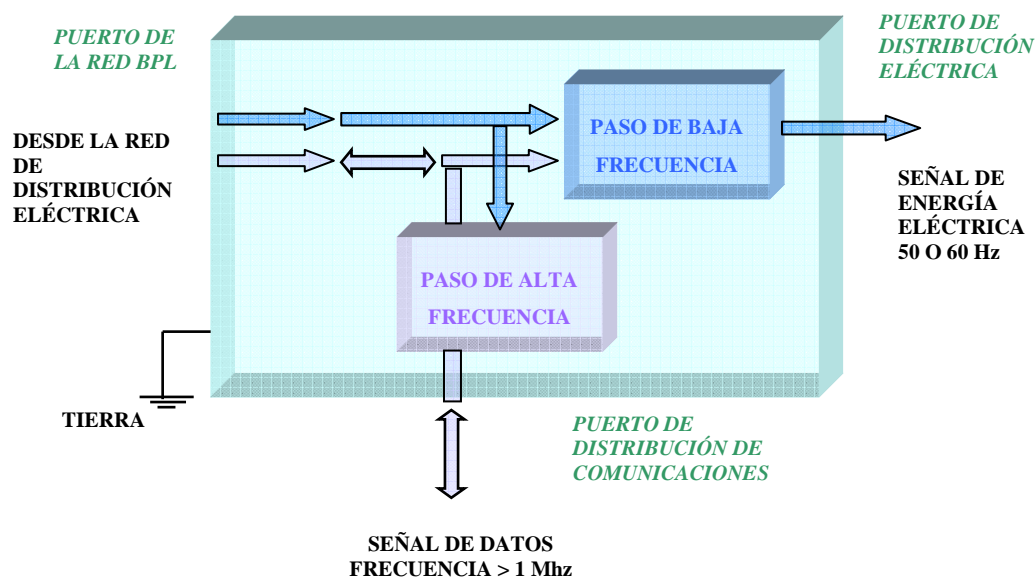


Figura 1.5 Unidad acondicionadora sistemas BPL ^[50]

1.3.2.2 Acoplador para las líneas eléctricas

El transformador de distribución que permite convertir la señal de la línea de medio voltaje a la señal eléctrica apta para el uso por parte del usuario atenúa significativamente el espectro de alta frecuencia utilizado por el sistema BPL, pues para la alta frecuencia este transformador actúa como un circuito abierto.

La solución para este inconveniente es emplear un “bypass” o acoplador que permita crear un camino para el paso de la señal de alta frecuencia. Existen dos tipos de acoplamiento distinto:

- Unidades de acoplamiento capacitivo. Inyectan la señal en las líneas de potencia por contacto directo.
- Unidades de acoplamiento inductivo. Inyectan la señal sin contacto directo mediante la inducción de un campo magnético.

La solución óptima dependerá en cada caso de las características específicas de cada nodo de red, si bien es preferible la instalación de las soluciones inductivas por comodidad.

Las ventajas del “bypass” son su facilidad de instalación y mantenimiento. Además no disminuye la fiabilidad eléctrica, ya que para la baja frecuencia empleada por la señal de suministro eléctrico (60 Hz) se comporta como circuito abierto y para alta frecuencia, es decir la señal BPL es un circuito cerrado, permitiendo el paso de la señal a través del transformador de media a baja tensión.

En el esquema de la *Figura 1.6* muestra la distribución de los elementos en la red. Los nodos de cabecera son de dos tipos: LV (bajo voltaje) y MV (medio voltaje).

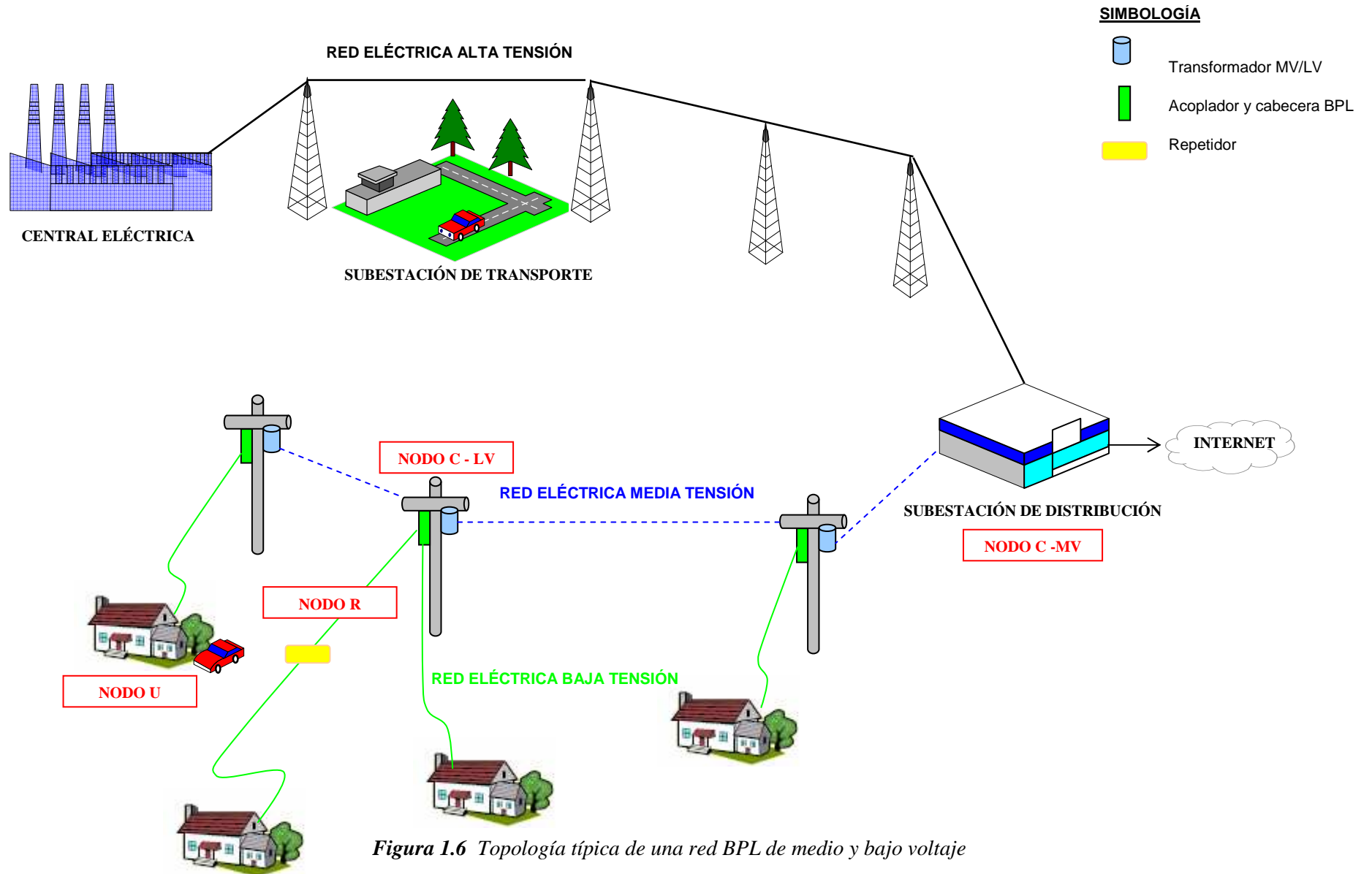


Figura 1.6 Topología típica de una red BPL de medio y bajo voltaje

1.3.3 SISTEMAS BPL ^[5]

Existen varios tipos de sistemas BPL dependiendo del lugar de la red eléctrica donde se despliegan, estos son:

- Sistema BPL doméstico
- Sistema BPL de acceso
- Sistema BPL de media tensión

1.3.3.1 Sistema BPL doméstico

Es el sistema que utilizando la red eléctrica interior del hogar permite establecer comunicaciones internas y redes de computadoras. Esta es una de las vías utilizadas en la domótica.

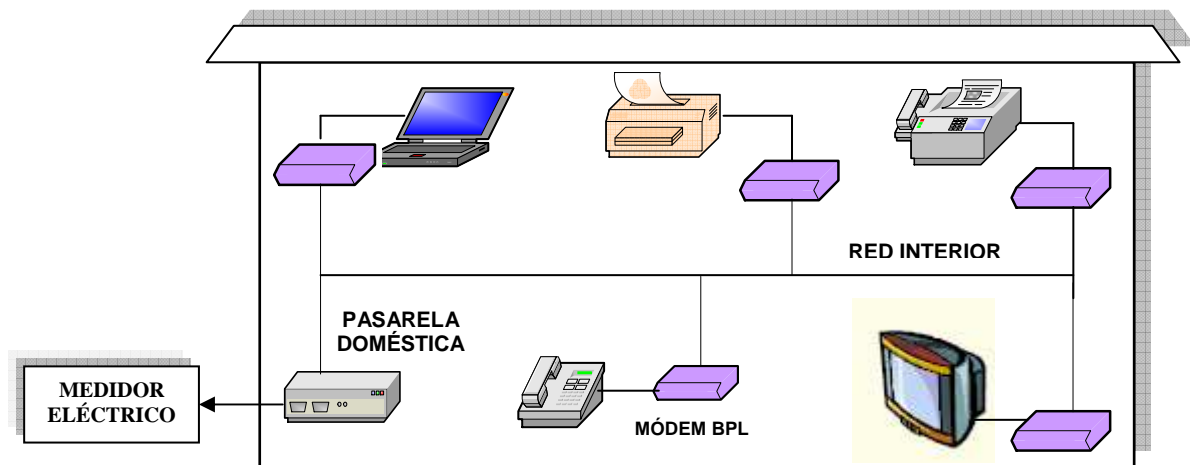


Figura 1.7 Sistema BPL doméstico ^[5]

1.3.3.2 Sistema BPL de acceso

Es un sistema full dúplex punto a multipunto, que permite llevar tráfico de banda ancha desde el Internet sobre líneas de energía de medio voltaje. El tramo correspondiente a este sistema comprende la comunicación entre la subestación de distribución eléctrica y la red doméstica.

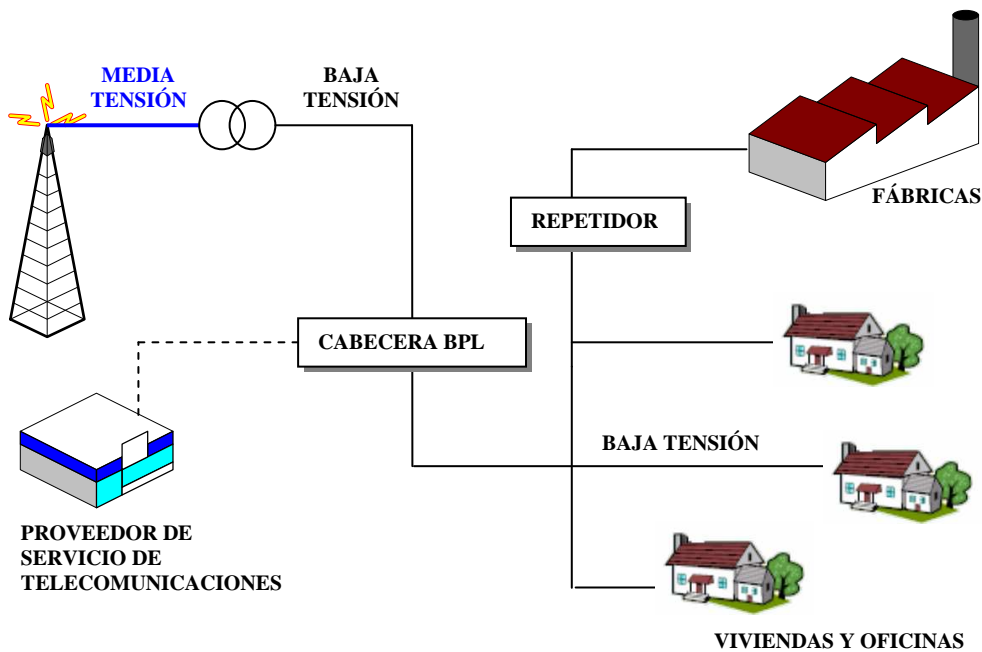


Figura 1.8 Sistema BPL de acceso ^[5]

1.3.3.3 Sistema BPL de media tensión

Es un sistema para el transporte de datos y una alternativa a los sistemas de fibra óptica. En este caso la tecnología BPL se aplica desde los transformadores de alta/media tensión a través de las líneas eléctricas hasta llegar a los transformadores de media/baja tensión. El sistema "LineRunner" de la empresa ALCATEL es un ejemplo de este tipo de red BPL.

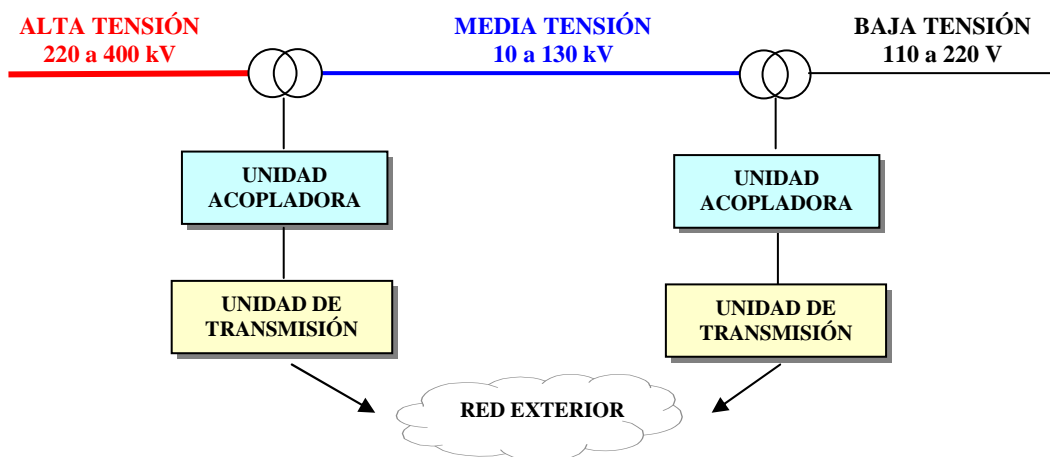


Figura 1.9 Sistema BPL de media tensión ^[5]

1.4 SERVICIOS Y APLICACIONES ^{[45] - [51]}

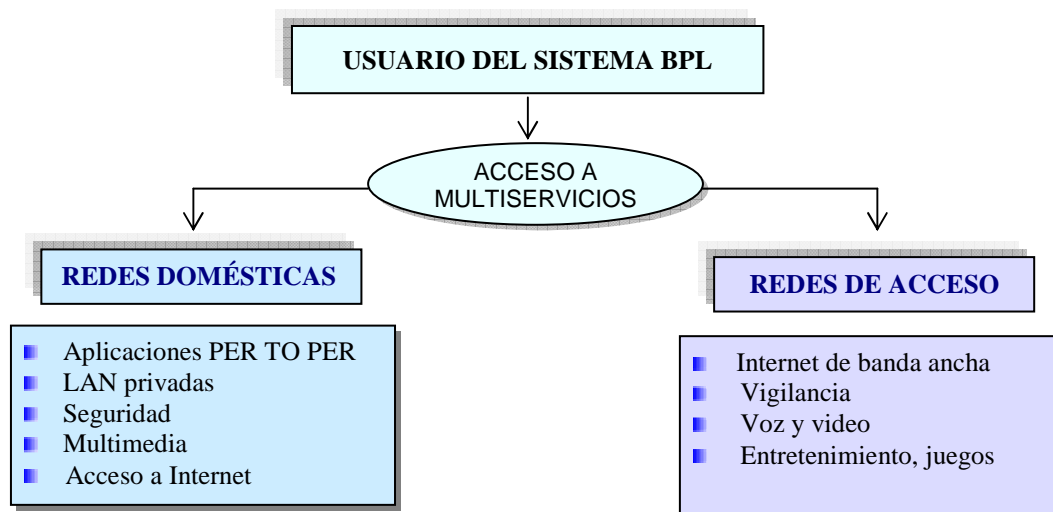


Figura 1.10 Servicios y aplicaciones de los sistemas BPL

1.4.1 HOGARES INTELIGENTES

Permite el mantenimiento remoto y el control de aplicaciones básicas como electrodomésticos, sistemas de calefacción y alarmas contra incendios.

El estándar correspondiente a esta aplicación se denomina HomePlug 1.0¹, el cual permite transferir datos a 14 Mbps. Para este año se prevé el apareamiento de una nueva especificación HomePlug AV.

HomePlug AV es una tecnología que permite establecer redes a 200 Mbps, y está diseñada para las necesidades de redes digitales y aplicaciones multimedia en el hogar. Además ofrece la capacidad de comunicaciones robustas sobre el ruido de los canales de las líneas eléctricas y el control de la arquitectura de red, permitiendo el manejo de redes vecinas y recursos localizados de acuerdo a las necesidades.

¹ En el **Capítulo 4**, se amplía la información sobre estándares y normas de implementación.

1.4.2 REDES DE AREA LOCAL

La tecnología BPL facilita el establecimiento de una red local o redes privadas virtuales sin cableado o cable o equipo adicional.

El esquema se ajusta a la configuración básica ya descrita, en la que un HE se instala siempre en cabecera, con tantos módems CPE como usuarios. En este caso el HE debe situarse en el cuadro eléctrico del edificio, en donde se encuentra la acometida principal y tras los contadores de la compañía eléctrica.

Conviene inyectar la señal después del interruptor de potencia principal con el objeto de minimizar interferencias. El resto de la instalación BPL sigue los parámetros ya comentados, así se dispone de tantos módems de usuario como puntos de red se desean y se utilizan repetidores para mejorar la calidad de la señal en todos aquellos casos en que sean necesarios.

1.4.3 ACCESO A INTERNET

Para los usuarios de Internet el servicio de BPL ofrece:

- Voz IP como servicio de telefonía a bajo costo sobre la red.
- Acceso de subida y bajada a alta velocidad.
- Velocidad de transmisión necesaria para la operación eficiente de aplicaciones multimedia.
- Alta velocidad a un costo mensual comparable con las tarifas de servicios que emplean otra tecnología de banda ancha.
- Navegación en sitios WEB complejos, videos de alta resolución, música en calidad de CD, software y juegos de video.

1.4.4 TELEFONÍA

La posibilidad de emplear protocolos IP por medio de una red BPL permite que cada abonado tenga acceso a nuevos servicios, tal es el caso de la telefonía IP. Las ventajas del sistema son la posibilidad de conexión telefónica usando el Internet. Además se puede enviar y recibir mensajes de fax.

1.4.5 SEGURIDAD

Mediante la red BPL es factible la creación y desarrollo de servicios de tele vigilancia y seguridad, sí como sistemas de monitoreo provistos de detectores visuales y de movimiento.

Las aplicaciones antes descritas pueden ser de utilidad en varios ámbitos, a continuación un ejemplo:

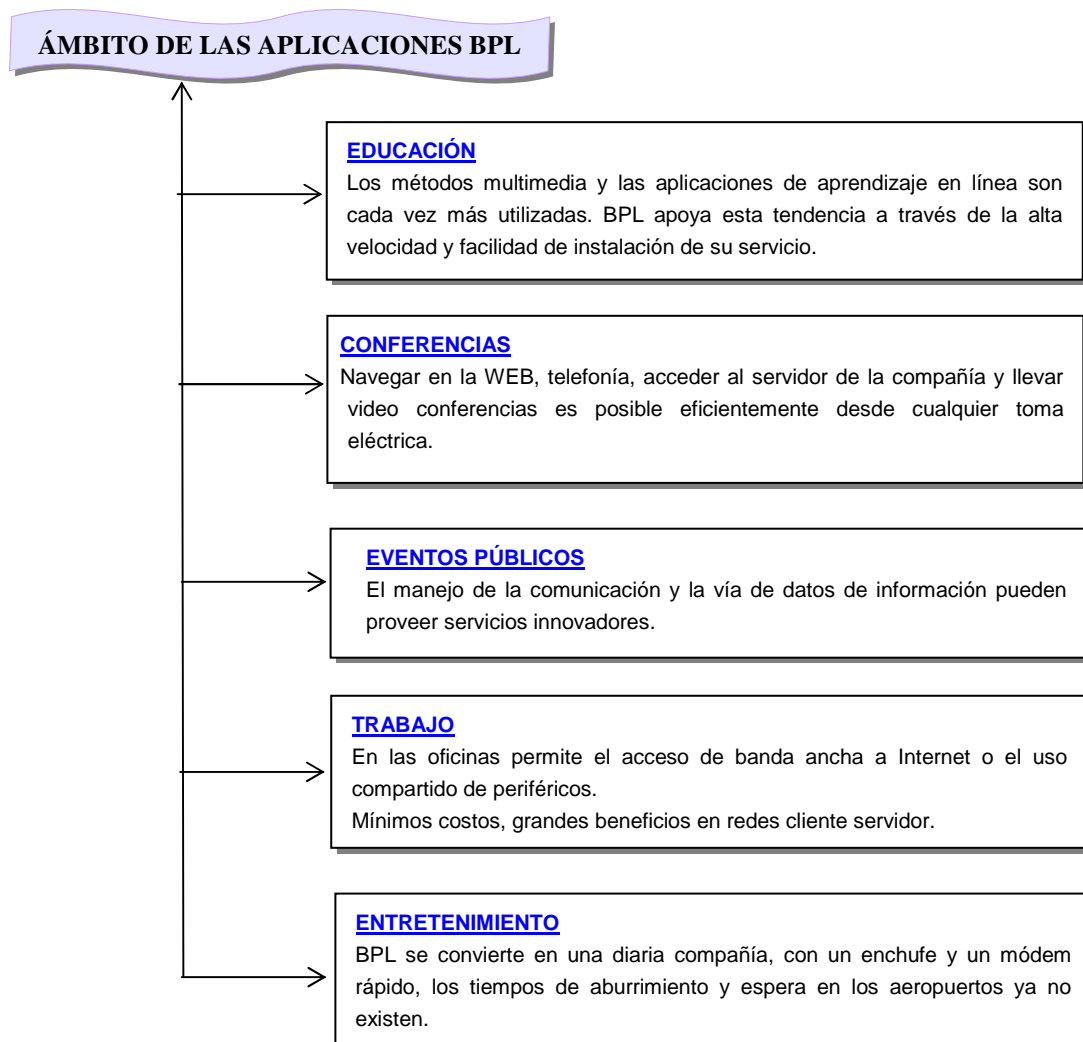


Figura 1.11 Ámbitos de la tecnología BPL

1.5 BPL Y OTRAS TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA ^{[3], [4], [52] - [62]}

1.5.1 REDES DE BANDA ANCHA

“Una tecnología de banda ancha es aquella que ofrece una velocidad igual o superior a 2 Mbps, a partir de la cual es posible ofrecer con calidad aceptable, servicios multimedia e interactivos, que combinen voz, datos e imágenes.” ^[3]

Los tiempos actuales exigen un concepto de banda ancha en el que se ponga de manifiesto la importancia de ser transparente al usuario, la integración de varias tecnologías en torno a un núcleo común y la posibilidad de múltiples servicios sobre el mismo medio de transmisión.

1.5.2 TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA EN EL ECUADOR

La tendencia mundial al incremento de las aplicaciones multimedia y sitios interactivos en Internet aumenta también la necesidad de conexiones de mayor ancho de banda.

Las transformaciones e innovaciones tecnológicas de las redes de telecomunicaciones han permitido incrementar la oferta de servicios en el mercado y corresponder con el crecimiento de la demanda.

Sin embargo, en nuestro país la oferta actual de servicios de banda ancha es limitada, generalmente está restringida a zonas específicas y tiene altos costos, lo que hace necesario la investigación sobre la factibilidad técnica para la implementación de sistemas alternativos.

1.5.3 DESCRIPCIÓN DE OTRAS TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA

Con el objeto de conocer algunas características, ventajas y desventajas de otras importantes tecnologías de banda ancha, a continuación se describen las principales.

1.5.3.1 Redes de banda ancha fijas

1.5.3.1.1 Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-BA)

El Sector de Normalización de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T), define la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) como una red que ha evolucionado, en general, a partir de la Red Digital Integrada (RDI) para telefonía y que proporciona una conectividad digital de extremo a extremo para apoyar una amplia gama de servicios vocales y no vocales, a los cuales los usuarios tienen acceso mediante un conjunto limitado de estándares multipropósito usuario – red.

De acuerdo a la velocidad de transmisión, RDSI se clasifica en:

- ***Red Digital de Servicios Integrados de Banda Estrecha (RDSI-BE)***
Permite el establecimiento de conexiones a 64 kbps para ofrecer a los usuarios capacidades de servicio de hasta 2 Mbps.
- ***Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (RDSI-BA)***
Proporciona velocidades superiores a 2 Mbps y conectividad extremo a extremo soportando múltiples servicios (voz, datos, vídeo, etc.) independientemente del ancho de banda requerido.

Características.-

- Los principales servicios de RDSI-BA son: videocomunicación de alta calidad, transmisión de datos de alta velocidad, servicios de distribución de vídeo y programas musicales de alta fidelidad (HI-FI) e interconexión con la banda estrecha.
- El modelo de referencia RDSI-BA es semejante al establecido para la RDSI-BE, sin embargo las características técnicas y tecnologías implicadas son diferentes (ATM y fibra óptica monomodo). La figura siguiente muestra un esquema general de este modelo de referencia.

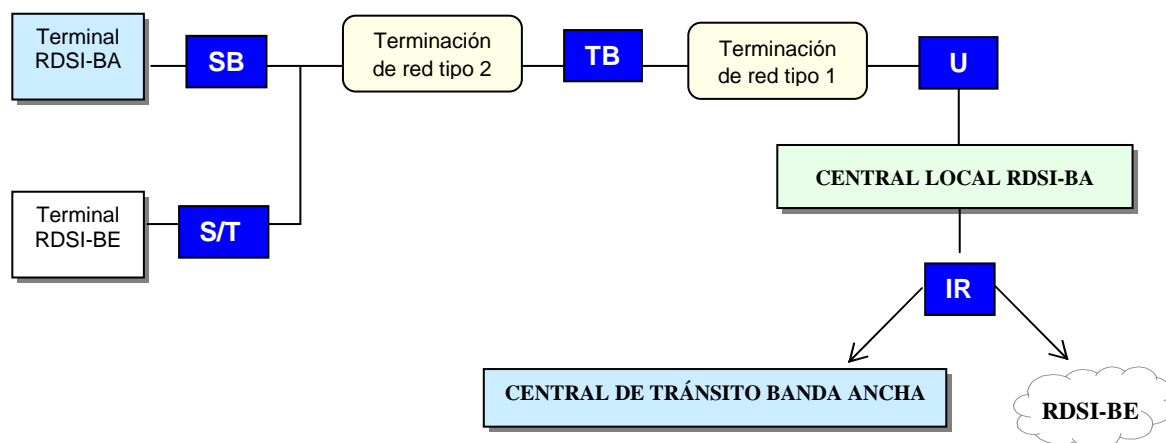


Figura 1.12 Modelo de referencia RDSI-BA ^[3]

- Para la RDSI-BA se ha adoptado internacionalmente el Modo de Transferencia Asíncrono (ATM). Este procedimiento consiste en la segmentación del flujo de información en bloques de longitud fija (53 octetos) denominados células que se emiten de acuerdo con los requisitos y necesidades de la fuente de tráfico que las genera, lo que permite que la capacidad de transferencia sea asignada por demanda para cada llamada o comunicación.
- Aunque se plantea el uso generalizado de ATM en la RDSI-BA, durante las fases de introducción de las comunicaciones de banda ancha ATM podría coexistir con la técnica STM (Modo de Transferencia Síncrono). La cual es utilizada actualmente en los sistemas de conmutación digital de la RDI y RDSI-BE, dando lugar a las denominadas técnicas híbridas ATM/STM.
- La fibra óptica monomodo es el soporte físico fundamental de la RDSI-BA en todas sus partes: nivel de tránsito, nivel de acceso y en la propia red de la instalación de abonado. Por lo tanto es necesario disponer de portadores ópticos en el bucle de abonado, capaces de soportar el flujo de información generado por los usuarios en las interfaces de acceso a la red pública.

1.5.3.1.2 Línea de Abonado Digital (xDSL)

La red telefónica de acceso está constituida por pares de cobre y tiene serias limitaciones para soportar aquellos servicios que requieren un gran ancho de banda debido a que están diseñados para ofrecer un canal analógico de 4 kHz.

Sin embargo, xDSL permite convertir las líneas analógicas convencionales en digitales de alta velocidad, aprovechando el bucle de cobre existente siempre que éste reúna un mínimo de requisitos en cuanto a la calidad del circuito y distancia entre el abonado y la central telefónica.

Características.-

- Permite descongestionar las centrales y la red conmutada ya que el flujo de datos se separa de la señal telefónica y se reencamina por una red de datos.
- Se puede ofrecer el servicio de manera individual sólo para aquellos clientes que lo requieran, sin necesidad de reacondicionar todas las centrales locales.
- Es una opción para ofrecer tarifa plana para Internet.
- xDSL está formado por un conjunto de tecnologías, cada diseño especifica fines y necesidades particulares, como se indica en la *Tabla 1.8.*

Algunas formas de xDSL son modelos teóricos y otras son usadas como estándar. De las tecnologías antes descritas ADSL es la más difundida y ofertada en el mercado. Esta tecnología ha tenido éxito en usuarios domiciliarios ya que es la más sencilla y permitir aplicaciones como video bajo demanda, acceso a Internet, acceso remoto a **LAN** y multimedia funcionando perfectamente bien con una relativamente baja tasa de datos ascendente.

Tabla 1.8 Características de las Tecnologías xDSL

NOMBRE		VELOCIDAD		DISTANCIA MÁXIMA [m]	DESCRIPCIÓN Y APLICACIONES
		Ascendente	Descendente		
ADSL	Línea de Abonado Digital Asimétrica	16 a 640 kbps	1.5 a 6 Mbps	5847	Proporciona acceso asimétrico a Internet, aplicaciones multimedia, vídeo bajo demanda, servicios telefónicos tradicionales.
RADSL	Línea de Abonado Digital de Tasa Adaptable	272 kbps a 1 Mbps	640 kbps a 2.2 Mbps	5847	Funciona en similares condiciones que ADSL, pero tiene la ventaja de ajustarse de forma dinámica al estado y longitud de la línea.
UDSL	Línea de Abonado Digital Pequeña	512 kbps	1.3 Mbps	5486	Es una versión ADSL de bajo costo y velocidad limitada. Permite el acceso a Internet pero no aplicaciones de vídeo.
VDSL	Línea de Abonado Digital de Tasa muy Alta	1.5 Mbps a 2.3 Mbps	13 Mbps a 52 Mbps	1371	Permite altas velocidades pero distancias cortas. Es independiente del medio físico empleado. Es una opción para el último tramo hacia el abonado y alternativa para redes híbridas HFC.
HDSL	Línea de Abonado Digital de Alta Tasa de Datos	T1: 1.5 Mbps E1: 2 Mbps	T1: 1.5 Mbps E1: 2 Mbps	4572	Permite transmitir tramas T1 o E1 sobre líneas de cobre, mediante el empleo de técnicas avanzadas de modulación. Está enfocado hacia usos empresariales, interconexión de nodos proveedores de Internet, redes privadas de datos, enlaces entre centrales.
SDSL	Línea de Abonado Digital Simétrica	1.5 Mbps	1.5 Mbps	5500	Es la versión de HDSL para la transmisión sobre un único par, soporta el servicio telefónico básico, servicios interactivos y extensión de LANs. Es ideal para empresas pequeñas y medianas.
MDSL	Línea de Abonado Digital Simétrica Multitasa	128 kbps a 2 Mbps	128 kbps a 2 Mbps	9000	Soporta cambios operacionales en la tasa del transmisor.
IDSL	Línea de Abonado Digital ISDN	128 a 144 kbps	128 a 144 kbps	5486	Se implementa sobre una línea de ISDN y se emplea como conexión al Internet para la transferencia de datos.

En el modelo de conexión ADSL se pueden distinguir tres canales de información: uno descendente, otro ascendente y el propio canal telefónico. Este último se separa del módem digital mediante filtros, lo que garantiza su funcionamiento ante cualquier falla del mismo.

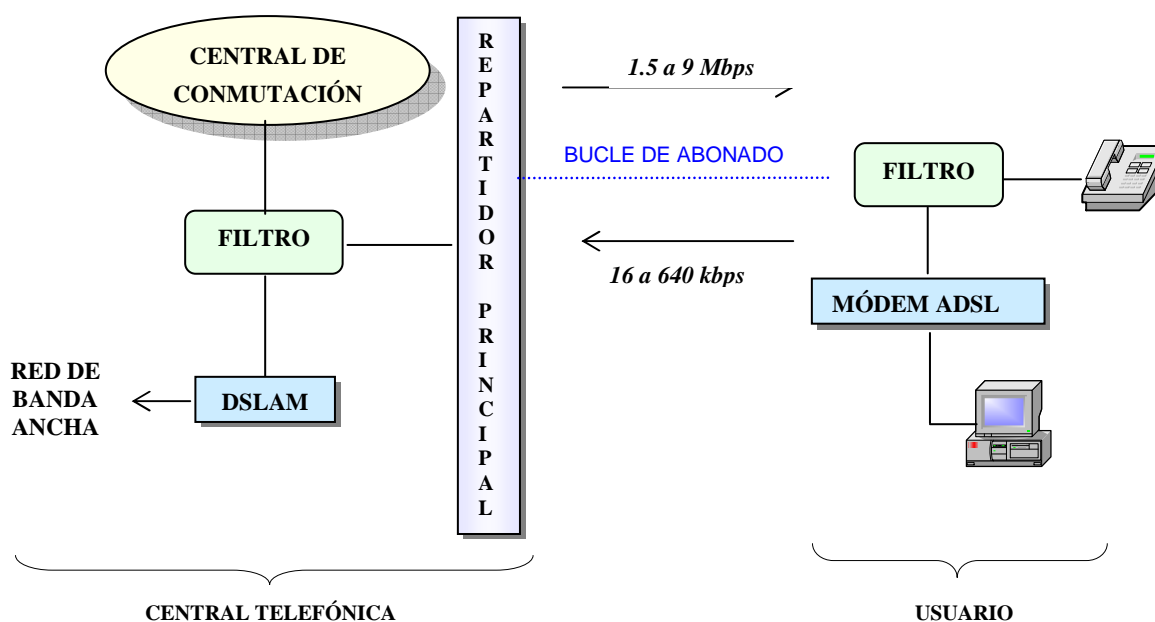


Figura 1.13 Modo de conexión ADSL

1.5.3.1.3 Cable módem

Originalmente las redes de cable se diseñaron para proporcionar servicios de difusión de televisión en zonas de difícil acceso por el método tradicional y se denominaron Cable Televisión o "Community Antenna Television" (CATV).

Los primeros sistemas de esta tecnología empleaban como medio de transmisión cable coaxial y permitían tráfico en un sólo sentido, es decir la difusión de señales de televisión del proveedor al usuario. Los sistemas más evolucionados probaron emplear otros medios de transmisión como la fibra óptica, lo que permitió conseguir mayores ventajas. Adicionalmente, ya se consiguió un flujo de datos bidireccional, aunque a distintas velocidades.

Es así como se originó esta tecnología que a través de un módem específico (cable módem) permite acceder a servicios de banda ancha empleando la red de televisión por cable.

Características.-

- El cable módem opera en el nivel físico y de enlace del modelo de referencia OSI, siendo transparente al nivel de red, por lo que protocolos como IP pueden ser suministrados sin problema. Así el acceso a Internet puede realizarse como si fuese una conexión a través de la red telefónica pública pero a mayor velocidad.
- La técnica de modulación y la velocidad de transmisión es diferente desde el proveedor hasta el usuario final (subida) que en el sentido contrario (bajada).^{II}
- Al usar una línea compartida la velocidad de conexión a través de esta tecnología varía dependiendo del número de usuarios que empleen el servicio al mismo tiempo. Adicionalmente existe el riesgo de pérdida de privacidad, para evitar este problema se emplean técnicas de encriptación y otras características especificadas en el estándar DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification).
- Uno de los principales elementos de la red de cable es el equipo de cabecera que combina la señal de datos de bajada con el video, audio y los programas que son recibidos por los suscriptores de televisión. La señal combinada es luego transmitida a través de la red de distribución de cable.
En el sentido inverso los datos provenientes de los usuarios son filtrados y procesados por un sistema terminal de red que los enruta sobre un interfaz multiplexor y encamina hacia las redes exteriores.

^{II} Ver *Tabla 1.9*

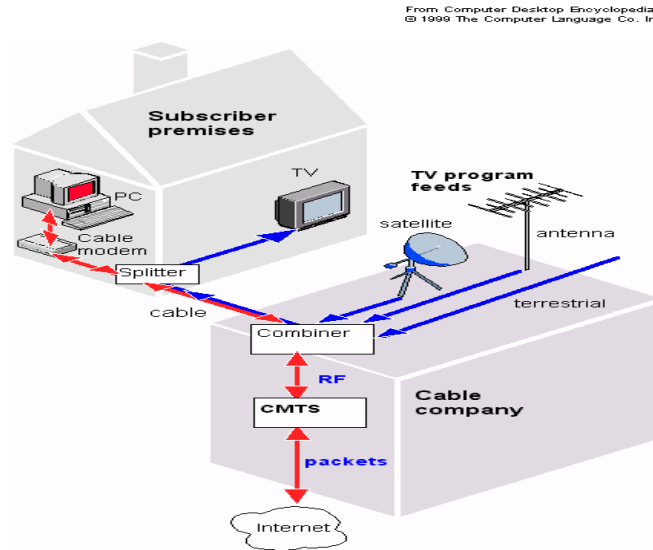


Figura 1.14 Elementos de un sistema de cable módem ^[55]

- Un suscriptor puede continuar recibiendo el servicio de televisión por cable mientras simultáneamente recibe datos por el cable módem a ser usado en su computador mediante la ayuda de un derivador. El servicio de datos ofrecido por un cable módem puede ser compartido por incluso 16 computadores en una configuración tipo LAN. La figura siguiente muestra el esquema interior de un equipo terminal de usuario para un sistema cable módem.

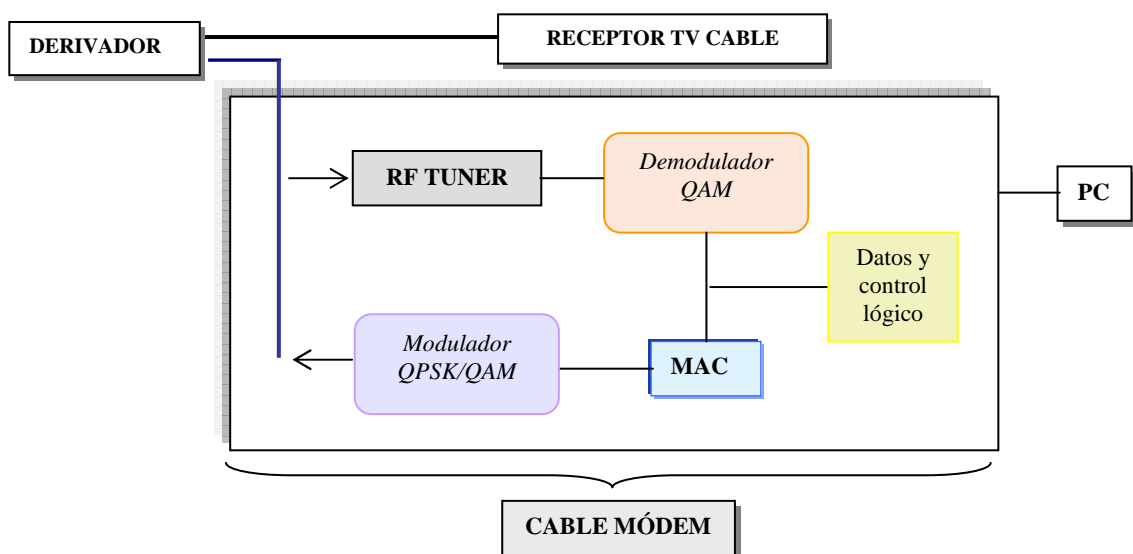


Figura 1.15 Cable módem en el lugar del usuario

1.5.3.2 Redes de banda ancha inalámbricas

1.5.3.2.1 “Wireless Fidelity” (WiFi)

Es un conjunto de estándares para redes inalámbricas basado en las especificaciones IEEE 802.11. La tecnología WiFi, en términos generales facilita la interconexión de redes de datos en un entorno local sin la utilización de cables físicos sino empleando el espectro radio-eléctrico para su conexión.

Características.-

- WiFi se creó para ser utilizada en redes locales inalámbricas, pero es frecuente que en la actualidad también se utilice para acceder a Internet, transmisión de datos y voz sobre IP.
- Ofrece ventajas como la eliminación del cableado, máxima movilidad dentro de su cobertura, fácil instalación, adaptabilidad y escalabilidad.

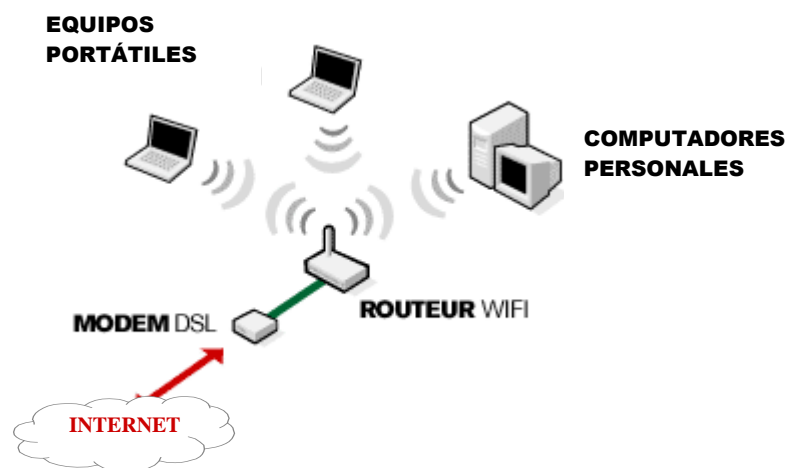


Figura 1.16 Elementos de una red WiFi ^[61]

- Uno de los problemas de esta tecnología es la seguridad, por lo cual se debe garantizar con la utilización de protocolos de encriptación de datos como WEP y WPA, proporcionados por los propios dispositivos inalámbricos, o IPSEC (túneles IP) y 802.1x, proporcionados por otros dispositivos de la red de datos

Tabla 1.9 Especificaciones 802.11

ESTÁNDAR	DESCRIPCIÓN
802.11b	11 Mbps, cobertura de celda de 100 m, opera en la banda de 2.4 GHz.
802.11a	Evolución del 802.11b, a mayor velocidad, 54 Mbps en la banda de 5.7 GHz.
802.11d	Versión del 802.11b, con translación de frecuencia para aquellos países en donde la banda 2.4 GHz esta siendo utilizada.
802.11e	Añade al estándar 802.11 a, b y g calidad del servicio (priorización).
802.11f	Añade al estándar 802.11b factores de movilidad, similares a los usados en las redes móviles.
802.11g	Equivalente al 802.11a (velocidades hasta 54 Mbps) pero trabajando en la banda de 2.4 GHz
802.11h	Ofrece mejoras en la potencia de transmisión y en la selección de canales en el estándar 802.11a
802.11i	Aporta elementos de seguridad agregando nuevos métodos de encriptación y autenticación al estándar básico a, b y g.
802.11j	Permite la coexistencia del 802.11a y el estándar europeo HiperLAN2

1.5.3.2.2 *Worldwide Interoperability for Microwave Access*” (WiMax)

Corresponde al estándar 802.16, el cual describe la "Interfaz Aérea para Sistemas Fijos de Acceso Inalámbrico de Banda Ancha".

Su objetivo es la transmisión de datos a alta velocidad (70 Mbps) con largo alcance (50 km), trabajando en bandas del espectro tanto licenciado como no licenciado. El servicio, tanto móvil como fijo, se proporciona empleando antenas sectoriales tradicionales o bien antenas adaptativas que permiten intercambiar ancho de banda por alcance.

Características.-

- Esta tecnología de acceso transforma las señales de voz y datos en ondas de radio, que se transmiten por el aire, mediante una red de estaciones base que transmiten hasta una antena receptora situada en el exterior de la ubicación del usuario.

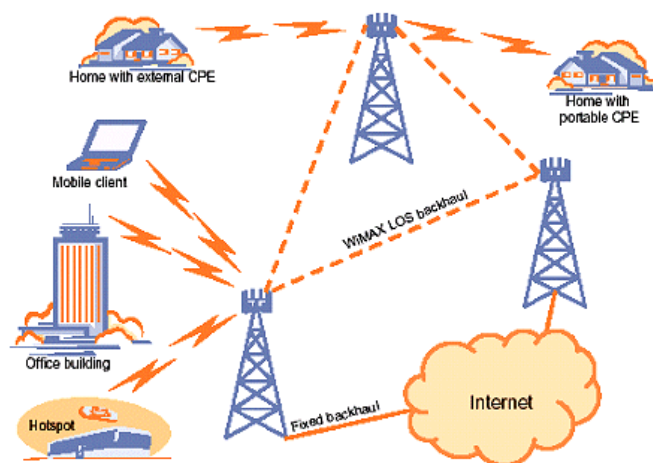


Figura 1.17 Elementos de una red WiMax ^[62]

- Sus aplicaciones permitirán ofrecer banda ancha sin necesidad de tender cableado a los **ISPs** y a los operadores telefónicos, para que a su vez la ofrezcan a sus clientes. Así como el servicio de conexión y acceso del suscriptor de manera directa mediante “hot spots” WiFi que migren a WiMax.
- Su estándar está siendo desarrollado por el Foro WiMax, un grupo más de 300 compañías del sector de la informática y las telecomunicaciones, cuyos dos miembros más representativos son Intel y Nokia. De esta forma, en la actualidad Intel fabrica procesadores basados en el estándar IEEE 802.16a con certificación WiMax para 80% de las computadoras del mundo. Por otro lado, Nokia y Siemens diseñan circuitos integrados para sus futuras versiones de teléfonos móviles y **PDA**s.

- Usa modulación OFDM, soporta niveles de servicio (SLAs) y calidad de servicio (QoS).
- Su instalación es sencilla y su precio será competitivo en comparación con otras tecnologías de acceso inalámbrico.
- El proyecto para la creación del estándar IEEE 802.16 surgió, sin embargo no fue hasta el año 2002 cuando se publicó la primera versión del estándar. Desde entonces se han generado varias actualizaciones y desarrollos, hasta la última publicación de finales del 2004.

A continuación se definen las características de las tres principales versiones del estándar:

Tabla 1.10 Especificaciones 802.16

CARACTERÍSTICAS	ESTÁNDAR		
	802.16a	802.16	802.16e
BANDA DE FRECUENCIA [GHz]	2-11	2-66	2-6
VELOCIDAD MÁXIMA [Mbps]	75	32-124	15
ANCHO DE BANDA [MHz]	1.25 o 20	10	5
MODULACIÓN	256 OFDM	256 OFDM	256 OFDM
RADIO DE CELDA TÍPICO [km]	5-10	5-10	2-5
ALCANCE MÁXIMO [km]	50	70	1-5
REQUIERE LÍNEA DE VISTA	NO	NO	NO
SISTEMA MÓVIL	NO	NO	SI
PUBLICACIÓN	Enero 2003	Junio 2004	En desarrollo

En la tabla siguiente se destacan las principales características de las tecnologías antes descritas y su comparación en relación a BPL.

Tabla 1.11a BPL y otras tecnologías de banda ancha fija

Características	TECNOLOGÍA			
	BPL	RDSI-BA	ADSL	CABLE MÓDEM
Rango de frecuencia	1.6 a 30 MHz	-	4 kHz a 2.2 MHz	42 a 850 MHz
Velocidad de transmisión	45 Mbps	155-622 Mbps	Subida: 64 a 640 kbps Bajada: 1.5 a 9 Mbps	Subida:320 kbps-10 Mbps Bajada: 30-40 Mbps
Medio físico	Líneas de distribución eléctrica	Fibra óptica	Par de cobre	Fibra óptica y cable coaxial
Modo	Full dúplex	Full dúplex	Full dúplex	Asimétrico
Modulación	OFDM	PCM/PAM	DMT	Subida: QPSK/16 QAM Bajada:64/256 QAM
Estándar	En proceso	I.121	ANSI T1.413	IEEE 8021.14
Limitaciones	Su buen funcionamiento depende directamente de las condiciones y topología de la red de distribución eléctrica.	Altos costos, configuración e instalación complicada.	Está limitada por la distancia máxima desde el usuario a la central telefónica (5000 m)	Conexión compartida e interrumpida
Ventajas	Emplea una red que se encuentra ya desplegada y cuya cobertura es muy amplia.	Velocidad alta, servicios integrados, rapidez en el establecimiento de la conexión.	Es aplicable a líneas existentes, no requiere nuevo cableado.	Es una opción importante en países donde la cobertura de esta red es amplia.

Tabla 1.11b BPL y otras tecnologías de banda ancha inalámbrica

Características	TECNOLOGÍA						
	BPL	WiFi			WiMax		
		802.11b	802.11a	802.11g	802.16a	802.16	802.16e
Rango de frecuencia	1.6 a 30 MHz	2.4 GHz	5.7 GHz	2.4 GHz	2-11 GHz	2-66 GHz	2-6 GHz
Velocidad de transmisión	45 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	75 Mbps	32-124 Mbps	15 Mbps
Medio físico	Lineas de distribución eléctrica	Ondas de radio			Ondas de radio		
Modo	Full dúplex	Full dúplex			Full dúplex		
Modulación	OFDM	DSSS	OFDM	OFDM	256 OFDM	256 OFDM	256 OFDM
Estándar	En proceso	802.11b	802.11a	802.11g	802.16a	802.16	802.16e
Limitaciones	Su buen funcionamiento depende directamente de las condiciones y topología de la red de distribución eléctrica.	Bajo alcance (100 metros)			Interferencia		
Ventajas	Emplea una red que se encuentra ya desplegada y cuya cobertura es muy amplia.	Movilidad y fácil instalación			Instalación sencilla y precio competitivo en comparación con otras tecnologías de acceso inalámbrico		

1.5.4 CONCLUSIONES

En base a la breve descripción antes realizada para otras tecnologías de acceso y su comparación con BPL, podemos destacar lo siguiente:

- El tiempo invertido para el despliegue de un sistema de acceso a Internet que emplea tecnología BPL, es menor con relación a sistemas de comunicación que requieren de la instalación de un medio de transmisión. Adicionalmente, la red de distribución eléctrica ya está desplegada y su cobertura es superior al ADSL, fibra óptica y cable módem.
- Las tecnologías ADSL, cable módem y BPL tienen una característica común, ya que el ancho de banda del usuario está determinado por la cantidad de abonados que comparten un mismo enlace.
- BPL es una tecnología complementaria y abierta, ya que es posible su combinación con otras tecnologías del mercado, tales como: Wi-Fi, Ethernet, o incluso enlaces satelitales. La definición de la topología del sistema de comunicaciones y la tecnología adecuada para cada tramo de la red, tendrá relación directa con las condiciones propias de la zona a servir.
- En lo referente a la instalación de equipos, el sistema BPL tiene cierta complejidad, debido a que requiere disponer de terminales de cabecera en cada uno de los transformadores de media a baja tensión, a través de los que se vaya a proveer del servicio, lo que dependiendo del sistema puede llegar a un número elevado.

Mientras que con xDSL las operadoras sólo deben colocar equipos en las centrales telefónicas, donde llegan los pares de cobre telefónico y que favorablemente permite servir a miles de abonados.

- El nivel de radiación de la señales en un sistema BPL es similar a lo que sucede en ADSL. Adicionalmente, para esta tecnología no existen límites de radiación que estén regulados.

- El rendimiento del xDSL varía dependiendo directamente del estado de la red de cobre y de la distancia entre el abonado y las centrales locales y regionales.
- En relación al establecimiento de redes locales, una red “powerline” es una opción válida. Debido a su fácil instalación, nuevos equipos y protocolos disponibles.
- El principal obstáculo del cable coaxial es que el tráfico de entrada es a menudo lento, puesto que las infraestructuras de TV por cable se construyeron históricamente para la radiodifusión. Muchas de las redes de cables antiguas no son, por tanto, capaces de ofrecer un canal de retorno y será necesario mejorarlas antes de que puedan ofrecer servicios interactivos de banda ancha.
El crecimiento de los abonados de este tipo de servicio aún es limitado, lo que deja un margen de acción a otros operadores de telecomunicaciones para desplegar y potenciar sus sistemas.
- La aplicación de la fibra óptica a los hogares es el modo más eficiente y perdurable de suministrar anchos de banda elevados. Sin embargo, su difusión a escala nacional implica inversiones y costos de implementación prohibitivos.
- La falta de infraestructura en nuestro país es una limitante para el crecimiento de redes de banda ancha, por lo cual la tecnología BPL es una opción válida que permitiría dar servicio a usuarios que por su ubicación actualmente no tienen acceso.
- El mercado BPL tiene ventajas e inconvenientes y encontrará su nicho de aplicación donde sea capaz de competir con otras modalidades de transmisión, entre ellos, la transmisión por medio de líneas de media tensión, entornos domésticos y zonas de población densas en cuanto a usuarios de Internet.

Capítulo 2

**DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SUBESTACIONES SAN
RAFAEL Y SANGOLQUÍ EMPRESA ELÉCTRICA “QUITO”
S.A.**

2.1 EL SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO ^{[69] - [75]}

2.1.1 DEFINICIÓN

Es un sistema integrado que permite el procesamiento de la energía eléctrica desde su generación hasta la distribución entre los usuarios del servicio eléctrico. Adicionalmente, dispone de sistemas de control distribuido y centralizado que garantizan la explotación racional de los recursos de generación y calidad de servicio acorde con la demanda de los usuarios.

2.1.2 SUBSISTEMAS Y COMPONENTES

El proceso y tratamiento que sigue la energía eléctrica desde la generación hasta la entrega a los usuarios está constituido por elementos que se clasifican por etapas o subsistemas. En la *Figura 2.1* se puede observar un diagrama que incluye las distintas etapas del sistema de suministro eléctrico, las cuales se diferencian principalmente por los niveles de voltaje con que operan.

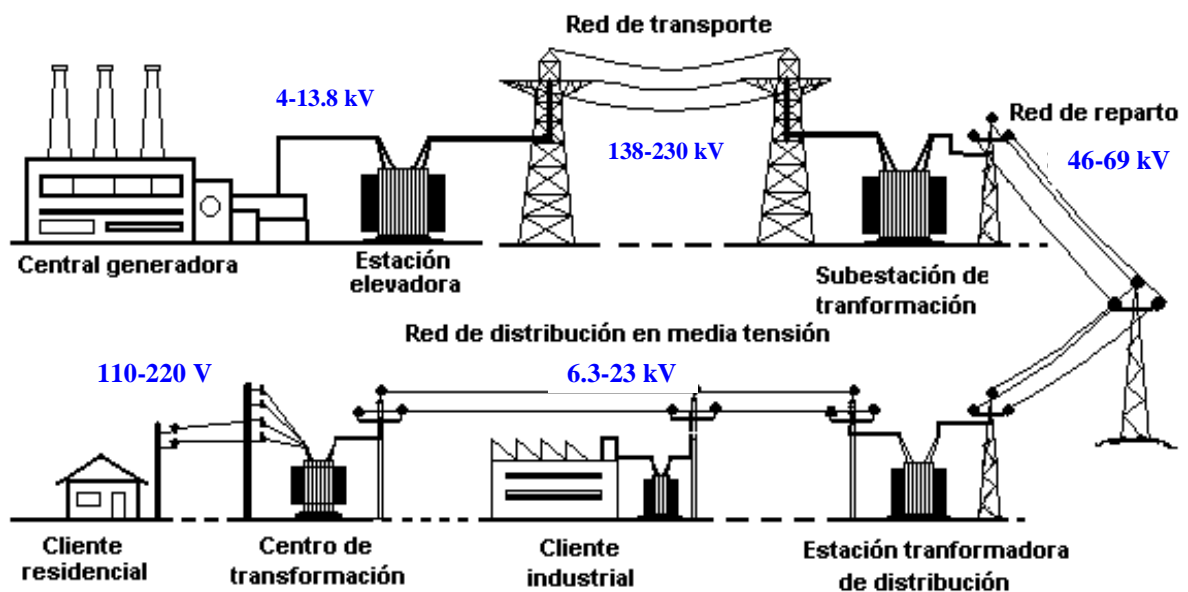


Figura 2.1 Diagrama esquematizado del sistema de suministro eléctrico ^[74]¹

A continuación se describen brevemente cada una de ellas.

2.1.2.1 Subsistema de generación

La generación de electricidad consiste en transformar alguna clase de energía sea esta química, mecánica, térmica, luminosa o hidráulica en energía eléctrica.

La electricidad no puede ser almacenada y debe consumirse a la par que se produce. Por ello es necesario disponer de capacidades de producción con elevadas potencias que permitan abastecer la demanda de consumo con flexibilidad y calidad. Para la generación industrial de energía eléctrica se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, las cuales constituyen el punto de partida del sistema de suministro eléctrico.

2.1.2.1.1 Elementos

■ **Central eléctrica**

Es una instalación que utiliza una fuente de energía primaria para hacer girar una turbina que, a su vez, hace girar un alternador, generando así electricidad. El voltaje producido en las centrales de generación es de 4 a 13.8 kV, una tensión suficiente para alcanzar distancias de 5 a 24 km.

■ **Líneas de media tensión**

A partir de las centrales eléctricas se emplean líneas de media tensión para la transmisión de la energía hacia la primera estación transformadora que eleva el voltaje de la energía para posibilitar su óptima transmisión.

2.1.2.1.2 Clases de centrales eléctricas

Dependiendo de la fuente primaria de energía utilizada para la generación, las centrales eléctricas pueden clasificarse como muestra la tabla siguiente:

¹ Los niveles de voltaje señalados hacen referencia al Sistema Nacional de Transmisión Eléctrica.

Tabla 2.1 Principales clases de centrales de generación eléctrica

TIPO DE CENTRAL	FUENTE	PRINCIPIO	USO
<i>Eólica</i>	Viento	Consiste en un aerogenerador cuya energía es proporcional al cubo de la velocidad del viento.	Instalaciones de escasa potencia
<i>Geotérmica</i>	Vapor	Es una central térmica movida por los vapores subterráneos de las regiones volcánicas.	Limitado
<i>Heliotérmica</i>	Solar	Se basa en la energía solar y convertidores fotoeléctricos.	Instalaciones de escasa potencia y rendimiento
<i>Hidráulica</i>	Agua	Aprovecha la energía cinética del agua dejándola caer sobre los álabes de las turbinas eléctricas.	Es muy difundida debido a su rentabilidad
<i>Mareotriz</i>	Agua de mar	La técnica utilizada consiste en encauzar el agua del mar en una cuenca y en su camino accionar las turbinas de una central eléctrica.	Requieren alta inversión inicial. Su uso se limita a pocos países.
<i>Nuclear</i>	Desintegración de átomos	Es una central térmica en la cual el calor necesario para vaporizar el agua proviene de la desintegración de los átomos de energía nuclear. La que resulta del aprovechamiento de la capacidad que tienen algunos isótopos de ciertos elementos químicos para experimentar reacciones nucleares y emitir energía en la transformación.	Inicialmente su uso fue militar y experimental. No son muy difundidas por su potencial riesgo elíptico de contaminación.
<i>Térmica</i>	Combustión	A partir de la energía calorífica desprendida de la combustión de gas y otros combustibles, se produce vapor, cuya expansión permite accionar los generadores.	Ampliamente difundida.

Para determinar el tipo de central que se empleará existen varios criterios esenciales, tales como disponibilidad de recursos naturales, costo de construcción de la central, precio del combustible y otros gastos de operación.

Los recursos naturales de nuestro país favorecen principalmente al desarrollo de centrales hidroeléctricas y térmicas. De manera general, para una misma potencia, la construcción de una central térmica es 2 o 3 veces más barata que la de una central hidroeléctrica. Sin embargo, la central térmica consume combustible costoso. Adicionalmente y desde el punto de vista de la electricidad, el agua se considera como la fuente más barata y limpia para generar potencia. Por consiguiente, la central hidroeléctrica es más rentable.

En general, su principio está en convertir la energía potencial que tiene el agua, en energía eléctrica; para esto se conduce el agua hacia las turbinas, procurando que las pérdidas en la conducción sean mínimas. El agua al llegar a las turbinas produce energía mecánica y ésta, a su vez, al acoplarse a un generador se transforma en energía eléctrica. La *Figura 2.2* muestra los elementos básicos de una central hidroeléctrica.

1. Embalse
2. Presa
3. Rejas filtradoras
4. Tubería forzada
5. Grupo turbina-alternador
6. Turbina hidráulica
7. Eje
8. Generador eléctrico
9. Transformadores
10. Línea eléctrica de transporte

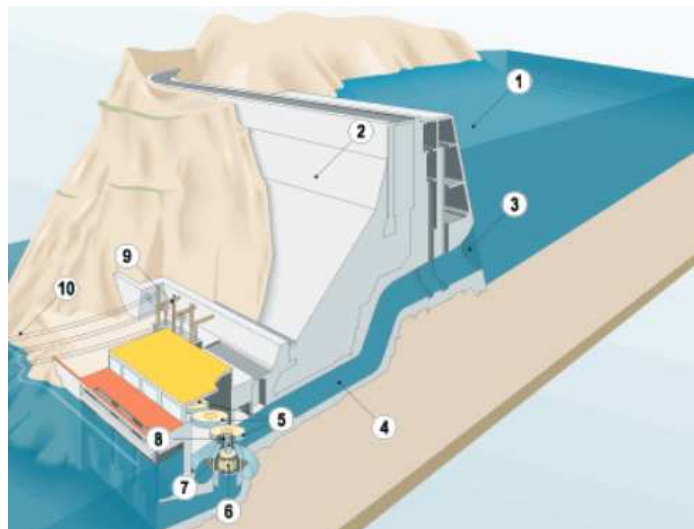


Figura 2.2 Esquema de una central hidroeléctrica ^[69]

2.1.2.2 Subsistema de transmisión

Es la etapa del sistema de suministro eléctrico que lleva la energía generada en las centrales eléctricas hasta las áreas de consumo.

Antes de la transmisión, la energía eléctrica producida debe ser transformada, debido a que para un determinado nivel de potencia a transmitir, al elevar el voltaje se reduce la corriente que circula, reduciendo así las pérdidas por efecto Joule y permitiendo dimensiones adecuadas del conductor.

2.1.2.2.1 Elementos

Los sistemas de transmisión generalmente constan de los siguientes elementos:

■ Estaciones transformadoras elevadoras

Son instalaciones que se encuentran junto a las centrales generadoras y cuya función es elevar la tensión de la energía eléctrica para facilitar su transporte y luego su distribución. De esta forma el voltaje generado en las centrales es elevado a un nivel de alta tensión, que varía entre 138 y 230 kV.

■ Líneas de transporte

Constituyen el medio físico que transporta la energía eléctrica a altos voltajes. Están formadas por cables de cobre, aluminio o acero recubierto de aluminio o cobre. Estos cables están suspendidos de postes o altas torres de acero, mediante una sucesión de aislantes de porcelana o polímero.

La utilización de cables de acero recubierto y torres altas permite que la distancia entre éstas pueda ser mayor, lo que reduce el costo del tendido de las líneas de conducción. Actualmente, empleando una configuración en línea recta, es posible emplear menos de cuatro torres por kilómetro.

En las ciudades y otras áreas donde los cables aéreos son peligrosos se utilizan cables aislados subterráneos.

Para el uso racional y confiable de la electricidad, es necesario que las líneas de transporte estén interconectadas entre sí formando una red tipo malla que permite transportar electricidad entre puntos muy alejados, en cualquier sentido y con las menores pérdidas posibles. Esta red recibe el

nombre de red de transporte o de alta tensión debido a que maneja voltajes de 138 kV y superiores.

2.1.2.2.2 Clasificación de las redes de transporte

■ Transmisión Aérea

Es el esquema más utilizado por su menor costo y su construcción menos complicada. Una línea de transmisión aérea está constituida por los conductores, las estructuras de soporte, los aisladores y accesorios para sujetar los conductores a las estructuras de soporte. Adicionalmente, las líneas de alta tensión requieren cables de guarda para proteger la línea de las descargas directas de los rayos.

La altura mínima a la que deben estar colocadas las líneas aéreas de transmisión debe ser mayor que 12 metros, con el propósito de evitar cortocircuitos y accidentes que afecten a los habitantes de las zonas cercanas. Las estructuras de soporte son diseñadas tomando en cuenta las fuerzas transversales provocadas por el viento y por la máxima tensión que ejercen los conductores.



Figura 2.3 Líneas aéreas de transmisión eléctrica ^[74]

■ Transmisión Subterránea

Es el esquema empleado en grandes ciudades, donde las líneas aéreas constituyen un peligro por encontrarse junto a los conductores de alumbrado y teléfono. El transporte de la energía se realiza a través de tubos o conductos empotrados a más de 1 metro de profundidad bajo el nivel del piso.

2.1.2.3 Subsistema de distribución

Esta etapa comprende todos los elementos de explotación de energía ubicados entre las subestaciones de transformación de la red de transporte y la instalación del enlace por parte de los abonados.

2.1.2.3.1 Etapas

En el subsistema de distribución pueden diferenciarse dos redes diferentes:

■ Red de reparto

Es el tramo que partiendo de las subestaciones de transformación, reparte la energía mediante una topología de anillo que rodean los grandes centros de consumo, hasta llegar a las subestaciones transformadoras de distribución.

El nivel de voltaje de estas líneas está comprendido entre 46 y 69 kV, por lo que corresponden a media tensión.

■ Red de distribución

Define una red de topología tipo malla que cubre la superficie de los centros de consumo, permite enlazar las subestaciones transformadoras de distribución con los centros de transformación. Las líneas de distribución empleadas en este tramo manejan voltajes de 6.3 a 23 kV y corresponden a la última etapa del suministro en media tensión.

2.1.2.3.2 Elementos

■ Subestaciones de transformación

Son instalaciones conformadas por transformadores y circuitos de transmisión que reducen el nivel del voltaje a un rango de media tensión comprendido entre 46 y 69 kV. Esta energía es transportada mediante la red de reparto hacia las subestaciones de distribución.



Figura 2.4 Subestación de transformación ^[100]

■ Subestación transformadora de distribución

Es un conjunto de equipos que reciben la energía eléctrica proveniente de la red de reparto y la convierten en la forma adecuada para su distribución a los consumidores (6.3 a 23 kV). Pueden ser de funcionamiento manual, automático o de mando a distancia.

■ Líneas de distribución

Son líneas que transporta niveles de tensión media y que permiten enlazar las subestaciones de distribución con los centros de transformación ubicados cerca de las zonas de servicio.

Nota: Las redes de distribución se hallan interconectadas unas con otras, formando complejas redes que dejan conectados en paralelo todos los centros de transformación; lo cual favorece la seguridad y confiabilidad en el servicio y el reparto de las intensidades según las cargas de cada momento.

El *Anexo 2.A* incluye un mayor detalle de las características de construcción y diseño de las redes de distribución y transmisión eléctrica.

2.1.2.4 Instalación del enlace

Es el punto del sistema de suministro eléctrico que une las redes de distribución con las instalaciones interiores de los clientes.

2.1.2.4.1 Elementos

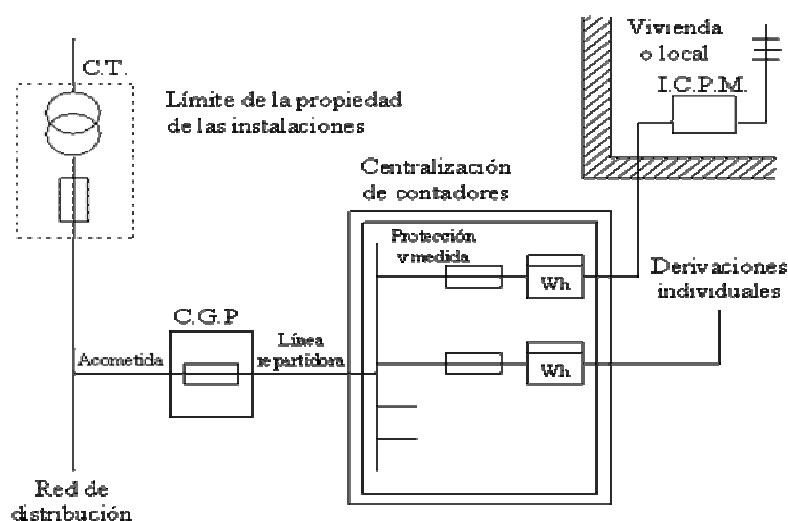


Figura 2.5 Instalación eléctrica del enlace de abonado ^[73]

■ Centros de Transformación

Realizan la última transformación de la energía antes de su uso. Están provistos de bancos de transformadores, los cuales son alimentados por las líneas de distribución en media tensión. Desde estos centros de transformación se distribuye la energía de baja tensión (110-220 o 220-440 V) a los domicilios mediante una especie de red en forma de estrella.

■ Líneas de baja tensión

Transportan niveles de baja tensión y son de corta longitud (200 m) para evitar pérdidas de potencia. Permiten la conexión entre los transformadores ubicados en los postes o depósitos subterráneos y los consumidores finales.

Cada centro de transformación provee entre 6 y 12 líneas de baja tensión. El número de usuarios conectados a estas líneas es variable y propio de la normativa de cada empresa distribuidora de energía eléctrica.

■ **Acometida**

Es la parte de la instalación del suministro eléctrico comprendida entre la red de distribución pública en baja tensión y el cuadro general de protección del abonado.

■ **Cuadro General de Protección**

Es la parte de la instalación que contiene los elementos de protección de los diferentes circuitos de la vivienda, el interruptor de control de potencia, el interruptor diferencial y los pequeños interruptores automáticos.

2.2 BREVE DESCRIPCIÓN EMPRESA ELÉCTRICA “QUITO” [76] - [79]

2.2.1 DATOS GENERALES DEL SECTOR ELÉCTRICO NACIONAL

Actualmente, existen múltiples empresas que participan en las actividades de generación, transporte, distribución y comercialización de la energía; por lo cual el sistema de suministro eléctrico requiere una organización central que permita planificar la producción y la operación de los distintos agentes del mercado.

En el Ecuador, en el año de 1996 se publicó la **Ley de Régimen del Sector Eléctrico**, como respuesta a la necesidad de reformular el grado de participación estatal en este sector y proporcionar al país un servicio eléctrico de alta calidad y confiabilidad que permita garantizar su desarrollo económico y social.

Con la nueva estructura se creó el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), el cual abarca la totalidad de las transacciones de suministro eléctrico que se celebren entre generadores, distribuidores y grandes consumidores. Igualmente en este mercado se realizarán las transacciones de exportación o importación de energía y potencia.

Adicionalmente, para la operación y control del sector se crearon instituciones relaciones con diferentes áreas y funciones, las cuales se detallan a continuación:

CORPORACIÓN CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGÍA (CENACE)

- Fue creado en el año de 1996, es una corporación civil de derecho privado, sin fines de lucro, cuyos miembros incluyen a todas las empresas de generación, transmisión, distribución y los grandes consumidores.
- Sus funciones se relacionan con la coordinación de la operación del Sistema Nacional Interconectado (SNI).
- Realiza la administración técnica y económica de las transacciones de potencia y energía eléctricas entre los agentes del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM).

CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (CONELEC)

- Comenzó su operación en 1997 y se constituye como el ente regulador, a través del cual el Estado Ecuatoriano delega las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica a las empresas concesionarias.

COMPAÑÍA NACIONAL DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA (TRANSELECTRIC)

- Es una empresa privada cuya operación comenzó en 1997. Su función es la transmisión de energía eléctrica para todo el país.
- Opera el *Sistema Nacional de Transmisión Eléctrica*, que comprende el conjunto de instalaciones de transmisión del Sistema Nacional Interconectado, incluyendo el equipamiento de compensación, transformación, protección, maniobra, conexión, control y comunicaciones destinadas al transporte de la energía eléctrica.

- Este sistema de transmisión está integrado por un conjunto de subestaciones y líneas de transmisión en tensiones de 230 kV y 138 kV, las que transportan la energía producida por las centrales de generación hacia las empresas eléctricas de distribución en todo el país. La configuración predominante en las subestaciones de 230 kV es la de doble barra y un disyuntor; en cambio en 138 kV predomina el esquema de barra principal y transferencia.

La figura siguiente muestra a los sectores involucrados en el sistema eléctrico nacional y su ámbito de acción.

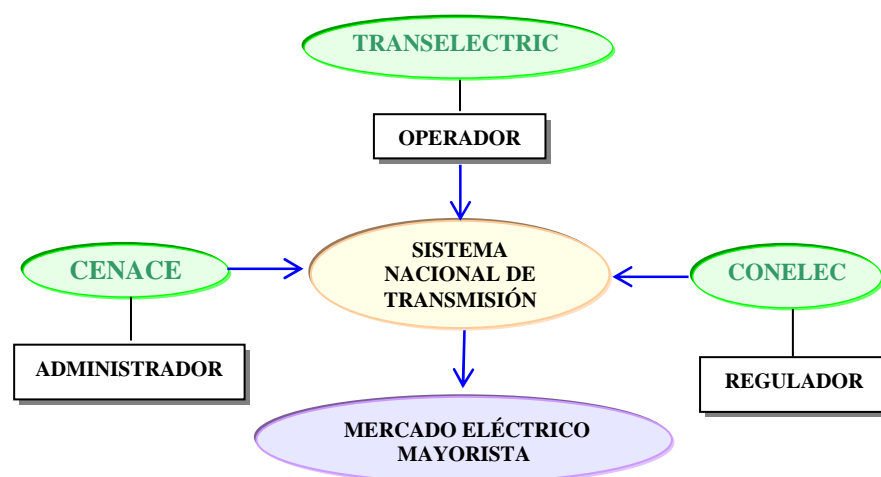


Figura 2.6 Sector eléctrico nacional

En nuestro país el Sistema Nacional de Transmisión (SNT) está integrado por 20 empresas de distribución y 11 empresas de generación. Las distribuidoras están constituidas como sociedades anónimas, siendo los accionistas: el Fondo de Solidaridad, municipios, consejos provinciales y otras entidades públicas.

Los abonados correspondientes a las empresas incorporadas al Sistema Nacional Interconectado (SNI) representan el 99 % del total nacional y a finales del año 2004, el número de usuarios regulados fue de 2'952 800.

2.2.2 ANTECEDENTES

La Empresa Eléctrica "Quito" S.A. es una empresa ecuatoriana de servicio, cuya misión es generar, distribuir y comercializar energía eléctrica garantizando la explotación racional de los recursos de generación y una calidad de servicio acorde con la demanda de los usuarios.



2.2.2.1 Reseña histórica

En el año 1894, se fundó la empresa denominada "La Eléctrica", la que inicia su operación y generación eléctrica para proveer el servicio en la ciudad de Quito. Inicialmente, esta empresa operaba por medio de una sola central de generación eléctrica, ubicada en el sector de Chimbacalle, junto al río Machangara y con una capacidad de 200 kW.

El crecimiento de la ciudad y de las necesidades de servicio eléctrico, promovió la evolución de la empresa, la que modificó varias veces su denominación y propietarios a lo largo de los años, hasta que en 1946 el Municipio de Quito compró la empresa con todas sus instalaciones y equipos. En este entonces contaba con 15790 abonados, su demanda máxima era de 7 840 kW e integraba las centrales de generación Guápulo, Los Chillos y Guangopolo.

Sin embargo, es el 29 de noviembre de 1955, en que la Empresa Eléctrica "Quito" S.A. se fundó como tal, integrando entre sus accionistas al Municipio de Quito, la Caja de Pensiones y la Caja del Seguro.

2.2.2.2 Área de servicio

El área de servicio de la **EEQ** ^{II} cubre 14 971 km² y abarca los sectores urbano, urbano marginal y rural de la ciudad de Quito, gran parte de la provincia de Pichincha y sectores de las provincias de Napo, Imbabura y Cotopaxi, como muestra el esquema siguiente.

^{II} Anexo 2.B Diagrama



Figura 2.7 Área de servicio Empresa Eléctrica “Quito” S.A.

2.2.2.3 Accionistas

Los accionistas de la empresa y su porcentaje de participación, se resumen a continuación:

Tabla 2.2 *Accionistas de la Empresa Eléctrica “Quito” S.A.* ^{III}

ACCIONISTA	PORCENTAJE [%]
Fondo de Solidaridad	52.47
Municipio del Distrito Metropolitano de Quito	34.33
Consejo Provincial de Pichincha	11.36
Industriales y comerciantes	1.69
Consejo Provincial de Napo	0.15

2.2.2.4 Organigrama estructural

La organización y administración interna de la empresa se desarrolla de acuerdo al siguiente diagrama estructural.

^{III} Aprobación de la Superintendencia de Compañías No. Q.1739 del 6 de julio del 2000.

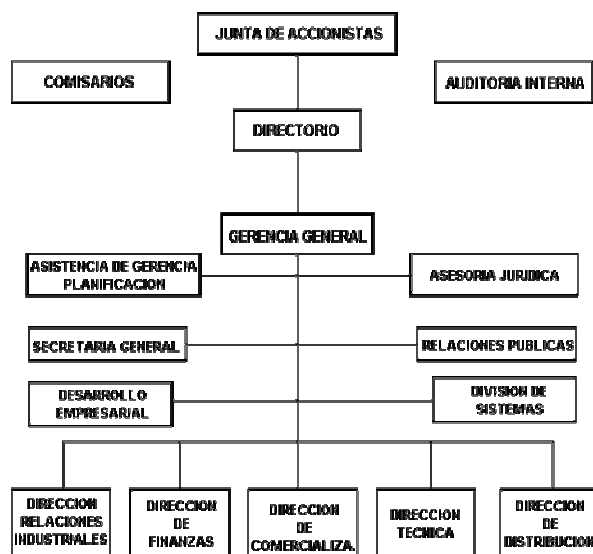


Figura 2.8 Organigrama estructural Empresa Eléctrica “Quito” S.A.^[79]

2.2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES

La Empresa Eléctrica “Quito” S.A. está conformada por dependencias, cada una de las cuales se encarga de áreas específicas y contribuye a la administración y control técnico del sistema.

2.2.3.1 Generación

La energía disponible en el país mayoritariamente corresponde a centrales de generación térmica e hidroeléctrica, como reportó el CONELEC en su Informe de Estadísticas del Sector Eléctrico Ecuatoriano correspondiente al año 2004 y como se muestra en la figura siguiente:

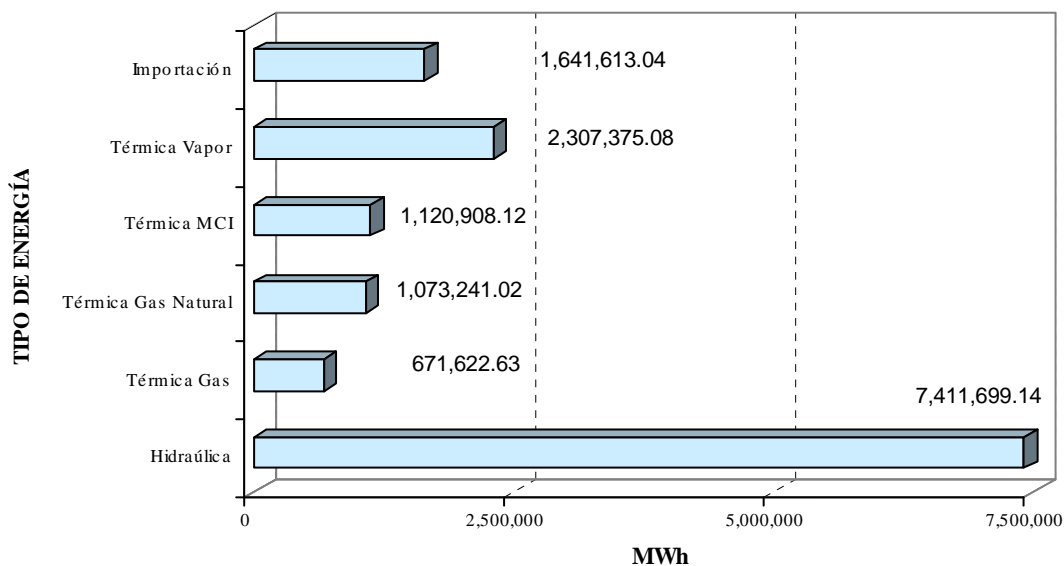


Figura 2.9 Energía total producida en el país en el año 2004 ^[79]

La potencia total que dispone la **EEQ S.A.** para servir a sus usuarios es aproximadamente 480 MW. El 70% de dicha capacidad proviene del Sistema Nacional Interconectado, del cual la empresa forma parte.

El resto de la potencia corresponde a un parque generador propio cuya potencia total instalada es 140.37 MW, en tanto que la capacidad efectiva alcanza los 137.25 MW.

De esta capacidad efectiva 96.95 MW corresponden a generación de plantas hidroeléctricas, lo cual representa el 70 % del total. A continuación se muestra en detalle, las centrales que pertenecen a la empresa y la potencia que generan.

Tabla 2.3 Potencia instalada y efectiva en las centrales de generación EEQ S.A. año 2004 ^[79]

TIPO DE CENTRAL	TIPO DE COMBUSTIBLE	CENTRAL	POTENCIA NOMINAL MW	POTENCIA EFECTIVA MW
Hidráulica	Ninguno	Cumbayá	40	40
		Guangopolo	20.92	20.92
		Los Chillos	1.76	1.76
		Nayón	29.7	29.7
		Pasochoa	4.5	4.5
		Oyacachi	0.1	0.07
TOTAL Generación Hidráulica:			96.98	96.95
Térmica MCI (Motor de Combustión Interna)	Diesel	Luluncoto	9.07	7.9
	Fuel Oil	G. Hernández	34.32	32.4
TOTAL Generación Térmica:			43.39	40.3
TOTAL:			<u>140.37</u>	<u>137.25</u>

2.2.3.2 Distribución

La Empresa Eléctrica “Quito” S.A. opera un sistema de distribución enlazado al Sistema Nacional de Transmisión por medio de líneas y 40 subestaciones de propiedad de la empresa.

La división encargada de la construcción, operación y mantenimiento de los proyectos relaciones con las redes de distribución es la Dirección de Distribución.

Tabla 2.4 Dimensión de la red de distribución EEQ S.A. ^[79]

Líneas de subtransmisión [km]	RED DE MEDIA TENSIÓN [km]			RED DE BAJA TENSIÓN [km]					
				AÉREA			SUBTERRÁNEA		
	Monofásica	Bifásica	Trifásica	Monofásica	Bifásica	Trifásica	Monofásica	Bifásica	Trifásica
288.03	2626.11	392.88	2778.28	406.91	3229.27	1393.05	0	54.3	405.13

La **Figura 2.10** muestra una clasificación de los posibles tipos de carga que alimenta una red de distribución, lo que permite caracterizar las áreas de suministro de energía eléctrica.

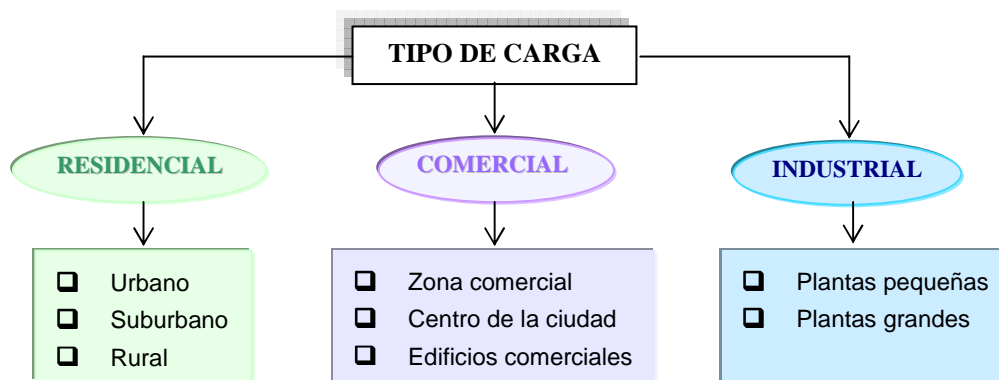


Figura 2.10 Tipos de cargas que alimenta una red de distribución

2.2.3.3 Comercialización

Es el área encargada de la administración del sistema integral de comercialización.

Para cumplir con su función maneja y procesa una amplia base de datos a través de un sistema integrado de información que incluye la aplicación de nuevas tecnologías de comunicación como el Internet.

Entre sus funciones se incluyen:

- Atención a solicitudes de servicio.
- Instalación de acometidas y medidores.
- Medición de consumos de energía y potencias eléctricas.
- Facturación y recaudación
- Solución técnica de posibles problemas relacionados con pérdidas de energía.

El número de usuarios del sistema de suministro de la empresa a mediados del año 2005 fue 632 165; el cual se encuentra distribuido entre varios grupos de servicio como se muestra a continuación:

Tabla 2.5 *Número de consumidores promedio anual Junio 2005* ^[79]

GRUPO	CONSUMIDORES	PORCENTAJE [%]
Residencial	538 290	85.2
Comercial	75 832	12.0
Industrial	11348	1.8
Otros	6695	1.0
<u>TOTAL</u>	<u>632 165</u>	<u>100</u>

2.2.3.4 Comunicaciones

2.2.3.4.1 Situación actual

En un sistema eléctrico, la conexión entre las plantas de generación y los consumidores se efectúa mediante una red estructurada jerárquicamente en niveles de transmisión, cuyo paso se efectúa en las subestaciones de transformación y seccionamiento. Estos sistemas precisan controlar de manera continua aspectos

tales como, tensiones adecuadas para cada nivel de transmisión de la red y problemas en los equipos de operación.

La necesidad de que este control se realice en tiempo real ha obligado al desarrollo de sistemas de telecontrol y redes de comunicaciones que por medio de la integración de las subestaciones faciliten a los operadores cumplir con sus tareas.

En la actualidad, la Empresa Eléctrica “Quito” S.A. no cuenta con un sistema automático de control, por lo que las funciones de monitoreo y asistencia técnica a las subestaciones se realizan por medio de un sistema de comunicaciones de radio en la banda VHF a 450 MHz.

2.2.3.4.2 Sistema de comunicación SCADA

A nivel nacional, Transelectric dispone de un sistema de comunicaciones de Onda Portadora. El cual a través de enlaces de fibra óptica transmite señales de voz, protección, estado, telecomando y medida, con el objeto de satisfacer los requerimientos de comunicación para las gestiones operativas, administrativas y de protección de las líneas y subestaciones de 230 y 138 kV que constituyen el Sistema Nacional Interconectado. Además, provee los canales respectivos para la transmisión de datos de voltaje, corriente, potencia de cada una de las subestaciones y centrales de generación hacia el CENACE.

La Empresa Eléctrica “Quito”, con el objeto de integrarse al sistema de control nacional antes mencionado se encuentra en la etapa de implementación de un sistema que comunique las principales subestaciones de su red de distribución.

El cual está basado en enlaces de fibra óptica, que proveen enlaces punto a punto y adicionalmente un anillo que proporciona redundancia y confiabilidad a la transmisión. La instalación de los tramos de fibra óptica^{IV} se está desarrollando por etapas e inicialmente se prevé 5 nodos principales, 13 nodos secundarios y un centro de control principal ubicado en la matriz de la empresa.

Adicionalmente, se instalará un enlace de radio a 2 Mbps basado en la técnica “Spread Spectrum”, el cual podrá trabajar en la banda de los 900 MHz, 5.8 GHz o

^{IV} **Anexo 2.D** Especificaciones de la fibra óptica del sistema de comunicaciones entre subestaciones EEQ

una banda propia concesionada ante la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones. La función de este enlace será integrar el resto de subestaciones de la empresa que no se tengan acceso a la fibra y además proveer un enlace de respaldo hacia los nodos de control. Otra solución alterna que considera este sistema para integrar al resto de subestaciones es un enlace otorgado por el proveedor ANDINADATOS.

Nota: Los sistemas BPL son también una importante opción para establecer una estructura de comunicaciones interna en un sistema de suministro eléctrico. Esta opción será considerada en el *Capítulo 3*.

El esquema siguiente muestra los principales puntos del sistema de comunicaciones entre las subestaciones y su estado de implementación.

**SISTEMA DE COMUNICACIONES
SUBESTACIONES EEQ S.A.**

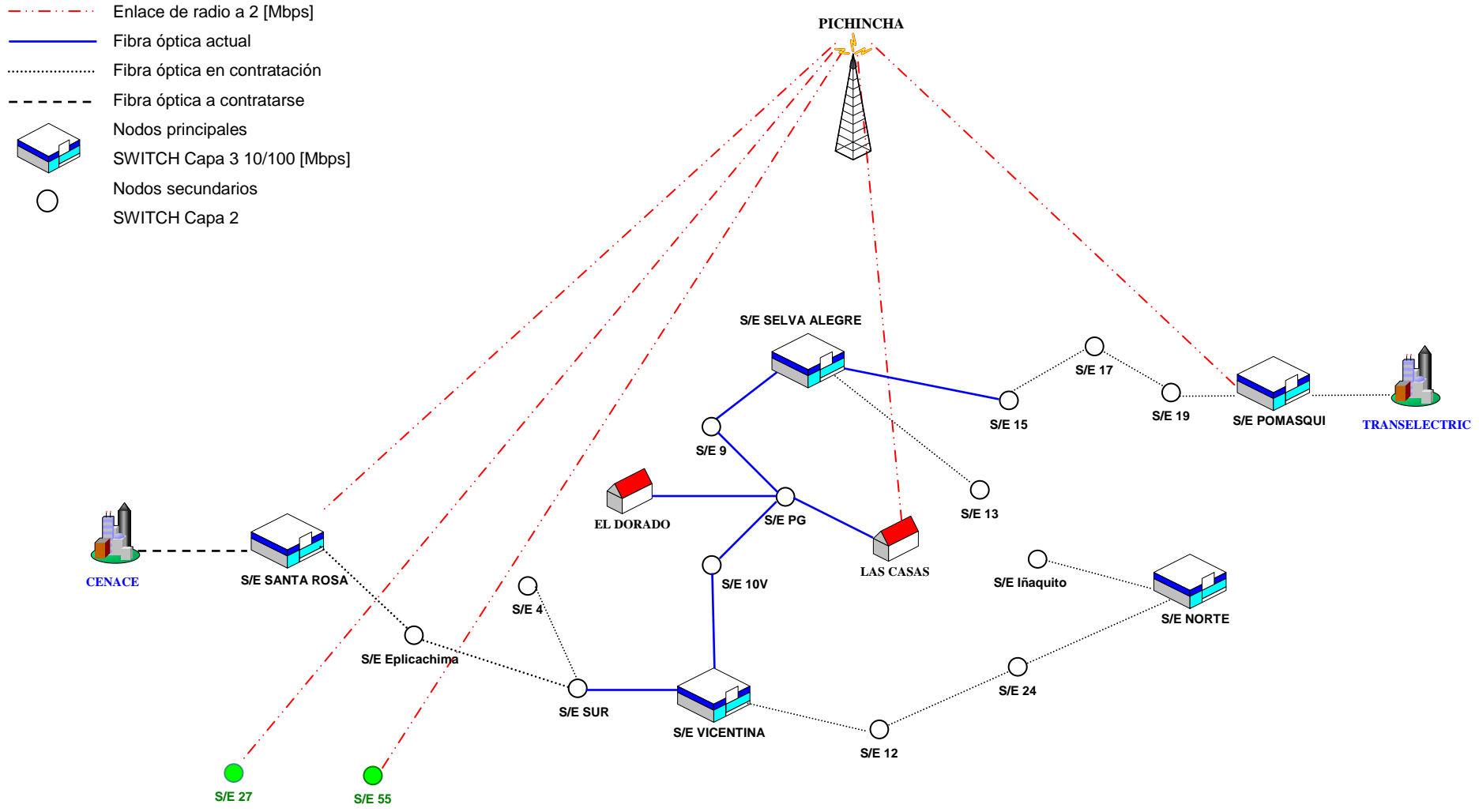


Figura 2.11 Esquema del Sistema de Comunicaciones entre Subestaciones EEQ S.A.

2.3 ANÁLISIS DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN [2], [63], [66], [80], [81]

El suministro de energía eléctrica tiene como elemento básico a las redes de distribución, las cuales adicionalmente para el presente proyecto pueden constituir una alternativa como medio de transmisión de información y datos a altas velocidades. Ello debido a que la infraestructura del sistema eléctrico se encuentra desplegada y consta de alta capilaridad, lo que disminuye los costos de inversión para la implementación de un sistema de comunicaciones

La importancia de la tecnología BPL, se evidencia en diversas operaciones comerciales en funcionamiento, así como en un número significativo de equipos disponibles en el mercado. Adicionalmente, de la posibilidad para que las empresas de distribución eléctrica cuenten con una infraestructura de comunicaciones interna y puedan ofertar servicios de comunicación de banda ancha.

En esta sección se analizan las condiciones de las redes de distribución eléctrica de baja y media tensión, ya que al tratarse de un medio de transmisión que no fue concebido para comunicaciones es necesario conocer sus características específicas, ventajas y desventajas.

Al analizar un cable eléctrico operando a la frecuencia de la señal de servicio eléctrico (Hz), su descripción se limita a un análisis de parámetros concentrados debido a que la longitud de onda de la señal es corta. Sin embargo, cuando la señal transmitida a través de este medio opera a frecuencias superiores (MHz), la longitud de onda alcanza los 100 m, por lo cual el cálculo de sus condiciones de operación corresponde al análisis de parámetros distribuidos.

2.3.1 PARÁMETROS PRINCIPALES EN LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Las líneas de transmisión se emplean para transmitir energía eléctrica y señales de un punto a otro. Sus características están definidas por un conjunto de parámetros, los que se determinan en base al conocimiento de los campos eléctrico y magnético asociados con las corrientes y los voltajes de la línea.

Para la determinación de estos parámetros se emplea el análisis de circuitos distribuidos, el cual se basa en la aplicación de las leyes básicas de los circuitos eléctricos y de un conjunto adicional de postulados.¹

La ventaja práctica del análisis por este método se debe a que el comportamiento de la línea de transmisión está definido en términos de su circuito equivalente

A continuación se define de manera general los coeficientes de circuito distribuido de una línea de transmisión tomando como referencia un conductor constituido por material isotrópico homogéneo, cuya geometría corresponde a la *Figura 2.12*.

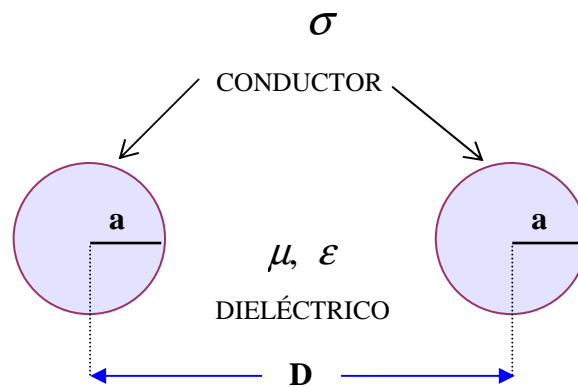


Figura 2.12 Geometría de una línea de transmisión bialámbrica

Donde:

- a: Radio del conductor
- D: Distancia entre los ejes de los conductores
- σ : Conductividad del material
- ξ : Permittividad del medio
- μ : Permeabilidad del medio
- f : Frecuencia de operación de la señal
- π : Constante 3.14159

¹ **Anexo 2.E** Postulados del análisis de circuitos distribuidos para líneas de transmisión

2.3.1.1 Resistencia distribuida (R)

Se define como la resistencia total en serie de la línea de transmisión por unidad de longitud, incluyendo ambos conductores de la línea, o la combinación de los conductores que constituyen los dos lados de la misma.

Para bajas frecuencias se expresa como:

$$R = \frac{2}{\sigma \cdot \pi \cdot a^2} \left[\frac{\Omega}{\text{m}} \right] \quad [2.1]$$

Al incrementarse la frecuencia de la señal transmitida por el conductor, se produce un fenómeno conocido como el efecto de piel. El cual debido a que la corriente fluye solamente sobre la superficie del conductor hace que la resistencia de los conductores aumente considerable y continuamente con la frecuencia.

Este efecto puede expresarse mediante una variable conocida como **profundidad de piel**, la cual depende de la frecuencia de la señal, forma del conductor, permeabilidad y conductividad del medio.

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\sigma \cdot \mu \cdot \pi \cdot f}} \quad [2.2]$$

Por lo cual la resistencia como función de la frecuencia de la señal transmitida queda definida por:

$$R = \frac{1}{\sigma \cdot \pi \cdot a \cdot \delta} \left[\frac{\Omega}{\text{m}} \right] \quad [2.3]$$

2.3.1.2 Inductancia distribuida (L)

Es la inductancia total en serie de la línea de transmisión por unidad de longitud, incluyendo la inductancia debida al flujo magnético interno y externo a los conductores de la línea. Las líneas de transmisión están formadas por

multiconductores y el efecto inductancia se estudia para esta condición considerando la acción de cada conductor sobre los otros.

La inductancia distribuida de cualquier conductor, ya sea aislado o no, consiste de dos partes. Una parte es originada por los enlaces del flujo de corriente dentro del conductor mismo, la otra por el enlace de la corriente total del conductor con el flujo externo al conductor.

Para bajas frecuencias:

$$L = \frac{\mu}{\pi} \left[\frac{1}{4} + \cosh^{-1} \left(\frac{D}{2a} \right) \right] \left[\frac{\text{H}}{\text{m}} \right] \quad [2.4]$$

Para altas frecuencias:

$$L = \frac{\mu}{\pi} \cdot \cosh^{-1} \left(\frac{D}{2a} \right) \left[\frac{\text{H}}{\text{m}} \right] \quad [2.5]$$

2.3.1.3 Capacitancia distribuida (C)

Los cálculos sobre capacitancia distribuida difieren de los cálculos de resistencia distribuida y de inductancia distribuida, debido a que los efectos de los campos y corrientes dentro del metal de los conductores son completamente despreciables para todas las condiciones físicas concebibles.

De manera general y sin depender del valor de la frecuencia la capacitancia distribuido se define por:

$$C = \frac{\pi \cdot \varepsilon}{\ln \left(\frac{D}{a} \right)} \left[\frac{\text{F}}{\text{m}} \right] \quad [2.6]$$

2.3.1.4 Conductancia distribuida (G)

Es la representación de las pérdidas internas debido a la estructura molecular de los materiales aislantes o dieléctricos.

La conductancia distribuida de una línea de transmisión, depende del factor de pérdida o conductividad del medio que rodea a los conductores y de la forma geométrica de la línea. Por inspección de la expresión para la capacitancia, es posible definir:

$$G = \frac{\pi\sigma}{\ln\left(\frac{D}{2a}\right)} \left[\frac{\text{mhos}}{\text{m}} \right] \quad [2.7]$$

Finalmente, utilizando las expresiones para la capacitancia y para la inductancia externa se obtiene un valor para la impedancia característica de la línea de transmisión:

$$Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \cdot \cosh^{-1}\left(\frac{D}{2a}\right) \quad [2.8]$$

2.3.1.5 Variación de los parámetros con la frecuencia

- Los parámetros R, L, G y C varían con la frecuencia de manera individual y por diferentes razones, tales como exposición a la intemperie o a cualquier forma de contaminación del medio ambiente.
- Para cualquier línea de transmisión existe un rango de bajas frecuencias que comienza en la frecuencia cero y se extiende a una frecuencia de varios kHz, a través de los cuales los coeficientes de circuito distribuido R, L y C tienen valores constantes independientes de la frecuencia y la conductancia distribuida G es pequeña, por lo que no tiene efecto sobre el comportamiento de propagación en la línea.
- La capacitancia distribuida C es la que menos varía con la frecuencia, de todos los coeficientes de circuito distribuido. Si el medio ambiente de los conductores de una línea es aire, el valor de C puede permanecer constante con variaciones de un 1% desde las frecuencias cero hasta los GHz.

2.3.2 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIO Y SECUNDARIO EEQ S.A.

Antes de describir los sistemas que forman parte de la red de distribución eléctrica de la empresa, definiremos las principales diferencias entre las topologías usadas mundialmente para esta red:

2.3.2.1 Sistema de distribución eléctrica americano

- Usa líneas de baja tensión con radio de acción muy corto.
- Es una red constituida por un gran número de transformadores, cada uno de limitada potencia (5 a 150 kVA)
- El voltaje de servicio es 110 V a 60 Hz, el que permite sólo cortas distancias entre el transformador y el abonado.
- Esta red es económica, adecuada para cargas dispersas y baja densidad.
- Para la distribución usa generalmente transformadores monofásicos y trifásicos sólo donde sea indispensable, ver *Figura 2.13a*.

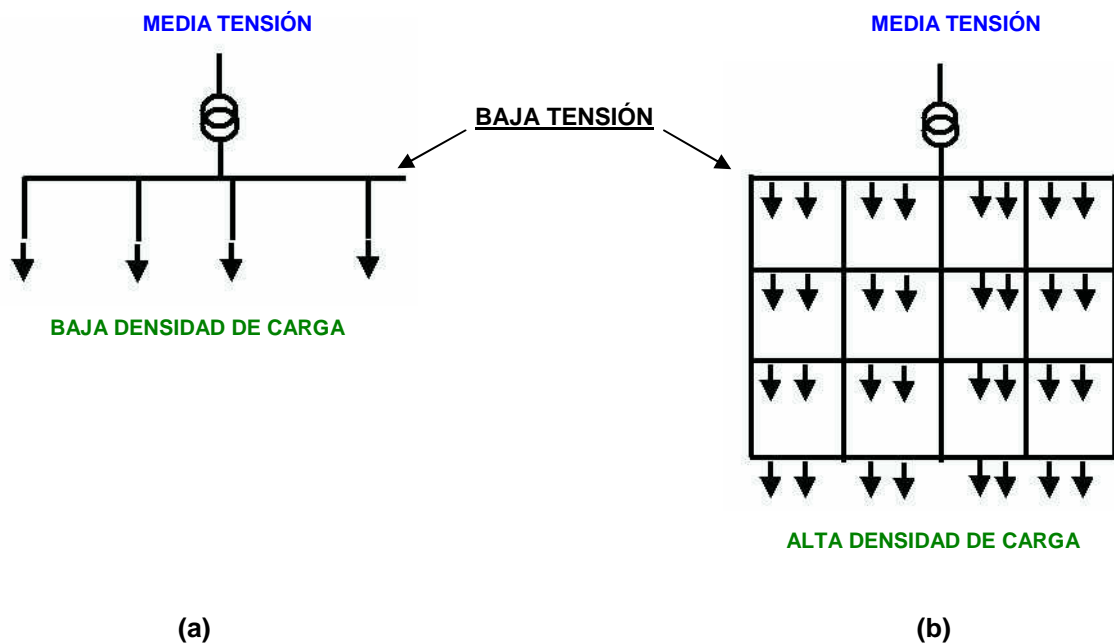


Figura 2.13 Alternativas de topología para redes de distribución eléctrica^[74]

2.3.2.2 Sistema de distribución eléctrica europeo

- Emplea líneas de baja tensión con radio de acción grande.
- La distribución se realiza por medio de transformadores de alta potencia: 100 a 500 kVA.
- Es una solución adecuada para altas densidades de carga y en ella se usan casi exclusivamente transformadores trifásicos, ver *Figura 2.13b*.
- El voltaje de servicio usado es 220 V a frecuencia de 50 Hz.
- Permite un alto número de usuarios por transformador (200-500).

2.3.2.3 Alimentadores primarios de distribución

Son los encargados de llevar la energía eléctrica desde las subestaciones de distribución hasta los transformadores. Los conductores van soportados en postes cuando se trata de instalaciones aéreas y en ductos para el caso de instalaciones subterráneas.

El tramo de mayor capacidad del alimentador, recibe el nombre de **troncal** y transmite la energía eléctrica desde la subestación a los ramales. Estos conductores son de calibre grueso dependiendo del valor de la densidad de carga. El **ramal**, corresponde a la parte del alimentador primario energizado a través de un troncal, en él van conectados los transformadores de distribución y servicios particulares suministrados en media tensión. El calibre de estos conductores es menor.

El tipo de construcción predominante en esta red de distribución es abierta, con conductores soportados sobre aisladores tipo espiga, en cruceta metálica y poste de hormigón de sección circular. Existen tramos de alimentadores primarios en instalación subterránea que son derivados desde la red aérea.

Los conductores de la red aérea son en su mayoría de aleación de aluminio, con secciones que van desde el 336 AWG al número 4 AWG. Por otro lado existen también tramos con conductores de cobre, con secciones que se encuentran el rango del número 2/0 AWG al número 6 AWG. ^{II}

^{II} **Anexo 2.F** Especificaciones de los conductores usados en las líneas eléctricas de distribución

En el área urbana, los transformadores de distribución instalados son en su mayoría trifásicos con conexión delta-estrella y con el neutro del secundario puesto a tierra. Estos transformadores de distribución están instalados sobre las estructuras de soporte de la red aérea y su rango de potencias nominales es el siguiente:

- Monofásicos 10, 15, 25, 37.5, 50 kVA
- Trifásicos 37.5, 50, 75, 125, 150 kVA

La disposición para la protección de los transformadores de distribución, generalmente consiste en un juego de pararrayos, seccionadores en medio voltaje y un juego de fusibles que limitan la corriente en el lado de bajo voltaje.

2.3.2.4 Alimentadores secundarios de distribución

Los alimentadores secundarios distribuyen la energía desde los transformadores hasta las acometidas a los usuarios.

En la mayoría de los casos son circuitos radiales y se emplean cables aislados de un solo conductor. En el cableado eléctrico residencial se emplea cable que contiene dos conductores aislados, rodeados de capas de aislante adicionales cubiertas con una banda metálica enrollada helicoidalmente para su protección.

2.3.3 ANÁLISIS COMO MEDIO DE TRANSMISIÓN DE DATOS

Las características del canal dependen de la frecuencia, el tiempo y la ubicación del transmisor y receptor. Las líneas de distribución eléctrica presentan dificultades que no pueden descartarse pero que sin embargo pueden ser superadas con la utilización del equipo adecuado.

Existen diversos tipos de redes de distribución, de estos las redes subterráneas son las que minimizan los problemas inherentes a la interferencia, atenuación y ruido. Sin embargo, para el análisis siguiente se consideran redes de tipo convencional por ser el caso de la mayoría de redes eléctricas en el Ecuador.

2.3.3.1 Nivel de media tensión

Las líneas de media tensión se distinguen por múltiples interconexiones y diferentes tipos de conductor, por lo cual es necesario mejorar la transmisión de datos por medio de modernas técnicas de señalización, modulación digital, corrección de errores de transmisión y la evolución de los componentes electrónicos necesarios para interconectar la red de datos. En general los problemas más importantes son:

- Ruido generado por aislantes defectuosos.
- Líneas actuando como antenas para las señales de emisión de radio comerciales.
- Presencia eventual de capacitancias, empleadas para corregir el factor de potencia a lo largo de las líneas.

Estas líneas se presentan en tres diferentes tipos:

2.3.3.1.1 Línea convencional

Utiliza cables conductores no aislados de cobre o aluminio soportados por aislantes transversales montados en la parte superior de los postes. Los cables pueden estar situados en un mismo plano o en planos diferentes con una distancia entre cables de 30 a 100 cm.

Sus características de construcción permiten cierta libertad de movimiento lateral de los conductores. Consecuentemente, el valor de impedancia característica sufre variaciones en sus diferentes intervalos, pese a ello se espera una transmisión aceptable de la señal por algunos kilómetros de distancia.

2.3.3.1.2 Línea compacta

La construcción de esta línea emplea dispositivos separadores de cuatro cabos capaces de mantener una distancia constante de 10 a 20 cm entre los cables de media tensión aislados. Para estas líneas se esperan condiciones más favorables para la transmisión de señales de alta frecuencia, teniendo en cuenta que utilizan el

aire como dieléctrico y presentan menores variaciones de distancia entre los conductores, lo que a su vez, reduce la variación de la impedancia característica de la línea, minimizando las distorsiones causadas por reflexiones.

2.3.3.1.3 Líneas multiplexadas

Estas líneas están formadas por 3 cables de media tensión aislados y blindados, los cuales son enrollados en un cable de acero y fijados en la parte superior de los postes. Los cables empleados tienen construcción geométrica semejante a la utilizada en cables para telecomunicaciones. De esta forma presentan un comportamiento similar a los cables coaxiales para comunicaciones, tales como inmunidad a radiación y recepción de señales de interferencia e impedancia característica de valor similar.

Estas semejanzas sugieren que para la transmisión de señales de frecuencias elevadas, estas líneas tienen un mejor desempeño comparadas con otros tipos de líneas. Sus posibles limitaciones se deben a pérdidas en el material dieléctrico.

2.3.3.2 Nivel de baja tensión

Estas líneas se presentan en tres diferentes tipos:

2.3.3.2.1 Línea convencional

Estas líneas están construidas utilizando 4 cables conductores, correspondientes a tres fases y un neutro. Los conductores son de cobre o aluminio, siendo soportados por aislantes montados transversalmente a lo largo de los postes, los cuales son montados en un plano vertical, separados entre sí 15 a 30 cm.

Difieren de las líneas aéreas de media tensión debido a que las cargas dispuestas a lo largo de su extensión se repiten en intervalos más cortos y son representadas por cargas de baja impedancia para las señales transmitidas, más allá del efecto de desacoplamiento de la señal, estas cargas presentan pérdidas elevadas, aumentando la atenuación total.

Los aislantes en estas líneas no generan ruido. Sin embargo, debe considerarse los ruidos producidos aparatos eléctricos dotados de motores y señales de emisoras comerciales de radiodifusión. En algunos casos, la iluminación es alimentada directamente a partir de la red aérea de distribución, ello introduce capacitancias que atenúan y bloquean la transmisión de señales de frecuencias elevadas.

La combinación de estos inconvenientes hace que las líneas de baja tensión, se constituyan en un ambiente que requiere de alta calidad de equipos para permitir la transmisión de señales de telecomunicaciones.

2.3.3.2.2 Líneas multiplexadas

Las características constructivas de estas líneas son idénticas a aquellas de media tensión, utilizando cables de baja tensión sin blindaje.

Estas líneas presentan un comportamiento diferente a las líneas secundarias convencionales de baja tensión debido a la utilización de conductores bloqueados y bastante próximos. Esto confiere a estas líneas una menor posibilidad de radiación e irradiación, permitiendo su mejor utilización como medio de transmisión de señales de comunicación.

2.3.3.2.3 Línea compacta

Esta línea de transmisión de datos está directamente influenciado por condiciones más favorables para la transmisión de señales, mejor desfaseamiento entre conductores por ende menor irradiación y desfaseamiento más constante entre cables por ende menor reflexión.

2.3.3.2.4 Línea preformada

Esta línea está caracterizada por impedancia característica más constante, debido a su construcción y al blindaje de los cables, que le otorgan características similares a los cables coaxiales, tales como baja irradiación e interferencia.

2.3.4 RESUMEN DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS

2.3.4.1 Ventajas

- La red tiene alta capilaridad, lo que permite disminuir los costos de implementación del sistema de comunicaciones entre múltiples usuarios posibles.
- El sistema no requiere cableado adicional y es de fácil instalación
- Posibilidad de implementar redes de monitoreo del sistema de distribución eléctrica
- El cumplimiento de normas técnicas de funcionamiento por parte de las empresas distribuidoras del servicio eléctrico garantiza el estado de sus redes.
- Para la transmisión simultánea de energía eléctrica y la señal de datos, no existe problemas de interferencia entre ambas señales debido a que operan a frecuencias completamente distintas.

2.3.4.2 Desventajas

- Su atenuación se incrementa con la distancia y con la frecuencia.
- Ruidos causados por aislantes defectuosos en media tensión
- Reflexiones debido a las derivaciones hacia otros consumidores
- Interferencia de emisoras de radio de media onda.
- Los transformadores de media a baja tensión ubicados en las líneas de distribución eléctrica, con el fin de proveer servicio a los usuarios operan a frecuencias bajas y actúan como circuitos abiertos ante las señales de VHF. Por lo que para la posible transmisión de las señales de datos se requiere del uso de acopladores que permitan cerrar el circuito en estos puntos sin alterar a su vez a la señal eléctrica.
- Debido a la necesidad de acopladores capacitivos que complementen el trabajo de los equipos BPL, el costo de la red eleva su costo.

2.4 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN [☆]

Para el desarrollo del proyecto, se toma como referencia la infraestructura eléctrica y los usuarios correspondientes a las subestaciones San Rafael y Sangolquí, debido a una recomendación de la Dirección Técnica de la Empresa Eléctrica “Quito” S.A., la cual colabora de manera directa con la realización del proyecto.

Para conocer las características de la zona de servicio de estas subestaciones, inicialmente se ha desarrollado una etapa de reconocimiento físico de sus instalaciones y equipamiento. De manera posterior y con el objetivo de identificar parámetros como: número de usuarios, equipos conectados, transformadores, distancias y conductores se ha empleado la base de datos digital de la empresa, la cual permite un conocimiento actual y detallado de dichos puntos.

A continuación se describe brevemente el programa utilizado.

2.4.1 PROGRAMA DE INVENTARIOS Y AVALÚOS EEQ S.A. (PIA)

Es un sistema que permite almacenar la información de la red de distribución eléctrica en dos niveles que trabajan simultáneamente.

El primero corresponde a la base de datos gráfica obtenida a través del programa **Autocad**, en la cual mediante un Sistema de Información Geográfica Satelital (GIS) es posible determinar la localización física de cada elemento de la red. Cada uno de los cuales está identificado mediante un código, que permite conocer sus características técnicas almacenadas en un segundo nivel, correspondiente al programa **Oracle SQL Plus**.

2.4.1.1 Ingreso al sistema

Previamente cargado el programa Autocad, en el menú principal se tiene el Submenú GIS, el que permite el ingreso al sistema. Cargado el sistema se tiene la ventana de ingreso, donde se debe digitar el nombre de usuario y la contraseña, que previamente ha sido creada por el administrador del sistema.

En caso de no ingresar correctamente los datos requeridos para el acceso al sistema, este se cerrará automáticamente.

2.4.1.2 Reportes y búsquedas

El sistema permite obtener información por medio de módulos dentro de los cuales se puede manejar datos de postes, estructuras de media y baja tensión, transformadores de distribución, cámaras de transformación, seccionadores, conductores, tensores, puesta a tierra, acometidas, medidores.

Para conocer la topología de los alimentadores correspondientes a las subestaciones en estudio se empleó una búsqueda por coordenadas en la cual mediante la selección del sector dentro del área de cobertura de toda la empresa es posible recuperar la red eléctrica por primario, con sus respectivas estructuras, equipos, postes y base geográfica. Tanto en las redes de media y baja tensión y base geográfica se tiene una paleta de colores, para elegir el color a ser graficado el alimentador.



Figura 2.14 Cuadro de diálogo para la obtención del plano de la red PIA ^{III}

Para conocer las características de los conductores se debe seleccionar el elemento sobre la base geográfica y seleccionar propiedades, lo cual muestra una ventana de información como se muestra en la figura siguiente.

^{III} Programa de Inventarios y Avalúos EEQ S.A.

The screenshot shows a software dialog box titled "CONDUCTORES". It has a menu bar with "Conductor(es) Nuevo(s)" and "Conductor(es) Ingresado(s)". Below the menu bar are buttons: "Dibujar Líneas", "Ingresar", "Eliminar Líneas", "Asig. L./T.", "Selección", and "Eliminar <".

The main area contains several sections:

- Alimentador:** "P033", "Fecha Instalación: 2001-11-29", "Salto Línea" (checkbox), "Tensión: Baja", "Longitud (m.): 45.05", "Longitud Real (m): 45.05", "Desconectada" (checkbox).
- Características Eléctricas:** "Voltaje: 240 - 120", "Material: ASC", "Fases: ABC", "Calibre", "Fases:", "Neutro:", "Alumbrado:", "Hilo Piloto" (checkbox), "Puentear Fase" (checkbox), "Conductor desconectado" (checkbox).
- Código:** "AS3K1/0(2)", "ASC-AS3K1/0(2)".
- Transf.:** "N° 2321".

At the bottom, there is a table with the following data:

Fases	Calibre	Neutro	Alumbrado	Código
ABC	1/0	2		AS3K1/0(2)

Buttons at the bottom: "Líneas Conec.", "Asig. Transf.", "Modificar", "Aceptar", "Cancelar", "Cerrar".

Footer: "USUARIO: 1802837748 10/01/2005"

Figura 2.15 Cuadro de diálogo propiedades del conductor PIA

2.4.2 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE SERVICIO DEL PROYECTO

Mediante el sistema PIA, se obtuvo el plano^{IV} que detalla la ubicación de las subestaciones sobre la base geográfica y la topología de la red de distribución primaria y secundaria correspondiente.

Adicionalmente, para obtener el número de usuarios y transformadores conectados se empleó la base de datos SQL Oracle Plus.^V El detalle de la información obtenida para cada subestación se describe a continuación.

2.4.3 SUBESTACIÓN SAN RAFAEL

2.4.3.1 Descripción

De acuerdo a su función es una subestación de transformación y seccionamiento, pues está encargada de transformar el nivel de voltaje de alto a medio para su transmisión y posterior consumo.

^{IV} **Anexo 2.G** Plano de distribución de los primarios S/E Sangolquí y San Rafael EEQ S.A.

^V **Anexo 2.H** Número y tipo de transformadores por primario S/E Sangolquí y San Rafael EEQ S.A.

La figura siguiente muestra el tablero de comando existente en la cabina de control, a través del cual es posible conocer los niveles de voltaje que ingresan a través de las líneas de alimentación de alto voltaje y la potencia consumida por los usuarios de la red.



Figura 2.16 Tablero de comando S/E San Rafael

2.4.3.2 Ubicación e integración en el sistema eléctrico

Está ubicada en el cantón Rumiñahui, entre la calle Pastaza e Ilaló (vía a la población del Tingo). Se incorpora en el sistema de distribución por medio de la alimentación a través de líneas de subtransmisión a la tensión de 46 kV y un conductor 477 MCM ACSR.

Longitud de las líneas de alimentación:

- | | |
|---|---------|
| 1. Desde la central de generación Guangopolo | 3.3 km |
| 2. Desde la central de generación Los Chillos | 12.9 km |
| 3. Desde la subestación Santa Rosa | 11 km |

Las líneas de alimentación llegan a las instalaciones de la sección de 46 kV como muestra la figura siguiente.



Figura 2.17 Alimentación del parque de 46 kV S/E San Rafael

Adicionalmente existe una línea de media tensión (46 kV) que la conecta de manera directa con la subestación Sangolquí con el objeto de compartir la energía que no es consumida por la carga instalada.

2.4.3.3 Equipos

- Disyuntores (S10, S30, S40, S50, S60)
- Seccionar tripolar (L33, L43)
- Seccionar de puesta a tierra
- Transformador 2 devanados conexión en triángulo 20/26.7/33 MVA
- Alimentadores primarios de distribución (A, B, C, D, F)
- Banco de capacitares de 3 y 4.5 MVAR
- Tablero de comando y equipo de medición.

Tabla 2.6 Transformadores instalados S/E San Rafael ^[79]

CÓDIGO	POTENCIA [MVA]			VOLTAJE DE DEVANADOS [kV]		
	SOLO AIRE (OA)	AIRE FORZADO (FA)	AIRE FORZADO Y ACEITE (FOA)	1	2	3
MEIDEN 527 59C11033	20	27	33	46	23	-
SAVOISSIENE 527 59C11035	7.5	-	-	46	22	6.3



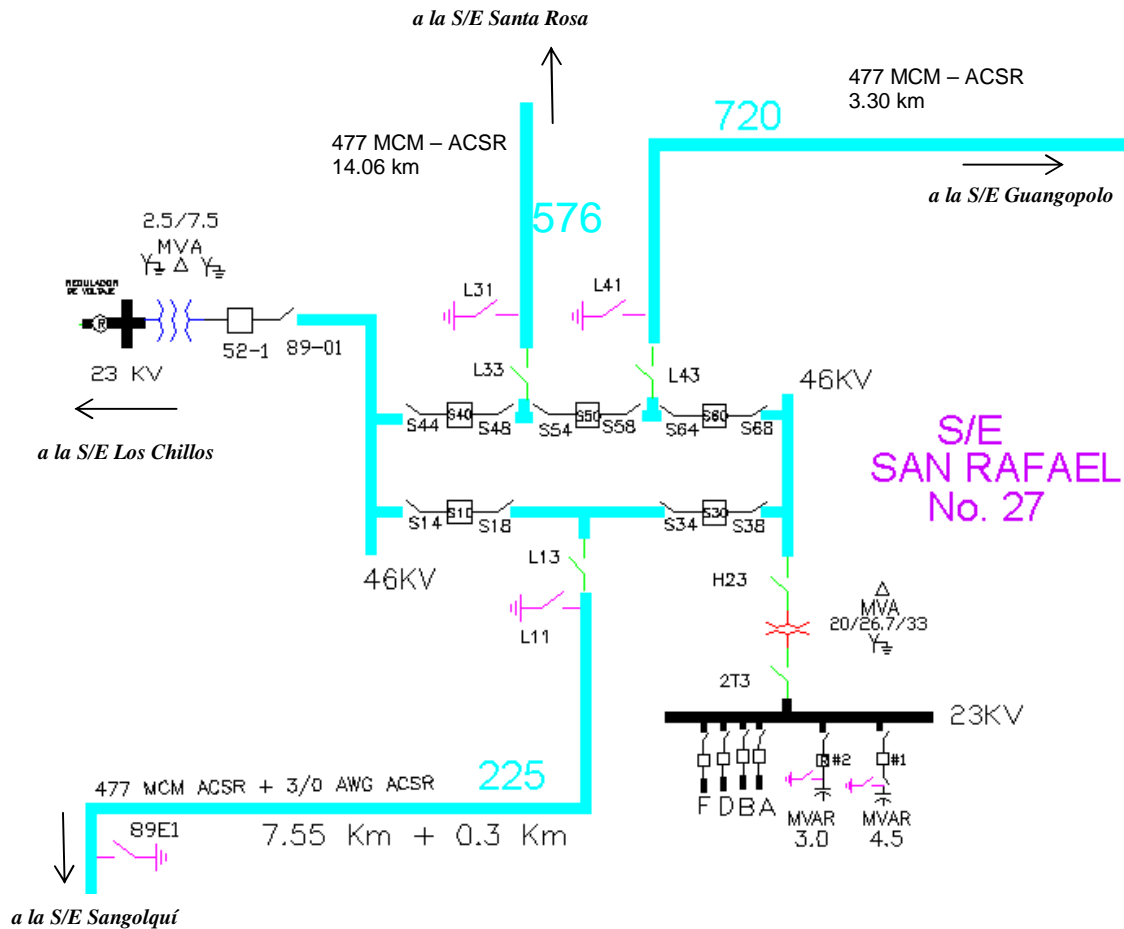
Figura 2.18 Transformador de potencia 46/23 kV S/E San Rafael

Como parte de la etapa de implementación del sistema de conexión de las subestaciones por medio de fibra óptica, se han instalado equipos digitales, tales como relés de distancia, medidores de pérdidas y un módem. Los cuales se muestran a continuación:



Figura 2.19 Módem para el envío de datos automatizado

El diagrama a continuación muestra los equipos instalados y la configuración de voltajes en la subestación.



SIMBOLOGÍA

	LINEA A 46 KV
	TRANSFORMADOR DOS DEVANADOS
	SECCIONADOR TRIPOLAR
	DISYUNTOR DESENCHUFABLE
	DISYUNTOR
	BANCO DE CAPACITORES
	CONEXION ESTRELLA
	CONEXION TRIANGULO
	SECCIONADOR DE PUESTA A TIERRA
	REGULADOR DE VOLTAJE

Figura 2.20 Diagrama unifilar S/E San Rafael^[79]

2.4.3.4 Infraestructura eléctrica

- Línea de baja tensión de calibre 54-33 mm²
- Transformador de distribución 22.8 kV
- El promedio de usuarios por transformador es 17
- La longitud máxima de la acometida es 150 m
- Longitud típica de acometida 30 m

A continuación se muestra las características de los primarios:

Tabla 2.7 Características de los primarios S/E San Rafael ^[79]

PRIMARIO	LONGITUD [km]	NÚMERO DE USUARIOS	NÚMERO DE TRANSFORMADORES
27A	228.26	8,024	679
27B	86.21	7,386	470
27C	11.71	1	3
27D	60.67	6,934	383
27F	62.94	8,293	426
TOTAL:	449.79	30,638	1,961

El primario C de esta subestación alimenta a un usuario específico, la Fábrica Enkador, por tal motivo este primario no será usado para caracterizar la topología de la red ni en el desarrollo del diseño.

2.4.4 SUBESTACIÓN SANGOLQUÍ

2.4.4.1 Descripción

Es una subestación de transformación. Entró en operación a mediados del año 2000 a un costo de \$ 600,000. Cubre el servicio de Sangolquí, Amaguaña y Tambillo.



Figura 2.21 S/E Sangolquí

2.4.4.2 Ubicación e integración en el sistema eléctrico

Está ubicada en la vía a la población de Amaguaña. Su configuración básica está integrada por dos líneas principales de alimentación, una proveniente de la central

hidroeléctrica Pasochoa de 12 km de distancia y otra de 7.85 km proveniente de la subestación San Rafael; ambas llevan una tensión de 46 kV y emplean un conductor 477 ACSR.

Luego de la transformación de voltaje, se encuentra el parque de 23 kV, el cual distribuye la energía hacia los transformadores por medio de los primarios. La figura siguiente muestra la conexión del primario A de esta subestación.



Figura 2.22 Primario A S/E Sangolquí

2.4.4.3 Equipos

Las instalaciones de esta subestación son similares a las descritas en el caso anterior y no existen diferencias importantes. Las características del transformador principal se indican a continuación:

Tabla 2.8 Transformadores instalados S/E Sangolquí^[79]

CÓDIGO	POTENCIA [MVA]			VOLTAJE DE DEVANADOS [kV]		
	SOLO AIRE (OA)	AIRE FORZADO (FA)	AIRE FORZADO Y ACEITE (FOA)	1	2	3
YORKSHIRE 660 64C11031	20	15	-	46	23	-

El diagrama unifilar de la **Figura 2.23** muestra el voltaje de las líneas que alimentan a esta subestación, su longitud y el tipo de conductor.

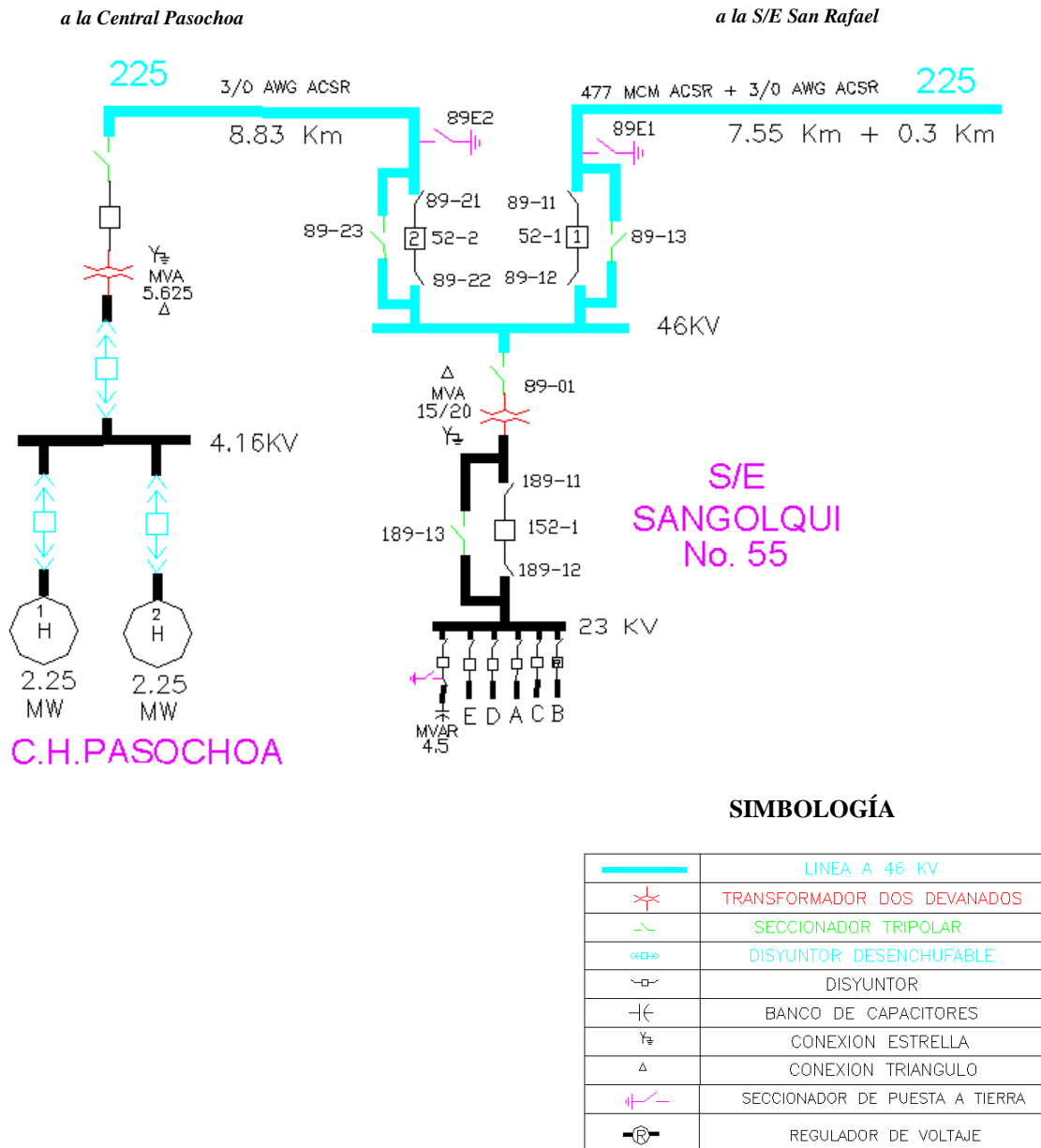


Figura 2.23 Diagrama unifilar S/E Sangolquí^[79]

2.4.4.4 Infraestructura eléctrica

- Línea de baja tensión de calibre 54-33 mm²
- Transformador de distribución 22.8 kV
- El promedio de usuarios por transformador es 13

- La longitud máxima de la acometida es 180 m
- Longitud típica de acometida 45 m

Tabla 2.9 Características de los primarios S/E Sangolquí^[79]

PRIMARIO	LONGITUD [km]	NÚMERO DE USUARIOS	NÚMERO DE TRANSFORMADORES
55A	11.3	1 323	64
55B	90.85	3 844	262
55C	109.37	5 901	532
55D	109.39	5 026	379
55E	41.52	3 531	253
TOTAL:	362.43	19 625	1 490

2.4.5 RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS

- Los postes son de hormigón armado, sección circular, tanto para la red de baja tensión (9 m de altura mínima), como para la red de alta tensión (11 m de altura mínima) y deben ser colocados en los límites de las aceras y a una distancia máxima de 40 m entre poste y poste, para la red de baja tensión.
- Los conductores utilizados son de aluminio desnudo, tipo ACSR para la red primaria como secundaria, manteniendo los límites de caída de tensión para el consumidor más alejado, de acuerdo a las normas establecidas por la empresa: 4.5% para abonados tipo urbano y 6% para abonados rurales.
- Los transformadores de distribución, para la reducción del nivel de tensión:
 - Monofásicos: De aceite, tipo convencional, 22/12.7 kV en alta tensión y 120/240 V en los terminales de baja tensión, protegido contra sobrecorrientes, corto circuitos y descargas atmosféricas.

- Trifásicos: De aceite, tipo convencional, conexión DYn5, 22 kV en alta tensión y 127/220 V en los terminales de baja tensión, protegido contra sobrecorrientes, corto circuitos y descargas atmosféricas.
- Ambas subestaciones manejan un voltaje de distribución hacia los usuarios de 23 kV, lo cual es una opción mejorada a los antiguos niveles de 6.3 kV. Ello permite obtener menos pérdidas.
- En todas las subestaciones del sistema de suministro eléctrico de la Empresa Eléctrica “Quito” se realiza un mantenimiento continuo y preventivo para evitar problemas y desperfectos sorpresivos.
- El tramo existente entre los primarios de salida de las subestaciones y los postes de distribución de energía es subterráneo. Esta construcción pese a ser más costosa es más segura.
- Ambas subestaciones están provistas de RELÉS DE DISTANCIA, marca ABB REL-511, los cuales permiten funciones de medición instantánea y monitoreo de los voltajes de entrada y salida en las subestaciones a nivel de subtransmisión.

Nota: La descripción teórica requiere de un aval de pruebas operativas sobre la red para conocer con mayor certeza las garantías que ofrece el medio eléctrico para la implementación del sistema BPL. Tal como se sugiere en la sección 3.8.

Capítulo 3

**DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES BPL
DE COBERTURA EN EL VALLE DE LOS CHILLOS**

3.1 OBJETIVOS Y ALCANCE ^[☆]

3.1.1 ANTECEDENTES

En la actualidad es creciente la demanda por servicios de comunicación de banda ancha y el establecimiento de redes de computadoras, debido a su importancia en el desarrollo de actividades comerciales y educativas, ya que permiten compartir información y recursos ahorrando tiempo y dinero.

Sin embargo, en nuestro país son limitadas y costosas las opciones que permiten alcanzar estos servicios debido a la restringida cobertura de la infraestructura física existente.

El reciente desarrollo y comercialización de la tecnología BPL añade una nueva alternativa de conectividad para las redes de comunicación. Adicionalmente como se expuso en el *Capítulo 1* son varias las ventajas que motivan a emplear la red eléctrica de distribución como medio de transmisión, debido a que presenta una capilaridad superior a cualquier red de telecomunicaciones.

Con el desarrollo del *Capítulo 2* fue posible la descripción de la red eléctrica primaria y secundaria que alimenta la zona de servicio escogida para este proyecto. Además se definió las características de su topología, el número de usuarios y la distancia entre los principales puntos de la red.

En base a la información anterior, a continuación por medio de varias etapas se realiza el diseño de un sistema de comunicaciones BPL proporcionando acceso de banda ancha a Internet y la posibilidad de establecer redes locales sin necesidad de cableado adicional.

3.1.2 OBJETIVOS

- Realizar el diseño del sistema de comunicaciones que opere con tecnología BPL para cobertura en el Valle de los Chillos, ofreciendo una solución de conectividad que permita aplicaciones en el hogar, oficina, empresas y universidades.

- Definir los parámetros técnicos de diseño y las condiciones básicas para evaluar la viabilidad de la implantación de sistemas BPL.
- Describir las posibles topologías y opciones de equipos en el mercado considerando diferentes fabricantes para finalmente recomendar los equipos a ser utilizados en el proyecto.
- Cubrir una amplia franja de población con un servicio de alto nivel y utilizando una de las nuevas tecnologías que existen hoy en el mundo de las telecomunicaciones.

3.1.3 ALCANCE

El diseño del sistema de comunicaciones contempla tres etapas:

- Acceso a Internet de banda ancha en la zona del Valle de los Chillos dentro de la cobertura de las subestaciones San Rafael y Sangolquí de la Empresa Eléctrica “Quito” S.A. Se asume que los usuarios del sistema BPL dispondrán de un servicio con velocidades de 2 Mbps, sin límite en el tiempo de conexión y de amplia cobertura permitiendo cubrir áreas que actualmente no están con servicio.
- Utilización de la tecnología BPL a nivel de conectividad interna en hogares y oficinas formando una red LAN, con un proceso de instalación sencillo y rápido, transmisión simultánea de voz y datos y conexión permanente.
- Servicios adicionales para la Empresa Eléctrica “Quito” S.A. a través del enlace de las subestaciones con el sistema de comunicaciones de la empresa.

3.2 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO [★], [92] – [99]

3.2.1 ZONA DE SERVICIO

La zona de servicio de este proyecto corresponde al área de cobertura de las subestaciones San Rafael y Sangolquí de la Empresa Eléctrica “Quito” S.A.

La superficie aproximada de la zona es 55 km² e incluye las parroquias urbanas del cantón Rumiñahui, ubicado en el Valle de los Chillos, al sur oriente del Distrito Metropolitano de Quito, es decir Sangolquí, San Rafael y San Pedro de Taboada.



Figura 3.1 Zona de servicio del proyecto BPL

3.2.2 MERCADO CONSUMIDOR

A continuación, se estima el número de posibles usuarios del sistema de comunicaciones BPL, con el objeto de dimensionar el número de terminales, equipos y la capacidad de la red.

Debido a que el alcance del presente proyecto no involucra el desarrollo de un estudio de mercado de la tecnología BPL, la estimación de los usuarios iniciales y futuros del sistema se realiza a través de la aplicación de criterios generales y métodos cualitativos de proyección, los que nos permiten reflejar el comportamiento del mercado ante la posible implementación del proyecto.

3.2.2.1 Determinación del índice de penetración del servicio

La cobertura del servicio eléctrico en la zona piloto del presente proyecto es del 97.2 %, por lo cual el servicio de comunicaciones BPL puede alcanzar la mayoría de usuarios ubicados en esta zona. Sin embargo, es necesario considerar que en nuestro país, el índice de penetración de los servicios de telecomunicaciones y en particular de Internet es muy bajo, lo cual reduce de manera drástica el número total de usuarios que optarían por acceder a los servicios BPL.

La siguiente tabla muestra el número de usuarios de Internet en la provincia de Pichincha, los cuales han sido reportados por las operadoras del servicio a la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL).

Tabla 3.1 Número de usuarios de Internet en Pichincha Septiembre 2005 ^[99]

SERVICIOS DE VALOR AGREGADO: Acceso a Internet				
Cuentas dial up	Usuarios dial up	Cuentas dedicadas	Usuarios dedicados	Usuarios totales
49 646	198 584	13 002	59 810	258 394

En relación a estos datos es importante realizar las consideraciones siguientes:

- Las cuentas dedicadas se refieren a aquellas que utilizan otros medios que no sea “dial up” para acceder a Internet, como pueden ser ADSL, cable módem, radio, etc. El número total de usuarios que emplean este tipo de servicio es estimado por el propio proveedor.
- La SUPTTEL determina el número de usuarios dial up totales, multiplicando el número de cuentas totales dial up por un factor igual a 4, el cual corresponde a un proceso de estimación empleado por la institución. Sin embargo, por parte de esta institución se está realizando un estudio para confirmar o modificar este factor.

- En la actualidad, la SUPTEL está solicitando a todas las empresas de servicios de valor agregado que actualicen sus datos, por lo que en los próximos meses se van a encontrar cambios significativos debido a que la información de usuarios corresponderá a datos más reales y nuevas empresas empiezan a remitir usuarios.
- Las estadísticas antes detalladas reflejan un cambio muy marcado con relación a los datos reportados en el 2004. Debido a que antes se consideraba sólo a los usuarios que empleaban líneas dial up como acceso a Internet y en la actualidad se han integrado datos acerca de empresas que emplean tecnologías alternativas.

En base a la información anterior y mediante el *Cálculo 1*, se determina el índice de penetración del servicio de Internet en la provincia de Pichincha. El cual tomaremos como referencia debido a que la zona piloto a servir se encuentra ubicada en esta provincia y que el Internet es el principal servicio de banda ancha que se proveerá mediante este diseño.

CÁLCULO 1

ÍNDICE DE PENETRACIÓN DEL SERVICIO DE INTERNET

Provincia:	Pichincha
Número de habitantes:	2 639 643 ¹
Usuarios de Internet:	258 394
<u>Índice de penetración del servicio de Internet:</u>	9.78 %

El índice de penetración del servicio de Internet a nivel nacional es aproximadamente del 4%, un valor inferior al encontrado para el caso de la provincia de Pichincha (9.78%). Ello radica en que la gran mayoría de los servicios ADSL y cable módem se concentran en los principales centros de actividad comercial del país, esto es Guayas y Pichincha.

¹ Estimación realizada por la Dirección General de Servicios de Telecomunicaciones – SUPTEL, en base a los datos del VI Censo Nacional del INEC, año 2001.

3.2.2.2 Número general de usuarios del servicio de Internet

Para determinar el número general de usuarios que accede al servicio de Internet en la zona de cobertura del proyecto, se aplica la siguiente relación empírica:

$$U_I = U_E \cdot I \quad [3.1]$$

Donde:

- U_I: Número de usuarios del servicio de Internet
- U_E: Número de usuarios del servicio eléctrico ^{II}
- I: Índice de penetración del servicio de Internet

A continuación se muestran los resultados para cada subestación eléctrica:

CÁLCULO 2

NÚMERO MÁXIMO DE USUARIOS BPL

Usuarios sistema eléctrico S/E San Rafael	30 638
Usuarios BPL S/E San Rafael	2 996
Usuarios sistema eléctrico S/E Sangolquí	19 625
Usuarios BPL S/E Sangolquí	1 919
<u>Total usuarios BPL:</u>	4 915

3.2.2.3 Número de usuarios para la introducción del servicio BPL

El número total de usuarios de Internet se estimó en la sección anterior. Sin embargo, no todos estos usuarios optarían de manera única y definitiva por el sistema BPL ofertado, debiendo considerar que existen otras tecnologías de acceso en el mercado. La tabla siguiente muestra el porcentaje de distribución del mercado de los principales operadores de servicio de acceso a Internet en el país.

^{II} Ver **Capítulo 2**. Sección 2.8

Tabla 3.2 Principales proveedoras de acceso a Internet a nivel nacional Septiembre 2005 ^[99]

OPERADORA	PORCENTAJE [%]
ANDINATEL	23.30
LUTROL	11.00
PUNTO NET	9.00
SATNET	8.60
EASY NET	8.60
VALOR PROMEDIO:	12.1

Al tratarse de un diseño que permitirá introducir la tecnología BPL en el mercado de manera inicial, se toma como referencia el promedio de los porcentajes descritos antes, es decir el **12.1 %**, como un índice de aceptación adecuado para el proveedor de servicios BPL en su primera etapa. En base a este porcentaje, los usuarios definidos mediante el cálculo 1 se reducen a:

CÁLCULO 3

NÚMERO DE USUARIOS BPL EN ETAPA DE INTRODUCCIÓN

Usuarios BPL S/E San Rafael totales	2 996
Usuarios BPL S/E San Rafael iniciales	363
Usuarios BPL S/E Sangolquí totales	1 919
Usuarios BPL S/E Sangolquí iniciales	232
<u>Total usuarios :</u>	595

3.2.3 PROYECCIÓN DEL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA

3.2.3.1 Definición del método de pronóstico

Para el desarrollo de este proyecto es imprescindible identificar y cuantificar el crecimiento de la demanda de los servicios inherentes a BPL. Sin embargo, éste es un parámetro difícil de definir con exactitud, ya que varía en función de otros factores como: densidad de usuarios de Internet, densidad de computadores, tarifas de acceso, calidad de servicio, oferta y competencia.

En Planificación de Sistemas de Telecomunicaciones, para la determinación de la demanda, es posible emplear un *pronóstico*, es decir una estimación anticipada sobre el valor de una variable.

Las situaciones en que se requiere un pronóstico tienen como elementos ineludibles: la incertidumbre y la dependencia de datos históricos. Existen métodos de pronóstico, cualitativos y cuantitativos. Para seleccionar el método más adecuado deben considerarse factores como: contexto y período de tiempo del pronóstico, relevancia y disponibilidad de datos históricos, grado de exactitud requerida y punto del ciclo de vida en que se encuentra el servicio.

Para este proyecto, debido a que se trata de la introducción de un servicio nuevo en el mercado, emplearemos un método cualitativo, es decir que usa criterios personales y relaciones para transformar la información cualitativa en estimados cuantitativos. La técnica específica se denomina *analogía histórica*, ya que se basa en el análisis comparativo de la introducción y crecimiento de productos similares, para ello se recopila la información histórica disponible y se buscan posibles tendencias o ciclos evolutivos.

3.2.3.2 Recopilación de información

3.2.3.2.1 Índice de crecimiento del acceso a Internet a nivel nacional

En Ecuador, el Internet ha tenido un crecimiento sostenido desde su introducción, así lo muestran las cifras publicadas por la SUPTTEL, institución que a más de realizar un seguimiento del número de usuarios de este servicio, ha determinado índices aproximados de crecimiento. Es así, como durante el período comprendido entre 1998 y 2005, el porcentaje de crecimiento total del servicio es de 11 430.5%, lo que indica que ha existido una gran evolución. Adicionalmente, es posible estimar un porcentaje promedio anual de crecimiento del 97.03%.

El proceso de cálculo de estos índices se muestra con detalle en el *Anexo 3.A*.

La tabla y figura siguientes muestran el número de usuarios por año durante el período de operación del servicio de Internet y su curva de tendencia.

Tabla 3.3 Crecimiento de usuarios del servicio de Internet ^[99]

AÑO	USUARIOS	PORCENTAJE DE CRECIMIENTO ANUAL
1998	4064	-
1999	37 538	82.3%
2000	58 186	55.0%
2001	85 630	47.2%
2002	100 663	17.6%
2003	158 579	57.5%
2004	191 903	21.0%
2005	468 598	144.2%

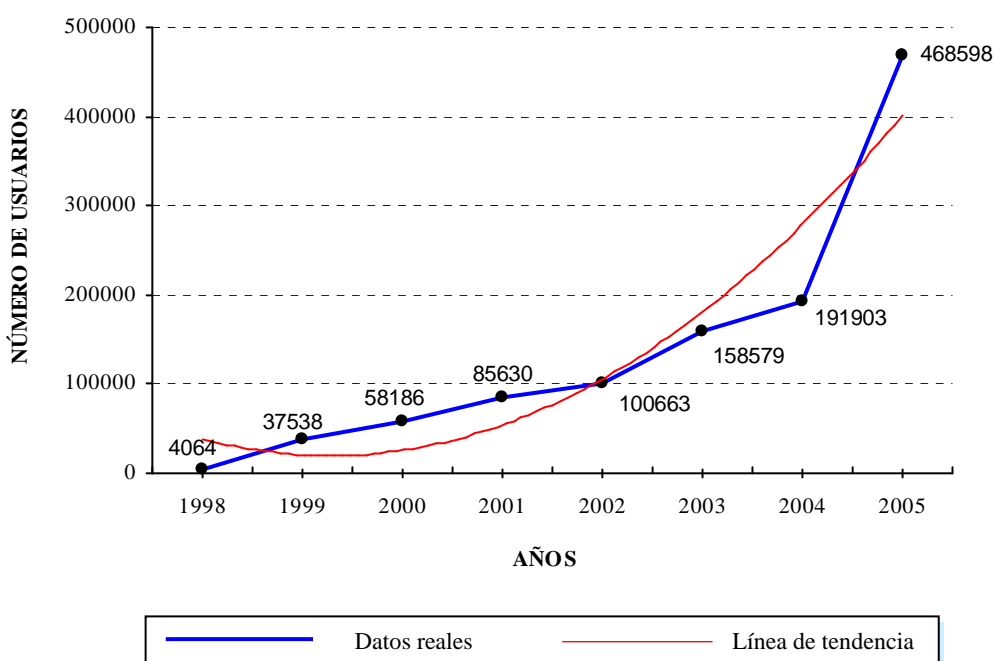


Figura 3.2 Crecimiento de los usuarios del servicio de Internet entre 1998 y 2005

3.2.3.2.2 Índice de crecimiento del acceso a Internet de banda ancha

Las tecnologías de banda ancha iniciaron su promoción en el mercado ecuatoriano, en el 2001. De acuerdo a la SUPTEL, la siguiente ha sido su evolución en cuanto al número de usuarios.

Tabla 3.4 Crecimiento de usuarios del servicio de Internet de banda ancha ^[99]

AÑO	USUARIOS	PORCENTAJE DE CRECIMIENTO ANUAL
2001	374	-
2002	920	145.9%
2003	4 563	395.9%
2004	11 599	154.2%
2005	25 906	123.3%

Las cifras anteriores definen un porcentaje de crecimiento total de la banda ancha durante el período 2001 - 2005 de 6 826.7% y un porcentaje promedio anual de 188%, lo que refleja una tendencia de alto incremento de usuarios, como muestra la figura siguiente.

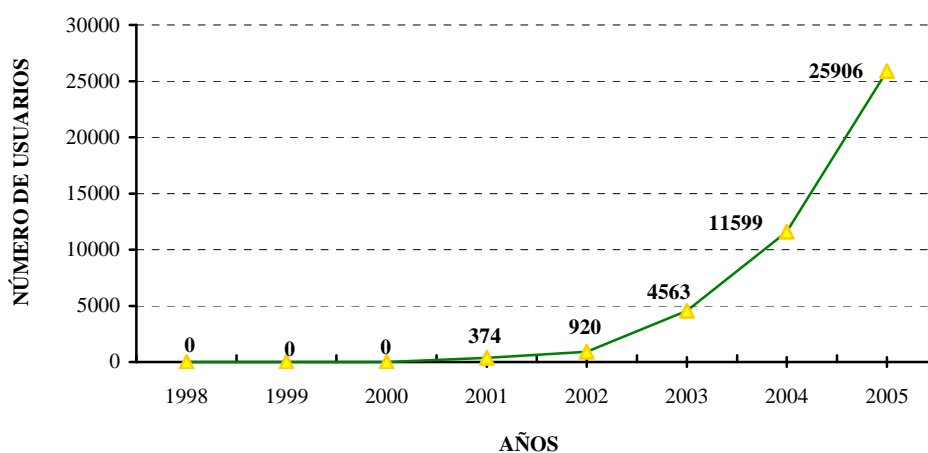


Figura 3.3 Crecimiento de los usuarios del servicio de Internet de banda ancha entre 1998 y 2005

3.2.3.2.3 Proyecciones internacionales sobre el crecimiento BPL ^[98]

“Research & Markets Inc.” es una de las consultoras internacionales líderes en cuanto a información y proyección del mercado regional e internacional de las industrias tecnológicas más importantes, nuevos servicios y sus últimas tendencias.

La primera edición del reporte “El mercado para la banda ancha por las líneas de poder” de esta empresa enfoca la situación pasada, presente y futura de BPL en los Estados Unidos. Adicionalmente, concluye que luego de un crecimiento moderado durante los últimos años, BPL incrementará su número de usuarios durante el período 2006 a 2012 con un índice de crecimiento anual medio de 106%, lo que es muy alentador para los sectores involucrados con BPL.

3.2.3.3 Definición del índice de crecimiento para el proyecto BPL

En base a la información anterior, es posible definir el siguiente entorno de mercado para los servicios inherentes a BPL:

- El crecimiento de la demanda nacional por servicios de Internet se mantendrá por los siguientes años y fortalecerá con el apareamiento de tecnologías complementarias, lo que además motivará al crecimiento de las conexiones de banda ancha debido a la proliferación de nuevas aplicaciones que requieren mayor capacidad.
- De manera específica, desde su introducción en el mercado, el crecimiento de la banda ancha en Ecuador ha sido elevado. Según el criterio del área de comercialización de la empresa ANDINADATOS, un alto índice de crecimiento anual (100%) se mantendrá por lo menos 3 años más, período luego del cual este índice se estabilizará entre 30% – 50%, como ha sucedido en otros países.
- En la etapa de introducción del servicio BPL, la demanda será moderada, debido al desconocimiento de la tecnología por parte de los usuarios y a los altos costos iniciales de implementación.

Con lo que finalmente, se define un índice de crecimiento del 15% para los dos primeros años, posteriores a la etapa de introducción del servicio, en los que la tecnología BPL se dará a conocer en el mercado. Luego de este período se espera un crecimiento del 100% anual por los siguientes dos años, acorde a lo proyectado por consultoras internacionales. Para posteriormente estabilizar su demanda en un porcentaje de 30% anual por los años siguientes.

A continuación, se muestran los resultados de la estimación de la demanda del proyecto para un período de cinco años posteriores a su implementación. Este período de tiempo ha sido definido, ya que permitirá la evaluación económica del proyecto en el *Capítulo 5*.

Tabla 3.5 Crecimiento de usuarios del sistema BPL

SUBESTACIÓN	PRIMARIO	USUARIOS BPL					
		INTRODUCCIÓN	1	2	3	4	5
SAN RAFAEL	27A	95	109	125	250	500	650
	27B	87	100	115	230	460	598
	27D	82	94	108	216	432	562
	27F	99	114	131	262	524	681
	SUBTOTAL:	363	417	479	958	1 916	2 491
SANGOLQUI	55A	16	18	21	42	84	109
	55B	45	52	60	120	240	312
	55C	70	81	93	186	372	484
	55D	59	68	78	156	312	406
	55E	42	48	55	110	220	286
	SUBTOTAL:	232	267	307	614	1 228	1 597
<u>TOTAL:</u>	595	684	786	1 572	3 144	4 088	

La figura siguiente muestra la curva de tendencia de la demanda aproximada del proyecto, donde el eje vertical mide el número de usuarios del servicio y el eje horizontal indica los años o períodos de crecimiento, para mayor referencia se indica el número de usuarios al inicio y al fin de cada año.

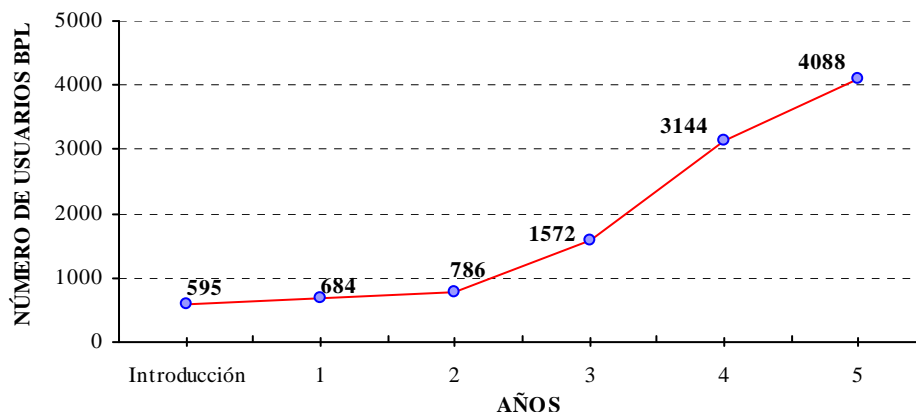


Figura 3.4 Crecimiento de usuarios servicio BPL para un período de 5 años

3.2.4 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES

3.2.4.1 Aplicaciones

El sistema de comunicaciones BPL está orientado a ofrecer servicios de:

- Acceso a Internet a velocidades de banda ancha
- Telefonía IP
- Transmisión simultánea de voz y datos
- Conexión permanente
- Creación de entornos tipo LAN en el hogar

3.2.4.2 Velocidad de transmisión

Velocidad de usuario para acceso a Internet: 256 kbps a 2 Mbps

Velocidad de usuario para entornos LAN: 2 Mbps

3.2.4.3 Tipo de línea

El tipo de línea determina la dirección de la transmisión de datos. El sistema BPL empleará líneas full dúplex punto a multipunto, que permiten transmitir datos en direcciones simultáneas (subida y bajada).

3.3 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES [★]

El diseño del sistema de comunicaciones de este proyecto involucra dos etapas principales: la red BPL y la red de acceso a Internet, cada una de las cuales corresponden a diferentes tramos del sistema, por lo que tienen sus propios requerimientos y opciones de servicio.

Considerando el objetivo de realizar un diseño integral y definir los principales lineamientos para el establecimiento de una red de comunicaciones que emplee tecnología BPL, a continuación se describe y dimensiona cada tramo de la red.

Sin embargo, es importante anotar que la necesidad de implementar e invertir en cada segmento de la red, depende de manera directa de la forma en que la empresa proveedora del servicio ingrese a operar en el mercado. Ello significa que es posible abaratar los costos, principalmente en lo referente a la red de acceso a Internet, por medio de modelos de negocio que involucren la creación de sociedades compartidas.

3.3.1 RED BPL

Corresponde al tramo constituido entre la subestación eléctrica y los usuarios del servicio. El medio de transmisión empleado en esta etapa es la red de distribución eléctrica de media y baja tensión. Su diseño involucra la definición y dimensionamiento de los equipos que posibiliten la transmisión de las señales de datos a través de este medio.

3.3.2 RED DE ACCESO A INTERNET

BPL es una tecnología complementaria, ya que para cumplir con uno de sus objetivos, la distribución del servicio de Internet, requiere de una red de soporte denominada “backbone”. El “backbone” es una plataforma que permite brindar todo tipo de servicios, como transmisión de datos, voz, interconexión con redes de alta velocidad y aplicaciones multimedia.

Este tramo de la red es independiente de la tecnología BPL, involucra la conexión desde la subestación de distribución eléctrica hacia un proveedor de acceso a Internet. De acuerdo a los servicios y requerimientos de los usuarios que integren el sistema BPL se define el tipo de enlace más conveniente. Las opciones empleadas para este enlace son varias, entre ellas:

- La conexión por medio de líneas alquiladas es la solución más simple, pero involucra un alto número de enlaces por lo que es potencialmente costoso.
- Un sistema inalámbrico permite reducir costos por servicio, pero incrementa los costos de hardware.
- El despliegue de líneas de banda ancha paralelas a las líneas eléctricas y que integren las subestaciones de distribución. Estas líneas pueden ser fibra óptica, ATM o cable coaxial de banda ancha. Esta opción evita los gastos de servicio pero incrementa los costos por equipos.

El actual desarrollo de BPL involucra el uso de alternativas mixtas, en las cuales de acuerdo a las características propias de la zona de servicio se pueda optimizar costos.

3.4 DISEÑO DE LA RED DE ACCESO BPL [☆],[100] – [114]

3.4.1 ALTERNATIVAS Y PROVEEDORES DE EQUIPOS BPL

3.4.1.1 Consideraciones de evaluación

Al tratarse de una tecnología en crecimiento como BPL, los proveedores que promueven la interconexión de sus equipos han diseñado sus propias arquitecturas de red.

Una arquitectura de red incluye la descripción y especificaciones de los componentes en el sistema de comunicación, rutas de transmisión, protocolos, medidas de seguridad y métodos de interconexión.

Por ello son varios los aspectos que influyen y deben ser considerados previos a la decisión de la alternativa de solución adecuada para el diseño de este proyecto.

Los principales criterios se describen a continuación.

3.4.1.2 Aspectos técnicos

Topología.- La disposición de los equipos en la red de comunicaciones debe ser aquella que permita la mayor cobertura de la manera más práctica, rápida y rentable.

Servicios.- La inclusión del servicio de voz en la oferta de conectividad por medio de la tecnología BPL es un gran atractivo para su implantación. La voz en un sistema BPL será transmitida sobre un protocolo de red, por lo cual es recomendable emplear protocolos que permitan asegurar una calidad mínima en el servicio de voz. Adicionalmente es necesario considerar que el presente proyecto tiene como finalidad prestar servicios de banda ancha, por lo cual la velocidad de transmisión definida por cada fabricante debe permitir cumplir con este objetivo.

Alcance.- El alcance de la señal para una adecuada recepción es un parámetro que no se encuentra normalizado, por lo cual debe analizar cual es la máxima distancia propuesta por los fabricantes.

Seguridad.- En los sistemas BPL debe realizarse un análisis de seguridad en la red, debido al alto riesgo inherente a esta solución. La inseguridad puede afectar la confidencialidad de los datos de los clientes e incrementar las tentativas de fraudes por acceso indebido a servicios no autorizados.

3.4.1.3 Aspectos financieros

Terminales de red.- Dependiendo de las características de alcance de los equipos, el fabricante puede requerir equipos adicionales para evitar que se afecte la calidad de la señal. Ello puede incrementar de manera significativa el costo final de implementación del proyecto.

Costos.- Se debe realizar una evaluación previa del mercado y de los precios para conocer cual es la solución que se ajuste de mejor forma al sistema a diseñar, ofertando no sólo calidad sino precios asequibles.

Número de usuarios.- La mayor rentabilidad del proyecto está sujeta al mayor número de dispositivos a instalar por cada usuario, porque se optimiza la red y se obtienen mayores réditos económicos.

3.4.1.4 Sostenibilidad

Estándares.- Pese a que no existe una norma definida de manera universal, es importante que los equipos operen según las recomendaciones internacionales actualmente vigentes.^{III}

Interoperabilidad.- La interoperabilidad entre los equipos se obtiene de manera natural cuando se trata con elementos del mismo fabricante. Sin embargo, en la actualidad la mayoría de los productos ofrecidos por los fabricantes no son compatibles entre sí y la presencia de diferentes tecnologías en la misma red eléctrica afecta el funcionamiento y desempeño de los equipos instalados. La señal transmitida por un equipo de una tecnología es interpretada como ruido por equipos de otra distinta, degradando la relación señal/ruido del enlace.

Coexistencia.- La tecnología BPL provee soluciones aplicables a diferentes ámbitos de operación, tal es el caso de redes de acceso y redes

^{III} El **Capítulo 4** describe de manera específica la normativa actual

locales. Por ello es necesario considerar la posibilidad de que se empleen equipos de diferentes fabricantes en cada uno de los segmentos, debiendo los mismos operar de manera independiente garantizando su coexistencia.

Organismos internacionales, como ETSI PLT y PLC FORUM están trabajando activamente en el desarrollo de modelos para evitar problemas de coexistencia.

Escalabilidad.- Se refiere a la facilidad de un sistema para expandir o disminuir su capacidad de acuerdo a la demanda del servicio. Para el despliegue de una red BPL y en relación a este aspecto, el principal problema consiste en elegir la ubicación del equipo de cabecera donde se efectúa la conversión de la red de transporte de telecomunicaciones convencional a la tecnología BPL.

El costo del punto de conversión debe ser repartido entre el mayor número de usuarios posible. En Europa, el punto adecuado es el transformador de media a baja tensión, al que se conectan en promedio 200 usuarios del servicio eléctrico, de los cuales con una estimación de penetración optimista el 30% contratarían el servicio BPL. En Estados Unidos, la media de usuarios por transformador de media a baja es 15, luego si se sitúa la cabecera en este punto los costos por usuario serán mucho mayores que en Europa. Adicionalmente, si se colocan los puntos de interconexión en los transformadores de media a baja, es necesario llegar a ellos con la infraestructura de telecomunicaciones que dirija el tráfico hacia Internet y esta capilaridad incrementa los costos por usuario.

De acuerdo a la zona de servicio, es posible que el problema que se presente sea inverso, es decir que un segmento comprendido entre el transformador de media a baja y los usuarios tenga demasiado tráfico. En este caso será necesario segmentar a los usuarios, formando varios sistemas de transmisión, por ejemplo entre cada fase y neutro.

Por ello es importante emplear una tecnología que pueda ser utilizada tanto en media como en baja tensión, y que se acople de manera óptima a las condiciones propias de cada zona y a la concentración de usuarios de la red BPL

3.4.1.5 Principales fabricantes

Debido al crecimiento de la tecnología BPL, cada vez se han ido incorporando más empresas a su desarrollo y comercialización en el mercado.

En la actualidad, existen múltiples proveedores de equipos que permiten emplear la red eléctrica como una red de comunicaciones. Entre estos se encuentran: diseñadores de circuitos integrados específicos para esta tecnología, fabricantes de equipos exclusivamente para redes en el hogar y opciones más completas que incluyen aplicaciones de acceso y conectividad interna.

A continuación se mencionan las empresas que actualmente proveen equipos con tecnología BPL:

1. Ambient Corp <http://www.ambientcorp.com/plc.html>
2. Adaptive Networks <http://www.adaptivenetworks.com>
3. Amperion Inc. <http://www.amperion.com>
4. Ascom Powerline Communications <http://www.ascom.com>
5. Asoka USA Corporation <http://www.asokausa.com>
6. Aztech Systems Ltd <http://www.aztk.com/employment.html>
7. Belkin Corporation <http://www.belkin.com/uk/>
8. Corinex Communications <http://www.corinex.com>
9. Current Technologies, LLC <http://www.currenttechnologies.com>
10. Devolo AG <http://www.devolo.co.uk>
11. Design of Systems on Silicon <http://www.ds2.es>
12. Dese <http://www.dese.ar>
13. EBA <http://www.ebapl.com>

14. Enikia	http://enikia.com
15. Intellon Corporation	http://www.intellon.com
16. Main net Communications	http://www.mainnet-plc.com
17. Matsushita Electric Industrial	http://www.plctalk.com
18. Mitsubishi Electric Corporation	http://www.mitsubishi_plc.com
19. Multi Source	http://www.multi-source.ca
20. Netgear Inc.	http://www.netgearplc.com
21. Packard Bell	http://www.packardbell_plc.com
22. PowerWAN Inc.	http://www.powerwan-plc.com
23. Sagem S.A.	http://www.sagem.com
24. Schneider Electric Powerline	http://www.schneiderpowerline.com
25. Spidcom Technologies S.A.	http://www.spidcomtechplc.com
26. Sumitomo Electric Industries, Ltd	http://www.sumitomoei.com
27. ST&T	http://www.stt.com
28. Tecnomcom	http://www.tecnocom.com
29. Telkonet Inc.	http://www.telkonetplc.com
30. Ytran	http://www.yitranplc.com
31. Xeline	http://www.xeline.com

Por medio de la *Tabla 3.6* se describen las principales características de las empresas más destacadas y con mayor número de instalaciones a nivel mundial. Adicionalmente, para mayor referencia es posible revisar los anexos correspondientes a este capítulo.

Tabla 3.6a Principales fabricantes de equipos con tecnología BPL







FABRICANTES DE EQUIPOS BPL							
Proveedor							
Años en el mercado	4			9			4
Países que la usan	Estados Unidos			Estados Unidos, Canada, Colombia, Argentina y Europa			Estados Unidos
Elementos del sistema	Equipo de cabecera	Repetidor	Terminal de usuario	Equipo de cabecera	Repetidor	Terminal de usuario	Terminal de usuario
	Falcon 1000 MV-I Lynx 1000 MV-I	Falcon 1000 MV-RE Lynx 1000 MV-RE	Falcon 1000 MV-E Lynx 1000 MV-E	API-2000-MV/LV	API-2000-GW	APC-2000-DB/VB	
Velocidad de transmisión [Mbps]	24	N.E.	N.E.	205	205	2.5-4.5	14
Usuarios	N.E.			64	32	N.E.	16
Interfaces externos	802.11b			Ethernet, RJ45, RJ11	Ethernet, RJ45, RS232		RJ 45, USB
Protocolos	SNMPv2, CLI			SNMP V2, TCP/IP, DHCP, FTP, VLAN, HTTP, STP, 802.1p QoS			TCP/IP
Estándares	N.E.			EN55022, EN55024, EN60950	EN55022, EN55024, EN60950	EN55022, EN55024, EN60950	HomePlug v1.01 Certified Windows 98SE, ME, 2000, XP Compatible , IEEE 802.3 UL, Aprobación FCC
Distancia estándar [m]	609.6			1500	300	100	1000
Frecuencia [MHz]	N.E.			2-34			4.3-20.9
Seguridad	SSH, PPPOE, WEP			802.1Q VLAN, Encriptación DES			N.E.
Técnica de modulación	OFDM			OFDM			OFDM

Tabla 3.6b Principales fabricantes de equipos con tecnología BPL

FABRICANTES DE EQUIPOS BPL								
Proveedor								
Años en el mercado	15		3			4		
Países que la usan	N.E.		Latinoamérica y Estados Unidos			América, Australia		
Elementos del sistema	Terminal de usuario	Ruteador	Equipo de cabecera	Repetidor	Terminal de usuario	Equipo de cabecera	Repetidor	Terminal de usuario
	Cable Adapter, Ethernet Adapter, USB Adapter, Wall Mount Adapter	Corinex Powerline Router	N.E.	N.E.	N.E.	NmPLUS	RpPLUS, CuPLUS, CtPLUS, AmrPLUS	NtPILUS, TelPLUS
Velocidad de transmisión [Mbps]	50		200			N.E.	N.E.	2.5
Usuarios	5		254	N.E.	N.E.	10		
Interfaces externos	RJ45, USB, ETHERNET, WIFI		RJ45, Ethernet, USB, RJ 11, RS232		Ethernet, RJ45, RJ11, USB	USB, RJ11, RS232		
Protocolos	SNMP v.1, SNMP v.2		SNMP, DHCP			100BaseT, xDSL, T1 and E1		
Estándares	HomePlug 1.0.1, IEEE 802.3		N.E.			N.E.		
Distancia entre repetidores [m]	200		300			N.E.		
Frecuencia [MHz]	4.3-20.9		1.6-18		18-36	N.E.		
Seguridad	N.E.		VLAN 802.1q			N.E.		
Técnica de modulación	OFDM		OFDM			N.E.		

Mediante el análisis de la información preliminar se observa que:

- La topología de red para un sistema con tecnología BPL es un aspecto que no varía de manera radical entre los proveedores. La topología más práctica, común y simple desde el punto de vista del proveedor de servicio y del usuario se analizó en el *Capítulo 1* y es la que de manera general cumplen todos los fabricantes.
- Algunos fabricantes ofertan de manera adicional a los elementos básicos empleados en una red BPL, software propietario con el objeto de cumplir funciones de control y administración de la red.
- Proveedores como: ASOKA, CORINEX y ST&T emplean la tecnología “powerline” sólo para el desarrollo de redes emergentes tipo LAN, cuya cobertura se limita al hogar o la oficina. No incluyen equipos para el acceso de banda ancha a Internet, sino que mencionan equipos de interconexión genéricos.
- Es posible distinguir dos generaciones de equipos para la tecnología BPL. La primera generación emplea esquemas de modulación variados (GMSK, DSS, FHS), mientras que la segunda generación incluye el sistema de modulación OFDM y permite mayores velocidades de acceso (200 Mbps), por lo que es considerada como la mejor opción para el diseño del sistema de comunicaciones.
- Entre los proveedores de equipos más importantes, sólo AMPERION, ASCOM, EBA, y MAIN NET ofertan productos que permiten emplear la línea de media tensión como medio de transmisión para la señales BPL. Este aspecto es importante debido a la topología de la red eléctrica ecuatoriana, que tiende a concentrar los usuarios a este nivel de voltaje, mientras que el número de usuarios por transformador de distribución es mínimo.

3.4.2 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

3.4.2.1 Condiciones generales

De acuerdo a la información descrita en el *Capítulo 2*, acerca de la red primaria de las subestaciones San Rafael y Sangolquí, se establece que un transformador de media a baja tensión puede atender a un promedio de 15 usuarios.

Este valor es muy bajo en comparación con la topología de la red eléctrica de otros países, no sólo europeos sino también latinoamericanos.

La principal razón de este número de usuarios por transformador es la topología de la red de baja tensión, la que se construye con distintas técnicas, las cuales se han difundido de acuerdo a la zona de influencia tecnológica. En el caso de la red de distribución eléctrica ecuatoriana se usa el sistema americano.¹

Adicionalmente, existe otra condición que limita el número de abonados de cada transformador y es la normativa técnica cumplida por la Empresa Eléctrica “Quito” S.A. La cual para determinar la carga emplea sólo estimaciones y factores de guarda muy altos, los que permiten emplear la potencia de los transformadores sólo al 50% en promedio.

Al diseñar sistemas de acceso a Internet de banda ancha, generalmente la mayor dificultad se encuentra en el punto de interconexión entre las residencias y los puntos de servicio del proveedor, ya que el costo de interconectar múltiples puntos individuales encarece el proyecto.

Fue ésta una de las razones para el desarrollo de la tecnología BPL, pues en el sistema eléctrico los usuarios ya se encuentran interconectados y lo que en otras tecnologías es un problema, en BPL es una ventaja.

Sin embargo, existen problemas para implementar el proyecto si el número de usuarios conectados por transformador es mínimo y más en nuestro país, donde de manera general el índice de penetración de servicios de comunicaciones es limitado.^{II}

^I **Capítulo 2.** Sección 2.3.3

^{II} **Anexo 3.G** Comparación de los principales indicadores de conectividad Ecuador-Mundo

En este punto es necesario analizar la mejor opción de topología BPL para el diseño en la zona de servicio del presente proyecto, la que sin descuidar el grado de servicio al cliente permita costos de operación moderados.

A continuación se recuerdan las topologías posibles.

3.4.2.2 BPL a baja tensión

En esta topología el equipo de cabecera se ubica en el transformador de distribución de media a baja tensión y tiene que ser situado después del transformador, lo cual involucra dificultades, debido a que cada dispositivo de cabecera trabajará en su mínima exigencia sin retribuir su costo para la red.

Para esta opción de conexión se requiere emplear un módem de cabecera, un módem de usuario y un punto de acceso hacia la red de comunicaciones que transporta los datos hacia Internet por cada transformador.

Es una solución óptima para aquellos escenarios en los que el número de usuarios del segmento de baja tensión conectados a un mismo transformador es alto, lo que permite garantizar a su vez un número de usuarios BPL importante.

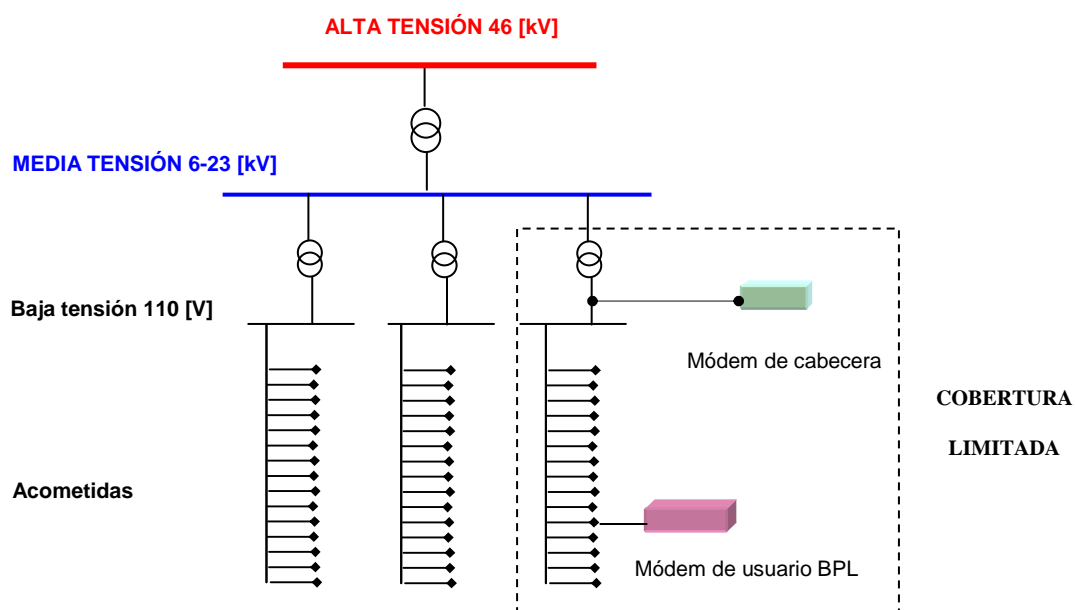


Figura 3.5 Ubicación del equipo de cabecera en el sistema BPL de baja tensión

3.4.2.3 BPL a media tensión

Esta topología establece que los equipos ubicados en la instalación del usuario transmitan la información por medio de la red eléctrica de baja tensión hasta un equipo ubicado en el transformador de media a baja, el cual sirve de acoplador entre las líneas de diferente voltaje.

Estos elementos de la red se conectan de manera directa con equipos de cabecera de medio voltaje, los cuales se interconectan en un anillo redundante de media tensión formando una red que agrupa las señales de los usuarios hasta un punto central en el que se realiza el enlace con la red de comunicaciones mediante fibra óptica u otro servicio portador para enlazar la red BPL con Internet.

Este tipo de configuración es clave en la evolución de los sistemas BPL, porque permite enlazar múltiples usuarios y que con una sola conexión todos accedan a redes de datos complementarias; evitando así llevar un terminal a cada uno de los transformadores de media a baja. El diagrama siguiente muestra la topología de una red BPL de medio voltaje y su interconexión con los puntos de usuario.

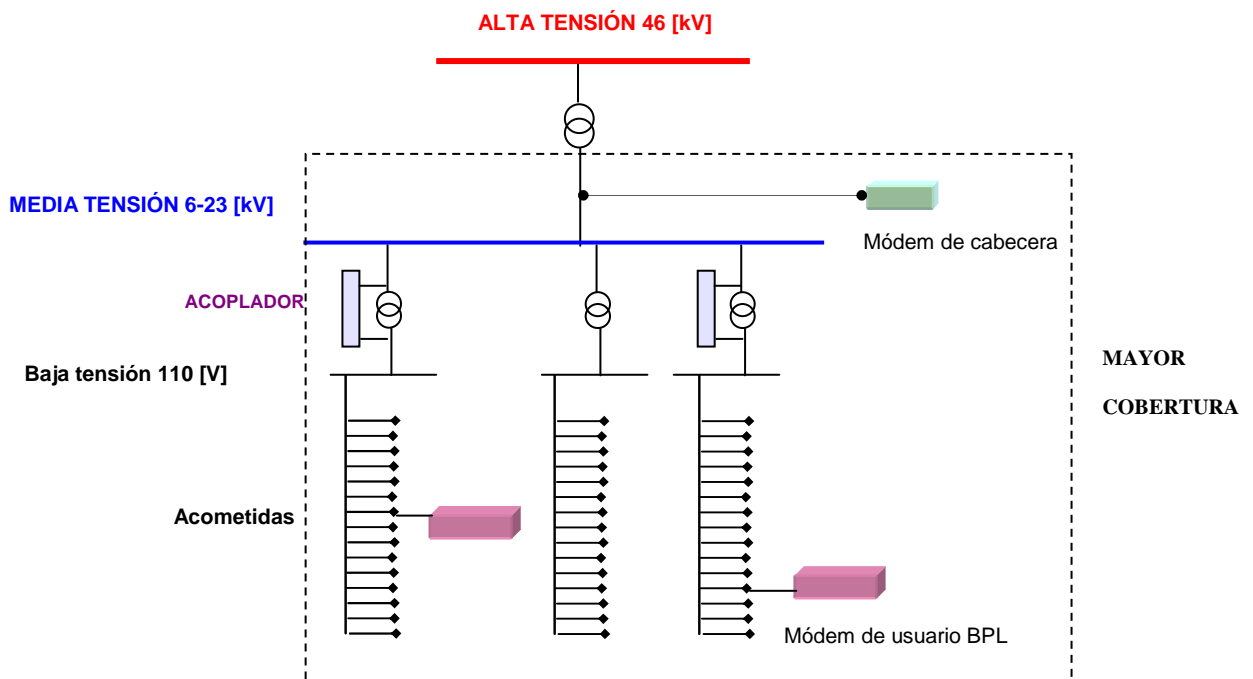


Figura 3.6 Ubicación del equipo de cabecera en el sistema BPL de media tensión

3.4.2.4 Evaluación y definición del proveedor de equipos

Cada compañía proveedora de equipos BPL presenta su propuesta a través de su página WEB, donde generalmente se describe con mayor amplitud los aspectos favorables del producto y no se profundiza en los elementos que podrían estar en desventaja frente a otros proveedores. Por tal motivo, se presentan dificultades en el momento de la selección de propuestas. Para evitar estos inconvenientes se ha analizado con detenimiento la información publicada y datos adicionales que han sido solicitados de manera específica a los proveedores.

Adicionalmente, la tecnología BPL está en una fase de crecimiento, lo cual hace que los fabricantes de productos se encuentren en etapas de baja escala y no en volumen en cuanto al desarrollo de equipos y la información sobre los mismos es muy restringida. Por ello se ha optado por una evaluación en base a parámetros básicos de funcionamiento que permitan las mayores facilidades y el mejor acoplamiento a la red eléctrica descrita para el sistema BPL a diseñar.

En Ecuador, la red eléctrica concentra a los usuarios en subestaciones de transformación de alto a medio voltaje y los alimenta por medio de un numeroso conjunto de transformadores de baja potencia. Por ello se opta por un sistema BPL de media tensión que permita emplear de manera efectiva los puntos de acceso al proveedor de servicio de Internet, los cuales de manera preferencial podrían ubicarse en las subestaciones San Rafael y Sangolquí.

Entre las opciones de proveedores que operan con sistemas de media tensión, se destacan: **AMPERION y ASCOM**.

AMPERION es una alternativa válida por acoplarse al sistema americano y presentar una solución de acceso híbrida que combina BPL con WiFi, sin embargo se descarta para este proyecto porque cada punto de interfaz entre la red BPL y la red de comunicaciones hacia Internet permite introducir velocidades relativamente bajas (24 Mbps). Por ello esta opción requiere múltiples puntos de acceso al proveedor encareciendo de manera importante los costos.

Para mayor detalle del número de equipos requeridos con la topología de AMPERION refiérase al *Anexo 3.B*.

ASCOM emplea tecnología basada en el sistema europeo, su mayor experiencia está en proyectos que emplean la red de baja tensión, pero es seleccionada como la mejor opción para este proyecto porque ofrece equipos de segunda generación y alto rendimiento. A continuación, se describe de manera más amplia este sistema, para luego en base a los requerimientos determinar la configuración específica de la red a diseñar.

3.4.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA ASCOM POWERLINE

Es una empresa suiza con operación desde 1996. Su historia refleja continua innovación y presencia en amplios mercados como muestra la figura.

El perfeccionamiento de su sistema BPL para el acceso de banda ancha y la transmisión de datos permite que las redes eléctricas integren múltiples posibilidades.



Figura 3.7 Instalaciones ASCOM a nivel mundial ^[101]

3.4.3.1 Elementos y productos disponibles

El sistema ASCOM BPL ofrece los siguientes tipos de unidades:

- Unidad máster: **API-2000-MV/LV**

Es un dispositivo diseñado para operar como cabecera de red y controlar el acceso a la red. Permite una velocidad de 205 Mbps, maneja hasta 1024 direcciones MAC y 64 dispositivos conectados en paralelo. Existen dos versiones: API-2000-MV para ser empleado en líneas eléctricas de media tensión y API-2000-LV para el caso de baja tensión.

Además cada uno de estos equipos puede ser configurado como unidad máster, repetidor o esclavo de acuerdo a los requerimientos y configuración de la red.

■ Repetidor: **API-2000-GW**

Es un dispositivo empleado como repetidor entre el equipo de cabecera de las líneas de bajo voltaje y los usuarios. Maneja 64 direcciones MAC y 32 conexiones en paralelo.

■ Módem de usuario: **APC-2000-DB/VB**

Captura la señal de datos en cada toma de energía eléctrica y la pone a disposición del usuario. Existen dos versiones de este equipo: APC-2000-DB empleado como interfase para datos, voz, video o tráfico desde Internet y APC-2000-VB que provee además de las funciones anteriores un interface a los tradicionales puertos telefónicos.

3.4.3.2 Configuraciones ASCOM BPL

ASCOM ofrece equipos para el despliegue de redes sobre líneas de medio y bajo voltaje. La actual generación de productos permite aplicaciones tales como:

3.4.3.2.1 Acceso de banda ancha en la última milla

Los dispositivos de usuario (APC-2000) localizados a cortas distancias son conectados directamente al equipo de cabecera (API-2000-LV) o por medio de un repetidor (API-2000-GW) para amplias zonas de transmisión.

El acceso al canal está administrado por medio del equipo de cabecera, el cual distribuye las capacidades entre los usuarios de acuerdo con la demanda instantánea, de modo de proporcionar la máxima demanda posible. Ello es posible porque se trata de transmisión de datos orientada a paquetes.

Los equipos requeridos y su ubicación en la red se muestran en la *Figura 3.8*.

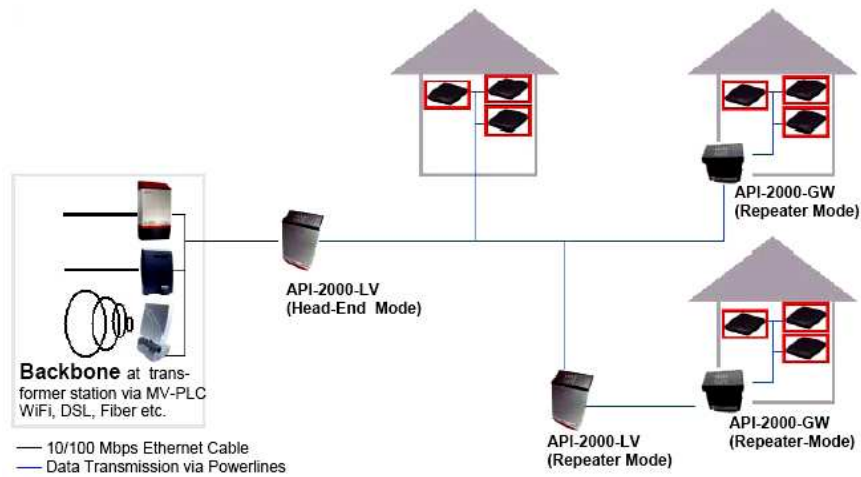


Figura 3.8 Instalación de equipos ASCOM para sistemas “outdoor” [101]

3.4.3.2.2 Redes interiores

El establecimiento de redes internas y la distribución de servicios multimedia en instalaciones de escuelas, hoteles y apartamentos son posibles por medio de equipos máster (API-2000-LV) configurados como cabecera de red a los que se conectan los módems de usuario que sean necesarios.

Los repetidores (API-2000-GW) también pueden ser empleados como cabecera de red, ampliando las posibilidades de servicio. La distribución de equipos en la red se muestra en la *Figura 3.9*.

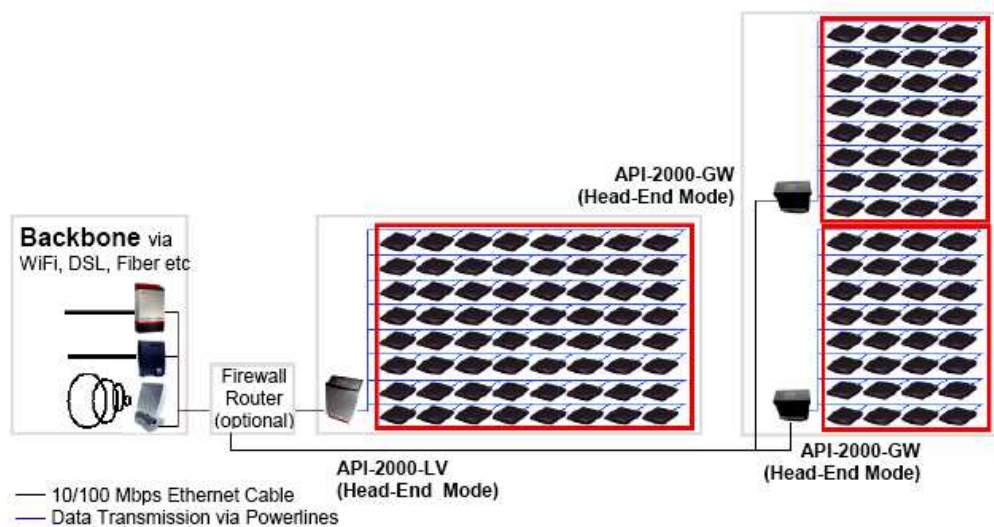


Figura 3.9 Instalación de equipos ASCOM para sistemas “indoor” [101]

3.4.3.3 Ventajas del sistema

- La línea de productos ASCOM es muy variada, pues existen equipos de primera y segunda generación. Los cuales pueden integrar tráfico tanto de voz como de datos.
- Cada sistema BPL opera simultáneamente en 3 frecuencias, cada una de las cuales provee al usuario una tasa entre 750 y 1500 kbps, lo que resulta en una capacidad de entre 2.25 y 4.5 Mbps, tanto para el sistema interno como para el externo.
- Todos los equipos BPL usan niveles variables de potencia de transmisión hasta un parámetro máximo, de esta forma es posible adaptar automáticamente la potencia de transmisión mínima de acuerdo a la distancia para mantener la calidad del enlace. Esta característica minimiza la irradiación global del sistema.
- Los dispositivos ASCOM dan prioridad a los datos en tiempo real, asegurando de esta forma una buena calidad de audio y video. El sistema distingue automáticamente paquetes de datos (TCP) de paquetes de datos en tiempo real (UDP) debido a la distribución de los datos en paquetes o tramas como muestra la figura siguiente.

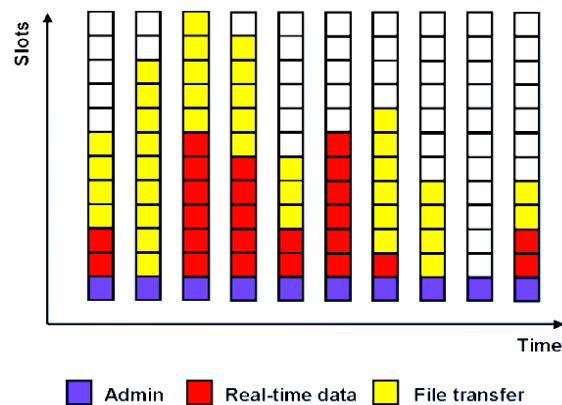


Figura 3.10 Distribución de datos en tramas según su naturaleza ^[101]

- Los módulos BPL incluyen agentes “Simple Network Management Protocol” (SNMP) con las características necesarias para el monitoreo y control de manera remota.
- La figura siguiente relaciona la distancia media alcanzada por el sistema BPL de ASCOM, de acuerdo a la banda de frecuencia utilizada.

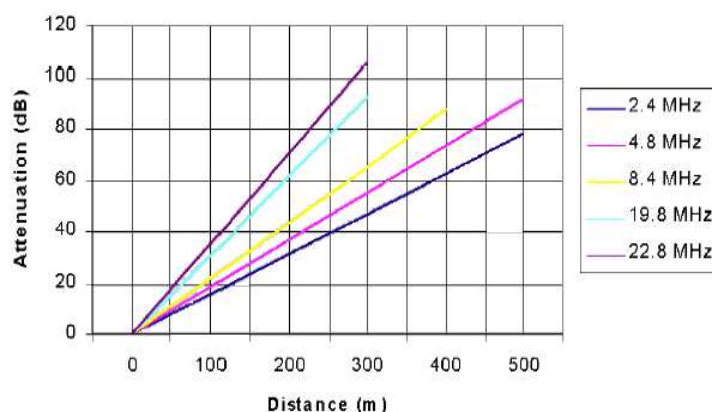


Figura 3.11 Atenuación de la señal vs. distancia en sistemas ASCOM ^[101]

3.4.4 DEFINICIÓN DEL NÚMERO DE EQUIPOS DE LA RED BPL

A continuación, se especifican las principales consideraciones para la definición del número de equipos y su distribución en la red BPL:

- El número de usuarios utilizado para dimensionar la red es el definido para la etapa de introducción del servicio, debido a la fácil escalabilidad que permite la topología de red y que en lo referente a la concentración de usuarios, se considera las condiciones menos favorables. Ello significa que al tener una densidad de usuarios por transformador muy limitada (1 usuario BPL cada 5 transformadores de media a baja tensión), los equipos acopladores instalados en la red inicialmente operarán en su mínima capacidad y permitirán sin inconveniente la futura instalación de nuevos usuarios hasta operar con toda su capacidad.

- La topología de la red incluye dos tipos de unidades: equipos de cabecera (API-2000-MV/LV) y terminales de usuario (APC-200-DB/VB). Los equipos de cabecera son aquellos que permiten el manejo, control y conexión de los usuarios, ya que actúan como acopladores de la señal al medio eléctrico y los terminales de usuario son los módems BPL.
- El centro principal de gestión de la red se ubica en la Subestación San Rafael y Sangolquí, ya que a partir de este punto se establece la conexión con el “backbone” de Internet. A partir de aquí, los equipos de media tensión API-2000-MV se ubicarán a lo largo de los primarios de la red de distribución formando una red “powerline” que distribuya la señal durante todo el tramo. La cobertura máxima de estos equipos es 1500 m. Sin embargo, por razones de seguridad en el diseño se ubican en intervalos de 1200 m.

Por lo que, el cálculo del número de equipos por primario, correspondiente a la columna 5 de la *Tabla 3.4* está definido por la relación siguiente:

$$M = \frac{L_p}{D} \quad [3.1]$$

Donde:

- M*: Número de equipos API-2000-MV por primario
L_p: Longitud del primario en kilómetros
D: Distancia máxima entre equipos

- Los equipos de cabecera API-2000-LV sirven de interface entre el equipo de medio voltaje y el terminal de usuario. Para la implementación se requiere una unidad por usuario, debido a la consideración de que los usuarios no están concentrados, sino distribuidos a lo largo de la red.

Con el futuro crecimiento de la demanda del servicio, los usuarios se enlazarán a estos equipos, que pueden manejar incluso 64 conexiones en paralelo.

- Los equipos repetidores API-2000-GW no se emplean en esta sección del diseño, debido a que estos sirven como repetidores en el caso de que la distancia entre el equipo de cabecera de bajo voltaje y el abonado sea mayor a 300 m. Lo cual no es el caso, debido a que la acometida de cada usuario tiene un valor inferior, 100 m en promedio.
- Para los terminales de usuario existen dos opciones de equipo. En este diseño se escoge el modelo APC-2000-VB, ya que permite manejar voz y datos y para la estimación inicial de equipos se define una unidad por abonado.

El resumen general de los equipos requeridos para la implementación de la red BPL se muestra a continuación:

Tabla 3.7 Detalle de equipos para la etapa de introducción del sistema BPL

SUBESTACIÓN	PRIMARIO	LONGITUD [km]	USUARIOS BPL	NÚMERO DE EQUIPOS		
				API-2000-MV	API-2000-LV	APC-2000-VB
SAN RAFAEL	27A	108.26	95	90	95	95
	27B	66.21	87	55	87	87
	27D	50.67	82	42	82	82
	27F	52.94	99	44	99	99
	SUBTOTAL:	278.08	363	231	363	363
SANGOLQUI	55A	11.3	16	9	16	16
	55B	50.85	45	42	45	45
	55C	59.37	70	49	70	70
	55D	59.39	59	49	59	59
	55E	41.52	42	35	42	42
	SUBTOTAL:	362.43	232	184	232	232
	TOTAL:	640.51	595	415	595	595

Un esquema referencial del diseño se muestra en el *Anexo 3.H*.

3.5 DISEÑO DEL ACCESO A INTERNET ^{[115] – [129]}

En el alcance de este proyecto se definió como velocidad de acceso a Internet, 2 Mbps por usuario, con lo siguientes objetivos:

- Examinar al máximo el desempeño y capacidad de la tecnología BPL y sus equipos.
- Conocer las limitaciones y ventajas de proveer servicio de Internet de banda ancha, tanto en el ámbito técnico como comercial, en nuestro país.
- Analizar las limitantes que influyen en la marcada diferencia de precios del servicio de Internet de banda ancha en el Ecuador y a nivel mundial.

Sin embargo, para poder establecer una comparación con la oferta local de conexiones hacia Internet, en la sección siguiente, además se dimensiona el canal de acceso al “backbone” para una velocidad de usuario de 256 y 512 kbps. Lo cual también es considerado como Internet de banda ancha, ya que la “Federal Commission Communications” (FCC) define como Internet de alta velocidad a todo servicio que permita a los usuarios comunicarse sobre esta red a velocidades superiores a las ofrecidas sobre conexiones telefónicas dial up.

3.5.1 DIMENSIÓN DEL CANAL DE ACCESO

De manera general, al diseñar sistemas de comunicaciones en los que múltiples usuarios acceden a un servicio, como es el caso de Internet se emplea la fórmula empírica siguiente para dimensionar el canal de acceso:

$$C = t_m \cdot n \cdot m \cdot C_{\min} \quad [3.2]$$

Donde:

- C: Capacidad requerida por punto de enlace o usuario
t_m: Porcentaje de tiempo de uso del servicio en el día

- n: Número de usuarios conectados por enlace
 m: Porcentaje de usuarios con acceso simultáneo
 C_{\min} : Capacidad mínima

Para el sistema BPL de este proyecto los parámetros definidos sobre el uso del canal son:

$t_m = 0.7$ Por ser un sistema que plantea una conexión permanente se estima un porcentaje de uso del servicio del 70%.

$m = 0.7$ Es decir, que se estima que el 70% de los usuarios del sistema acceden de manera simultáneamente.

En base a estos factores y de acuerdo al número de usuarios BPL de cada primario, en la siguiente tabla se muestra la capacidad total del enlace a Internet requerido para proveer una velocidad de usuario (V_U) de 256 kbps, 512 kbps o 2 Mbps.

Tabla 3.8 Dimensión de los canales de acceso a Internet ^[*]

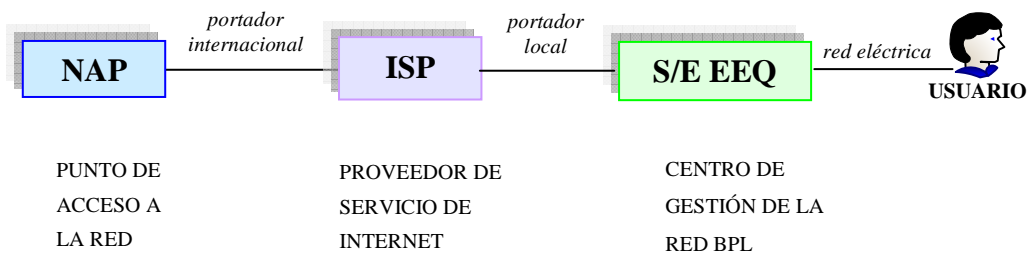
SUBESTACIÓN	PRIMARIO	USUARIOS BPL	CAPACIDAD DEL ENLACE [Mbps]		
			$V_u = 256$ kbps	$V_u = 512$ kbps	$V_u = 2$ Mbps
SAN RAFAEL	27A	95	12	23	93
	27B	87	11	21	85
	27D	82	10	20	80
	27F	99	12	24	97
	SUBTOTAL:	363	45	88	355
SANGOLQUI	55A	16	2	4	16
	55B	45	6	11	44
	55C	70	9	17	69
	55D	59	7	14	58
	55E	42	5	10	41
	SUBTOTAL:	232	29	56	228
	<u>TOTAL:</u>	595	74	144	583

3.5.2 ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA BPL

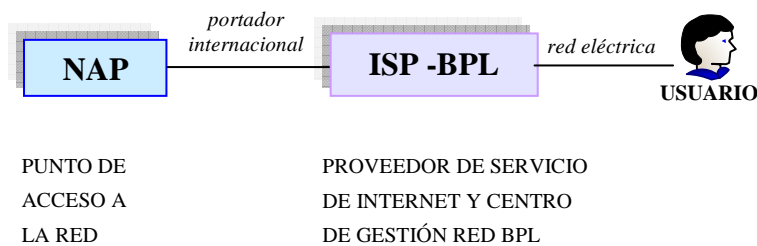
Una vez que se ha determinado el ancho de banda total que requiere el sistema BPL para la distribución del servicio entre sus usuarios, es necesario señalar que existen varias alternativas para la prestación del servicio.

La topología general define que para la conexión hacia Internet se requiere de la contratación de un proveedor de servicio de Internet (ISP), el cual a su vez realiza el enlace hacia un NAP, punto en el que los ISPs se conectan entre sí. Así, muestra el esquema de la *Figura 3.12 (a)*. Para cumplir con esta condición los equipos de cabecera BPL se conectan a una red de transporte como SDH/Sonet o Gigabit Ethernet dependiendo de la capacidad del ISP contratado.

Sin embargo, por las condiciones del sistema BPL que se plantea en este diseño, las que involucran una zona de servicio de mediana escala y la alta capacidad del enlace hacia Internet, una opción válida sería actuar como ISP y contratar de manera directa el servicio portador y la conexión hacia el NAP internacional, como el esquema de la *Figura 3.12 (b)*.



(a)



(b)

Figura 3.12 Esquema del acceso a Internet en un sistema BPL

Para el diseño del sistema de este proyecto se considera el escenario más completo, es decir, el caso de un proveedor de servicios BPL que disponga de infraestructura propia en los diferentes niveles de la red.

Para lo cual a continuación se describe la infraestructura y elementos básicos de un ISP y las principales alternativas para la conexión hacia el “backbone” internacional de Internet.

3.5.3 ESTRUCTURA BÁSICA DEL ISP

Un proveedor de servicios de Internet (ISP) es un canalizador de información desde y hacia Internet, es decir brinda acceso a páginas de Internet, correo electrónico y otros servicios como chat, videoconferencia y alojamiento de páginas web. Existen varias arquitecturas y diseños diferentes para el establecimiento de un ISP, por lo que en esta sección se define una arquitectura general y básica.

3.5.3.1 Centro de servicios y operación ISP - BPL

El sistema BPL requiere de un centro de servicios y operación, el cual se ubicará en la subestación de distribución, en este punto concluye la red eléctrica y se realiza la conexión con redes externas de transporte hacia Internet. Este centro dispone de todos los sistemas necesarios para la gestión, explotación de la red y el suministro de servicio a los usuarios.

Para este diseño es posible la integración de los equipos del ISP con el servidor de administración del sistema BPL en un sólo cuarto de equipos. Estas instalaciones deben proveer facilidades y garantías para el correcto desempeño de las actividades de comunicación, incluyendo: sistema de puesta a tierra, ventilación, alimentación, adecuada ubicación e instalación del hardware y conexiones normalizadas de cableado estructurado.

3.5.3.2 Servicios del ISP

Los servicios que provee el ISP dependen de las necesidades de los usuarios del sistema, para la etapa de introducción del sistema se sugieren los siguientes servicios básicos:

- Servicio de correo electrónico
- Servicio de transferencia de archivos
- Servicio de web hosting

3.5.3.3 Topología del centro de operación ISP - BPL

Para el diseño general del ISP se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Crecimiento: Para cumplir con las necesidades de los usuarios tanto en la etapa de introducción, como para los requerimientos futuros se dimensiona la capacidad de los servidores de acuerdo al número de usuarios estimados para el tercer año de operación del sistema.
- Seguridad: Se emplea equipos que cumplen con las funciones de protección y autenticación de los usuarios de la red.
- Capacidad de gestión: Monitoreo continuo del tráfico y calidad de servicio por medio de servidores de administración.

Los equipos del centro de operación se integran mediante la instalación de una red interna, la que puede tener varias configuraciones. Una opción es el establecimiento de una red Fast Ethernet de alta capacidad, 100/1000 Mbps, ya que parte del tráfico que maneja todo el sistema BPL cursa esta red, especialmente hacia los servidores web y de correo electrónico.

La salida del ISP hacia el Internet se realiza a través de un router que se enlaza por medio de un terminal DTU a la red del portador contratado. A su vez, los equipos de cabecera BPL se conectan a diferentes puertos de este mismo equipo.

La estructura básica del ISP es la siguiente:

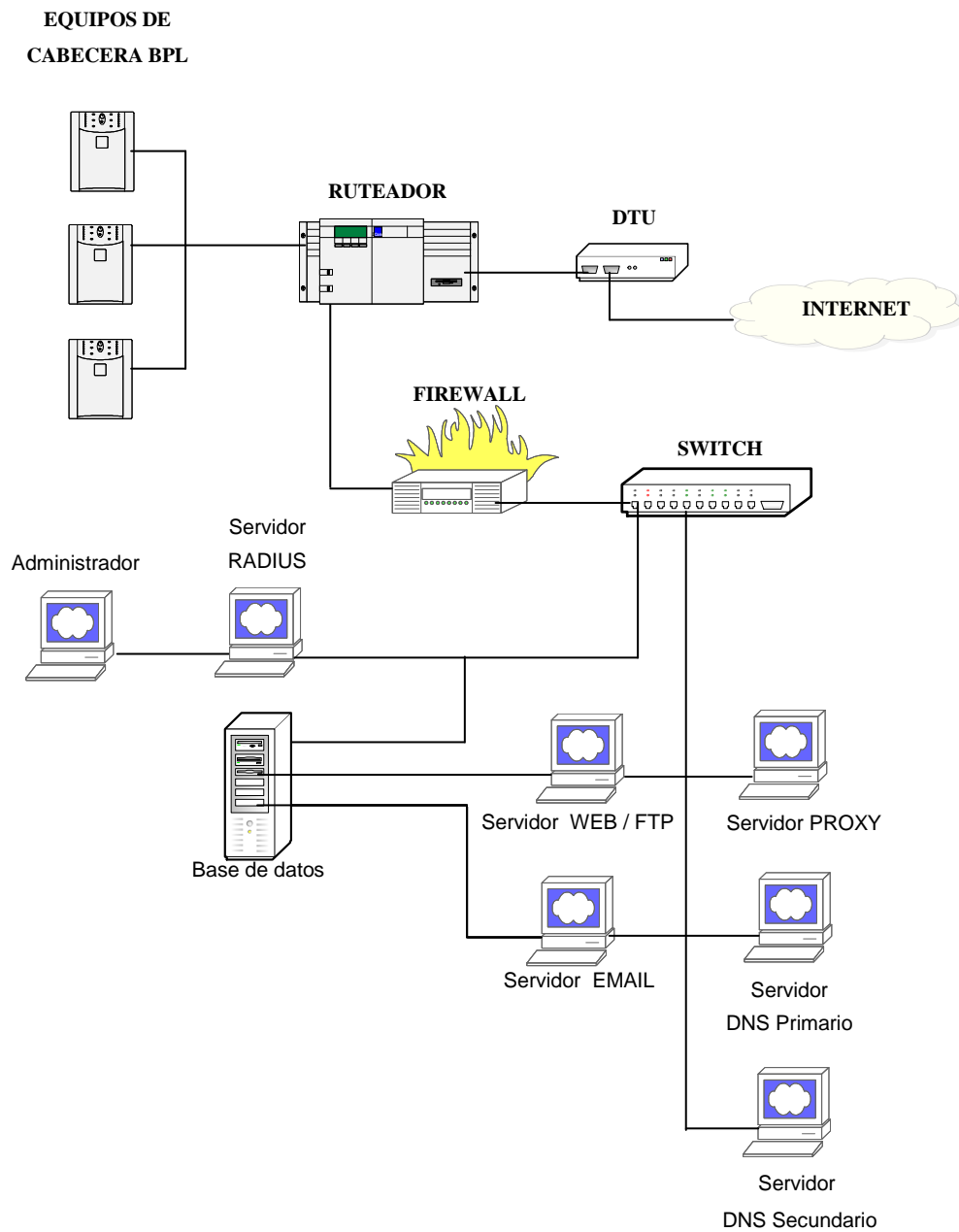


Figura 3.13 Esquema básico ISP

3.5.3.4 Elementos básicos del ISP

A continuación se definen las funciones básicas de cada equipo incluido en la red interna del ISP:

Servidor WEB.- Es el equipo encargado de alojar los contenidos del ISP, página de inicio, webmail y páginas de clientes o páginas comerciales. Estos servidores manejan el Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP), el cual es el estándar de Internet para comunicaciones web.

Servidor FTP.- El servidor FTP es necesario para que los usuarios del sistema puedan subir los ficheros de sus páginas web. A su vez, estos servidores controlan el acceso de los usuarios dentro de su sistema de carpetas, por lo que para conectarse a un servidor FTP se requiere un usuario y una contraseña.

Servidor EMAIL.- El servidor de correo electrónico, también conocido como MTA (Agente de Transferencia de Correo) permite manejar los mensajes de forma ordenada, para que los usuarios que disponen de una cuenta de correo electrónico puedan enviar y recibir dichos mensajes de manera efectiva. Para el envío de mensajes se dispone de un programa denominado cliente de correo electrónico, que usa un protocolo estándar llamado SMTP (Simple Mail Transfer Protocol). Por otro lado, para recibir los mensajes electrónicos este programa hace uso de otro protocolo denominado POP (Post Office Protocol); en la actualidad se usa la versión POP3.

Servidor DNS.- Es el servidor encargado de brindar la resolución de nombres a direcciones IP para todos los equipos del ISP. El sistema DNS es una base de datos distribuida y mantenida por miles de servidores DNS, cada uno de los cuales es responsable de una zona de Internet. Cuando un programa cliente (el navegador) hace una petición de una dirección Internet, el servidor DNS del proveedor de acceso procesa la consulta, intentando buscar el dominio en su tabla de registros. Si no lo encuentra envía la petición a otro servidor DNS situado en un nivel superior de la jerarquía de nombres de dominios. Esta secuencia de peticiones se repite hasta que se obtiene la dirección IP del ordenador que corresponde al dominio consultado.

En este sistema se prevé dos servidores DNS, un primario y un secundario, por razones de redundancia y garantías de servicio.

Servidor PROXY.- Es un equipo intermediario situado entre el sistema del usuario e Internet, puede utilizarse para registrar el uso de Internet y también para bloquear el acceso a una sede Web.

El servidor PROXY es un mecanismo de seguridad implementado por el ISP o los administradores de la red en un entorno de Intranet para desactivar el acceso o filtrar las solicitudes de contenido para ciertas sedes web consideradas ofensivas o dañinas para la red y los usuarios.

Adicionalmente, un servidor PROXY avanzado dispone de una memoria “cache” que almacena en disco las páginas que se han consultado por cualquier usuario. De esta manera, cuando otro usuario solicita acceder a alguna página que ya se ha recibido con anterioridad, el servidor compara la página almacenada con la página original que está en Internet y sólo entrega la página original si ésta ha sido modificada desde la última lectura. El efecto de este sistema es un uso optimizado de la conexión a Internet y mayor velocidad de navegación.

Servidor RADIUS.- Cuando se realiza la conexión con un ISP se envía una información de autenticación, generalmente un nombre de usuario y una contraseña. El servidor RADIUS comprueba que la información es correcta utilizando esquemas como PAP, CHAP o EAP. Si el usuario es aceptado, el servidor autoriza el acceso al sistema del ISP, asigna los recursos de red como una dirección IP y configura otros parámetros, tales como método de tarificación del servicio. Este equipo está conectado con la base de datos de clientes.

Base de datos de clientes.- Contiene la información de los usuarios del sistema, incluyendo: datos administrativos, dirección de correo electrónico, nombre de usuario, contraseña, número de abonado, capacidad de la casilla de correo, tipo de cuenta y restricciones de servicio.

La tabla siguiente resume las principales características y requerimientos, tanto en hardware como en software para los servidores definidos en la estructura del ISP - BPL. Como se puede observar, los equipos son genéricos y no poseen características especiales, para definir la capacidad de almacenamiento de cada servidor se han empleado un conjunto de fórmulas empíricas y su cálculo se

detalla en el *Anexo 3.J*. En lo referente al software, existen varias opciones tanto para el sistema operativo^{III} del sistema como para los programas de funciones específicas, por lo que a continuación se mencionan los programas más usados.

Tabla 3.9 *Requerimientos de hardware y software para los servidores del ISP - BPL* [*]

EQUIPO	HARDWARE	SOFTWARE
SERVIDOR WEB	Procesador Pentium IV (3.2 GHz / Bus 700 MHz) Memoria caché de 512 kB Memoria RAM 512 MB Capacidad de disco duro 60 GB	Apache iPlanet Web Server WebSphere AnalogX
SERVIDOR FTP	Tipo Ultra 160 SCSI 10000 RPM Interfaz Ethernet 10/100/1000	WU-FTP Serv-U FTP ProFTPD FTP Server
SERVIDOR EMAIL	Procesador Pentium IV (3.2 GHz / Bus 700 MHz) Memoria caché de 512 kB Memoria RAM 512 MB Tipo Ultra 160 SCSI 10000 RPM Interfaz Ethernet 10/100/1000 Capacidad de disco duro 20 GB	Sendmail Qmail iPlanet Messaging Server Openwave Email
SERVIDOR PROXY	Procesador Pentium IV (3.2 GHz / Bus 700 MHz) Memoria caché de 512 kB Memoria RAM 512 MB Capacidad de disco duro 100 GB (X 4) Tipo Ultra 160 SCSI 10000 RPM Interfaz Ethernet 10/100/1000	CSM Proxy Plus Basilisk II 1.0 Squid 2.5 – Stable 12 Web Cleaner 2.35
SERVIDOR DNS <i>Primario y Secundario</i>	Procesador Pentium IV (3.2 GHz / Bus 700 MHz) Memoria caché de 512 kB Memoria RAM 512 MB Capacidad de disco duro 20 GB Tipo Ultra 160 SCSI 10000 RPM Interfaz Ethernet 10/100/1000	BIND v8 Mara DNS 1.2.03.4 DNRD 2.20.1 DNS Tools 2.0b5
SERVIDOR RADIUS	Procesador Pentium IV (3.2 GHz / Bus 700 MHz) Memoria caché de 512 kB Memoria RAM 512 MB Capacidad de disco duro 20 GB Tipo Ultra 160 SCSI 10000 RPM Interfaz Ethernet 10/100/1000	Steel-Belted Radius Knoda 0.8.1 PhpQLADin 2.3.1
SERVIDOR ADMINISTRADOR	Procesador Pentium IV (3.2 GHz / Bus 700 MHz) Memoria caché de 512 kB Memoria RAM 512 MB Capacidad de disco duro 20 GB Tipo Ultra 160 SCSI 10000 RPM Interfaz Ethernet 10/100/1000	Propio del hardware

^{III} Ver **Anexo 3.I** Sistemas operativos para servidores web seguros

Adicionalmente, a los servidores principales el ISP debe complementar su funcionamiento con elementos de conexión y protección, los que se detallan a continuación:

Firewall.- Es un sistema o grupo de sistemas que establecen una política de control de acceso entre dos redes. Puede monitorear toda la actividad y el tráfico hacia Internet y además ayudar a mantener las políticas de seguridad, ya que son puntos centrales de la topología del ISP.

Entre sus funciones adicionales se incluye: rastreo de intrusos, alertas de seguridad, registro y exploración de aplicaciones, protección por contraseña y monitoreo de la actividad de la red. Sin embargo, cabe destacar que no protege conexiones que no sean controladas por él, ni tampoco contra virus informáticos.

Ruteador.- Es un dispositivo de interconexión de segmentos de red o redes enteras de computadores que opera en la capa 3, nivel de red del modelo OSI. En base a una tabla de ruteo y otros parámetros adicionales, el ruteador toma decisiones lógicas con respecto a la mejor ruta para el envío de datos a través de una red interconectada y luego dirige los paquetes hacia el segmento y el puerto de salida adecuados.

El ruteador incluido en el esquema de la *Figura 3.13* permite realizar las conexiones entre los diferentes segmentos de red del centro de operaciones y servicios, concentrando a través de sus puertos los enlaces siguientes:

- Conexión del ISP con la red externa del proveedor del servicio portador hacia Internet.
- Conexión de la red interna que forma la estructura del ISP.
- Conexión de los equipos de cabecera BPL, que distribuirán el servicio hacia los usuarios por medio de las redes eléctricas de media y baja tensión.

Switch.- Es un dispositivo de interconexión de redes de computadores que opera en la capa 2, nivel de enlace de datos del modelo OSI. Además, un switch permite interconectar dos o más segmentos de red, funcionando de manera similar a los puentes, es decir pasando datos de una red a otra, de acuerdo con la dirección MAC de destino de los datagramas en la red.

El switch incluido en el esquema del ISP permite la conexión de los servidores que integran su red LAN interna.

En el mercado existen varias posibilidades para la adquisición de estos equipos de conexión y protección. A continuación, se recomiendan modelos del proveedor CISCO, uno de los más reconocidos a nivel mundial:

Tabla 3.10 Características de los equipos de conexión y protección del ISP - BPL^{IV}

EQUIPO		CARACTERÍSTICAS
FIREWALL	CISCO PIX 535	Puerto de consola: RS-232, 9600 bps, RJ-45 14 interfases 10/100 Fast Ethernet 9 interfases Gigabit Ethernet 4 slots PCI de 64-bit/66 MHz Capacidad sobre 1.7 Gbps Conexiones consecutivas: 500,000 3 unidades rack (3RU)
SWITCH	CISCO 3750-48TS-E	48 puertos 10/100 Mbps 4 puertos Gigabit Ethernet Alta velocidad en el bus 32 Gbps 1 unidad rack montable Ruteo IP dinámico
RUTEADOR	CISCO 805	Puerto serial compatible con EIA/TIA-232, 449, 530, 530A, X.21, V.35 Capacidad IPSec con encriptación de datos 128- o 56-bit Conexión a redes Ethernet 10BASE-T (10 Mbps) 4 MB de memoria flash y 8 MB de memoria DRAM

IV

El Anexo 3.K contiene especificaciones más detalladas de estos equipos.

3.5.4 INFRAESTRUCTURA NACIONAL PARA ACCESO A INTERNET

En el Ecuador, existen dos nodos “Network Access Point” (NAP) nacionales instalados en Quito y Guayaquil, los cuales se encuentran a cargo de la Asociación de Proveedores de Internet, AEPROVI.

Algunos proveedores del servicio de Internet emplean estos puntos para concentrar el ancho de banda de sus usuarios y enrutarlo hacia destinos nacionales. Sin embargo, se requieren otras alternativas para enlazar las estaciones de los proveedores con el “backbone” internacional de Internet, entre ellas se encuentran: el enlace vía satélite mediante redes VSAT y el acceso por medio de redes de fibra óptica.

El Cable Panamericano fue la primera opción de salida internacional, al cual tiene acceso el consorcio de empresas y operadoras de telecomunicaciones del Ecuador (Andinatel y Pacifictel).

Este sistema de transmisión inicia en la ciudad chilena de Arica y termina en Saint Thomas, Islas Vírgenes de Estados Unidos; integrando los puntos que se muestran en la *Figura 3.12*. Este enlace ofrece al país una capacidad de 1200 circuitos, equivalente a 40 E1s, a través de la cabeza de cable instalada en Punta Carnero. Este canal está actualmente saturado, ya que la demanda mínima se estima en 244 E1s (voz y datos).^V



Figura 3.14 Puntos de enlace del Cable Panamericano ^[97]

Esta situación planteó la necesidad de disponer de nuevas alternativas de salida internacional, que permitan una reducción de los costos de conexión y eliminen la dependencia de opciones limitadas.

^V CONATEL. Agenda Nacional de Conectividad. Plan de Acción 2005-2010.

Entre estas alternativas está la posibilidad de construir una nueva cabeza de playa en las costas de Esmeraldas y la salida hacia cables internacionales de fibra óptica de gran capacidad, como ARCOS en el norte, EMERGIA y GLOBAL CROSSING en el sur.

Ante la posible implementación del proyecto, la contratación del proveedor del servicio portador deberá adjudicarse mediante un proceso de licitación, a través del cual las principales empresas de portadores del país oferten la capacidad requerida por el sistema, con cobertura en la zona de servicio, calidad y precios competitivos.

Al tratarse este proyecto de un estudio de factibilidad, a continuación se sugieren tres de las principales alternativas para el enlace de los nodos principales del sistema BPL con NAPs en el exterior. Adicionalmente, es necesario recordar que este punto no es definitivo, ya que la contratación del portador puede ser obviada dependiendo del modelo de negocio que la empresa elija para comercializar servicios BPL. Este aspecto se analiza de manera específica en el *Capítulo 5*.

3.5.5 ALTERNATIVA A: ENLACE DE FIBRA ÓPTICA - TRANSNEXA

Considerando la correlación de las empresas del sector eléctrico y que la Empresa Eléctrica “Quito” se encuentra en la etapa de implementación de su red de fibra óptica, la que enlazará sus subestaciones de manera directa con el nodo principal de Transelectric, el servicio prestado por TRANSNEXA es una alternativa válida.

TRANSNEXA es una de las empresas de servicios portadores más importantes del país. Su sede está en Quito, fue creada a partir de la unión entre TRANSELECTRIC e INTERNEXA y opera en forma exclusiva una red de fibra óptica tendida entre Ecuador y Colombia. Adicionalmente, esta empresa ha establecido convenios con los principales operadores de telecomunicaciones de Colombia y con los más importantes operadores de cables internacionales, lo que le permite garantizar a sus clientes una conexión de alta confiabilidad con todo el mundo.

3.5.5.1 Descripción del servicio

Es el servicio de transporte de información generada por los ISPs en capacidades equivalentes de nxE1, nxDS3 y nxSTM-1.

La red de este proveedor es implementada a través de enlaces dedicados entre las instalaciones del cliente y el punto de presencia de la compañía en el Ecuador, continuando hasta el enrutador del operador IP de Transnexa en Colombia. Este nodo a su vez está conectado a los puntos de los principales proveedores de acceso a Internet en los Estados Unidos a través de la red de INTERNEXSA utilizando la capacidad adquirida en el cable submarino ARCOS-1.

Los puntos que integra el “backbone” de Transnexa son: Quito, Pomasqui, Tulcán, Pasto, los cuales se unen a Cartagena en Colombia y a continuación a Miami, como muestra la figura siguiente.

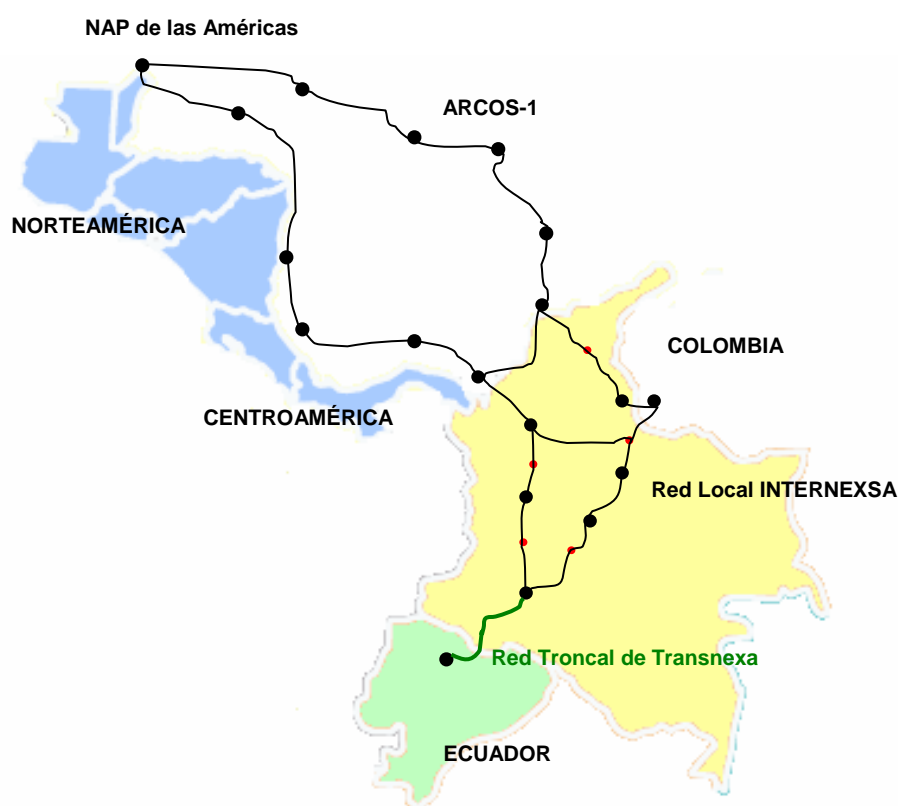


Figura 3.15 Mapa del “backbone” de TRANSNEXA ^[120]

Características de operación:

- Disponibilidad: 99.98%
- Capacidades: nxE1, nxDS3 y nxSTM-1.
- Canal: Clear Channel
- Latencia menor a 165 ms entre el enrutador del cliente y los nodos de Internet en los Estados Unidos.
- Pérdida de paquetes menor a 0.1%
- Reuso 1:1

3.5.5.2 Criterio de TRANSELECTRIC

La Dirección de Comunicaciones de TRANSELECTRIC, al conocer sobre el desarrollo de este proyecto, argumentó lo siguiente:

- Actualmente, la capacidad que maneja TRANSNEXA es amplia y puede abastecer sin inconveniente las capacidades requeridas para el “backbone” del sistema BPL.
- Su mercado de manera preferencial son los operadores de servicios portadores, pero sirven a ISPs.
- Comparten la idea de que los costos por el servicio portador internacional son altos. Sin embargo, argumentan que los costos han bajado en referencia hace 4 años, cuando la capacidad de 1 E1 (~2 Mbps) alcanzó incluso una tarifa mensual de 34 000 dólares.
- Muestran optimismo ante la posibilidad de proveer servicio a una empresa distribuidora de servicio eléctrico, la que forma parte del Mercado Eléctrico Mayorista, por lo cual los convenios de interconexión pueden ser favorables y un modelo de negociación adecuada permitirá la contratación de capacidades en gran escala.

Para la implementación de esta alternativa, la empresa ofrece dos opciones de interconexión. La primera consiste en el enlace desde el punto de presencia del cliente, es decir el Valle de los Chillos. La segunda alternativa involucra costos menores y se refiere a la prestación del servicio a partir del nodo de TRANSELECTRIC ubicado en Pomasqui; para lo cual el sistema BPL deberá contratar adicionalmente a un portador nacional entre su centro de operaciones y este nodo o puede emplear el sistema de enlace de las subestaciones que la Empresa Eléctrica “Quito” se encuentra desplegando.

3.5.6 ALTERNATIVA B: ENLACE DE FIBRA ÓPTICA - ANDINADATOS

Andinadatos, es la unidad de telecomunicaciones avanzadas de Andinatel S.A., la cual ofrece soluciones integrales en la transmisión de datos. Esta unidad opera sobre una plataforma tecnológica de última generación que le permite ofrecer confiabilidad, máxima velocidad y óptima calidad en la transmisión de datos.

3.5.6.1 Descripción del servicio

El servicio de conexión internacional se ofrece a ISPs o clientes corporativos que requieran enlaces directos hacia el “backbone” de Internet, localizado en el NAP de las Américas en Miami.

Andinanet provee un servicio de “llave en mano”, es decir que incluye todas las etapas requeridas por el ISP, desde el portador local, portador internacional y la conexión con el proveedor del servicio de Internet en el NAP internacional.

Para el despliegue de su sistema, la empresa posee conexión con operadores internacionales de fibra óptica empleando el Cable Panamericano y el Emergia. Adicionalmente, como sistema de respaldo se tiene conexión por medio del proveedor Telconet y una conexión satelital.

En el caso de la implementación de este proyecto, ANDINADATOS puede proveer la conexión internacional desde las subestaciones San Rafael o Sangolquí, ya que su red local de fibra óptica así lo permite. De requerir una conexión de

acometida de fibra óptica entre los puntos de presencia de la compañía y el centro de operaciones BPL, ésta instalación corre sin cargos adicionales debido a la alta capacidad del enlace requerido. El esquema siguiente muestra la conexión entre la zona de servicio del sistema BPL y el nodo QUITO CENTRO de la red del proveedor, él cual es uno de sus principales puntos de enlace.

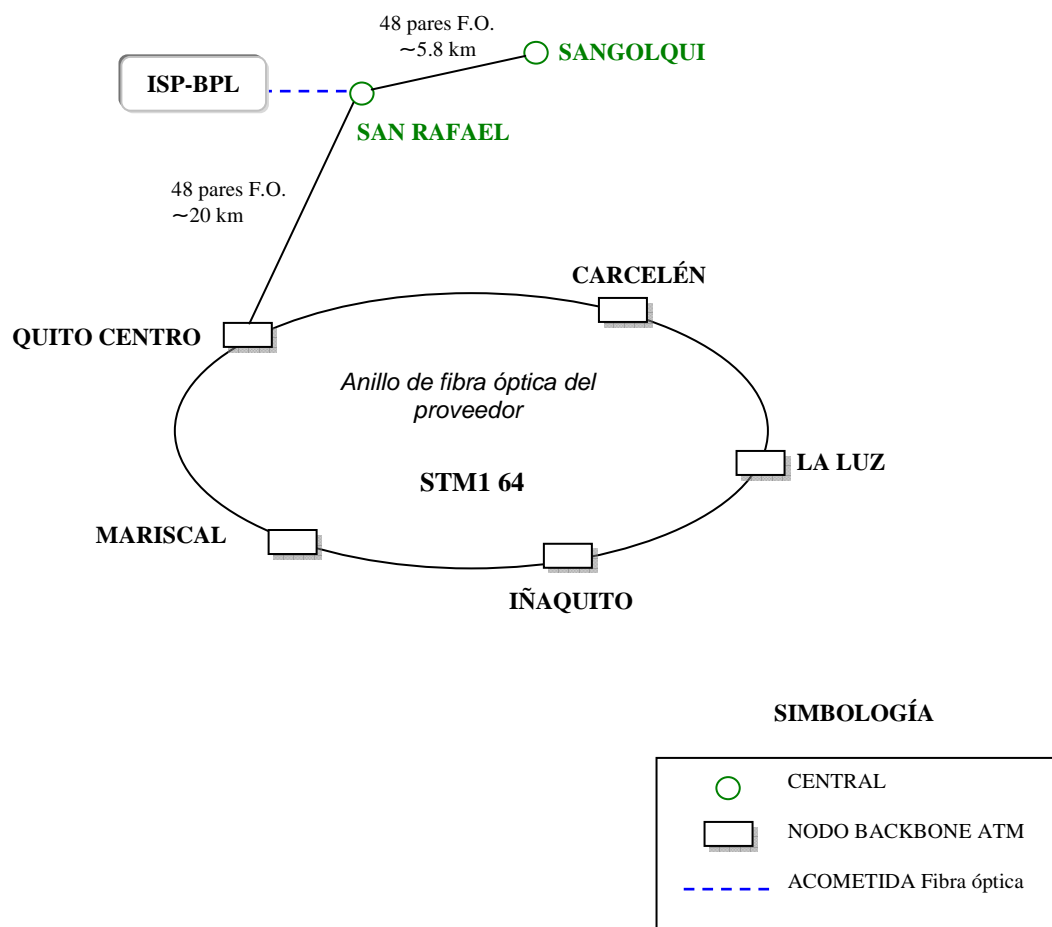


Figura 3.16 Enlace de las subestaciones del proyecto con el “backbone” de ANDINADATOS ^{VI}

3.5.7 ALTERNATIVA C: ENLACE SATELITAL PROPIO

Otra alternativa para la conexión desde el ISP hacia Internet es el establecimiento de un enlace satelital directo hacia el “backbone” principal en Estados Unidos.

^{VI} Esquema basado en información recibida de personal de ANDINADATOS

Para esta conexión es necesario equipar el ISP con la infraestructura adecuada para la conexión internacional, la cual se realiza a través de una empresa proveedora de ancho de banda satelital.

3.5.7.1 Descripción del servicio

Esta alternativa define una estación terrena en la localidad del ISP, la que por medio del alquiler de ancho de banda satelital se comunica con una estación terrena en el exterior, a través de la cual se establece finalmente la conexión con el NAP. A continuación se muestra el esquema de conexión de esta alternativa:

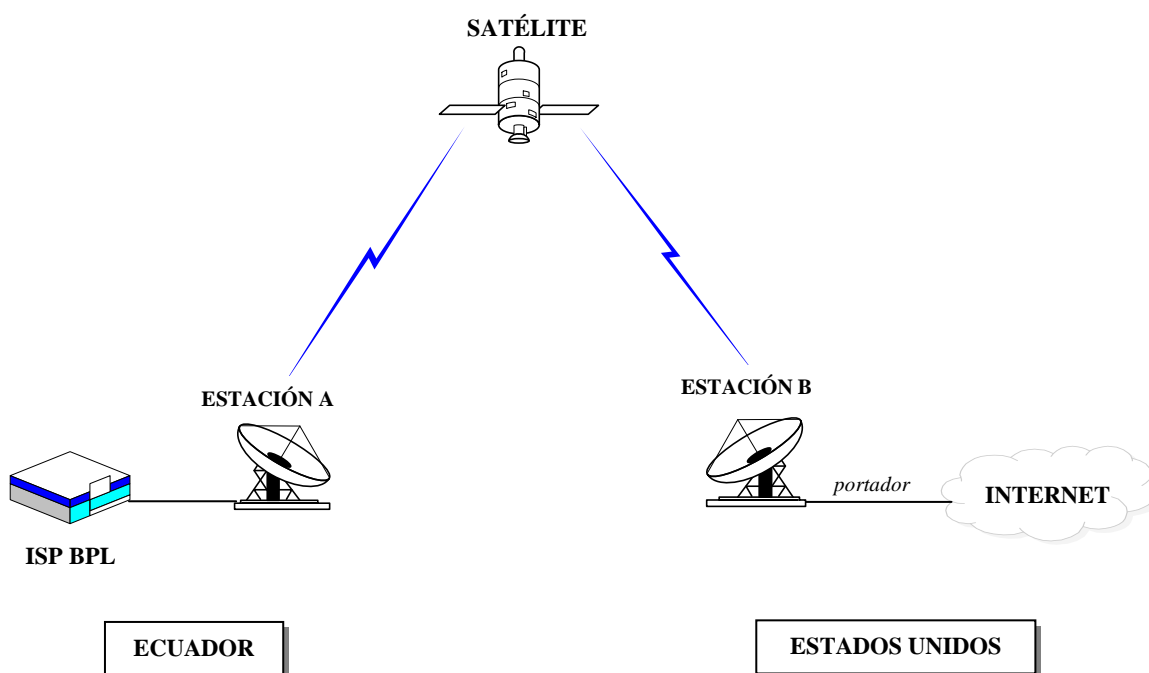


Figura 3.17 Esquema del enlace satelital entre el ISP BPL y el “backbone” internacional

Para la implementación de esta opción se deben cumplir los requisitos siguientes:

- Solicitud ante la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, del permiso de operación para el uso de la frecuencia del enlace satelital.

- Equipamiento de la estación terrena local.
- Contratación del servicio de alquiler del ancho de banda satelital, tal como INTELSAT o PANAMSAT.
- Contratación de un portador que permita bajar la señal del satélite hacia un NAP internacional.
- Contratación del servicio de acceso al NAP del “backbone” principal, con proveedores como UUNET o SAVIS.

3.5.8 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Del análisis de las alternativas propuestas se concluye que los sistemas de conexión cableados emplando fibra óptica constituyen una mejor opción debido a su tiempo de latencia menor (165 ms) en comparación con el retardo satelital (600 ms). Adicionalmente, la opción C involucra gastos de inversión elevados por la adquisición de la infraestructura del sistema satelital.

Las características técnicas y de servicio de las opciones A y B son similares, así como su costo de inscripción y tarifas mensuales por el servicio, por lo cual ambas alternativas son válidas.

Las tarifas referenciales por este servicio se muestran en detalle en el *Capítulo 5*.

3.6 DISEÑO TIPO ENLACE DEL USUARIO ^{[3], [101]}

3.6.1 ÁMBITOS Y APLICACIONES

La tecnología ASCOM BPL permite aplicaciones internas para varios entornos como: multifamiliares, edificios, escuelas, hoteles, hospitales, áreas de convenciones. Las principales aplicaciones disponibles a los usuarios son establecimiento de redes locales, servicio de telefonía basada en VoIP, servicios multimedia como video bajo demanda, aprovechando adicionalmente la ventaja de una fácil instalación y sin necesidad de cableado adicional.

3.6.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Cuando las señales han sido transmitidas por la red “powerline” de media tensión y llegan a los transformadores (MV/LV) existen dos opciones para la transmisión de los datos hacia los hogares: sistemas cableados o inalámbricos.

Compañías como ASCOM consideran la opción cableada empleando la red de baja tensión para comunicar un equipo de cabecera con el módem especial conectado en la ubicación del usuario.

Otras compañías han diseñado sus productos basados en comunicaciones inalámbricas y colocan estaciones bases que manejan el estándar IEEE 802.11b. Posteriormente, una vez que la señal ingresa en el hogar y para que pueda ser interpretada y utilizada por el computador el usuario debe disponer de un módem BPL, aparato encargado de demodular los datos provenientes de la línea e incorporarlos al equipo.

Estos equipos BPL se comunican con los usuarios a través de interfaces Ethernet y USB, entregando una fácil y simple conexión con los equipos centrales. Adicionalmente, la red “powerline” interior permite conectar los computadores existentes en la ubicación del usuario empleando las tomas eléctricas y sin cableado adicional, siendo ésta una de las tecnologías más económicas para establecer redes locales.

La *Figura 3.18* muestra la conexión de varios terminales mediante las tomas eléctricas permitiendo compartir recursos y acceso a la conexión con otras redes de comunicaciones (PSTN, Internet).

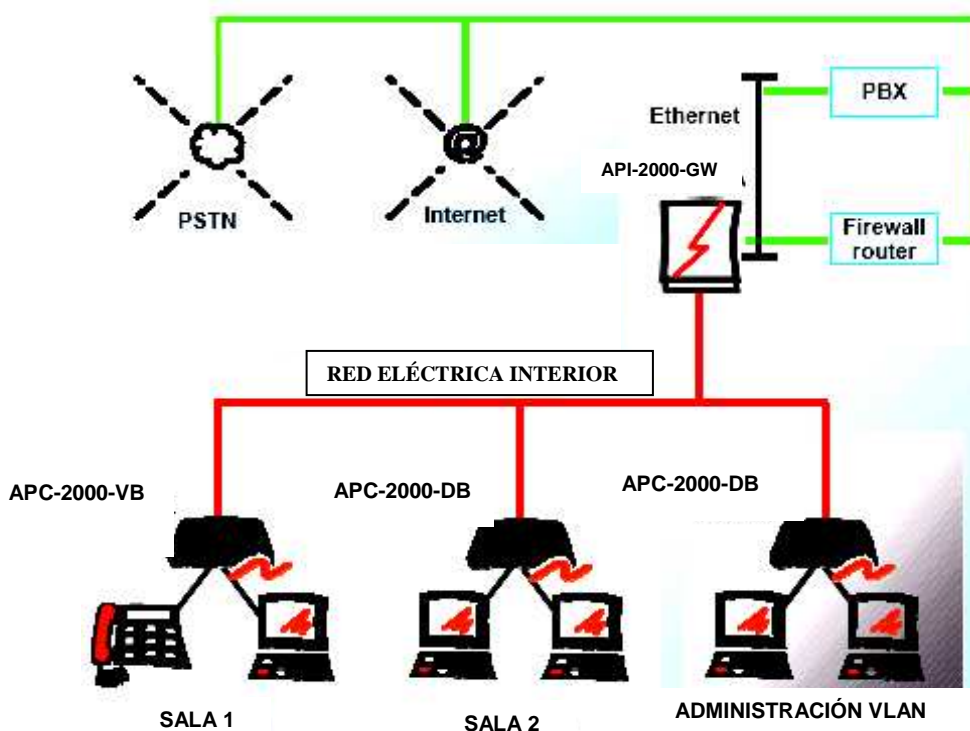


Figura 3.18 Red BPL interior en un establecimiento educativo ^[101]

Con el crecimiento de los requerimientos en el hogar u oficina y la modernización de los aparatos eléctricos las aplicaciones “In-Home” permitirán mayores aplicaciones. De esta forma: sistemas de seguridad permitirán informar o alertar sobre cualquier problema vía e-mail o vía navegador y con el uso de PDAs o teléfonos móviles podremos encender dispositivos, desconectar el contestador automático o activar servicios.

3.6.3 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

- En la tecnología BPL el medio de transmisión es compartido, por lo que varios usuarios están accediendo a la red al mismo tiempo. Para proteger la privacidad del tráfico individual, los sistemas ASCOM

están basados en los estándares de redes VLAN IEEE 802.1Q para separar las especificaciones de usuarios de los datos, dando como resultado la protección de éstos.

- Los sistemas BPL pueden ser manejados vía DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) y SNMP (Simple Network Management Protocol). Esto permite la administración de la red, monitoreo del tráfico y la localización de los errores que se produzcan.
- El módem BPL provee conexiones Ethernet (RJ45), USB y conexión análoga para teléfono (RJ11). La velocidad máxima de transferencia ofrecida por el sistema es de 45 Mbps. Esto significa que si dentro del hogar existen dos o más módem BPL, la red podría trabajar con un desempeño máximo de 45 Mbps utilizando la red de baja tensión.
- La distancia máxima entre el módem y el equipo de usuario (computador, teléfono) es 100 m.
- Los sistemas ASCOM BPL “In Home” emplean la banda de 15 a 30 MHz acorde a la normativa europea y son compatibles con las tecnologías más importantes para el establecimiento de redes internas y para la conexión con el “backbone”.

3.6.4 EQUIPOS DISPONIBLES

Hay varias clases de equipos terminales, algunos diseñados para aplicaciones de acceso a Internet, telefonía o ambas.

Los proveedores de equipos están desarrollando equipos cada vez más competitivos y continúan mejorando el diseño exterior (dimensiones, peso y forma) para hacerlos más amigables al usuario.

Los terminales de usuario del proveedor ASCOM disponibles son:

3.6.4.1 APC-2000-DB

Es la versión de equipo para datos. Actúa como puente de los datos sobre la interfaz Ethernet y la red “Powerline”. Los datos pueden ser voz, video o tráfico proveniente de Internet.



Figura 3.19 Terminal de usuario APC-2000-DB ^[101]

Entre las características importantes del equipo se incluyen:

- Permite servicios “triple play”
- Fácil instalación (“plug&play”)
- No requiere configuración adicional por parte de los usuarios
- Encriptación de los datos transmitidos
- Provisión de soporte automático (DHCP)
- Administración remota (SNMP)

3.6.4.2 APC-2000-VB ^{VII}

Es la versión para manejo de voz. Además de soportar todas las funciones del equipo APC-2000-DB provee interfaz a los tradicionales puertos telefónicos analógicos (RJ11). Este dispositivo se ajusta mejor a despliegues donde la voz digital no es disponible y los usuarios terminales aún usan puntos de servicio analógicos.



Figura 3.20 Terminal de usuario APC-2000-VB ^[101]

Las características del equipo incluyen todas las mencionadas anteriormente para el APC-2000-DB y adicionalmente provee las siguientes funciones para el tratamiento de la voz.

^{VII} La versión anterior de este equipo corresponde a **APC-2000-VA**

- Posibilidad de escoger entre H323 o SIP
- Detección de voz
- Control de la generación de ruido

3.6.4.3 API-2000-GW

Su principal ventaja es la configuración dual, puede ser usado como repetidor entre el equipo de cabecera de bajo voltaje y los módems de usuario y adicionalmente puede actuar como equipo de cabecera para permitir el establecimiento de redes locales, a través de la red de distribución eléctrica de un edificio, una oficina o un establecimiento público.



Figura 3.21 Equipo repetidor API-2000-GW^[101]

Entre las características importantes del equipo se incluyen:

- Permite 32 conexiones simultáneas (esclavos).
- Posibilidad de manejo de 64 direcciones MAC.
- Alta sensibilidad del receptor para asegurar su cobertura.
- Fácil sistema que emplea el concepto de VLAN y servicios QoS.
- Consola de línea de comando industrializada como medio alternativo de configuración.
- Señalización BPL para minimizar los parámetros de configuración y mejorar la robustez del sistema.

3.6.5 INSTALACIÓN DE EQUIPOS

El proceso de instalación de los terminales de usuario es fácil, simplemente se conecta el equipo a la toma eléctrica sin cable adicional.

El computador necesita un interfaz de red Ethernet o USB y la usual configuración para acceder a servicios de Internet. El teléfono no requiere instalación especial.

Independientemente de la naturaleza heterogénea de la red eléctrica y la obsolescencia de ella, las soluciones han sido desarrolladas para superar problemas generales, incluyen nuevas funciones para facilitar el proceso de instalación (autoconfiguración), manuales de operación y asistencia del proveedor.

Nota: Si se produjera un corte en el suministro de energía eléctrica, el sistema BPL podría seguir operando; ya que si se cuenta con sistemas de respaldo de energía en el ISP, en la cabecera de red y en el lugar de servicio no existirá interrupción del servicio BPL.

3.6.6 SOLUCIONES AVANZADAS

El potencial que se obtiene con el establecimiento de redes locales en el hogar, permite optar por soluciones más avanzadas, que proporcionarán un bienestar directamente proporcional a la capacidad de equipar la red doméstica con interfaces BPL.

Hace algún tiempo que existen en el mercado tecnologías para el control de dispositivos eléctricos por el mismo enchufe que proporciona la energía. Los cuales están basados en el estándar X-10. Sin embargo, BPL se basa en este protocolo, pero sin muchas limitaciones, más comodidad y fácil instalación.

En el futuro, se espera que los electrodomésticos del hogar, al igual que otro tipo de aparatos eléctricos y electrónicos, pasen a formar parte de un todo, de forma que cada entidad sepa del estado del resto, y se comporte en consecuencia, estableciendo relaciones e incluso aprendiendo de las preferencias del dueño del hogar.

Algunas aplicaciones relativas al control de dispositivos en el hogar son:

- Seguridad: control de intrusos, accidentes.
- Ahorro energético: regulación lumínica, control de temperatura.
- Telegestión: alarmas técnicas, averías, etc.
- Programación horaria para riego, persianas, aire acondicionado.

3.7 SERVICIOS COMPLEMENTARIOS PARA LA EMPRESA ELÉCTRICA “QUITO” S.A. ^{[*],[105]}

3.7.1 INTRODUCCIÓN

La implementación de sistemas de comunicación con tecnología BPL, puede ser además el inicio para el despliegue de un sistema moderno de control de las redes de distribución eléctrica. Lo cual constituye ingresos y beneficios extras que favorecen a la apertura del mercado de esta tecnología.

En los últimos años, la Empresa Eléctrica “Quito” ha invertido en el desarrollo del proyecto de comunicaciones entre las subestaciones, equipos de conectividad de la red de datos e instalación de canales de fibra óptica. Por lo cual la definición de mayores aplicaciones añadidas al sistema BPL incrementará las posibilidades de crecimiento en infraestructura, como la empresa en su visión pretende.

Un sistema de telecontrol es un conjunto de equipos que permite a un operador remoto controlar el funcionamiento de un sistema.

Los sistemas de telecontrol de las redes eléctricas precisan controlar aspectos tales como los que se exponen a continuación, manteniendo la calidad y seguridad del suministro:

- Mantener un equilibrio constante entre la generación y una demanda permanentemente variable.
- Mantener las tensiones apropiadas para cada nivel de transmisión de la red, para no superar su capacidad, solventando problemas tales como el disparo de un generador, de un transformador, o de una o varias líneas, manteniendo las tensiones en cada nivel dentro de los límites fijados.
- El incremento de los intercambios de energía eléctrica entre compañías. Dichos intercambios que pueden exigir actuaciones en la red para evitar problemas de flujos paralelos de energía.

- La necesidad creciente del uso de un sistema que proporcione herramientas y bases de datos tanto para la operación como para el mantenimiento, planificación y todas las actividades relacionadas con el negocio.

3.7.2 APLICACIONES

Donde se instalan las redes, las empresas de servicio público pueden utilizar esta tecnología para mejorar las operaciones internamente a través de sistemas automatizados y de operación remota.

Estas aplicaciones se conocen como *servicios de energía cercanos al abonado* y están integrados dentro de los márgenes operativos del actual negocio de distribución energética. Incluyen: medición remota del contador del servicio eléctrico, facturación remota, gestión individual por parte del abonado del uso de la energía, automatización de la distribución y control del suministro de energía y luminarias.

3.7.3 DESCRIPCIÓN

El sistema se integra por un receptor principal instalado en la subestación de distribución, el que se comunica con productos AMR (Automatic Meter Remote) para empresas de suministro de energía eléctrica. Los medidores remotos podrían incorporarse en gran cantidad de puntos de acceso de la red, tales como medidores de electricidad o puntos de conexión de baja tensión del sistema BPL. La unidad AMR puede transmitir señales de tarificación y control por la red BPL como se hace con cualquier otra información.

Las ventajas de este sistema complementario a BPL incluyen disponer de información básica y de manera más frecuente, con lo que las empresas de servicio público pueden tomar mejores decisiones y proporcionar un mejor servicio a sus clientes sin tener que incurrir en el costo de instalación de una red sólo para la lectura de medidores.

3.7.4 REQUERIMIENTOS

La implementación de estos servicios requiere una infraestructura especialmente diseñada para funcionar y operar casi automáticamente bajo una gestión delegada en el usuario. Es decir se requiere de dispositivos electrónicos inteligentes de fijación dinámica de precios y dispositivos inteligentes de control del uso de la energía eléctrica, los que se incorporarían a la red BPL ya desplegada.

Los costos iniciales para el despliegue de estas aplicaciones son altos. Sin embargo, su implementación en las redes eléctricas de algunas empresas de servicio en Estados Unidos ha generado ahorros y utilidades.

3.8 IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO PILOTO ^[3]

Los proyectos tienen un ciclo de vida que implica un crecimiento gradual conforme se establecen las necesidades y se desarrollan las características potenciales de la tecnología a emplear. En la actualidad, la tecnología BPL no cuenta con proyectos comerciales dentro de nuestro país, por ello y debido a tratarse de una tecnología nueva para el medio, un proyecto comunicaciones BPL debe contar con etapas introductorias que fomenten su posterior crecimiento comercial.

La forma más utilizada por las empresas para indagar sobre el potencial de una tecnología son las pruebas de campo. En el caso específico de la tecnología BPL, existe información de la realización de pruebas de desempeño a lo largo del mundo, las cuales varían en su complejidad, duración, objetivos.

A continuación se describen las fases recomendadas para ejecutar un proyecto “Broadband over Powerline Communications”:

3.8.1 FASE I: ESTUDIO INICIAL

Caracterizado por las pruebas en laboratorio, en un ambiente controlado donde la empresa busca la familiarización con la tecnología, la evaluación de su desempeño en la red eléctrica y el establecimiento de los resultados que se espera obtener al final de las pruebas.

Técnicamente, esta fase se traduce en la caracterización de los parámetros de desempeño de la tecnología en la red eléctrica a emplearse. El conocimiento del desempeño de la red eléctrica permite estimar la cantidad de unidades adicionales que serán necesarias para las fases posteriores, tales como: repetidores, acopladores.

En esta primera fase, es posible emplear un kit de prueba ofertado por ASCOM, el que incluye 6 terminales de usuario, 1 equipo de cabecera y 1 repetidor.^{VIII}

El período de pruebas puede durar 3 meses y los resultados deben permitir calificar la calidad del enlace BPL, mediante la determinación de parámetros como:

- Continuidad, Impedancia (resistencia, aislamiento y capacitancia)
- Balance longitudinal de impedancias, desequilibrio resistivo
- Pérdidas de retorno, pérdidas por inserción
- NEXT (Near End Cross Talk)
- Niveles de humedad
- Atenuación a la frecuencia de operación
- Voltaje AC y DC inducido en la línea
- Ruido impulsivo
- Relación señal a ruido
- Medición de la velocidad máxima de transmisión
- Medición de la tasa de bit errados

^{VIII}

La Empresa Eléctrica “Quito” S.A. deberá contratar una empresa o adquirir equipo que permita realizar pruebas en las bandas de frecuencia empleadas por BPL. Ya que sólo de esta manera será posible conocer el potencial de las mismas y las políticas de mantenimiento que se deberán poner en práctica para mejorar su estado.

3.8.2 FASE II: PRUEBAS DE CAMPO LIMITADAS

En esta fase son realizadas las primeras pruebas de campo de pequeña escala con el objetivo de probar la tecnología en condiciones reales de utilización con un mayor número de usuarios.

Es importante medir las tasas de transmisión efectiva en los enlaces tanto de subida como de bajada, la estabilidad de funcionamiento de los equipos en los más diversos ambientes y el desempeño de la tecnología en las topologías de red más significativas encontradas en la red de distribución de la empresa eléctrica.

Adicionalmente, la instalación de equipos por parte del usuario permite identificar los servicios que la tecnología puede ofrecer y su potencial comercial, lo cual será indispensable para la elaboración de un modelo de negocio.

En esta etapa es posible emplear 1 transformador de media a baja tensión, con 5 usuarios. El período de tiempo para esta fase puede contemplar 5 meses.

Para un adecuado proceso de instalación de los equipos de la red BPL desplegada sobre la red eléctrica deben considerarse las siguientes subetapas:

3.8.2.1 Reconocimiento de la red eléctrica

Puesto que no se dispone de esquemas bifilares, es necesario un reconocimiento en campo de la red eléctrica con el objeto de identificar las fases en las diferentes áreas del centro y realizar un mapa de dicha red en el que basarse para realizar la instalación. En función de las dimensiones y las circunstancias de la zona de servicio, estas actividades pueden extenderse más o menos en el tiempo.

3.8.2.2 Instalación del módem de cabecera

El módem de cabecera debe instalarse estratégicamente, de forma que la señal inyectada en un sólo punto consiga conectividad en todo el centro.

Consideraciones adicionales tales como, su ubicación física en un lugar seguro y protegido son también importantes.

3.8.2.3 Comprobación de cobertura

A continuación, se verifica el grado de cobertura de la señal BPL en la red eléctrica de la zona, lo que permite comprobar la calidad de la transmisión en los diferentes puntos y la evaluación tanto de la necesidad de eventuales equipos repetidores y la posible ubicación de los mismos.

3.8.2.4 Realización de un diagrama de la red BPL

Una vez realizadas las pruebas pertinentes se procede a realizar un diagrama de la red BPL, con todos los datos sobre la ubicación del equipo de cabecera, los repetidores y los equipos de usuario.

3.8.2.5 Instalación de equipos

Finalmente, se procede a la instalación de los equipos en sus ubicaciones.

3.8.3 FASE III: PRUEBAS DE CAMPO DE LARGA ESCALA

Se caracteriza por la profundización en aspectos comerciales que puedan en futuro viabilizar un negocio. El mayor número de usuarios conectados permite que la empresa adquiera suficiente conocimiento sobre los aspectos logísticos, operacionales y comerciales. En esta fase se definen los requerimientos de instalación, mantenimiento y operación. Una instalación de 25 a 50 usuarios es suficiente para obtener los resultados esperados en esta etapa.

3.8.4 FASE IV: LEGALIZACIÓN Y PERMISOS

Es una etapa destinada a cumplir con requisitos que sin relacionarse al ámbito técnico, son un requisito indispensable previo a la prestación de los servicios que brindaría la red a implementar. Entre las actividades a desarrollar se incluyen la solicitud del título habilitante correspondiente al servicio que la empresa desee ofrecer, posibles asociaciones y convenios con empresas de comunicaciones para ingresar en el mercado a través de una asociación.

Adicionalmente, se debe trabajar en el diseño de un plan de control de impactos ambientales, con una descripción de todas y cada una de las medidas necesarias para prevenir, controlar y mitigar los impactos significativos y dar cumplimiento a la normativa ambiental vigente en el país.

3.8.5 FASE V: OPERACIÓN COMERCIAL

Corresponde a la fase de implementación y el lanzamiento de los servicios de comunicaciones en el mercado. Es el proceso de poner a punto la red, como estrategia se lo realiza por localización o aplicación. Se debe preparar el área física, instalaciones eléctricas y supervisar los detalles de los equipos BPL ya instalados.

3.8.6 FASE VI: MANTENIMIENTO Y EVALUACIÓN

Es necesario instalar una plataforma de gestión de la red BPL que monitoree permanentemente todos los componentes de la red, a más de permitir una rápida y sencilla manera de configuración remota de los recursos de dichos componentes. Esta plataforma deberá basarse en el protocolo de gestión SNMP, a más de ser capaz de integrarse al sistema de gestión general del “backbone”.

Capítulo 4

SITUACIÓN REGULATORIA ACTUAL

4.1 INTRODUCCIÓN [★]

En la actualidad, no existe un estándar internacional definido para la tecnología “Broadband over Power Line”. Los procesos de regulación se limitan a recomendaciones y normas a escala regional y nacional.

El capítulo siguiente tiene como objeto describir la situación regulatoria dentro de la cual se daría la posible introducción comercial de los servicios BPL en nuestro país. Para lo cual como una importante referencia, inicialmente se describe de manera breve el entorno, actividades y logros en otras regiones en lo referente a la normalización BPL. Finalmente, se analiza la normativa local vigente tanto para la introducción de nuevos operadores en el sector de telecomunicaciones como para la administración de las actividades del sector eléctrico ecuatoriano.

4.2 ORGANISMOS Y FOROS RELACIONADOS CON BPL [130] – [147]

Con el objeto de conocer la situación regulatoria actual relacionada con BPL, inicialmente se describe cuáles son los grupos de trabajo formados en las principales organizaciones de estandarización a nivel mundial, regional y local para el tratamiento de esta tecnología.

Este punto es un preámbulo que permite identificar cuáles son los aspectos en los que se está trabajando y el avance alcanzado en este proceso.

4.2.1 ORGANISMOS INTERNACIONALES DE NORMALIZACIÓN

Las organizaciones de normalización a nivel mundial que han formado grupos especiales de trabajo para el análisis de la tecnología BPL son:

4.2.1.1 Unión Internacional de Telecomunicaciones



UIT es el principal organismo encargado de la emisión de normas en lo referente a las tecnologías y servicios de telecomunicaciones.

Es una organización muy extensa y compleja, integrada por tres sectores de normalización, de los cuales dos están relacionados con BPL: **UIT-T**, el sector de estándares de telecomunicaciones y **UIT-R** el sector para el estudio de las radiocomunicaciones.

Los documentos de trabajo de estos grupos de estudio no están disponibles de manera pública, por lo cual a continuación sólo se describe sus actividades sin amplias menciones y de sus principales frentes de trabajo.

UIT-T Grupo de Estudio 5.- En- el año 2003, este grupo aprobó la Recomendación **K.60** sobre "Límites de emisión y métodos de prueba para redes de telecomunicaciones". En la cual se realiza una investigación sobre las demandas de radio interferencia y su alcance incluye redes de comunicaciones que usan las líneas eléctricas de baja tensión a frecuencias entre 9 kHz y 400 GHz. Además se describen procesos asociados a mediciones de interferencia, técnicas de mitigación y límites del campo de fuerza indicados en la siguiente tabla:

Tabla 4.1 Límites del campo de fuerza eléctrica designados por la Recomendación UIT K.60^[139]

Frequency Range (MHz)	Field Strength (dB μ V/m)		Measurement Distance	Measurement Bandwidth
	Peak	Quasi-Peak		
1 to 30	52 - 40 log (f)	40 - 20 log (f)	3 m	9 kHz
30 to 230	52 - 8.8 log (f)	40 - 8.8 log (f)	3 m	120 kHz
NOTES: f = frequency (MHz); below 30 MHz, 377 Ω impedance is assumed in estimating electric field strength from measured magnetic field strength; only the quasi-peak limit applies if background noise is too high for a peak measurement.				

UIT-R Grupo de Estudio 1.- Involucra dos subgrupos de trabajo: ingeniería del espectro y monitoreo. Ante este grupo se presentan estudios, análisis, consideraciones y mediciones de interferencia en laboratorio por parte de organizaciones involucradas en probar BPL. A su vez el grupo desarrolla recomendaciones con respecto a modelos de propagación de la señal, análisis y problemas que afectan a servicios de radio específicos.

UIT-R Grupo de Estudio 3.- Está integrado por los subgrupos de trabajo: 3J, 3K, 3L y 3M; quienes generan extensas discusiones sobre aspectos de propagación en los sistemas BPL, métodos posibles para estimar los niveles de radiación de la señal “powerline”, naturaleza y variabilidad de las características de la líneas de poder e interferencia de múltiples fuentes.

De sus estudios se desprende la necesidad de realizar medidas de campo eléctrico y magnético para definir la relación entre estos campos en el campo cercano. Además han sugerido un modelo para la estimación de radiación a través de la aplicación de la recomendación **UIT-R P.368** y el software GRWAVE para la evaluación de las ondas de propagación.

4.2.1.2 Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos



Esta organización ha integrado tres grupos especiales para el tratamiento de BPL:

IEEE P1901.- “Proyecto de estándar para redes BPL: Control de acceso al medio y especificaciones de la capa física”.

Está integrado por 30 miembros, cumple con una agenda de cuatro encuentros al año y cuyas actividades están programadas hasta el año 2007.

El proyecto ha iniciado con una investigación sobre la arquitectura de sistemas BPL, lo que permitirá el posterior establecimiento de las bases y componentes del estándar final. Las características principales del estándar ha definirse son:

- Manejo de velocidades de comunicación superiores a 100 Mbps y uso de frecuencias de transmisión menores a 100 MHz.
- Referencia específica a la capa física y subcapa de acceso al medio de la capa enlace como define el modelo de referencia OSI.

- Compatibilidad con toda clase de dispositivos BPL, incluyendo aquellos usados para la conexión de última milla (< 1500 m) y los equipos usados en el hogar para el establecimiento de redes LAN y distribución de datos (<100 m entre terminales).
- Definición detallada de mecanismos para la coexistencia e interoperabilidad entre diferentes equipos BPL y la posibilidad de prestar calidad de servicio.
- Compatibilidad con los límites de emisiones electromagnéticas establecidos por los organismos de regulación internacional para asegurar la coexistencia con los sistemas de telecomunicaciones e inalámbricos.
- Interoperabilidad con otros protocolos de red, tal como 802.1.

IEEE P1775.- Su ámbito incluye el análisis de compatibilidad electromagnética, pruebas y procesos de medición de emisiones en sistemas BPL. El propósito de este grupo es servir de enlace entre las regulaciones nacionales del espectro considerando además la posición de las empresas distribuidoras de energía eléctrica y otras partes interesadas.

Además permitirá identificar claramente las definiciones básicas aplicables a parámetros de emisión electromagnética de los equipos e instalaciones BPL. Tiene tres grupos de trabajo sobre: generalidades, emisiones e inmunidad.

IEEE P1675.- Su objetivo es proveer estándares adecuados para las pruebas y verificación de operación de los equipos BPL comúnmente usados. Además de establecer recomendaciones sobre métodos de instalación y seguridad que aseguren una adecuada aplicación.

4.2.1.3 Comité Internacional Especial sobre Perturbaciones Radioeléctricas (CISPR)

CISPR es un grupo no gubernamental establecido en el año de 1934 e integrado por varias organizaciones internacionales, cuyo objetivo es la protección de los servicios de radio y el control de la interferencia mediante la publicación de normas de operación.

El CISPR I, correspondiente al análisis de la compatibilidad electromagnética de los equipos de tecnologías de la información, multimedia y receptores ha formado un grupo especial de trabajo denominado **CISPR SC I WG 3 y WG 4**, los cuales está dedicados al establecimiento de un estándar que norme las emisiones e interferencia en los sistemas BPL.

Las actividades y estudios preliminares han encontrado que a través del estándar CISPR 22, el cual es la base de la norma EN 55022, es posible realizar una extensión para incluir terminales BPL. Para ello son necesarias algunas reformas, que incluyen la definición de una impedancia de estabilización de red conveniente que respete el comportamiento de la red al igual que de los dispositivos conectados. Para determinar la característica de tal impedancia es necesario disponer de una serie de información con respecto a la red de distribución eléctrica. Una evaluación puede ser posible de la conocida LCL Conversión Longitudinal de Perdida.

En la actualidad, un documento preliminar está disponible (CIS/I/89/CD), pero aún no existe un consenso general, por lo que el grupo de trabajo sigue mejorando la norma de manera conjunta con el instituto europeo CENELEC.

4.2.2 ORGANISMOS DE NORMALIZACIÓN A NIVEL EUROPEO

Existen varias organizaciones regionales que han formado grupos especiales de trabajo y análisis de la tecnología "Broadband over Power Line".

A continuación se describen de manera breve los principales grupos, sus objetivos y área de trabajo:

En Europa, el mayor desarrollo de pruebas de campo y despliegues comerciales de servicios que emplean BPL, ha contribuido a un interés generalizado por el establecimiento de una norma que regule el servicio.

Es así como en el año 2001, la Comisión Europea publicó el Mandato M313, en el que insta a las organizaciones de normalización de este continente (CEN, CENELEC y ETSI) a redactar un nuevo estándar sobre los niveles de emisión permitidos en cada una de las redes de telecomunicaciones, incluyendo BPL.

Con este objetivo se ha creado un grupo de trabajo conjunto, el que interactúa con el resto de organizaciones y cumple una secuencia de actividades como muestra la *Figura 4.1*:

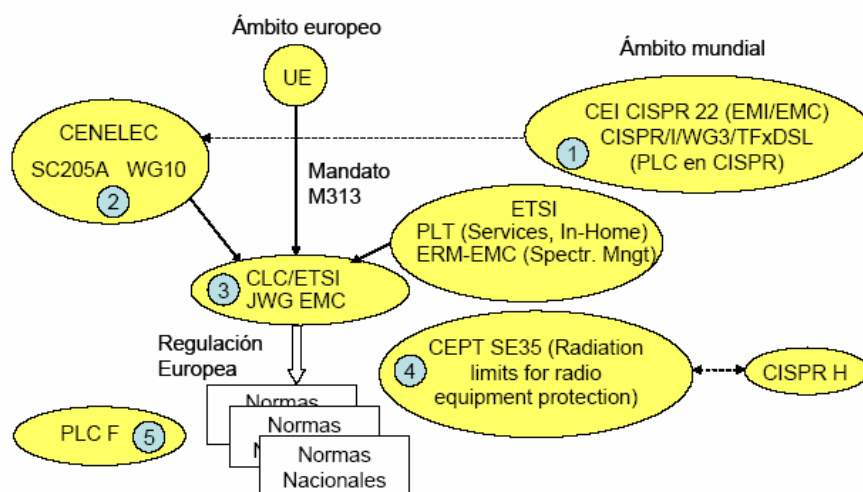


Figura 4.1 Proceso de regulación BPL en Europa ^[146]

4.2.2.1 Instituto Europeo de Estándares Técnicos



Es una organización integrada por 700 miembros de 56 países dentro y fuera de Europa, incluyendo fabricantes, operadores de red, administradores, proveedores de servicio y usuarios. Su misión es desarrollar estándares en el área de las tecnologías de información y comunicación incluyendo telecomunicaciones y radiodifusión.

En 1999, ETSI aprobó la creación de un proyecto llamado “European Project Powerline Telecommunications” (**EP-PLT**). El cual está conformado por 82 miembros de 43 compañías y cuyos principales objetivos son:

- Asegurar el desempeño de BPL como sistema de banda ancha y el servicio de distribución eléctrica funcionando de manera simultánea.
- Definir una asignación dinámica de frecuencia para la coexistencia entre los sistemas BPL de acceso y en el hogar.
- Determinar una especificación de arquitectura y protocolos para los sistemas BPL en el hogar.

Entre los grupos de estudio de este proyecto se destacan:

- **DTS/PLT-00020** Mecanismos de coexistencia para módems BPL.
Analiza los principales métodos para permitir la coexistencia y prevenir los problemas de interferencia entre los módems de los sistemas BPL, tanto para ambientes en el hogar como para acceso.
- **DTS/PLT-00019** Capa 1 y 2 en un sistema BPL
Involucra el análisis de los aspectos técnicos relacionados con la capa física y la subcapa de acceso al medio en los sistemas de comunicación que emplean la línea de poder para aplicaciones de acceso y en el hogar, incluyendo la interoperabilidad entre estas aplicaciones.
- **DTS/PLT-00007** Arquitectura en el hogar y protocolos
Estudia la definición de una arquitectura de referencia para los sistemas BPL en el hogar, incluyendo aspectos como la capa física y la subcapa de acceso al medio, mecanismos de calidad de servicio, interoperabilidad con redes de acceso y con tecnologías inalámbricas para los sistemas en el hogar.

Este comité técnico trabaja en estrecha relación con CENELEC, CISPR y PLC FORUM. Adicionalmente, de manera interna coordina sus iniciativas con el grupo

de trabajo **ETSI ERM**, encargado del proyecto del análisis de la compatibilidad electromagnética y el espectro radial

Para el año 2006, esta organización prevé la realización de pruebas en ambientes “indoor” y “outdoor”, así como el análisis de la transmisión de video de alta definición sobre estas redes.

4.2.2.2 Comité Europeo para la Estandarización Electrotécnica



Se fundó en 1973 como resultado de la agrupación de: CENELCOM y CENEL.

Es una organización no lucrativa, con sede en Bruselas e integrado por Comités Electrotécnicos Nacionales de 28 países europeos. Su trabajo está directamente relacionado con el crecimiento del mercado eléctrico, el desarrollo tecnológico y el establecimiento de garantías de seguridad para los usuarios del servicio.

Los comités de trabajo especiales del CENELEC relacionados con BPL son:

■ **CLC/TC 210**

Fue establecido con el objeto de estructurar un sistema que coordine las actividades de estandarización de compatibilidad electromagnética emprendidas por algunos comités. Su trabajo ha conducido al establecimiento de una estructura jerárquica con estándares genéricos y de productos.

■ **CENELEC SC205A**

Está integrado por 34 miembros de 8 países. Su objetivo es establecer estándares para los sistemas de comunicaciones que usan las líneas eléctricas como medio de transmisión y usan el rango de frecuencias entre 3 kHz a 30 MHz. Los estudios realizados por este grupo tienen relación directa con las regulaciones existentes para la operación de las redes eléctricas en condiciones normales (**EN 50065-1**). Incluyen métodos de medida de emisiones, perturbaciones en las bandas de baja frecuencia, coexistencia entre los sistemas internos y externos.

Los subgrupos de trabajo de este comité son:

- WG 02** Métodos de prueba y límites para inmunidad
- WG 04** Filtros y componentes asociados
- WG 09** Revisión del estándar EN 50065-1:1991
- WG 10** Estándares para líneas de poder a alta frecuencia

■ **TC 2005**

Sobre Sistemas Electrónicos en el Hogar y en los Edificios

La figura siguiente muestra los organismos europeos involucrados en la estandarización BPL y su campo de estudio en relación al modelo de referencia OSI.

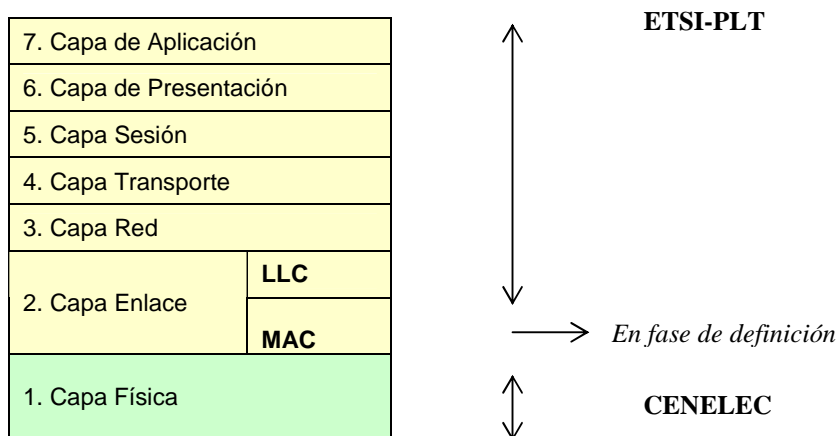


Figura 4.2 Ámbitos de regulación referente al modelo OSI en Europa ^[5]

4.2.3 ORGANISMOS DE NORMALIZACIÓN A NIVEL LATINOAMERICANO

La baja penetración de los servicios de telecomunicaciones, la necesidad de contar con redes neutrales y la topología de la red eléctrica de distribución, generalmente favorable hace de los países latinoamericanos un sector con potencial para el desarrollo de pruebas con sistemas y tecnología BPL.

Además, aunque el cable módem y el DSL están aumentando su penetración en estos mercados, la lentitud de su implementación y la falta de líneas disponibles han limitado el crecimiento de los usuarios de banda ancha, rezagando el desarrollo de las tecnologías de información en esta región.

Desde el año 2001, varias pruebas BPL han estado en proceso principalmente en Argentina, Brasil, Chile, México y Costa Rica. Sin embargo, el problema para la implementación de estos sistemas va más allá del ámbito técnico, ya que para los despliegues se requieren inversiones inicialmente grandes lo que en la mayoría de los países latinoamericanos es limitada.

De igual forma, es poco lo que se ha avanzado sobre normas y recomendaciones ante la posible implementación de servicios BP. Los principales casos son Brasil (APTEL), Chile (SUPTEL) y en el ámbito regional el CITEL.

4.2.3.1 Comisión Interamericana de Telecomunicaciones



Es el principal foro de telecomunicaciones en el hemisferio occidental, donde los gobiernos y el sector privado se reúnen para coordinar los esfuerzos regionales para desarrollar la Sociedad Global de la Información de acuerdo a los mandatos de la Asamblea General de la Organización de los Estados Americanos.

Para su organización y desarrollo está constituido por un Comité Ejecutivo Permanente, un Comité de Coordinación y dos Comités Consultivos, los que están integrados por todos los estados miembros que representan empresas y entidades privadas de telecomunicaciones, observadores permanentes y organismos regionales e internacionales.

El análisis de la tecnología BPL dentro de este organismo es reciente y está promovido principalmente por los Estados Unidos, quienes han abordado este tema de manera más amplia.

Es así como BPL formó parte de los puntos tratados en el Séptimo Encuentro del Comité Consultivo Permanente I del CITEI, referente a la Estandarización de Servicios de Telecomunicaciones, desarrollado en Septiembre del 2005 en la ciudad de Washington. En el cual un panel de expertos abordó el tema dando a conocer los principales aspectos económicos, comerciales y regulatorios sobre las comunicaciones de banda ancha sobre líneas eléctricas.

Finalmente, se sometió esta información al análisis por parte de un grupo especial de trabajo, cuyas conclusiones fueron las siguientes:

- BPL es una tecnología que permite brindar servicios de Internet de banda ancha en áreas que se encuentran sin servicio y la ampliación del índice de penetración en zonas que cuenten con el servicio por medio de otras tecnologías.
- Aspectos sobre el costo de esta tecnología y la inversión necesaria para alcanzar poblaciones sin servicio aún queda inconcluso. Debido a que es demasiado pronto para determinar si BPL es una solución económicamente efectiva.
- Se propone a los miembros del CITEI continuar monitoreando la evolución de BPL y volver a su estudio cuando haya madurado y los montos de inversión estén más claramente definidos.

4.2.4 EL ENTORNO EN ESTADOS UNIDOS

El desarrollo tecnológico y comercial de BPL en América del Norte ha sido menor al acelerado despliegue de esta tecnología en otras regiones del mundo, debido a la topología de la red eléctrica americana ¹ y el crecimiento mayor de otros servicios similares como el cable módem y DSL.

¹ **Capítulo 2.** Sección 2.3.2.1

Sin embargo, en los últimos años BPL ha formado parte del análisis de nuevos sistemas que emplean las líneas eléctricas de distribución de media tensión y adicionalmente ha recibido el soporte del gobierno americano para el fortalecimiento de su proceso de normalización.

Las instituciones que ha participado de manera más activa en este ámbito son la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) y la Administración Nacional de Telecomunicaciones e Información (NTIA), por lo que a continuación se describe su accionar.

4.2.4.1 Comisión Federal de Comunicaciones



Es una agencia independiente del gobierno que ha impulsado las garantías para que los sistemas BPL puedan trabajar y competir de manera transparente frente a otras tecnologías.

Para ello, en el año 2003, publicó un informe de investigación sobre la tecnología y sistemas BPL. El cual sometió a la consideración de otras organizaciones.

Posteriormente basada en extensos comentarios y recomendaciones FCC publica en el 2004 el reporte **FCC-04-245**, un informe que incluye reglas para la operación de BPL. El cual se caracteriza principalmente por:

- Establecer nuevos requerimientos administrativos para ayudar en la identificación de instalaciones BPL, por medio de la creación de una base de datos pública sobre sistemas BPL de acceso que facilite la resolución de problemas de interferencia.
- Mejorar los procesos de medida y monitoreo para asegurar las correctas evaluaciones de emisión de los sistemas BPL y otros sistemas de portadora de corriente.
- Establecer requerimientos técnicos para los equipos BPL, tales como la capacidad de anular frecuencias específicas, el control

remoto de niveles de potencia y apagado. Además determina es indispensable una autorización o certificación para los equipos BPL.

- Clasificar a los equipos BPL en dos categorías: Clase A, para los sistemas de acceso BPL que operan sobre las líneas de medio voltaje externas a los ambientes residenciales y Clase B, para los equipos usados en la ubicación del usuario ya sea para aplicaciones comerciales, negocios o industriales.
- Establecer bandas de frecuencia excluidas para el uso por parte de sistemas BPL, con el objetivo de proteger las comunicaciones aeronáuticas y servicios de operación sensible como radioastronomía.
- Promover el desarrollo de los sistemas BPL eliminando la incertidumbre de los operadores y fabricantes de equipos BPL sobre aspectos regulatorios, mientras se garantiza que otros servicios de comunicación no se vean afectados.

4.2.4.2 Administración Nacional de Telecomunicaciones e Información



NTIA ha emprendido un importante esfuerzo para el análisis de la tecnología BPL, incluyendo sus características de operación y potencial de interferencia y haciendo recomendaciones específicas a la FCC sobre políticas para alentar su implementación y el manejo de posibles interferencias.

NTIA reconoce la importancia de la tecnología BPL pero también la necesidad de asegurar que los servicios de radio autorizados no sufran problemas de interferencia con la operación de los sistemas que emplean las líneas de poder. Para ello ha desarrollado un extenso estudio técnico y análisis de la tecnología BPL, el cual consta de dos fases:

- **FASE I:** Reporte 04-413. 2004. “Interferencia potencial de los sistemas BPL sobre las radiocomunicaciones del gobierno federal en el rango de 1.7 a 80 MHz”.
Examina los riesgos de interferencia en las frecuencias cercanas a las usadas por los sistemas de acceso BPL y sugiere medidas para reducir estos riesgos y técnicas para mitigación de la interferencia local.

- **FASE II:** Se encuentra aún en desarrollo. NTIA está evaluado y direccionando la efectividad de las recomendaciones del reporte anterior sobre despliegues mayores de gran escala. Además provee los resultados de sus estudios sobre detalles de medición y códigos de identificación de transmisión.

4.2.5 FOROS Y GRUPOS ESPECIALES DE APOYO

De manera complementaria a las actividades de normalización desarrolladas por los organismos antes descritos, se han creado grupos particulares de promoción y apoyo a la tecnología BPL. Principalmente están integrados por miembros que participan activamente en el sector de las comunicaciones por línea de poder y empresas que lo comercializan.

El ámbito de estos foros puede ser nacional o regional y su misión ha sido importante en el impulso de la tecnología, por lo que en la *Tabla 4.2* se resumen sus características.

Tabla 4.2a Grupos especiales y foros sobre BPL










ORGANISMO	ÁMBITO	DESCRIPCIÓN	OBJETIVOS	ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA	ACTIVIDADES
 POWER LINE COMMUNICATIONS FORUM	Internacional	<p>Fue creado en Suiza en el año 2000 mediante la fusión de "International Powerline Telecommunications Forum" y "German Powerline Telecommunications Forum".</p> <p>Su misión es representar los intereses de fabricantes y otros organismos activos en el campo de BPL en todas sus vertientes.</p>	<p>Apoyar a los miembros en la creación de modelos comerciales y financieros apropiados.</p> <p>Contribuir al conocimiento y difusión de los potenciales de BPL.</p> <p>Crear estándares abiertos, de manera que los fabricantes trabajen con interfaces reconocidas y no existan dificultades de interoperabilidad entre equipos de distintos fabricantes.</p>	<p>Tiene 63 miembros, 48 regulares y 15 invitados permanentes. De ellos el 37% son empresas de servicios públicos, 42% son fabricantes y 21% son propietarios. Las actividades son llevadas por varios grupos de trabajo y bajo la responsabilidad de un panel principal.</p>	<p>Organizó la tercera conferencia mundial sobre BPL, desarrollada en la ciudad de Bruselas en diciembre del 2005. Los principales aspectos tratados fueron actual estado y perspectivas de esta tecnología y los más recientes para sistemas de acceso y en el hogar.</p>
 POWER LINE COMMUNICATIONS ASSOCIATION	Norteamérica	<p>Asociación creada en el 2001. Representa los intereses de las empresas distribuidoras de energía eléctrica interesadas en ofrecer comunicaciones por medio de la línea de poder.</p>	<p>Promover las comunicaciones de banda ancha sobre líneas de poder como un medio de comunicación de alta velocidad viable para la distribución de sus servicios en millones de hogares y negocios en Norteamérica.</p>	<p>Abarca a empresas que sirven a 9 millones de usuarios en Estados Unidos y sobre 27 millones a nivel mundial</p>	<p>Forma parte activa de foros y colabora con las pruebas piloto emprendidas por sus miembros.</p>
 UNITED POWER LINE COUNCIL	Norteamérica	<p>Fue creada en 1998. Es una alianza de las empresas de servicio público eléctrico y los proveedores de productos y soluciones BPL de Norteamérica.</p>	<p>Proveer amplia información sobre cuatro áreas estratégicas de BPL: oportunidades de negocio, defensa regulatoria y legislativa, operabilidad técnica y aplicaciones.</p>	<p>Incluye 77 compañías que están desarrollando pruebas de campo. Entre los miembros más destacados están: HomePlug Powerline Alliance, PLC Utilities Alliance, UPA.</p>	<p>Ha creado "The Power Line", una revista que reporta el desarrollo de negocios y regulaciones técnicas relacionadas con BPL.</p>
 UNIVERSAL POWERLINE ASSOCIATION	Internacional	<p>Es una asociación internacional formada por un grupo de compañías líderes en la tecnología BPL</p>	<p>Desarrollar productos certificados y compatibles con las especificaciones de los organismos internacionales de normalización.</p>	<p>Incluye entre sus miembros a las empresas Ambient Corporation, Ascom, Corinex Communications, DS2, Itochu, Sumitomo, Toyocomo</p>	<p>Los foros anuales de esta organización permiten difundir información sobre equipos y técnicas de transmisión.</p>
 HOMEPLUG POWERLINE ALLIANCE	Estados Unidos	<p>Es una organización enfocada en sistemas BPL "indoor". No contempla la separación de frecuencias para los sistemas BPL.</p>	<p>Crear especificaciones para los productos empleados en redes BPL "indoor".</p> <p>Promover la creación de normas para los sistemas "indoor".</p>	<p>Incluye 50 compañías líderes en la industria.</p>	<p>Actualmente trabaja en el estándar Homeplug AV, que contempla velocidades de 100 [Mbps] y la distribución de audio y video en el hogar.</p>

Tabla 4.2b Grupos especiales y foros sobre BPL

ORGANISMO	ÁMBITO	DESCRIPCIÓN	OBJETIVOS	ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA	ACTIVIDADES
 <p>POWER LINE COMMUNICATIONS UTILITIES ALLIANCE</p>	Europa	Fue establecida en Madrid, en el año 2002 y representa los intereses de las compañías eléctricas involucradas con BPL, frente a las comisiones internacionales, autoridades locales, proveedores de productos y el resto de organizaciones mundiales.	<p>Desarrollar una posición común ante los cuerpos nacionales y europeos de normalización.</p> <p>Incrementar el conocimiento sobre las aplicaciones y posibilidades de BPL para contribuir al desarrollo de la sociedad de información en Europa</p> <p>Apoyar el proceso de estandarización de BPL.</p>	<p>Esta integrado por compañías de 23 países, con más de 100 millones de usuarios.</p> <p>Desarrolla sus actividades por medio de tres grupos de trabajo: SRTF para regulación, APTF para promoción y OSTF para la creación de estándares abiertos</p>	<p>Ha desarrollado proyectos BPL incluyendo pruebas de campo masivas y entornos comerciales para proveer servicios de acceso.</p> <p>Elabora reportes de análisis del estado técnico de BPL y su impacto en el contexto europeo.</p>
 <p>OPEN PLC EUROPEAN RESEARCH ALLIANCE</p>	Europa	<p>Fue creado en el año 2004 por la Comunidad Europea.</p> <p>Es parte del Sexto Programa de Trabajo FP6 que impulsa el desarrollo de comunicaciones de banda ancha para todos y el fomento de las tecnologías y la sociedad de la información en Europa</p>	<p>Desarrollar estudios para el crecimiento y fortalecimiento de la tecnología BPL en Europa.</p> <p>Fomentar el mejoramiento de los sistemas BPL de baja y media tensión a través de la gestión de ancho de banda, cobertura y compatibilidad electromagnética.</p> <p>Promover soluciones óptimas que permitan facilidad de instalación y transparencia para la conexión con el "backbone".</p>	<p>Compuesto por 36 miembros (países europeos e Israel); entre ellos: empresas de servicio eléctrico, operadores de telecomunicaciones, fabricantes y universidades.</p> <p>Incluye 9 grupos de trabajo (infraestructura de red, sistemas BPL, servicios, estandarización y especificaciones para despliegues comerciales).</p>	<p>Ha provisto las bases para una estandarización europea, mejorar el funcionamiento de los terminales BPL e incrementar los despliegues comerciales.</p> <p>Trabaja en la creación de una base de mediciones EMC, prototipos certificados, estándar europeo de facto e integración con otras tecnologías (UMTS, WiFi).</p>
 <p>POWER LINE COMMUNICATIONS JAPÓN</p>	Japón	Es una alianza entre los promotores de la tecnología BPL en este país. Inició su trabajo en el año 2003.	Investigar las posibilidades y condiciones para la coexistencia de BPL y los sistemas de radio.	Integrada por 44 compañías, trabaja en conjunto con el Ministerio de Comunicaciones y Asuntos Internos de Japón.	Su acción promovió la introducción de un sistema de prueba para los sistemas BPL en Japón.
 <p>Asociación de Empresas Propietarias de Infraestructura y Sistemas Privados de Telecomunicaciones</p>	Brasil	Ha creado el Foro APTEL BRASIL PLC, para la permanente discusión y promoción del uso y aplicaciones de la tecnología BPL.	<p>Compartir información entre sus miembros.</p> <p>Estimular la implementación de normas sobre esta tecnología.</p> <p>Representar al sector PLC en las discusiones nacionales.</p>	Incluye fabricantes, concesionarios de energía eléctrica, proveedores de servicios, universidades y consultoras activas en la investigación de BPL.	Colabora con empresas que desarrollan pruebas, las mismas que son reportadas a organizaciones europeas (UTC, UPLC, PLCFORUM).

4.3 PRINCIPALES REGULACIONES Y NORMAS ^{[130] – [147]}

Como resultado del trabajo y estudio de los grupos y organizaciones antes descritas se han publicado varias recomendaciones y normas que regulan y direccionan la operación de los sistemas BPL.

4.3.1 NORMAS INTERNACIONALES

Las principales normas publicadas y cuyo carácter es internacional se resumen en la *Tabla 4.3*, las mismas que constituyen regulaciones generales para el control de emisiones en sistemas de bajo voltaje que operan en rangos de alta frecuencia.

En el caso de las especificaciones, éstas corresponden a la definición de una arquitectura base para los sistemas BPL y sus posibilidades de servicio, y han sido publicadas por el grupo “HomePlug Powerline Alliance”

4.3.2 NORMAS REGIONALES

Debido a que el mayor desarrollo tecnológico y comercial de BPL se ha concentrado en Europa, la mayoría de las normas existentes corresponden a publicaciones de organismos de esta región.

En resumen las principales recomendaciones y normas que rigen los servicios ofrecidos mediante la tecnología BPL en Europa se resumen en las *Tablas 4.4*.

Adicionalmente, algunos documentos que se han hecho públicos se detallan en los anexos correspondientes a este capítulo.

Tabla 4.3 Principales normas y especificaciones internacionales referentes a BPL

CÓDIGO	ORGANISMO	AÑO	PUNTO DE REGULACIÓN	DESCRIPCIÓN
GRUPO DE TRABAJO CLC/TC 210				
CISPR 18-3	CISPR	1986	Emisiones	Características de radio interferencia en líneas de poder y equipos de alto voltaje. Parte 3 Técnicas para minimizar la generación de ruido y análisis del comportamiento de las líneas de poder.
CISPR 16-1		1999	Interferencia	Especificaciones para perturbaciones de radio e inmunidad, aparatos de medida y métodos.
CISPR 22		1997	Emisiones	Marca las pruebas y métodos de medida para las emisiones radioeléctricas del equipamiento de las tecnologías de la información, características de perturbaciones en el margen de frecuencias comprendido entre los 9 kHz y los 400 GHz. La intención de esta normativa es establecer una uniformidad de criterios para niveles de perturbaciones radioeléctricas y estandarizar las condiciones de operatividad e interpretación de resultados en pruebas de campo.
CISPR 24		1997	Emisiones	Es un estándar complementario al CISPR 22. Especifica los niveles de inmunidad para las pruebas relacionadas con equipos usados en comunicaciones y que emplean el rango de frecuencia comprendido entre 0 y 400 GHz. Fue preparado por el subcomité G del CISPR.
IEC 61000-3-8		Comisión Internacional de Electrotecnia	1997	Frecuencia / Emisiones
ESPECIFICACIONES				
HomePlug 1.0	HomePlug Powerline Alliance	2001	Arquitectura y servicios	Abarca la capa física y la subcapa de acceso al medio del modelo de red, permitiendo la implementación de soluciones robustas de banda ancha (14 Mbps), servicios de audio, VoIP. Adicionalmente considera aspectos como calidad de servicio, seguridad y mitigación de interferencias.
HomePlug AV		2005	Arquitectura y servicios	AV es una nueva especificación que permite operar a 200 Mbps en redes que emplean líneas de poder diseñadas específicamente para cumplir con necesidades de servicios multimedia en el hogar. Las ventajas de este sistema incluyen el mayor ancho de banda (200 Mbps), servicios de audio, video y televisión de alta definición.

Tabla 4.4a Principales normas y publicaciones europeas referentes a BPL

CÓDIGO	ORGANISMO	AÑO	PUNTO DE REGULACIÓN	DESCRIPCIÓN
		GRUPO DE TRABAJO CLC/TC 210		
EN 55022	CENELEC	1998	Equipos / Interferencia	Información técnica sobre los equipos, características de interferencia, límites y métodos de medición de emisiones. Compatible con la Directiva 89/336/EC.
		GRUPO DE TRABAJO CLC/SC 205A		
EN 50065-1		2001	Frecuencia / Interferencia	Señalización en instalaciones eléctricas de bajo voltaje en el rango de 3 a 148.5 kHz. Parte 1 Requerimientos generales, bandas de frecuencia y perturbaciones electromagnéticas
EN 50065-4-2		2001	Equipos / Seguridad	Señalización en instalaciones eléctricas de bajo voltaje en el rango de 3 a 148.5 kHz y 1.6 a 30 MHz. Parte 4.2 Filtros acopladores de bajo voltaje y requerimientos de seguridad
EN 50065-4-3		2003	Equipos	Señalización en instalaciones eléctricas de bajo voltaje en el rango de 3 a 148.5 kHz. Parte 4.3 Filtros acopladores de bajo voltaje y filtros de entrada
EN 50065-4-4		2003	Equipos	Señalización en instalaciones eléctricas de bajo voltaje en el rango de 3 a 148.5 kHz. Parte 4.4 Filtros acopladores de bajo voltaje y filtros de impedancia
EN 50065-4-5		2003	Equipos	Señalización en instalaciones eléctricas de bajo voltaje en el rango de 3 a 148.5 kHz. Parte 4.5 Filtros acopladores de bajo voltaje y filtros segmentadores.
EN 50065-4-6		2004	Equipos	Señalización en instalaciones eléctricas de bajo voltaje en el rango de 3 a 148.5 kHz. Parte 4.6 Filtros acopladores de bajo voltaje y de fase.
EN 50065-4-7		2005	Equipos / Seguridad	Señalización en instalaciones eléctricas de bajo voltaje en el rango de 3 a 148.5 Khz y 1.6 a 30 MHz. Parte 4.7 Filtros acopladores de bajo voltaje. Requerimientos de seguridad.
EN 50065-2-1		2003	Equipos	Señalización en instalaciones eléctricas de bajo voltaje en el rango de 3 a 148.5 kHz. Parte 2.1 Requerimientos de inmunidad para equipos y sistemas de comunicación operando en el rango de 95 a 148.5 kHz proyectado a ambientes residenciales, comerciales e
EN 50065-2-2		2003	Equipos	Señalización en instalaciones eléctricas de bajo voltaje en el rango de 3 a 148.5 kHz. Parte 2.2 Requerimientos de inmunidad para equipos y sistemas de comunicación operando en el rango de 95 a 148.5 kHz proyectado a entornos industriales. Compatible con
EN 50065-2-3		2003	Equipos	Señalización en instalaciones eléctricas de bajo voltaje en el rango de 3 a 148.5 kHz. Parte 2.3 Requerimientos de inmunidad para equipos y sistemas de comunicación operando en el rango de 3 a 95 kHz proyectado a los proveedores y distribuidores eléctrico
EN 50412-2-1		2005	Equipos / Interferencia	Aparatos y sistemas para comunicaciones por línea de poder usados en instalaciones de bajo voltaje en el rango de frecuencia de 1.6 a 30 MHz. Parte 2.1 Requerimientos de inmunidad. Ambientes residenciales, comerciales e industriales. Compatible con 89/336

Tabla 4.4b Principales normas y publicaciones europeas referentes a BPL

CÓDIGO	ORGANISMO	AÑO	PUNTO DE REGULACIÓN	DESCRIPCIÓN
PROYECTOS DE NORMALIZACIÓN				
prES 59013	CENELEC	2000	Interferencia	Este proyecto incluye las especificaciones para los límites de radiación que han sido definidos para proteger los servicios de radio contra la interferencia proveniente de los sistemas BPL. Estos límites son 50 dB(µV/m) en el rango de 1.6 a 30 MHz, medido
prTR 50412-1		2000	Equipos	Aparatos y sistemas para comunicaciones por línea poder usados en instalaciones de bajo voltaje en el rango de 1.6 a 30 MHz. Parte 1 Especificaciones generales.
prEN 50412-2-2		2000	Equipos / Interferencia	Aparatos y sistemas para comunicaciones por línea de poder usados en instalaciones de bajo voltaje en el rango de frecuencia de 1.6 a 30 MHz. Parte 2.2 Requerimientos de inmunidad. Ambientes residenciales, comerciales e industriales.
prEN 50412-2-3		2000	Equipos	Aparatos y sistemas para comunicaciones por línea de poder usados en instalaciones de bajo voltaje en el rango de frecuencia de 1.6 a 30 MHz. Parte 2.3 Filtros acopladores de bajo voltaje. Especificaciones genéricas
prTS 59013		2001	Frecuencia	Coexistencia entre los sistemas de comunicación por línea de poder (de acceso y en el hogar).
GRUPO DE TRABAJO ETSI PLT				
TS 101 867	ETSI	2000	Frecuencia	Se refiere a sistemas BPL de primera generación. Asigna a los sistemas de acceso BPL la banda de 1,6 MHz a 10 MHz y a los sistemas BPL domésticos la banda de 10 MHz a 30 MHz.
TS 101 896		2001	Arquitectura	Modelo de referencia de la arquitectura de red para los sistemas BPL. Además define interfases BPL para entornos externos e internos.
TR 102 258		2001	Emisiones	Revisión y análisis estadístico de sistemas BPL. Considerando sistemas en diferentes países, operadores, topologías de red de distribución y tipos de ambiente de operación.
TR 102 259		2003	Emisiones	Revisión de emisiones electromagnéticas en sistemas BPL y análisis estadístico. Toma en cuenta aspectos como variaciones de fase, topologías diferentes, ambientes residenciales, industriales, redes locales.
TR 102 269		2003	Arquitectura	Análisis de nodos.
TR 102 270		2003	Emisiones	Redes básicas de distribución de bajo voltaje (LVDN) y sus métodos de medición y control.
TR 102 175		2002	Emisiones	Métodos de medida y caracterización del canal BPL.
TR 102 049		2005	Equipos	Calidad de servicio y requerimientos para los sistemas en el hogar.
TR 102 494		2005	Equipos	Requerimientos técnicos para los módems empleados en el sistema "indoor".

Tabla 4.4c Principales normas y publicaciones europeas referentes a BPL

CÓDIGO	ORGANISMO	AÑO	PUNTO DE REGULACIÓN	DESCRIPCIÓN
		ADMINISTRACIÓN DEL SERVICIO Y CONDICIONES DE LA RED ELÉCTRICA		
Mandato CE M313	Comunidad Europea / Parlamento Europeo	2001	Administración	Promueve la armonización de los sistemas BPL con el resto de sistemas de comunicación e insta al desarrollo de una regulación común para los sistemas de telecomunicaciones.
Directiva 73/23/CEE		1973	Medio eléctrico	Determina los objetivos o "exigencias esenciales" de seguridad aplicables al material eléctrico destinado a emplearse a una tensión nominal entre 50 y 1.000 V para corriente alterna y entre 75 y 1.500 V para corriente continua.
Directive 83/189/CEE		1983	Administración	Promueve la implantación de un sistema de información y consulta mutua entre los Estados miembros y la Comisión Europea para permitir modificar cualquier proyecto de norma o reglamento antes de su adopción.
Directiva 89/336/CEE		1989	Equipos	Establece los lineamientos básicos que deben seguir los equipos BPL.
Directiva 1996/92/CEE		1996	Servicio eléctrico	Muestra las reglas comunes del mercado interior de la electricidad europea, regulando su generación), la transmisión y la distribución dentro de los países de la Comunidad Europea.
Directiva 93/68/CEE		1993	Medio eléctrico	La utilización de medio eléctrico para el desarrollo de sistemas de comunicación y su influencia en el sector eléctrico.
Directiva 2002/19/CEE		2002	Acceso	Se refiere a la interconexión de las redes BPL y las facilidades asociadas.
Directiva 2002/20/CEE		2002	Servicio	Corresponde a la autorización para el desarrollo de las comunicaciones sobre redes eléctricas y sus servicios.
Directiva 2002/21/CEE		2002	Servicio	Reconoce el uso de las líneas eléctricas como redes de comunicaciones.
Directiva 2002/22/CEE		2002	Servicio	Corresponde a una directiva sobre el servicio universal y los derechos de usuario y la integridad en sistemas con tecnología BPL.
Directiva 2003/54/CEE		2003	Administración	Reglas para mercado interno eléctrico y para mantener cuentas separadas para las actividades de comunicaciones de la empresa pública y evitar la discriminación, subsidios cruzados y distorsión de la competencia.
		GRUPO EUROPEO DE TRABAJO COMÚN		
COCOM 04-59	CLC/ETSI/JWG	2002	Administración / Inerferencia	Asegura la transparente, proporcionada y no discriminatorias condiciones para el desarrollo de los sistemas de comunicación sobre líneas de poder. Es un complemento de la Directiva 89/336/EEC. Define un modelo de control que permita que las situaciones de

Observaciones:

- En Europa, para que una compañía ingrese en el mercado de comunicaciones empleando tecnología BPL, necesita comprobar que sus productos cumplen con las directivas vigentes, las cuales han sido adoptadas íntegramente por más de 15 países miembros de la Comunidad Europea.

- Con relación a los aspectos de seguridad e inmunidad de interferencias electromagnéticas externas, el escenario actual en Europa no prevé ningún tratamiento específico para los equipos BPL. La principal referencia es la norma EN 55022 en sus diferentes versiones.

- Para el despliegue comercial de la tecnología BPL en esta región, las compañías de distribución eléctrica deben cumplir una serie de requisitos. Entre ellos: la separación de forma jurídica y contable de las actividades relativas al despliegue y comercialización de tecnología BPL del negocio de energía eléctrica y también garantizar la no alteración del normal suministro del servicio eléctrico.

4.3.3 NORMAS LOCALES

Son limitados los casos de países que han analizado y adecuado su reglamentación local para el control e introducción de servicios inherentes a BPL, las principales publicaciones son las siguientes:

Tabla 4.5 Principales normas y publicaciones locales referentes a BPL

CÓDIGO	ORGANISMO	AÑO	PUNTO DE REGULACIÓN	DESCRIPCIÓN
MPT 1520	Agencia de Radiocomunicaciones ¹	1989	Emisiones	Límites y medidas para la radiación electromagnética en sistemas cableados de distribución que operan entre 300 kHz y 30 MHz. Define el límite de interferencia permitido a 10 m de distancia para estos sistemas en 20 dB(μ V/m).
FCC 04-245	FCC	2004	Equipos/ Frecuencia/ Emisiones	Sus lineamientos definen que los equipos deben ser capaces de mitigar emisiones, las operaciones BPL son restringidas a ciertas frecuencias y la necesidad de establecer una base de datos de sistemas BPL. Afirman que la probabilidad de problemas de interferencia proveniente de los sistemas BPL es controlable.
DLG G.U N°214	"Autorità per le Garanzie nelle Comunicazione" (Italia)	2003	Servicio	Nuevo Código de las Comunicaciones Eléctricas. Consiste en una autorización general que habilita al operador de servicios eléctricos para la prestación de servicios de comunicación.
RESOLUCIÓN N°683	Subsecretaría de Telecomunicaciones (Chile)	2003	Servicio	Resolución sobre el servicio de transmisión de datos a través de la red eléctrica. Con la publicación de este documento se autoriza a la empresa de servicios eléctricos para participar en el mercado de telecomunicaciones, como operadora BPL. Para lo cual debe solicitar la concesión de la utilización de su red eléctrica como un portador de portadores y debe informar sobre sus parámetros de operación.

Observaciones:

- La norma establecida por la **FCC** ha establecido un límite de emisión de 30 μ V/m para emisiones provenientes de un sistema BPL a una distancia de 30 metros. Esta norma ha sido empleada por varios años en sistemas que emplean la línea de poder instalados en Estados Unidos y Canadá. La experiencia obtenida garantiza la aplicabilidad de la norma como modelo para una reglamentación global de sistemas BPL.

¹ Es una organización británica que dejó de existir en el año 2003, para convertirse en parte de OFCOM ("Office of Communications"), el nuevo regulador del sector en Inglaterra.

4.4 MARGO REGULATORIO EN EL ECUADOR ^{[148] – [150]}

En el Ecuador, no existe ninguna ley, reglamento o norma que regule los servicios “**Broadband over Power Line**” u otras tecnologías similares. Por lo cual para conocer las condiciones en las que podría darse la posible implementación de los servicios inherentes a BPL, se analiza la normativa nacional vigente en lo relativo al sector eléctrico y de las telecomunicaciones.

4.4.1 INSTRUMENTOS LEGALES - SECTOR DE TELECOMUNICACIONES

La evolución que en el aspecto legal y reglamentario ha experimentado el sector de las telecomunicaciones se ha visto reflejado en los diferentes cuerpos legales que rigen actualmente a la sociedad ecuatoriana.

Mediante un análisis preliminar y en base al criterio del ente regulador encargado de la ejecución de la política de telecomunicaciones en el país, la SENATEL, se han seleccionado las normas relacionadas con el posible despliegue de la tecnología BPL, los cuales en orden de prevalencia son los siguientes:

Tabla 4.6 Instrumentos legales sector de telecomunicaciones en relación a BPL

INSTRUMENTO	AÑO	REGISTRO OFICIAL N°
<u>LEYES</u>		
Ley Especial de Telecomunicaciones No.184	1992	0996
Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones No. 94	1995	0832
Ley para la Transformación Económica del Ecuador	2000	0034
<u>REGLAMENTOS</u>		
Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada	2001	0404
<u>INSTRUMENTO</u>		
Reglamento para otorgar concesiones de los Servicios de Telecomunicaciones	2001	469-19-CONATEL-2001
Reglamento para la Prestación de los Servicios Portadores	2001	388-14-CONATEL-2001
Reglamento Para la Prestación de los Servicios de Valor Agregado	2002	071-03-CONATEL-2002
Reglamento para Homologación de Equipos Terminales de Telecomunicaciones	2005	72-02-CONATEL- 2005
<u>NORMAS</u>		
Requisitos Técnicos y Especificaciones de Calidad para la Prestación de Servicios Portadores de Telecomunicaciones	2002	282-11-CONATEL-2002

4.4.2 CONDICIONES DE BPL EN RELACIÓN A LA NORMATIVA DEL SECTOR DE TELECOMUNICACIONES

Para conocer las limitantes y oportunidades que tendrían los servicios del sistema BPL propuesto en este proyecto, se han analizado los principales instrumentos de la normativa del sector de las telecomunicaciones en el país. De lo que se desprende que no existen artículos que prohíban la prestación de servicios de comunicación por medio de tecnologías alternativas, como lo es el uso de los cables eléctricos de baja y media tensión.

A continuación se destacan los puntos más relevantes cada instrumento legal:

4.4.2.1 Ley Especial de Telecomunicaciones y sus reformas

En el Ecuador, se constituye en el instrumento legal más importante para regir el sector de las telecomunicaciones, de acuerdo a como establece su **Artículo 1**:

“Su ámbito es nacional y prevalece sobre otros instrumentos legales. Tiene por objeto normar en el territorio nacional la instalación, operación, utilización y desarrollo de toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, imágenes, sonidos e información de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos y otros sistemas electromagnéticos”.

El contenido de esta ley tiene relación directa con el ámbito administrativo y organizativo de los servicios de telecomunicaciones, por lo que no describe ni regula servicios específicos, sino más bien designa al Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), como el ente facultado para establecer reglamentos técnicos que normen los servicios existentes en el país.

Por lo tanto, no existen artículos relacionados de manera directa con tecnologías similares al caso BPL, pues la normativa ecuatoriana referente al ámbito de telecomunicaciones regula servicios de telecomunicaciones y no tecnologías, los mismos que de acuerdo al **Artículo 8** se los clasifican en:

“Servicios finales.- Aquellos servicios de telecomunicaciones que proporcionan la capacidad completa para la comunicación entre usuarios, incluidas las funciones del equipo terminal y que generalmente requieren elementos de conmutación.

Servicios portadores.- Son los servicios de telecomunicación que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación de red definidos.”

El grupo al que correspondan los servicios BPL, depende de manera directa del tipo de aplicaciones que se deseen ofrecer al usuario por parte de la comercializadora encargada, como se describe en secciones siguientes.

En lo referente a la posibilidad de que una empresa BPL ingrese en el mercado como operador de telecomunicaciones, este mismo artículo permite la apertura del mercado:

“se faculta al ente de de regulación de las Telecomunicaciones en el país para autorizar que más de una empresa explote los servicios equivalentes, con el objeto de promover la competencia, mejorar la eficiencia de la explotación y establecer la obligatoriedad de la interconexión de las redes”.

Con relación a la protección de los sistemas de telecomunicación contra las posibles interferencias provenientes de las redes eléctricas, es necesario mencionar el **Artículo 17**:

“INECEL, las Empresas Eléctricas y cualquier otra persona natural o jurídica que establezcan líneas de transmisión o de distribución de energía eléctrica o instalaciones radioeléctricas de cualquier tipo, están obligadas a evitar, a su costo, cualquier interferencia que pudiera producirse por efecto de dichas instalaciones sobre el sistema de telecomunicaciones, ya sea adoptando normas apropiadas para el trazado y construcción de las mismas o instalando los implementos o equipos necesarios para el efecto.”

Lo cual obliga, como es natural a los sistemas BPL a mantener un control de las radiaciones que puedan afectar a otros sistemas de comunicación. Sin embargo, este aspecto no constituye un problema, debido a que los productos que emplean esta tecnología y que actualmente se comercializan cumplen con normas y mecanismos de uso mínimo de potencia como lo establecen recomendaciones internacionales.

4.4.2.2 Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones

Este reglamento establece las normas y procedimientos generales para la prestación de los servicios de telecomunicaciones en el país.

De igual forma que para el caso de la ley antes mencionada, no existen artículos que limiten la implementación de sistemas con tecnología BPL o similares, por lo que definiremos a continuación cuales son los lineamientos generales que se establecen para la habilitación de un nuevo operador de servicios de telecomunicaciones.

Para la prestación de un servicio final o portador a través de una red, ésta deberá ser pública y no privada como se establece en el **Artículo 13** de este reglamento:

“Toda red de la que dependa la prestación de un servicio final o portador será considerada una red pública de telecomunicaciones.”

“Las redes públicas de telecomunicaciones tenderán a un diseño de red abierta, esto es que no tengan protocolos ni especificaciones de tipo propietario, de tal forma que se permita la interconexión y conexión, y cumplan con los planes técnicos fundamentales emitidos por el CONATEL.”

Por lo cual, si el sistema BPL propuesto requiere emplear tramos que forman parte del Sistema de Comunicaciones entre Subestaciones de la Empresa Eléctrica “Quito”, se deberá obtener un permiso que autorice el uso de estas instalaciones como parte de un servicio portador y no como red privada.

Adicionalmente, en este artículo se define la necesidad de un título habilitante por parte del concesionario de servicios de telecomunicaciones para su operación.

Los títulos habilitantes varían de acuerdo al tipo de servicio que se presta, como muestra la tabla siguiente:

Tabla 4.7 *Títulos habilitantes por servicios en Ecuador*

SERVICIO	TÍTULO HABILITANTE	DEFINICIÓN	FUENTE
Prestación de servicios públicos, servicios al público, portadores de telecomunicaciones y utilización de frecuencias del espectro radioeléctrico	CONCESIÓN	<i>"La concesión es la delegación del Estado para la instalación, prestación y explotación de los servicios a los cuales se refiere la ley; así como para el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, mediante la suscripción de un contrato autorizado por el CONATEL y ejecutado por el Secretario Nacional de Telecomunicaciones, con una persona natural o jurídica domiciliada en el Ecuador."</i>	Art. 72
Prestación de servicios de valor agregado y operación de redes privadas	PERMISO	<i>"El permiso es un título habilitante mediante el cual la Secretaría, previa decisión del CONATEL, autoriza a una persona natural o jurídica para operar una red privada o prestar servicios de valor agregado"</i>	Art. 78

Una vez que la empresa proveedora de servicio ha legalizado su operación debe garantizar su funcionamiento integro, se prohíben en este reglamento mediante el **Artículo 71** los subsidios cruzados:

"Todo poseedor de un título habilitante que preste varios servicios de telecomunicaciones estará obligado a prestarlos como negocios independientes y, en consecuencia, a llevar contabilidades separadas. Quedan prohibidos los subsidios cruzados."

En lo referente a equipos y terminales de usuario de una red de comunicaciones es importante considerar la necesidad de homologación para la posible operación de los mismos, como define el **Artículo 146**:

“Los equipos terminales de telecomunicaciones usados dentro del país, deberán estar homologados y normalizados, para promover el desarrollo armónico de los servicios de telecomunicaciones”.

En el país no se permite el uso de terminales que no aprueben el proceso de homologación o que sean incompatibles con el Plan Nacional de Redes de Telecomunicaciones, o el uso del espectro radioeléctrico.

4.4.2.3 Reglamento para otorgar concesiones de los Servicios de Telecomunicaciones

Este reglamento mantiene relación directa con el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones. De manera general ratifica, que el otorgamiento de concesiones para la prestación de los servicios de telecomunicaciones deberá estar dirigido a fomentar la libre competencia y mercados competitivos, así como ha propiciar el funcionamiento ordenado en el sector y la protección del interés público, de los inversionistas y otros participantes del sector.

4.4.2.4 Reglamento para homologación de equipos terminales de Telecomunicaciones

El proceso de homologación de un equipo corresponde a la verificación técnica del mismo para garantizar su adecuado funcionamiento en una red y prestar un servicio. El objetivo de este reglamento definido en su **Artículo 1** es el siguiente:

“El presente reglamento establece las condiciones que deben cumplir los equipos de telecomunicaciones, a efecto de prevenir daños a las redes de telecomunicaciones; evitar la perturbación técnica a los servicios de telecomunicaciones o su deterioro; evitar la interferencia perjudicial en el espectro radioeléctrico y asegurar la compatibilidad con otros usos.”

Pese al amplio objetivo de este reglamento, su ámbito de aplicación es limitado como lo define en su **Artículo 2**, pues se aplica sólo a equipos que hacen uso del espectro radioeléctrico y que corresponde a sistemas de radiocomunicación.

“La aplicación del presente reglamento comprende a los equipos (clase, marca y modelo) de telecomunicaciones que hacen uso del espectro radioeléctrico y que correspondan a sistemas de radiocomunicación, respecto del uso adecuado de equipos de telecomunicaciones para prevenir daños a las redes en que se conecten, evitar interferencias con otros servicios y garantizar la calidad en la prestación de los servicios de telecomunicaciones.

El CONATEL podrá aprobar la inclusión en el presente reglamento de nuevos equipos (clase, marca y modelo) de telecomunicaciones, previo informe sustentado por la SNT y la SUPTEL.”

La tecnología BPL no corresponde a un sistema de radiocomunicación ni tampoco al uso del espectro radioeléctrico, por lo cual estaría al margen de este reglamento.

Pese a ello, el aspecto de homologación no es un inconveniente, ya que el CONATEL ha ratificado el uso de normas internacionales de organismos reconocidos como UIT, FCC y ETSI en el caso de no disponer de una reglamentación nacional específica. Como se analizó anteriormente, estos organismos han dictado normas generales, mismas que los equipos sugeridos para el diseño de este proyecto si cumplen.

4.4.3 CRITERIO DE LOS ORGANISMOS DE REGULACIÓN NACIONAL

4.4.3.1 Secretaría Nacional de Telecomunicaciones

A través de la consulta directa con personal de la Dirección General de Gestión de Servicios de Telecomunicaciones de la SENATEL, fue posible conocer los siguientes criterios generales sobre el sistema BPL planteado en este proyecto:

- No existe impedimento legal que le obligue a la SENATEL a no proveer un título habilitante sea concesión o permiso a una empresa de servicio eléctrico que desee incursionar en el campo de las telecomunicaciones, ya que en nuestro país los permisos se otorgan por servicios y no por tecnología empleada.
Los requerimientos que exige la ley para la posible prestación de servicios a través de BPL no van más allá que los mismos que requieren otras compañías de telecomunicaciones en el país.
- Una muestra de la imparcialidad para el otorgamiento de títulos habilitantes es la concesión otorgada por la SENATEL a TRANSELECTRIC como operador de servicio portado.
- Una opción favorable para que la EEQ S.A. aproveche la infraestructura de su red de distribución eléctrica es la asociación con un proveedor del servicio portador. El mismo que ya disponga de una licencia y registre la red eléctrica como un tramo adicional de su sistema portador. Esta opción es factible sin mayores inconvenientes y agiliza el proceso y costo por permisos de operación.
- Si para la implementación del proyecto, es necesario emplear la infraestructura de la red privada de fibra óptica que enlaza las subestaciones de la EEQ, se debe previamente obtener una licencia de servicio portador. Debido a que la licencia de red privada no permite emplear los medios de comunicación para servicio público; pero en el caso contrario la red de servicio portador si puede emplearse para transmitir señales de control internas.
- El sistema BPL no es un sistema radioeléctrico, por lo cual la banda de frecuencia que emplea para transmitir las señales a través del cable eléctrico no requiere regulación. Es necesario destacar que las bandas empleadas para usar el espectro radioeléctrico y para

transmitir por medio de un cable no corresponden ni a tecnologías ni a servicios iguales.

- Cuando el sistema BPL, luego de obtener las licencias adecuadas entra en operación debe estar sometido a las pruebas y controles desarrolladas por la SUPTEL. En el caso de que se detectarán interferencias entre el servicio primario (banda ciudadana) y secundario (BPL), la licencia del segundo queda anulada de manera definitiva. Para ello es necesario garantizar los modelos de modulación, encriptación y transmisión adecuadas que permitan evitar problemas de funcionamiento entre los distintos servicios.
- La homologación de equipos es un aspecto que maneja de manera directa la SUPTEL y se rige por el reglamento respectivo. Sin embargo, de manera general no se requerirá este documento para equipos BPL, tal como ocurre actualmente con tecnologías como cable módem y DSL, ya que no hacen uso del espectro radioeléctrico.

4.4.3.2 Consejo Nacional de Telecomunicaciones

A continuación, se expone el criterio de la Asesoría del Consejo Nacional de Telecomunicaciones sobre la regulación BPL:

- No existe una normativa nacional que regule de manera específica las comunicaciones por línea de poder, por lo cual para la implementación de estos servicios en un camino inicial se debe regular con los reglamentos actuales aplicables a servicios de valor agregado o portador de acuerdo a las aplicaciones que decida ofrecer el proveedor.

- El CONATEL analizó anteriormente la posibilidad de integrar el tema de la prestación de servicios rurales por medio de tecnología BPL, como un punto de la Agenda Nacional de Conectividad. Sin embargo, no se concretó la realización de un estudio ni se continuó con este trabajo.
- Existe una propuesta a nivel regional sobre la posibilidad de establecer una normativa para los servicios BPL, por medio de una regulación de infraestructura compartida.
- De manera conjunta 8 países americanos, incluido Ecuador han sugerido el tratamiento de BPL dentro del temario preparatorio para la Comisión Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones, a realizarse en marzo del 2006. Los aspectos primordiales ha ser tratados serían las licencias que requieren este tipo de servicios, calidad de los medios conductores eléctricos y la interferencia perjudicial que esta tecnología puede causar a otros servicios de telecomunicaciones.
- Adicionalmente, el Comité Consultivo Permanente del CITEL ha recomendado a la UIT Sector de Desarrollo que profundice el estudio sobre BPL, difunda directrices, organice cursos, simposios, y reuniones de intercambio de información.

De la información anterior se desprende que los servicios BPL deben ser regulados como cualquier servicio de comunicaciones ofertado por un operador normal; por lo cual no requiere lineamientos específicos, sino cumplir con los requisitos de operación, calidad y control de emisiones que cumplen el resto de sistemas.

4.4.4 SERVICIOS CON TECNOLOGÍA BPL Y SUS REQUERIMIENTOS

En base a las aplicaciones definidas para el sistema de este proyecto y la normativa local existen dos clases de servicio que la empresa operadora de comunicaciones BPL puede ofrecer:

- Servicios de valor agregado
- Servicios portadores

4.4.4.1 Servicios de Valor Agregado ^{II}

Las características de operación de este servicio se definen en su reglamento, de las cuales podemos destacar las siguientes:

Definición.- Son servicios de valor agregado aquellos que utilizan servicios finales de telecomunicaciones e incorporan aplicaciones que permiten transformar el contenido de la información transmitida. Esta transformación puede incluir un cambio neto entre los puntos extremos de la transmisión en el código, protocolo o formato de la información. Se entiende que ha habido transformación de la información cuando la aplicación redirecciona, empaqueta datos, interactúa con bases de datos o almacena la información para su posterior retransmisión.

Permiso de operación.-

- El título habilitante requerido para la instalación, operación y prestación del servicio de valor agregado es el permiso. El cual es otorgado por la SENATEL, previa autorización del CONATEL.
- El plazo de duración del permiso es de 10 años, prorrogables por igual período de tiempo, siempre que se hayan cumplido con las normas básicas de operación.

^{II} **Anexo 4.F** Reglamento para la prestación del Servicio de Valor Agregado

- El permiso de operación otorgado para los servicios de valor agregado no es ilimitado, por lo cual si la naturaleza de los servicios ofertados por el proveedor es diferente, se requerirá de un permiso expreso por cada servicio.
- El valor del permiso para la prestación de servicios de valor agregado es 500 dólares.

Infraestructura de operación.-

- Los permisionarios para la prestación de servicios de valor agregado tendrán el derecho a conexión internacional, desde y hacia sus nodos principales, la cual podrá realizarse bajo las siguientes modalidades:
 - a. Infraestructura propia: Para lo cual deberá tramitar la obtención del título habilitante correspondiente y necesario para su operación (servicios portadores).
 - b. Contratar servicios portadores: Para lo cual deberá definir la empresa de servicios portadores que brindará el servicio.
- Los proveedores podrán acceder a sus usuarios finales a través de servicios finales y/o portadores. Si el acceso se realiza por medio de infraestructura propia se requerirá de otro título habilitante de acuerdo con el tipo de servicio a prestar.

Regulación y control.-

- Los controles de operación del servicio serán realizados por la Superintendencia de Telecomunicaciones con el objeto de garantizar el cumplimiento de la normativa vigente y de las condiciones definidas al otorgar el título habilitante.

Anteproyecto técnico.- La información que debe incluir es:

- Diagrama técnico detallado del sistema.
- Descripción y alcance detallado de cada servicio que desea ofrecer.
- Descripción de la conexión internacional, si es infraestructura propia presentar la correspondiente solicitud de permiso de operación de red privada y si es provista por una empresa portadora autorizada, presentar la carta compromiso de la provisión del servicio.
- Descripción detallada de las modalidades de acceso.
- Ubicación geográfica inicial del sistema, especificando la dirección y descripción técnica de cada nodo. Se considera como nodo al sitio de concentración y distribución de usuarios y nodo principal aquel por el cual se realiza la conexión internacional.
- Especificaciones técnicas de los equipos.
- Estudio y proyecto de factibilidad económica.
- Requerimientos de conexión con alguna red pública de telecomunicaciones.

4.4.4.2 Servicios Portadores ^{III}

De acuerdo al reglamento para la prestación de servicios portadores, se define las siguientes normas de operación:

Definición.- Son servicios de telecomunicaciones que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación de una red. Los servicios portadores se pueden prestar en dos modalidades: bajo redes conmutadas y bajo redes no conmutadas.

^{III} **Anexo 4.H** Reglamento para la prestación de Servicios Portadores

Permiso de operación.-

- El título habilitante requerido para la prestación de servicios portadores es la concesión, la cual será otorgada por la SENATEL, previa autorización del CONATEL. La concesión de servicios portadores no involucra el permiso para prestar otros servicios de telecomunicaciones.
- El área de cobertura para la prestación de los servicios portadores será nacional y con conexión al exterior. El CONATEL otorgará concesiones regionales cuando lo considere conveniente.
- La concesión otorgada al proveedor comprende el derecho para la instalación, modificación, ampliación y operación de las redes alámbricas e inalámbricas necesarias para proveer el servicio.
- El plazo de duración de la concesión será de quince años. Para la renovación se requiere de una solicitud escrita presentada a la SENATEL con cinco años de anticipación a la fecha de vencimiento. El valor del permiso para la prestación de servicios portadores es 250 000 dólares.

Infraestructura de operación.-

- Para la prestación del servicio, las operadoras podrán usar uno o más segmentos de su propia red, de otras redes públicas conmutadas o no conmutadas y el alquiler de circuitos, para lo cual se suscribirá un acuerdo comercial entre las partes.
- Los prestadores de servicios portadores estarán obligados y tendrán derecho a interconectar sus redes públicas de telecomunicaciones con otras redes. De igual forma permitirán la conexión de los

prestadores de servicios de reventa, servicios de valor agregado y redes privadas que lo soliciten.

- Las condiciones de interconexión o conexión entre redes de distintos operadores serán acordadas por las partes. En caso de que las partes no puedan llegar a acuerdos intervendrá la SENATEL de conformidad con el reglamento correspondiente.
- Los prestadores de servicios portadores deberán instalar equipos que garanticen los parámetros mínimos de calidad y continuidad del servicio.^{IV}

Regulación y control.-

- Para la puesta en servicio de la red del portador se requerirá pruebas de operación realizadas por la SUPTEL, con el objeto de comprobar que el sistema se ajuste a las especificaciones técnicas establecidas en el contrato de concesión.
- El concesionario de servicios portadores entregará mensualmente a la SUPTEL la información necesaria para verificar la adecuada operación de sus servicios. Adicionalmente, la Superintendencia ejercerá el control y juzgará las infracciones de acuerdo a lo establecido en la ley.

Anteproyecto técnico.-

La información que debe incluir es:

- Descripción técnica detallada de la red y de los servicios que se soportará sobre ella.

^{IV} **Anexo 4.I** Requisitos técnicos y especificaciones de calidad para la prestación de servicios portadores de telecomunicaciones.

- Diagrama funcional de la red, incluyendo sus elementos activos y pasivos.
- Gráfico esquemático detallado de la red a instalarse, el cual debe estar asociado a un plano geográfico, en el que se indiquen la trayectoria troncal (“backbone”) del medio físico de transmisión o los enlaces radioeléctricos que se van a utilizar.
- Ubicación y descripción de los centros de gestión de la red.
- Descripción de los requerimientos de interconexión con otras redes de telecomunicaciones.
- Especificaciones del equipo a utilizarse.
- Descripción de los recursos del espectro radioeléctrico requeridos, especificando la banda de operación y el ancho de banda.
- Indicar las normas de calidad que se implementará en el sistema.
- Breve estudio de la demanda de los servicios y el plan de tarifas propuesto.
- Plan mínimo de inversiones del proyecto, incluyendo la proyección de la inversión prevista para los primeros cinco años de la concesión y monto de la inversión inicial a ser ejecutada durante el primer año.

Nota: Las dos posibilidades de servicio antes descritas son aplicables para los sistemas BPL en Ecuador. Sin embargo, los servicios portadores requieren de un proceso y costo de permiso mayor. La adecuada decisión sobre que tipo de título habilitante solicitar se relaciona de manera directa con el modelo de negocio elegido por la empresa proveedora del servicio BPL y las ventajas que cada uno de ellos presenta.^v

4.4.5 INSTRUMENTOS LEGALES - SECTOR ELÉCTRICO

El ente regulador del sector eléctrico ecuatoriano es el Consejo Nacional de Electrificación (CONELEC). El cual inició su operación en 1997 y es el organismo a través del cual el Estado Ecuatoriano delega las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica a las empresas concesionarias.^{VI}

Los principales instrumentos nacionales que norman las actividades relacionadas con la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica son:

Tabla 4.8 Principales instrumentos legales del sector eléctrico nacional

INSTRUMENTO	AÑO	REGISTRO OFICIAL N°
LEYES		
Ley de Régimen del Sector Eléctrico	1996	0043
REGLAMENTOS		
Reglamento sustitutivo del Reglamento general de la Ley de Régimen del sector eléctrico	1997	0182
Reglamento de concesiones, permisos y licencias para la prestación del servicio de energía eléctrica	1998	0290
Reglamento de suministro del servicio de electricidad	1999	0134
Reglamento Ambiental para actividades eléctricas	2001	1761

4.4.6 CONDICIONES DE BPL EN RELACIÓN A LA NORMATIVA DEL SECTOR ELÉCTRICO ^[★]

- La principal norma de este sector es la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, la cual ha tenido algunas reformas que sin embargo no han modificado su objetivo.

Debido al ámbito general de esta ley, no existe en su contenido ni en su respectivo reglamento, los argumentos que limiten la posibilidad

^{VI} Capítulo 2. Sección 2.2.1

de emplear las redes eléctricas de distribución con un fin diferente al de comercializar el servicio eléctrico.

Por lo cual de implementar el sistema BPL, la empresa distribuidora, en este caso la EEQ S.A. no tendría más obligaciones técnicas y de servicio que las ya asumidas a través de su contrato de concesión, como se especifica en el Reglamento de concesiones, permisos y licencias para la prestación del servicio de energía eléctrica.

- El Reglamento de suministro del servicio de electricidad, define los siguientes parámetros para la evaluación de la prestación del servicio, los cuales deberán continuar cumpliéndose en el sistema eléctrico de la EEQ S.A. aún con la instalación del equipamiento BPL en la red.

- a) Calidad del producto:
 - Nivel de voltaje
 - Perturbaciones
 - Factor de potencia
- b) Calidad del Servicio Técnico:
 - Frecuencia de interrupciones
 - Duración de interrupciones
- c) Calidad del Servicio Comercial:
 - Atención de solicitudes de servicio
 - Atención y solución de reclamos
 - Errores en medición y facturación

- El Reglamento Ambiental para actividades eléctricas establece los procedimientos y medidas que garantizan el desarrollo de todas las etapas del sistema de suministro eléctrico con un adecuado control y mitigación de los posibles impactos ambientales negativos. Sin embargo, este documento no hace referencia a niveles de emisión o interferencia producida en sistemas eléctricos, sino más bien a aspectos de construcción, instalación y operación.

Nota: Al ser BPL una tecnología nueva para el medio no se contempla este tipo de actividad dentro del contexto de la normativa eléctrica. Sin embargo, es importante destacar que para su operación la EEQ S.A. ha recibido una concesión del CONELEC y debe respetar las normas y mecanismos de calidad de servicio a las que se comprometió, tanto en lo técnico como en lo comercial.

4.5 RECOMENDACIONES [☆]

4.5.1 Elementos para la normativa local

Para la posible definición de una norma que regule los servicios BPL en nuestro país, el órgano regulador del sector de las telecomunicaciones debe considerar los principales aspectos:

- Promover grupos de trabajo BPL conjuntos con otras organizaciones reguladoras de la región para conocer el alcance de las normas que sobre el tema han definido.
- Promover una normativa técnicamente neutral que aliente la creación de redes complementarias y fomente la competencia.
- La normatividad debe alinear el trabajo técnico tanto de las comisiones reguladoras de energía como las de telecomunicaciones
- La tendencia internacional sobre regulación BPL se centra en el establecimiento de requisitos técnicos sobre compatibilidad electromagnética y límites de interferencia de los equipos terminales BPL. Las normas emitidas tienen carácter internacional y regional, sin embargo, la adopción de estas como requisitos para los sistemas BPL locales es la alternativa más adecuada.

- En cuanto no exista una norma local, el regulador debe exigir que los equipos y terminales de red que deseen operar con tecnología BPL cumplan con certificaciones internacionales. Este es un proceso que ya se ha venido desarrollando, puesto que para la homologación de equipos, si no existe una norma local se adopta las emitidas por organizaciones internacionales reconocidas (UIT, FCC, ETSI).

4.5.2 Requisitos de operación y servicio

Adicionalmente, para el despliegue comercial de la tecnología BPL, las eléctricas deben cumplir una serie de normas, que incluyen:

- Separación de forma jurídica y contable, las actividades relativas al despliegue y comercialización de tecnología BPL de la distribución eléctrica.
- Garantizar la no alteración del normal suministro eléctrico.
- En relación a los problemas que pudieran generarse fruto de las interrupciones en el suministro, caídas de red, con lo que ello conlleva en el funcionamiento de electrodomésticos en el hogar, así como interrupción de la conexión a la red, la empresa distribuidora de electricidad es la responsable de garantizar la continuidad y calidad del suministro eléctrico, con lo que deberá responder ante posibles fallos de operación derivados de la actividad BPL, estableciendo mecanismos de compensación económicos.

Capítulo 5

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

5.1 INTRODUCCIÓN [☆]

Una vez definido el alcance, los requerimientos y el contenido técnico del proyecto es necesario elaborar un presupuesto inicial, que permita estimar los costos totales del proyecto, incluyendo costos de equipamiento, instalación, operación y mantenimiento de la red de comunicaciones BPL.

Adicionalmente, con el objeto de analizar la conveniencia y factibilidad de ejecución del proyecto se incluyen en este capítulo los siguientes componentes: modelos de negocio posibles para la empresa proveedora de los servicios inherentes a BPL, evaluación económica de la inversión, identificación de los segmentos potenciales de mercado y valoración de la competencia existente.

5.2 MODELOS DE SERVICIO [☆], [80], [81], [154] - [157]

La empresa distribuidora del servicio eléctrico, en este caso la Empresa Eléctrica “Quito” puede optar por incursionar de manera independiente en el mercado BPL, asumiendo de manera directa todos los gastos que requiera la implementación del proyecto. Sin embargo, en la actualidad la incertidumbre económica obliga a analizar aspectos de viabilidad previa a la introducción comercial.

La experiencia muestra que las empresas que realizan un plan detallado y actúan aprovechando sus fortalezas existentes tienen más éxito que otras que desarrollan actividades fuera del ámbito de su actividad principal.

Varios estudios entre los cuales se destacan el realizado en el año 2001 por la Asociación Española de Usuarios de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (AUTELSI) y el desarrollado por la consultora norteamericana “The Shpigler Group”¹ señalan los posibles modelos de negocio para la explotación de servicios BPL.

¹ Informe preparado en el año 2003 para UTC “United Telecommunications Council”

De esta información se destacan los siguientes:

- Modelo A: Operador global BPL
- Modelo B: Sociedad compartida
- Modelo C: Portador independiente

5.2.1 MODELO A: OPERADOR GLOBAL BPL

Establece la oportunidad de proporcionar el servicio final al usuario sobre la infraestructura propia, para lo cual la compañía de distribución eléctrica asume el control total de costos de inversión y operación, así como también el manejo de los ingresos que genere el proyecto.

Para la operación en el mercado, la compañía eléctrica deberá manejar una división de negocios a través de la creación de una empresa subsidiaria, que permita la rentabilidad del nuevo servicio de comunicaciones sin afectar el desarrollo del actual servicio de suministro eléctrico.

En este escenario, las compañías eléctricas son responsables de la implementación de todas las etapas que involucra el proyecto, incluyendo: equipamiento e instalación del ISP BPL, equipos de cabecera y control de la red BPL, terminales de usuario y la contratación del portador internacional hacia el “backbone” de Internet.

5.2.1.1 Permiso de operación

Para la operación comercial bajo este modelo, se requieren dos títulos habilitantes, un permiso para proveer el servicio de valor agregado y una concesión para el servicio portador. Ello debido a que los proveedores del servicio de Internet pueden acceder a sus usuarios a través de servicios portadores y/o finales, requiriendo para ello del título habilitante respectivo por cada servicio.

Los requisitos de operación y comercialización de los servicios portadores y de valor agregado se resumen en la sección 4.4.4 del *Capítulo 4*.

5.2.1.2 Ventajas y desventajas

La ventaja de este modelo es la posibilidad de emplear la red BPL desplegada para obtener servicios adicionales, como el monitoreo y tarificación del servicio eléctrico. Sin embargo, es un escenario riesgoso. Las desventajas son mayores, porque la empresa de distribución eléctrica no tiene experiencia en la comercialización de este servicio, existe dificultad organizativa y falta de personal calificado, se requieren inversiones fuertes y altos gastos de operación.

5.2.2 MODELO B: SOCIEDAD DE SERVICIOS COMPARTIDOS

Es la opción más aplicada en los despliegues comerciales internacionales por permitir un escenario potencialmente lucrativo. Se basa en la participación de dos empresas: una distribuidora del servicio eléctrico y otra propietaria de la infraestructura de comunicaciones requerida para el “backbone”, las cuales aportan su conocimiento y recursos de acuerdo a su actividad principal.

Con el establecimiento de la sociedad se definen los porcentajes de participación, las responsabilidades de cada una de los miembros en el control de operación del sistema, interacción con los clientes y partición de los ingresos generados.

Una opción es que la compañía eléctrica sea responsable de la infraestructura de la red BPL incluyendo acopladores y equipos necesarios para la transmisión de la señal de datos y por otro lado los servicios de acceso a Internet llegan de su socio.

5.2.2.1 Permiso de operación

Este factor depende de los términos en los que se establece la sociedad, ya que si se constituye una nueva empresa será necesario obtener un título habilitante de

servicio portador y de valor agregado. Mientras que si la empresa eléctrica ingresa como socio de una empresa de comunicaciones ya constituida, no serán necesarios nuevos permisos de operación.

5.2.2.2 Ventajas y desventajas

Es el escenario más adecuado, ya que la experiencia y el riesgo es compartido entre las empresas que conforman la sociedad, no se incurre en gastos elevados para la contratación del portador internacional hacia Internet y mediante la cooperación entre el proveedor de servicios de comunicación y la compañía de electricidad es posible hacer que el mercado crezca y gane más valor.

5.2.3 MODELO C: PORTADOR INDEPENDIENTE

En este escenario, las compañías distribuidoras del servicio eléctrico son más renuentes al riesgo, por lo cual se mantienen más lejanas a la provisión del servicio BPL. Su actividad se limita al alquiler de su infraestructura a un proveedor de servicios de comunicaciones interesado en incursionar en el proyecto y por ello determinan un porcentaje o tarifa de alquiler.

La compañía de comunicaciones maneja de manera directa todo el sistema BPL, interactúa con los usuarios y es la encargada de instalar los equipos necesarios.

5.2.3.1 Permiso de operación

Al rentar la red de distribución eléctrica de manera pública se debe obtener una concesión como servicio portador. Las condiciones, tarifas y licencias de este servicio ya se encuentran normadas en nuestro país.

5.2.3.2 Ventajas y desventajas

Esta es la solución mas fácil para las compañías de electricidad, porque la empresa de comunicaciones o proveedor que desee rentar la red eléctrica tendrá cuidado de los aspectos operacionales y atención al usuario final.

Como resultado de las estrategias antes enumeradas podemos definir las actividades que desarrollarían las empresas de servicio eléctrico en cada caso:

Tabla 5.1 *Actividades de la empresa distribuidora eléctrica en cada modelo de negocio*

ACTIVIDAD	OPERADOR GLOBAL BPL	SOCIEDAD COMPATIDA	PORTADOR INDEPENDIENTE
Permite acceso a su red eléctrica	SI	SI	SI
Equipa la red eléctrica con terminales BPL	SI	SI	NO
Mantiene la red BPL	SI	NO	NO
Administra la conexión al "backbone"	SI	NO	NO
Servicio a los clientes	SI	NO	NO

5.3 ALTERNATIVAS DE SERVICIO EMPRESA ELÉCTRICA

“QUITO” S.A. ^[★]

5.3.1 INTRODUCCIÓN

Si bien BPL es una tecnología innovadora y versátil, los costos de inversión en el equipamiento de la red de distribución eléctrica son elevados. Adicionalmente, la prestación de los servicios del sistema BPL involucra altos costos de operación, principalmente por la contratación del servicio del portador hacia Internet.

Debido a ello, para la incorporación de la EEQ S.A. en la implementación del proyecto BPL, es necesario definir el modelo de negocio que adoptaría la empresa como la opción más viable en base a sus propias condiciones y posibilidades.

5.3.2 CONDICIONES

Con el objetivo de realizar una evaluación económica del proyecto y analizar la viabilidad de implementación que tiene cada modelo de negocio, se han escogido las dos alternativas más atractivas para la Empresa Eléctrica “Quito” S.A.

Las condiciones generales de cada una son:

5.3.2.1 Operador global BPL

Es la alternativa más compleja, porque el manejo completo del sistema de comunicaciones BPL diseñado estaría a cargo de la EEQ S.A. La operación de la red y la oferta del servicio se realizarían a través de un nuevo proveedor de servicio de Internet, el **ISP – BPL**. El cual asume todos los gastos de infraestructura, operación, mantenimiento y a su vez, maneja todos los ingresos provenientes de la tarificación del servicio.

5.3.2.2 Sociedad de servicios compartidos

Es la opción que más interesa y se acopla a los objetivos de la EEQ S.A. ^{II} Se realizaría a través de la asociación con una empresa de experiencia en el servicio de telecomunicaciones, la que actualmente se encuentre operando como portador en el territorio nacional.

El paquete accionario de la EEQ correspondería a la infraestructura de fibra óptica del sistema de enlace entre sus subestaciones y la red de distribución eléctrica de media y baja tensión equipada con los terminales de cabecera BPL necesarios. Con lo cual la empresa accedería al 10%-15% de las acciones de la nueva empresa conformada. Se espera que el portador sea quien tenga el mayor porcentaje de participación, para que las decisiones y permisos jurídicos se encuentren ya definidos y no estén limitados por el sector eléctrico.

5.4 COSTOS E INGRESOS DEL PROYECTO ^{[☆], [158] - [168]}

^{II} Información proporcionada por personal de la empresa.

En esta sección se estiman los costos que involucra el proyecto en cada una de sus etapas y por rubros. En base de esta información se realiza la posterior evaluación económica de los modelos sugeridos para la EEQ S.A.

5.4.1 IDENTIFICACIÓN DE COSTOS E INGRESOS

Previamente a la valoración de los costos e ingresos del proyecto, es necesario identificar los principales rubros que se incluirán en el presupuesto y en la estimación de los ingresos.

Tanto los costos como los beneficios analizados en el presente proyecto incluyen: rubros directos, es decir los que proveen las condiciones necesarias requeridas por el proyecto para su implementación y rubros indirectos, los que no interfieren en el proceso productivo y son recuperables a largo plazo.

A continuación se indican los tipos de costos y beneficios agrupados por rubros:

Tabla 5.2 Identificación de costos e ingresos del proyecto

COSTOS	INGRESOS
<u>COSTOS DIRECTOS</u>	<u>INGRESOS DIRECTOS</u>
Costos de inversión inicial	■ Tarifa mensual por el servicio de Internet
<ul style="list-style-type: none"> ■ Equipos red BPL ■ Módems de usuario ■ Acopladores ■ Equipos de control y servidores ISP 	
Costos de operación	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Alquiler del canal de datos hacia Internet ■ Mano de obra 	
Costos de mantenimiento	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Reposición y mantenimiento de equipos 	
Costos de logística	

■ Salarios del personal y servicios básicos	
<u>COSTOS INDIRECTOS</u>	<u>INGRESOS INDIRECTOS</u>
<ul style="list-style-type: none"> ■ Costos por imprevistos ■ Adquisición de equipos para usuarios futuros 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Crecimiento de usuarios del servicio

5.4.2 PARÁMETROS DE LA VALORACIÓN DE COSTOS

5.4.2.1 Período de duración del proyecto

Debido a las fuertes inversiones de instalación de la estructura de la red BPL y sus componentes, es conveniente analizar el crecimiento y desarrollo económico del proyecto en un período a largo plazo.

El período de duración escogido para la evaluación del proyecto es 5 años, debido a que para finales de la década se espera que BPL consolide su ingreso al mercado, de no hacerlo su desarrollo posterior sería más complicado debido al apareamiento y fortalecimiento de otras tecnologías que permitir acceder a servicios similares.

5.4.2.2 Crecimiento anual del número de abonados

La estimación de los costos e ingresos de un proyecto está en función de la demanda del servicio que se oferta, la misma que en la mayoría no se presenta uniforme para todos los años, sino que debido a factores técnicos y de mercado se prevé un paulatino incremento de la capacidad de servicio.

El número de usuarios para la etapa de introducción del servicio y su porcentaje de crecimiento anual fue definido en la sección 3.2.3.3 y se resume en la *Tabla 3.5*.

5.4.2.3 Costos unitarios de equipos de la red BPL

Los costos de los equipos requeridos para la implementación de una red BPL, aún no constituyen un aspecto ampliamente difundido. Al tratarse de una tecnología

en etapa de introducción, no se aplica el criterio de economía de escala, por lo que los costos de producción están vinculados al número de unidades que se demandan, lo que hace que los precios finales al usuario sean altos.

Tanto ADSL y cable módem han tenido pasos significativos en el ciclo de vida de sus equipos, por lo que ha existido una reducción internacional de costos.

Como BPL representa la última generación de tecnologías de acceso, la potencial reducción de costos aún no se produce y a mediano plazo se esperan márgenes y costos más competitivos en el mercado.

La figura siguiente muestra la comparación entre los ciclos de vida de las tecnologías BPL, ADSL y cable módem, como se observa las curvas que representan los ingresos y egresos cambian su tendencia conforme la tecnología avanza en su período de vida.

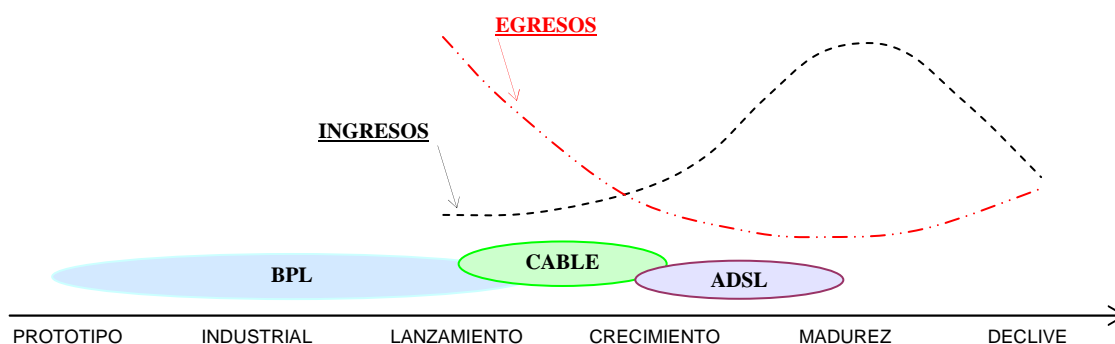


Figura 5.1 Ciclo de vida de tecnologías de banda ancha ASCOM 2004

A continuación, se indican los precios referenciales de los equipos BPL, cotizados de manera directa por el proveedor ASCOM para el sistema diseñado:

Tabla 5.3 *Costos de equipos BPL ASCOM ^{III}*

^{III} Los precios indicados son válidos para las cantidades mínimas de compra señaladas en el **Anexo 5.A** y la fecha de cotización corresponde a diciembre 2005.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO [USD]
API-2000-MV	Cabecera de red para líneas de medio voltaje	1,296
API-2000-LV	Cabecera de red para líneas de bajo voltaje	1,296
API-2000-GW	Repetidor, pasarela para líneas de bajo voltaje	456
APC-2000-VB	Módem de usuario (voz y datos)	216
APC-2000-DB	Módem de usuario (sólo datos)	150

5.4.2.4 Costos de operación

Dentro de este rubro se consideran los costos que tendrían la contratación y el pago mensual al proveedor del servicio portador por la operación del canal de acceso a Internet. Este rubro se constituye en un factor crítico, ya que la viabilidad futura del proyecto tiene una dependencia directa de este costo.

Las tarifas mensuales referenciales para la conexión internacional del sistema BPL, ofertadas por las empresas Transnexa y Andinadatos, para un canal de ancho de banda equivalente a 1 STM-1, es decir 155 Mbps, son las siguientes:

Tabla 5.4 Alternativas de tarifas mensuales por el servicio portador

PROVEEDOR	RUTA	COSTO DE INSCRIPCIÓN [USD]	TARIFA MENSUAL [USD]	DESCRIPCIÓN
TRANSNEXA	Quito - Pasto	30,000	35,000	Abarca la conexión desde el nodo principal de la compañía en Quito, para el enlace entre el ISP y este nodo se usa la red de fibra óptica de la EEQ o se podría contratar a otro portador.
	Pasto - Cartagena		44,000	
	Cartagena – Miami		52,000	
	TOTAL:		131,000	
ANDINADATOS	Sangolquí - Miami	40,000	130,000	El servicio incluye la conexión de última milla desde el ISP-BPL hacia Quito, por medio de fibra óptica.

Observaciones:

- Los valores incluyen el precio de la suscripción y conexión con el NAP internacional en Estados Unidos.
- Los costos de los enlaces se obtuvieron en base a información proporcionada por personal de las empresas citadas, en enero del 2006.

5.4.2.5 Costos de instalación y mantenimiento

En este rubro se consideran los egresos referentes a la instalación de los equipos BPL en la red eléctrica y los acopladores necesarios para su funcionamiento.

Para los años posteriores a la implementación este egreso se destinará al mantenimiento continuo de la red. Para su estimación, se lo define como el equivalente al 20% del rubro costo anual por equipamiento de la red BPL.

5.4.2.6 Costos de logística e imprevistos

Los costos de logística se refieren a los montos necesarios para pago de salarios del personal y servicios básicos. Para los costos imprevistos, es decir ciertos gastos inesperados en la implementación del servicio, se estima un equivalente al 5% del costo anual del equipamiento BPL.

5.4.3 VALORACIÓN DE COSTOS

En base a la información de precios antes detallada y el crecimiento de usuarios proyectado (*Tabla 3.5*), a continuación se estiman los costos de implementación del proyecto. Los valores se han organizado por rubro de inversión y por subestación de distribución eléctrica.

5.4.3.1 Costos de equipamiento red BPL

Tabla 5.5a Costos de equipamiento de la red BPL Subestación San Rafael

SUBESTACIÓN: San Rafael									
PERÍODO	ABONADOS		API-MV-2000		API-LV-2000		APC-2000-DB		TOTAL [USD]
	Incremento de abonados	Total abonados anual	Nº	Costo total [USD]	Nº	Costo total [USD]	Nº	Costo total [USD]	
<i>Inversión</i>	363		231	299,376	363	470,448	363	78,408	848,232
1º año	54	417	0	0	0	0	54	11,664	11,664
2º año	62	479	0	0	0	0	62	13,392	13,392
3º año	479	958	0	0	0	0	479	103,464	103,464
4º año	958	1,916	0	0	0	0	958	206,928	206,928
5º año	575	2,491	0	0	0	0	575	124,200	124,200

Tabla 5.5b Costos de equipamiento de la red BPL Subestación Sangolquí

SUBESTACIÓN: Sangolquí									
PERÍODO	Nº DE ABONADOS		API-MV-2000		API-LV-2000		APC-2000-DB		TOTAL [USD]
	Incremento de abonados	Total abonados anual	Nº	Costo total [USD]	Nº	Costo total [USD]	Nº	Costo total [USD]	
<i>Inversión</i>	232		184	238,464	232	300,672	232	50,112	589,248
1º año	35	267	0	0	0	0	35	7,560	7,560
2º año	40	307	0	0	0	0	40	8,640	8,640
3º año	307	614	0	0	0	0	307	66,312	66,312
4º año	614	1,228	0	0	0	0	614	132,624	132,624
5º año	369	1,597	0	0	0	0	369	79,704	79,704

Observaciones:

- Los precios unitarios de los equipos se especifican en la *Tabla 5.3*.
- El número de equipos requeridos para el período de inversión se definió en la sección 3.4.4 del *Capítulo 3*.
- Con la topología de red definida en el diseño, los equipos de cabecera de media tensión **API-2000-MV** han sido dispuestos a lo largo de las líneas de media tensión de la zona a servir, por lo que no es necesario instalar equipos adicionales de este tipo y el crecimiento progresivo de los abonados del servicio no tendrá inconveniente. Adicionalmente, la capacidad de manejar 64 conexiones por equipo garantiza la fácil escalabilidad del sistema.

- Cada equipo **API-2000-LV** permite la conexión de 64 terminales de usuario, por lo cual el crecimiento de usuarios estimado para los 5 años de servicio del proyecto no representa un inconveniente. Sin embargo, es necesario aclarar que es posible que los nuevos usuarios estén ubicados en zonas no asequibles por los equipos de cabecera de baja tensión, es decir a distancias mayores de 300 m, en cuyo caso será indispensable la instalación de un repetidor **API-2000-GW** entre el equipo de baja tensión y el módem BPL. Este es un aspecto no predecible por lo que para este proyecto se consideran usuarios futuros concentrados en las zonas que ya disponen de servicio.

- La estimación del número de módems requeridos por el sistema, se realiza considerando un terminal por abonado, tanto para la etapa de introducción del servicio, como para los posteriores años de crecimiento.

5.4.3.2 Costos de operación

Tabla 5.6a Costos de operación Subestación San Rafael

SUBESTACIÓN: San Rafael							
PERÍODO	N° DE ABONADOS	Vu = 256 kbps		Vu = 512 kbps		Vu = 2 Mbps	
		Capacidad enlace [Mbps]	Costo total [USD]	Capacidad enlace [Mbps]	Costo total [USD]	Capacidad enlace [Mbps]	Costo total [USD]
Introducción	362	45	453,060	89	896,052	355	3,574,140
1° año	417	52	523,536	103	1,037,004	409	4,117,812
2° año	479	59	594,012	118	1,188,024	470	4,731,960
3° año	958	118	1,188,024	235	2,365,980	939	9,453,852
4° año	1,916	235	2,365,980	470	4,731,960	1878	18,907,704
5° año	2,491	306	3,080,808	611	6,151,548	2442	24,586,056

Tabla 5.6b Costos de operación Subestación Sangolquí

SUBESTACIÓN: Sangolquí							
PERÍODO	N° DE ABONADOS	Vu = 256 kbps		Vu = 512 kbps		Vu = 2 Mbps	
		Capacidad enlace [Mbps]	Costo total [USD]	Capacidad enlace [Mbps]	Costo total [USD]	Capacidad enlace [Mbps]	Costo total [USD]
Introducción	232	29	291,972	57	573,876	228	2,295,504
1° año	267	33	332,244	66	664,488	262	2,637,816
2° año	307	38	382,244	76	765,168	301	3,030,468
3° año	614	76	765,168	151	1,520,268	602	6,060,936
4° año	1228	151	1,520,268	301	3,030,468	1204	12,121,872
5° año	1597	196	1,973,328	392	3,946,656	1566	15,766,488

Observaciones:

- La definición de la capacidad del enlace al “backbone” se realiza en base a los parámetros de diseño de la sección 3.5.1 y en todos los casos el valor calculado se aproxima a su inmediato superior como margen de seguridad.
- En base a las tarifas referenciales descritas para el servicio portador internacional, es posible establecer un precio aproximado de \$839 mensuales por cada Mbps de capacidad contratado al portador, este valor se ha tomado como precio unitario mensual referencial para realizar el cálculo del costo anual total para cada velocidad de usuario.
- Los costos de operación para la etapa de introducción, definidos en la tabla anterior son referenciales y se han calculado considerando un período de introducción de 1 año. Sin embargo, esta etapa puede tener una duración menor dependiendo de la estrategia de negocio.

5.4.3.3 Costos de equipamiento del ISP

En base a la estructura básica del ISP propuesto y costos referenciales de los equipos requeridos^{IV}, la siguiente es la inversión inicial para equipamiento del ISP:

Tabla 5.7 Costos de equipamiento e instalación del ISP - BPL

IV

DESCRIPCIÓN	PRECIO [USD]
Servidores	25,000
Equipos de conexión y protección	15,000
Equipos BPL de cabecera	10,000
Software (Sistema operativo y programas especiales)	8,000
Instalación y adecuación de la zona de equipos (Sistema de aire acondicionado, alimentación eléctrica y cableado estructurado)	15,000
TOTAL:	73,000

5.4.4 RESUMEN DE COSTOS DE INVERSIÓN Y EGRESOS ANUALES

Una vez definidos los costos para cada rubro de implementación del proyecto, se determinan cuáles serían los costos de inversión y los egresos anuales totales de acuerdo a cada modelo de negocio propuesto para la EEQ S.A.

5.4.4.1 Modelo A: Operador global BPL

Costos de inversión.-

Tabla 5.8 Costos de inversión del proyecto modelo A

DESCRIPCIÓN	COSTO [USD]
Equipamiento de la red BPL	1,437,480
Instalación de equipos BPL	287,496
Equipamiento del ISP-BPL	58,000
Instalación de equipos y adecuación del ISP	15,000
Permisos de operación (SVA y portador)	250,500
TOTAL:	2,048,476

Observaciones:

- El equipamiento de la red incluye los costos por equipos para los primarios de la Subestación San Rafael y Sangolquí.
- La instalación de los equipos BPL es un rubro estimado en el 20% del costo total por equipamiento.

- Los costos por permisos de operación están de acuerdo a lo establecido por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

Egresos anuales.-

Los egresos anuales, durante los primeros cinco años de servicio, incluyendo gastos de operación, mantenimiento y logística (un estimado de 8,000 dólares mensuales) se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 5.9 Egresos anuales del proyecto modelo A

SUBESTACIÓN: San Rafael								
AÑO	N° DE ABONADOS	Vu	EGRESOS [USD]					TOTAL
			A. Equipos BPL	B. Operación	C.Mantenimiento (20% A)	D. Logística	E.Imprevistos (5% A)	
1	417	256 [kbps]	11,664	523,536	2,333	96,000	583	634,116
		512 [kbps]		1,037,004				1,147,584
		2 [Mbps]		4,112,720				4,223,300
2	480	256 [kbps]	13,608	594,012	2,722	96,000	680	707,022
		512 [kbps]		1,188,024				1,301,034
		2 [Mbps]		4,747,680				4,860,690
3	960	256 [kbps]	103,680	1,188,024	20,736	96,000	5,184	1,413,624
		512 [kbps]		2,376,048				2,601,648
		2 [Mbps]		9,485,280				9,710,880
4	1,920	256 [kbps]	207,360	2,376,048	41,472	96,000	10,368	2,731,248
		512 [kbps]		4,742,028				5,097,228
		2 [Mbps]		18,970,560				19,325,760
5	2,496	256 [kbps]	124,416	3,080,808	24,883	96,000	6,221	3,332,328
		512 [kbps]		6,161,616				6,413,136
		2 [Mbps]		24,665,760				24,917,280

SUBESTACIÓN: Sangolquí								
AÑO	N° DE ABONADOS	Vu	EGRESOS [USD]					TOTAL
			A. Equipos BPL	B. Operación	C.Mantenimiento (20% A)	D. Logística	E.Imprevistos (5% A)	
1	267	256 [kbps]	7,560	332,244	1,512	96,000	378	437,694
		512 [kbps]		664,488				769,938
		2 [Mbps]		2,637,816				2,743,266
2	308	256 [kbps]	8,856	382,584	1,771	96,000	443	489,654
		512 [kbps]		765,168				872,238
		2 [Mbps]		3,040,536				3,147,606
3	616	256 [kbps]	66,528	765,168	13,306	96,000	3,326	944,328
		512 [kbps]		1,520,268				1,699,428
		2 [Mbps]		6,081,072				6,260,232
4	1232	256 [kbps]	133,056	1,520,268	26,611	96,000	6,653	1,782,588
		512 [kbps]		3,040,536				3,302,856
		2 [Mbps]		12,162,144				12,424,464
5	1602	256 [kbps]	79,920	1,983,396	15,984	96,000	3,996	2,179,296
		512 [kbps]		3,956,724				4,152,624
		2 [Mbps]		15,806,760				16,002,660

5.4.4.2 Modelo B: Sociedad de servicios compartidos

Costos de inversión.-

Tabla 5.10 Costos de inversión del proyecto modelo B

DESCRIPCIÓN	COSTO [USD]
Equipamiento de la red BPL	1,437,480
Instalación de equipos BPL	287,496
TOTAL:	1,724,976

Egresos anuales.-

Para la implementación del modelo de negocio B, los egresos anuales en los que incurriría la Empresa Eléctrica “Quito” tendrán relación directa sólo con la infraestructura de la red de distribución eléctrica, por lo que el resto de gastos dependerían de su socio. La tabla siguiente resume el valor anual de los gastos, exclusivamente para la EEQ:

Tabla 5.11a Egresos anuales del proyecto modelo B Subestación San Rafael

SUBESTACIÓN: San Rafael					
AÑO	N° DE ABONADOS	EGRESOS [USD]			
		A. Equipos BPL	B. Mantenimiento (20% A)	C. Imprevistos (5% A)	TOTAL
1	417	11,664	2,333	583	14,580
2	479	13,392	2,678	670	16,740
3	958	103,464	20,693	5,173	129,330
4	1,916	206,928	41,386	10,346	258,660
5	2,491	124,200	24,840	6,210	155,250

Tabla 5.11b Egresos anuales del proyecto modelo B Subestación Sangolquí

SUBESTACIÓN: Sangolquí					
AÑO	N° DE ABONADOS	EGRESOS [USD]			
		A. Equipos BPL	B. Mantenimiento (20% A)	C. Imprevistos (5% A)	TOTAL
1	267	7,560	1,512	378	9,450
2	307	8,640	1,728	432	10,800
3	614	66,312	13,262	3,316	82,890
4	1,228	132,624	26,525	6,631	165,780
5	1,597	79,704	15,941	3,985	99,630

5.4.5 PARÁMETROS DE LA VALORACIÓN DE INGRESOS

Los ingresos estimados en un proyecto se derivan de la capacidad de servicio establecida y de los precios por el servicio. Con el incremento de la capacidad de la red, el ingreso varía proporcionalmente a dicho aprovechamiento de la capacidad.

5.4.5.1 Ingresos del proyecto

De igual forma que para la estimación de los costos, se requiere definir los beneficios que se generan con el proyecto. Para este proyecto la única fuente de ingresos es el valor pagado por usuario por concepto de contratación e inscripción y la tarifa mensual que se debe pagar por el servicio de Internet.

5.4.5.2 Tarifa mensual por el servicio

A nivel mundial, el crecimiento de Internet ha dado lugar a la reducción de los costos de acceso y de transmisión de información sobre la red. Por ello, en los países con comercialización del servicio BPL los costos son comparables con prestaciones similares que emplean otras tecnologías.

A continuación, se señalan las tarifas aplicadas por empresas internacionales para proveer Internet de banda ancha por la red eléctrica:

Tabla 5.12 Tarifas internacionales del servicio de Internet BPL

PAÍS	COMPAÑÍA	PRECIO MENSUAL [USD]	VELOCIDAD [Mbps]
ESTADOS UNIDOS	EarthLink/ Progress Enerey	40	1
	Current / Cinergy	35	2
ESPAÑA	Iberdrola	55	2
	Endesa	40	2

Sin embargo, los costos de acceso a Internet en Ecuador son todavía altos. Las tarifas dependen del tipo de tecnología empleada y del ancho de banda contratado por el cliente.

A continuación, se resumen algunas tarifas aplicadas en el país para servicios de Internet de banda ancha.^I

Tabla 5.13 Tarifas del servicio de Internet de banda ancha Ecuador ^{[75] II}

TECNOLOGÍA	VELOCIDAD [kbps]	INSTALACIÓN [USD]	PRECIO MENSUAL [USD]
ADSL	256/128	50	65
ADSL	512/128	50	80
ADSL	2048/512	200	1500
Cable módem	256/256	125	125
Cable módem	512/512	125	349
Alegro PCS-NIU ^{III}	600	330	43 ^{IV}

Para que BPL pueda ingresar en el mercado de manera competitiva sus tarifas comerciales deben estar guiadas por el precio máximo de planes que presten servicios similares en el área de cobertura del proyecto. Cualquier tecnología de banda ancha requiere la aceptación del consumidor, y uno de los primeros pasos para conseguir este objetivo es fijar un precio adecuado para asegurar una entrada fuerte del producto en el mercado.

Las tarifas comerciales para la introducción de los servicios de Internet, a través del sistema BPL de este proyecto, de acuerdo a la velocidad del servicio son:

Tabla 5.14 Tarifas del servicio de Internet proyecto BPL

VELOCIDAD [kbps]	INSTALACIÓN [USD]	PRECIO MENSUAL [USD]
256/256	300	100
512/512	300	300
2048/2048	500	1000

Esta tarifas pese a ser superiores a las aplicadas en otros países, son valores reales y competitivos en relación a otras tecnologías de nuestro medio.

^I Se han considerado las últimas y mejores promociones en cuanto a tarifas.

^{II} Precios a febrero 2006 y no incluyen IVA.

^{III} El servicio se encuentra disponible inicialmente sólo para computadoras portátiles y no de escritorio.

^{IV} Esta tarifa ofrece sólo 1000 MB de navegación al mes y un costo adicional de \$0.12 por MB.

5.4.6 VALORACIÓN DE LOS INGRESOS

De conformidad a los principios de oferta y demanda, los consumidores estarán dispuestos a comprar más cuando el precio de un servicio es menor. Por ello es necesario alcanzar un punto de equilibrio aceptable que beneficie al usuario y al proveedor del servicio.

Los posibles ingresos totales generados por el proyecto se calculan en base al número de usuarios proyectados (*Tabla 3.5*), el período de evaluación del proyecto y las tarifas de comercialización del servicio (*Tabla 5.14*) para las diferentes velocidades de usuarios (V_u)

5.4.6.1 Modelo A: Operador global BPL

En este modelo, todos los ingresos son administrados por el área de la EEQ que se encuentre a cargo del nuevo proveedor de Internet, el ISP – BPL. Las tablas siguientes resumen los ingresos anuales de acuerdo a la velocidad del servicio:

Tabla 5.15a Ingresos anuales del proyecto modelo A Subestación San Rafael

SUBESTACIÓN: San Rafael			INGRESOS [USD]		
AÑO	N° DE ABONADOS	V_u	POR INSCRIPCIÓN	POR TARIFAS MENSUALES DURANTE EL AÑO	TOTALES
1	417	256 kbps	125,100	500,400	625,500
		512 kbps	125,100	1,501,200	1,626,300
		2 Mbps	208,500	5,004,000	5,212,500
2	479	256 kbps	143,700	574,800	718,500
		512 kbps	143,700	1,724,400	1,868,100
		2 Mbps	239,500	5,748,000	5,987,500
3	958	256 kbps	287,400	1,149,600	1,437,000
		512 kbps	287,400	3,448,800	3,736,200
		2 Mbps	479,000	11,496,000	11,975,000
4	1,916	256 kbps	574,800	2,299,200	2,874,000
		512 kbps	574,800	6,897,600	7,472,400
		2 Mbps	958,000	22,992,000	23,950,000
5	2,491	256 kbps	747,300	2,989,200	3,736,500
		512 kbps	747,300	8,967,600	9,714,900
		2 Mbps	1,245,500	29,892,000	31,137,500

Tabla 5.15b Ingresos anuales del proyecto modelo A Subestación Sangolquí

SUBESTACIÓN: Sangolquí					
AÑO	N° DE ABONADOS	Vu	INGRESOS [USD]		
			POR INSCRIPCIÓN	POR TARIFAS MENSUALES DURANTE EL AÑO	TOTALES
1	267	256 kbps	80,100	320,400	400,500
		512 kbps	80,100	961,200	1,041,300
		2 Mbps	133,500	3,204,000	3,337,500
2	307	256 kbps	92,100	368,400	460,500
		512 kbps	92,100	1,105,200	1,197,300
		2 Mbps	153,500	3,684,000	3,837,500
3	614	256 kbps	184,200	736,800	921,000
		512 kbps	184,200	2,210,400	2,394,600
		2 Mbps	307,000	7,368,000	7,675,000
4	1228	256 kbps	368,400	1,473,600	1,842,000
		512 kbps	368,400	4,420,800	4,789,200
		2 Mbps	614,000	14,736,000	15,350,000
5	1597	256 kbps	479,100	1,916,400	2,395,500
		512 kbps	479,100	5,749,200	6,228,300
		2 Mbps	798,500	19,164,000	19,962,500

5.4.6.2 Modelo B: Sociedad de servicios compartidos

En este modelo, la determinación de los ingresos anuales se realiza considerando que sólo el 15% de los ingresos totales del ISP le corresponden a la EEEQ S.A.

Tabla 5.16a Ingresos anuales del proyecto modelo B Subestación San Rafael

SUBESTACIÓN: San Rafael			
AÑO	N° DE ABONADOS	Vu	INGRESOS TOTALES
1	417	256 kbps	93,825
		512 kbps	243,945
		2 Mbps	781,875
2	479	256 kbps	107,775
		512 kbps	280,215
		2 Mbps	898,125
3	958	256 kbps	215,550
		512 kbps	560,430
		2 Mbps]	1,796,250
4	1,916	256 kbps	431,100
		512 kbps	1,120,860
		2 Mbps	3,592,500
5	2,491	256 kbps	560,475
		512 kbps	1,457,235
		2 Mbps	4,670,625

Tabla 5.16b Ingresos anuales del proyecto modelo B Subestación Sangolquí

SUBESTACIÓN: Sangolquí			
AÑO	N° DE ABONADOS	Vu	INGRESOS TOTALES
1	267	256 [kbps]	60,075
		512 [kbps]	156,195
		2 [Mbps]	500,625
2	307	256 [kbps]	69,075
		512 [kbps]	179,595
		2 [Mbps]	575,625
3	614	256 [kbps]	138,150
		512 [kbps]	359,190
		2 [Mbps]	1,151,250
4	1228	256 [kbps]	276,300
		512 [kbps]	718,380
		2 [Mbps]	2,302,500
5	1597	256 [kbps]	359,325
		512 [kbps]	934,245
		2 [Mbps]	2,994,375

5.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO ^{[★], [158] - [168]}

El objetivo de esta sección es evaluar las condiciones y oportunidades económicas que generaría la posible implementación del proyecto BPL para cada modelo de negocio.

5.5.1 PRINCIPALES FACTORES DE EVALUACIÓN ECONÓMICA

Previo al cálculo de estos índices es necesaria su definición y la descripción de los criterios que permitan evaluar los valores obtenidos.

5.5.1.1 Beneficio o Utilidad Neta (BN)

Es la diferencia entre los ingresos netos y los desembolsos netos necesarios para llevar a cabo el proyecto. Su expresión matemática es la siguiente:

$$BN = \text{Ingresos} - \text{Egresos} \quad [5.1]$$

5.5.1.2 Valor Presente Neto (VPN)

Indica la utilidad que la implementación del proyecto daría a lo largo de su período de aplicación, trasladada al momento actual utilizando para ello la tasa de interés activa proyectada y vigente para el país de análisis de la inversión.

Matemáticamente, se expresa como:

$$VPN = -E_i + \sum_{i=1..n} \frac{BN_i}{(1 + I_A)^i} \quad [5.2]$$

Donde:

VPN: Valor presente neto

E_i : Inversión inicial

BN_i : Beneficio neto anual

I_A : Tasa de interés activa vigente

La regla para realizar una inversión o no utilizando el VPN es:

- **VPN > 0:** El proyecto es rentable, mientras mayor su valor mayores utilidades.
- **VPN = 0:** Indica que los egresos que genere el proyecto servirán únicamente para cubrir los costos de inversión y operación, es decir no se generan utilidades.
- **VPN < 0:** Indica que la implementación del proyecto deja pérdidas.

5.5.1.3 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno es aquella tasa que está ganando un interés sobre el saldo no recuperado de la inversión en cualquier momento de la duración del proyecto.

Matemáticamente, es igual a la tasa de interés que hace que el valor actual neto sea igual a cero. Es decir su valor se encuentra resolviendo la ecuación que resulta de la expresión siguiente:

$$VPN = 0 = -E_i + \sum_{i=1..n} \frac{BN_i}{(1+TIR)^i} \quad [5.3]$$

Donde:

VPN: Valor presente neto

E_i : Inversión inicial

BN_i : Beneficio neto anual

TIR: Tasa interna de retorno

La regla para realizar una inversión o no utilizando la TIR es la siguiente:

- **TIR < 0:** El proyecto genera pérdidas.
- **TIR = 0:** El proyecto no genera utilidad y sólo cubre los costos de inversión y operación.
- **TIR > I_A > 0:** El proyecto generará una utilidad muy pequeña.
- **TIR = I_A :** La utilidad que genera la inversión será igual a la utilidad que generaría el dinero invertido en el sistema financiero nacional. En este caso el inversionista es indiferente entre realizar el proyecto o no.
- **TIR > I_A :** Un proyecto será económicamente más rentable mientras la TIR supere en mayor medida a la tasa de interés vigente

5.5.1.4 Período de recuperación de capital (PRC)

Consiste en la determinación del tiempo necesario para que los flujos netos positivos sean iguales al capital invertido. Este índice analiza la liquidez que puede generar el proyecto, para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$PRC = \frac{E_i}{\sum_{i=1, \dots} BN_i} \quad [5.4]$$

Donde:

PRC: Período de recuperación del capital

E_i : Inversión inicial

BN_i : Beneficio neto anual

El inversionista siempre dará mayor preferencia a los proyectos que requieran menor tiempo de recuperación.

5.5.1.5 Rentabilidad

Para el cálculo de la rentabilidad de una inversión en base a la relación entre ingresos y egresos se tomarán en cuenta los flujos de caja netos de cada período anual y el capital invertido. Este método nos dará la tasa en porcentaje, de cómo se va a recuperar el capital en cada año.

$$R = \frac{\sum_{i=1, \dots} BN_i - 1}{E_i} \quad [5.5]$$

Donde:

R: Tasa de rentabilidad en porcentaje

BN_i : Flujo de caja neto de cada período anual

E_i : Inversión inicial

5.5.2 PARAMÉTROS DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO BPL

5.5.2.1 Tasa de interés activa vigente

Se refiere al precio que cobra una persona o institución crediticia por el dinero que presta. En nuestro país, las tasas de interés son reajustadas semanalmente por el Banco Central del Ecuador, según el movimiento financiero y sirven de referencia para el sistema bancario. Para la evaluación de este proyecto se considera la tasa vigente a diciembre del 2005:

TASA DE INTERÉS ACTIVA (I_A): 9.26%

5.5.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA

En base a las fórmulas definidas en la sección 5.5.1, los costos e ingresos totales estimados para el proyecto a continuación se calculan los índices de evaluación económica para cada modelo

5.5.3.1 Modelo A: Operador global BPL

***Tabla 5.17a** Evaluación económica del proyecto modelo A*

PROYECTO BPL				
AÑO	Vu	A. COSTO TOTAL	B. INGRESO TOTAL	C. UTILIDAD NETA (B-A)
1	256 kbps	1,071,810	1,026,000	-45,810
	512 kbps	1,917,522	2,667,600	750,078
	2 Mbps	6,971,658	8,550,000	1,578,342
2	256 kbps	1,195,796	1,179,000	-16,796
	512 kbps	2,172,732	3,065,400	892,668
	2 Mbps	7,883,808	9,825,000	1,941,192
3	256 kbps	2,357,412	2,358,000	588
	512 kbps	4,290,468	6,130,800	1,840,332
	2 Mbps	15,919,008	19,650,000	3,730,992
4	256 kbps	4,502,688	4,716,000	213,312
	512 kbps	8,378,868	12,261,600	3,882,732
	2 Mbps	31,646,016	39,300,000	7,653,984
5	256 kbps	5,501,016	6,132,000	630,984
	512 kbps	10,545,084	15,943,200	5,398,116
	2 Mbps	40,799,424	51,100,000	10,300,576

Tabla 5.17a Evaluación económica del proyecto modelo A

Velocidad de usuario	ÍNDICES DE EVALUACIÓN			
	VPN	TIR	PRC ^V	R ^{VI}
256 kbps	-1,549,099.98	-17.63%	2.62	38.2%
512 kbps	6,988,149.68	69%	0.16	623.1%
2 Mbps	15,868,924.04	118%	0.08	1230.4%

5.5.3.2 Modelo B: Sociedad de servicios compartidos

Tabla 5.18a Evaluación económica del proyecto modelo B

PROYECTO BPL				
PERÍODO	V _u	A. EGRESOS	B. INGRESOS	C. UTILIDAD NETA (B-A)
1	256 kbps	24,030	153,900	129,870
	512 kbps		400,140	376,110
	2 Mbps		1,282,500	1,258,470
2	256 kbps	27,540	176,850	149,310
	512 kbps		459,810	432,270
	2 Mbps		1,473,750	1,446,210
3	256 kbps	212,220	353,700	141,480
	512 kbps		919,620	707,400
	2 Mbps		2,947,500	2,735,280
4	256 kbps	424,440	707,400	282,960
	512 kbps		1,839,240	1,414,800
	2 Mbps		5,895,000	5,470,560
5	256 kbps	254,880	919,800	664,920
	512 kbps		2,391,480	2,136,600
	2 Mbps		7,665,000	7,410,120

Tabla 5.18b Evaluación económica del proyecto modelo B

Velocidad de usuario	ÍNDICES DE EVALUACIÓN			
	VPN	TIR	PRC	R
256 kbps	-746,978.75	-10%	1.26	79.3%
512 kbps	1,888,686.86	34%	0.34	293.8%
2 Mbps	11,333,155.31	110%	0.09	1062.1%

^V Tiempo de recuperación de la inversión

^{VI} Indica en que porcentaje se recupera la inversión anualmente

5.5.3.3 Observaciones generales

De acuerdo a los resultados obtenidos para los índices de evaluación económica, los cuales se muestran en las tablas anteriores, se destacan los siguientes puntos:

- Los costos de inversión requeridos para la implementación del proyecto en cada uno de los modelos de negocio son muy elevados, lo que hace que la utilidad en el primer año de operación sea baja y en el peor caso, menor a cero.
- Para los dos modelos de operación propuestos, la alternativa de servicio a velocidades de usuario de 256 kbps, es un escenario riesgoso que genera pérdidas para la empresa. Las principales razones son: las menores tarifas aplicables para este servicio y la alta inversión en equipamiento de la red BPL, el cual es el mismo para cualquier velocidad de usuario.
- En lo relativo al TIR, el proyecto generaría pérdidas si la velocidad ofertada a los usuarios sería 256 kbps tanto en el modelo A como en el modelo B. Sin embargo, para otras velocidades los índices indican alto rendimiento económico, ya que la inversión en el proyecto generaría utilidades mayores a las que se obtendrían con el dinero invertido en el sistema financiero nacional.
- El escenario más atractivo constituye el servicio a altas velocidades, por lo que debe trabajarse en el análisis específico del segmento de mercado que accedería a este servicio (ISPs y usuarios corporativos) y como conseguir cumplir los objetivos en cuanto a número de usuarios proyectados.

- El modelo B, en el que la EEQ S.A. integra su red con un proveedor de servicios de comunicaciones genera una alta inversión inicial, pero sin duda es una alternativa válida para la empresa, ya que permite la posibilidad de generar ingresos económicos dando uso a infraestructura ya disponible.
- El período de recuperación de la inversión es moderado y depende directamente del modelo y la velocidad de usuario comercializada, en el peor de los casos no excede los tres años y en la mayoría es menor a un año.
- La falta de infraestructura para que los proveedores de servicios de Internet accedan a los cables internacionales, ha dado como resultado el encarecimiento de los servicios de Internet. Es así como, la contratación del servicio portador hacia Internet es el punto crítico de la tarifa que el presente proyecto debe fijar a los usuarios para ser rentable. Por lo que para abaratar las tarifas mensuales por abonado es conveniente buscar condiciones adecuadas que permitan abaratar los costos de acceso a Internet, tales como la contratación de canales por volumen y a largo plazo.

5.6 ANÁLISIS DE MERCADO

5.6.1 SEGMENTOS DE MERCADO

Si bien en el *Capítulo 3* se determinó el número de usuarios que inicialmente serían el objetivo del sistema BPL para la zona de cobertura del proyecto. Luego de la evaluación de los costos y tarifas del mismo es importante identificar cual es el segmento o nicho al que se atenderá.

5.6.1.1 Identificación de usuarios potenciales

Los usuarios a los que se orientó inicialmente el proyecto BPL eran residenciales, sin embargo debido a las aplicaciones principales de esta tecnología (acceso de alta velocidad a Internet, SOHO^{VII}, creación de entornos de LAN, video bajo demanda) y las altas tarifas que deben cobrarse por el servicio; los clientes potenciales del mercado BPL serían:

- Empresas grandes y medianas
- Entidades financieras
- Entidades públicas
- Universidades y centros educativos
- Hoteles y centros de convenciones

Debido a que esta clase de usuarios puede aprovechar las aplicaciones adicionales de la tecnología BPL y además la concentración de usuarios en un lugar específico es mayor, lo que permite que los equipos de la red operen haciendo uso de su real capacidad desde la instalación de la red.

La implementación del proyecto BPL sólo tendrá resultados económicos, si los criterios sobre segmentación del mercado están basados en factores de densidad demográfica, tamaño y poder adquisitivo de los submercados dentro del área servicio.^{VIII}

5.6.2 COMPETENCIA CON TECNOLOGÍAS SIMILARES

Un punto adicional corresponde a la identificación del mercado competidor al servicio BPL, incluyendo los principales proveedores que ofertan un servicio similar.

^{VII}

SOHO:

Small Home Office, es decir oficina en casa

^{VIII}

Anexo 5.B

Detalle de usuarios potenciales ubicados en la zona de cobertura del proyecto

5.6.2.1 Situación nacional de acceso a servicios de banda ancha

En Ecuador, el crecimiento anual de usuarios de Internet en los últimos años ha sido considerable. Sin embargo, la penetración actual de usuarios de este servicio no alcanza el 5% de la población, el cual es un índice menor incluso al promedio de América Latina que llega al 18 %.

Adicionalmente, de todas las conexiones a Internet sólo un porcentaje reducido corresponde a conexiones de banda ancha. De esta forma, una proyección de penetración del servicio de banda ancha en América Latina, realizado por “Pyramid Research Cintel” estima que Ecuador en el 2008 tendrá una penetración de banda ancha inferior al 0.5%, lo que lo rezaga dentro del contexto de los países latinoamericanos, resultando imperiosa la necesidad de implementar mecanismos que permitan el crecimiento de usuarios del servicio de banda ancha tanto a nivel corporativo como residencial.

5.6.2.2 Principales competidores

De acuerdo al servicio que el proyecto BPL plantea entregar al usuario, el análisis de la competencia se reduce a proveedores de acceso a Internet de alta velocidad, los que constituyen un sector reducido del total de ofertas del mercado nacional.

5.6.2.3 Comparación del servicio

En este aspecto, lo más importante es valorar los puntos fuertes y débiles de los operadores que realizan la misma actividad, lo cual es posible a través de la matriz de competidores. Esta resume las principales características que se pueden analizar entre las opciones del mercado y les otorga una puntuación de mayor a menor, 5 a 1 respectivamente.

La determinación de estas condiciones conlleva a que se puedan tomar a tiempo un conjunto de acciones o estrategias para alcanzar los objetivos propuestos.

Tabla 5.19 Matriz de competidores del proyecto BPL

SERVICIO	Cable módem	NIU	ADSL	BPL
	SATNET	ALEGRO	ANDINADATOS	
Oferta de tarifa plana	5	4	5	5
Precio accesible	3	5	4	4
Velocidad	5	3	4	5
Servicio simétrico	5	3	3	5
Corto plazo de instalación	4	5	5	5
Zona de cobertura	3	3	4	5
TOTAL	25	23	25	29

Nota: Un factor adicional a los anteriores, que debe considerarse previo a la contratación del servicio de Internet, es el índice de compartición del medio, el cual para los operadores descritos fluctúa entre 5 y 8 usuarios por velocidad efectiva. Para el sistema BPL, este índice es 2, lo que garantiza un mejor servicio con este sistema.

Conclusiones

- La tecnología que emplea las redes de distribución eléctrica, como medio de transmisión para proveer servicios de comunicación no es un desarrollo nuevo. Esta es una alternativa que por algunos años ha venido analizándose y fortaleciéndose por medio de pruebas de campo, hasta convertirse en un servicio potencialmente comercial en varias regiones del mundo. Su crecimiento ha sido moderado y diferenciado de acuerdo a la zona de influencia tecnológica, debido principalmente a las diversas topologías y características de la red eléctrica.
- La tecnología BPL es una importante alternativa para el acceso a servicios de comunicación. Adicionalmente a sus varias ventajas, permite compatibilidad con otras tecnologías ya desplegadas, ya que es complementaria y no sustitutiva. Su objetivo y potencial están en prestar servicio en las zonas que por su ubicación no tienen acceso a redes de cobre, cable coaxial o fibra óptica, pero si tienen cobertura de servicio eléctrico, la red más capilar del mundo.
- La posibilidad de integrar aplicaciones de acceso y de conectividad en redes LAN internas para instituciones y oficinas, le otorgan a BPL una ventaja importante frente a otras tecnologías.
- La topología de la red eléctrica de distribución ecuatoriana tiene relación directa con los sistemas americanos, lo que dificulta el establecimiento de sistemas BPL de baja tensión. Sin embargo, con el establecimiento de un sistema que opere empleando las líneas de medio voltaje es posible la definición de una arquitectura de red que optimice el uso de equipos y garantice mayor cobertura a los usuarios.

- La red de distribución de la Empresa Eléctrica “Quito” S.A. tiene una topología irregular. Para el desarrollo del diseño de este proyecto se ha analizado las características propias de la zona de servicio, las que sin embargo no representan un patrón genérico para otras áreas de cobertura. Por lo cual, el diseño del sistema de comunicaciones se ha realizado destacando cuales son los elementos generales de la topología BPL y como dimensionarlos, con el objeto de que puedan ser una referencia para el establecimiento de sistemas similares en zonas con características distintas.
- Es importante reconocer el hecho de que las redes eléctricas no fueron diseñadas como medio de transmisión para sistemas de comunicaciones, lo cual las convierte en un elemento vulnerable. Sin embargo, para enfrentar este inconveniente se han escogido equipos de reconocida solvencia y múltiples pruebas comerciales, los que a través de la aplicación de técnicas de encriptación y detección de errores, manejo variable de niveles de potencia y modulación OFDM han garantizado el óptimo funcionamiento de su sistema de comunicación de banda ancha operando sobre un medio de transmisión variable, como el cable eléctrico.
- Para la definición del número de usuarios del sistema BPL, tanto en la etapa de implementación como en los años posteriores se han empleado los índices de crecimiento del servicio de Internet a nivel local. Con lo cual la demanda del sistema crece de manera moderada, pero no se constituye en una alternativa de servicio masivo, pues para nuestro país aun no se espera que se incrementen las alternativas de acceso hacia NAPs internacionales y por ende sus elevadas tarifas se mantendrán limitando el acceso de la población por los altos costos de operación.

- Existe factibilidad técnica para la implementación del sistema BPL en la zona de cobertura de este proyecto, ya que la mejor opción de topología ha sido definida y los equipos requeridos están disponibles en el mercado.
- No existe una norma internacional específica que estandarice los sistemas que emplean tecnología BPL. Sin embargo, las recomendaciones internacionales y regionales emitidas hasta el momento permiten definir un conjunto de requerimientos básicos para los posibles despliegues, lo cual ha permitido que esta tecnología pueda desarrollarse comercialmente sin inconvenientes.
- En nuestro país, las normas relacionadas al sector de las telecomunicaciones no regulan las tecnologías empleadas sino los servicios. Por lo cual, el marco regulatorio local sería neutral con BPL y podría ser empleada por cualquier proveedor de telecomunicaciones normal, sin obligaciones específicas, ni impedimentos para su introducción en el mercado; pero si cumpliendo con los controles y requisitos exigidos para obtener el correspondiente permiso de acuerdo al servicio que se requiera ofrecer.
- La estimación de costos y evaluación económica realizada para las alternativas de servicio que podría aplicar la Empresa Eléctrica “Quito” S.A. para la introducción de BPL en el mercado son una proyección basada en tarifas referenciales, por lo que no definen de manera invariable las posibilidades de la empresa. De estas alternativas, la más atractiva económicamente pero riesgosa a la vez es la de Operador Global BPL, la cual no es la opción más recomendable por no encontrarse dentro de los objetivos y experiencia de la EEQ S.A.

Recomendaciones

- La solución BPL es una alternativa válida para nuestro país, sus ventajas técnicas y de cobertura así lo garantizan. Por lo cual, se recomienda profundizar en su estudio involucrando a los principales sectores relacionados con la normalización de los servicios de comunicaciones en nuestro país. Este sería el paso previo para el despliegue de posteriores pruebas y proyectos piloto.
- A través del Capítulo 2, se caracterizó la topología de la red eléctrica en la zona de servicio, así como se definieron las principales características del medio eléctrico. Sin embargo, para poder conocer y analizar las reales posibilidades del sistema BPL operando en la red eléctrica de nuestro país, es imprescindible la realización de pruebas en el campo con el uso de terminales adecuados y equipos de medición que permitan conocer niveles de emisión e interferencia.
- Los objetivos específicos de este proyecto plantean la posibilidad de desplegar una red completa de comunicaciones en el área del Valle de los Chillos. Por lo que para el diseño se ha considerado una topología que cubre toda la red eléctrica de distribución correspondiente a las Subestaciones San Rafael y Sangolquí. Sin embargo, esta alternativa no es la más factible económicamente, por lo que para un despliegue comercial lo recomendable es definir la zona más densa en cuanto a usuarios y desplegar los equipos para servir estos sectores específicos, los cuales potencialmente pueden ser universidades o empresas.
- En lo referente a la factibilidad económica, el modelo de negocio mediante el cual la Empresa Eléctrica “Quito” S.A. oferta en su servicio una velocidad de usuario de 256 kbps no es recomendable, porque genera pérdidas tanto para el modelo A como B, debido a

que las tarifas referenciales propuestas son muy bajas, sin generar ganancias. Sin embargo, a la velocidad de 512 kbps y 2 Mbps, el proyecto si es rentable, la inversión se recupera en un período menor a 1 año.

- La determinación de los indicadores de evaluación económica recomiendan como nicho de mercado para la prestación del servicio a grandes consumidores, tales como otros ISPs, instituciones educativas y comerciales.
- Para la Empresa Eléctrica “Quito” S.A. se recomienda la implementación del modelo Sociedad de Servicios Compartidos, por su menor riesgo y facilidad de desarrollo, ya que se evita incurrir en permisos de operación y se cuenta con el aval de la experiencia de un socio con conocimiento del mercado de las telecomunicaciones.
- En el mercado existen elementos variables, por lo cual para la implementación del proyecto la EEQ S.A. deberá efectuar una adecuada negociación directa con sus posibles socios o proveedores del servicio portador internacional hacia Internet, lo que le permita establecer las mejores condiciones que le beneficien sin efectuar su actual estructura administrativa y de servicio.
- Sobre la posibilidad de aplicar los sistemas BPL para el control de las redes eléctricas de la empresa distribuidora se han definido las condiciones y requerimientos generales. Sin embargo, este punto puede ser objeto de un análisis más profundo y específico en próximos proyectos de titulación.

Bibliografía

CAPÍTULO I

Libros y manuales:

- [1] BLACK, Uyles. **Redes de Computadoras, Protocolos, Normas e Interfases.** Décima Primera Edición. Editorial Macrobis. México. 1990.
- [2] DOSTERT, Klaus. **Powerline Communications.** Segunda Edición. Editorial Prentice Hall. New Jersey. 2001.
- [3] HUIDROBO, José Manuel. **Redes y Servicios de Telecomunicaciones.** Tercera Edición. Editorial Paraninfo. Barcelona. 2001.
- [4] HUIDROBO, José Manuel. **Tecnologías avanzadas de telecomunicaciones.** Tercera Edición. Editorial Paraninfo. Barcelona. 2003.

Artículos y tesis:

- [5] GARCÍA, Francisco. **Introducción a la tecnología PLC.** Revista Antena de Telecomunicaciones. Volumen I. Marzo 2005.
- [6] MERA, Diego. **Análisis de la tecnología inalámbrica WiMax y sus aplicaciones de banda ancha en Telecomunicaciones.** EPN. Quito. Junio 2005

Direcciones electrónicas:

SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS:

- [7] **Australian Communications and Media Authority**
http://www.aca.gov.au/radcomm/frequency_planning/spps/0311spp.pdf (06-2005)
http://internet.aca.gov.au/acainterwr/radcomm/frequency_planning/spps/0311spp.pdf
- [8] **Compliance Engineering**
<http://www.ce-mag.com/archive/03/ARG/hansen2.html> (06-2005)
- [9] **Corridor Systems**
<http://www.corridor.biz/pdf/PC-mag-article.pdf> (06-2005)
- [10] **IEEE Communications Magazine**
"Power line communications: State of the art and future trends"
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/35/26852/01193972.pdf> (06-2005)
- [11] **It week**
<http://www.itweek.co.uk/news/69011> (05-2005)

- [12] **Periodista Digital**
<http://www.periodistadigital.com/secciones/economia/object.php?o=36819> (06-2005)
- [13] **Puntolog**
<http://www.puntolog.com/actual/evolu/espchile/plc.htm> (05-2005)
- [14] **Terra Wired**
<http://us.terra.wired.com/wired/negocios/0,1154,25810,00.html> (06-2005)
- [15] **Unión Radioaficionados Españoles**
http://www.ure.es/plcure/plc/pdf/escasos_avances_del_plc_dic_2004.pdf (04-2005)
- [16] **Uruguay en red**
<http://www.uruguayenred.gub.uy/> (07-2005)
- [17] **Wireless Institute of Australia**
<http://www.wia.org.au/BPL/WiaBplReviewV1.1-20041214.pdf> (04-2005)
- [18] **Wired News**
<http://www.wired.com/news/technology/0,1282,57605,00.html> (06-2005)
- [19] **ZD Net UK**
<http://news.zdnet.co.uk/communications/broadband/0,39020342,39160545,00.htm> (04-2005)

FUNDAMENTOS Y CARACTERÍSTICAS:

- [20] **Alambre**
<http://www.alambre.info/archives/00000012.html> (06-2005)
- [21] **Aldea educativa**
<http://www.aldeaeducativa.com/aldea/Articulo.asp?which1=1772> (06-2005)
- [22] **BPL News. RAC**
<http://www.rac.ca/news/bplnews.htm> (05-2005)
- [23] **Communications World**
<http://www.idg.es/comunicaciones/impart.asp?id=133134#casausuario> (04-2005)
- [24] **Federal Communications Commission**
http://hraunfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-04-245A1.pdf (04-2005)
- [25] **Hispazone**
<http://www.hispazone.com/conttuto.asp?ldTutorial=95> (05-2005)
- [26] **LYCOS**
<http://usuarios.lycos.es/urde/plc/plc.htm> (06-2005)
- [27] **Magnadesignnet**
<http://www.magnadesignnet.com/eng/index.html> (04-2005)

- [28] **OFD News**
<http://www.ofdmnews.com/publications/page362-6137.asp> (06-2005)
- [29] **PLC Forum**
http://www.plcforum.net/docs/roundtable_regform.zip (04-2005)
- [30] **Power Line Communications Association**
<http://www.plca.net/newsandevents.asp> (06-2005)
- [31] **Powerline World**
<http://www.powerlineworld.com/powerlineintro.html> (05-2005)
- [32] **Power line telecoms: Data over the mains**
<http://www.itweek.co.uk/features/1153611> (05-2005)
- [33] **Revista en línea “Telemática”**
<http://www.cujae.edu.cu/revistas/telematica/index.htm> (05-2005)
- [34] **Spread Spectrum Scene**
<http://www.sss-mag.com/ofdm.html> (05-2005)
- [35] **Tecnociencia**
http://www.tecnociencia.es/mediawiki/index.php/Sistema_de_suministro_eléctrico (06-2005)
- [36] **Wikipedia**
http://es.wikipedia.org/wiki/Power_line_communication (06-2005)
- [37] **Wi-Lan**
<http://www.wi-lan.com/technology/whitepapers.htm>
- [38] **YTRAN Communications**
<http://www.yitran.com> (06-2005)

INTERFERENCIAS:

- [39] **GoBPL**
<http://www.gobpl.com> (06-2005)
- [40] **National Telecommunications and Information Administration (NTIA)**
http://www.ntia_summary.pdf (06-2005)
- [41] **Radio Amateurs of Canada**
<http://www.rac.ca/news/bplnews.htm>
- [42] **The National Association for Amateur Radio**
http://www.arrl.org/tis/info/HTML/plc/files/BPL_paper.pdf (07-2005)
<http://www.arrl.org/tis/info/HTML/plc/files/Barry.pdf> (07-2005)
<http://www.arrl.org/tis/info/HTML/plc/BPL-leave-behind.pdf>

<http://www.arrl.org/bpl>

[43] **TV Technology**

<http://www.tvtechnology.com/dlrf/one.php?id=259> (06-2005)

[44] **Unión de radioaficionados españoles**

http://usuarios.lycos.es/urde_estella/URE/2004/jorplc/ureplcdoc.htm

EQUIPOS Y APLICACIONES:

[45] **ARIADNA**

<http://www.el-mundo.es/ariadna/2001/A035/index.html> (04-2005)

[46] **Hyperwires Media Fusion**

<http://hyperwires.com/> (04-2005)

[47] **OFDM News**

<http://www.ofdmnews.com/publications/page362-6121.asp> (05-2005)

<http://www.ofdmnews.com/publications/page362-6110.asp> (05-2005)

[48] **Mundo Conectado**

| www.mundoconectado.com/descargas/MundoIP2PLC.pdf (07-2005)

[49] **Powerline Communications**

<http://www.powerlinecommunications.net/powerline-news-sources.htm> (07-2005)

<http://www.powerlinecommunications.net/powerlinephones.htm>

[50] **Revista en línea "PC"**

<http://www.corridor.biz/pdf/PC-mag-article.pdf> (06-2005)

[51] **Wired News**

<http://www.wired.com/news/technology/0,1282,57605,00.html> (06-2005)

OTRAS TECNOLOGIAS:

[52] **ADSL Ayuda**

<http://www.adslayuda.com/PNphpBB2+file-viewtopic-t-34937.html> (07-2005)

<http://www.adslayuda.com/displayarticle1294.html> (06-2005)

[53] **AGAPEA**

<http://www.agapea.com/RDSI-n8707i.htm> (07-2005)

[54] **Centro de Investigación de las Telecomunicaciones**

<http://www.citel.org.co> (06-2005)

[55] **Computer language**

<http://www.computerlanguage.com/index.htm>

- [56] **DSL Forum**
<http://www.adsl.com/>
- [57] **INTEL**
http://www.intel.com/espanol/personal/do_more/broadband/basic.htm
- [58] **Espacio PYME**
<http://www.espaciopyme.com/EspacioPyme/BaseDocumental.nsf/ListadoMonograficos/adslwifi> (07-2005)
- [59] **Radióptica.com**
http://radioptica.com/Radio/material_rad.asp (07-2005)
- [60] **Tecnología Empresarial**
http://www.tecnologiaempresarial.info/circuito2.asp?id_nota=11332&idc=3&ids=3 (06-2005)
- [61] **Wikipedia**
http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11 (06-2005)
- [62] **WiMAX Forum**
<http://www.wimaxforum.org/> (07-2005)

CAPÍTULO II

Libros y manuales:

- [63] CHIPMAN, Robert. **Teoría y problemas de líneas de transmisión**. Segunda Edición. Editorial Mc Graw-Hill. México. 1980.
- [64] CONELEC. **Plan Nacional de Electrificación 2004-2013**. Diciembre 2004
- [65] ENRÍQUEZ, Gilberto. **Líneas de transmisión y redes de distribución de potencia eléctrica**. Primera Edición. Editorial Limusa. México. 1990.
- [66] HAYT, William. **Teoría Electromagnética. Sexta Edición**. Editorial Mc Graw-Hill. México. 1991.
- [67] VIQUEIRA, Jacinto. **Redes Eléctricas. Editorial Representaciones y Servicios de Ingeniería**. Cuarta Edición. México. 1988

Artículos y tesis:

- [68] GORDÓN, Edwin. **Modelo para mejoramiento de la atención a los clientes del servicio eléctrico de la EEQ S.A. en redes de bajo voltaje**. Escuela Politécnica Nacional. Quito. 1997.

*Direcciones electrónicas:***FUNDAMENTOS DEL SISTEMA ELÉCTRICO:**

- [69] **Asociación Española de la Industria Eléctrica (Unesa)**
<http://www.unesa.es/hidroelectrica.htm> (08-2005)
- [70] **Enciclopedia Libre Universal en Español**
http://enciclopedia.us.es/index.php/Central_el%E9ctrica (08-2005)
- [71] **Escolar**
<http://www.escolar.com/article-php-sid=31.html> (08-2005)
- [72] **Instituto de Investigaciones sobre Energía Eléctrica**
<http://www.epri.com> (08-2005)
- [73] **Red Eléctrica de España**
<http://www.ree.es> (08-2005)
- [74] **Universidad Nacional de La Plata**
<http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/libros/ie/ie-08/ie-08.htm> (08-2005)
<http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/deeindex.htm> (08-2005)
- [75] **Wikipedia: La Enciclopedia Libre**
<http://es.wikipedia.org> (08-2005)

SECTOR ELÉCTRICO NACIONAL:

- [76] **Compañía Nacional de Transmisión Eléctrica**
<http://transelectric.com> (09-2005)
- [77] **Consejo Nacional de Electricidad**
<http://www.conelec.gov.ec> (09-2005)
- [78] **Corporación Centro Nacional de Control de Energía**
<http://www.cenace.org.ec> (09-2005)
- [79] **Empresa Eléctrica “Quito” S.A.**
<http://www.eeq.com.ec> (09-2005)

REDES DE DISTRIBUCIÓN COMO MEDIO DE TRANSMISIÓN:

- [80] **APTEL.** Grupo de Trabajo Powerline. Informe PLC o BPL. Versión 1. 2003

http://www.anatel.gov.br/comites_comissoes/cbc/cbc7/documentos_apoio/anexo_a_tutorial_plc_aptel.pdf (09-2005)

[81] **Unidad Educativa de Minas Gerais.**

http://www.si.uniminas.br/TFC/monografias_2004_1/TCC%20Josias%20Rodrigues%20Correa-Agosto%202004. (09-2005)

CAPÍTULO III

Libros y manuales:

- [82] TANENBAUM, Andrew. **Redes de Ordenadores**. Cuarta Edición. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana. México. 2003.

Artículos y tesis:

- [83] HERRERA, Giovanni. **Estudio de la transmisión de datos a alta velocidad que utiliza como acceso de última milla la red eléctrica de baja tensión con tecnología PLC**. Escuela Politécnica Nacional. Quito. 2002.
- [84] NOLIVOS, José Humberto; PAUCAR, Darío Wladimir. **Diseño de acceso a Internet usando tecnología PLC (Power Line Communication) para los telecentros de Quito, Papallacta y Esmeraldas**. Escuela Politécnica Nacional. Quito. 2003.

Direcciones electrónicas:

REDES Y TOPOLOGÍAS:

[85] **DS2**

<http://www.ds2.es> (10-2005)

[86] **Endesa**

<http://www.plcendesa.com> (09-2005)

http://www.plcendesa.com/12/castellano/cont/ftp/manual_AUNA_PLC.pdf (09-2005)

[87] **Iberdrola**

<http://www.iberdrola.es/ovc/plc/index.html> (09-2005)

[88] **Monografías.com**

<http://www.monografias.com/trabajos14/gestioninformatica/gestioninformatica.shtml> (10-2005)

[89] **Nortel**

http://www.nortel.com/corporate/news/newsreleases/2002b/05_14_02_emergia_cas (09-2005)

[90] **Oni 220 Powerline**

<http://www.oni220.pt/> (10-2005)

[91] **Pegaso Apuntes**

http://pegaso.ls.fi.upm.es/disenyo_planif/files/Comunicaciones.pdf (10-2005)

USUARIOS DE INTERNET Y PROYECCIONES:

[92] **Consejo Nacional de Telecomunicaciones**

http://www.conatel.gov.ec/espanol/agendaconectividad/contenido_AgendaConectividad.htm (10-2005)

[93] **Corporación Ecuatoriana de Comercio Electrónico**

http://www.corpece.org.ec/documentos/articulos/nacionales/si_se_puede.doc (10-2005)

[94] **Diario La Hora**

<http://www.dlh.lahora.com.ec/paginas/chasqui/paginas/chasqui259> (10-2005)

[95] **El Universo**

<http://www.eluniverso.com/core3/eluniverso.asp?page=noticia&id=9&tab=1&contid=BC2C00C8D99A4F65BCBB94> (10-2005)

[96] **Internacional Weiterbildung und Entwicklung gGmbH**

<http://www.inwent.org/E+Z/1997-2002/ds100-3.htm#top> (10-2005)

[97] **Proyectos Asesoría y Telecomunicaciones**

http://www.proasetel.com/paginas/articulos/mercado_internet.htm (10-2005)

[98] **Research and Markets**

<http://www.researchandmarkets.com/reports/c18248> (10-2005)

[99] **Superintendencia de Telecomunicaciones**

<http://www.supertel.gov.ec/telecomunicaciones/portadores/estadisticas.htm>

http://www.supertel.gov.ec/telecomunicaciones/valor_agregado.htm (10-2005)

FABRICANTES Y PROVEEDORES DE EQUIPOS:

[100] **Amperion**

<http://www.amperion.com> (09-2005)

[101] **Ascom**

- www.ascom.com/powerline (09-2005)
- [102] **Asoka**
<http://www.asoka.com> (10-2005)
- [103] **Broadband-Powerline.com**
http://broadband-powerline.com/manufacturers/NP_products.shtml (10-2005)
- [104] **Corinex**
<http://www.corinex.com> (09-2005)
- [105] **Digital power meters**
http://www.digitalpowermeters.com/products/plc_amr.htm
- [106] **Eba PLC**
<http://www.eba.com> (09-2005)
- [107] **Homeplug**
<http://www.homeplug.org> (09-2005)
- [108] **Intellon**
<http://www.intellon.com/techonology/owerlinecommunications.php> (09-2005)
- [109] **Main net PLC**
<http://www.mainnet-plc.com/plc.htm> (09-2005)
- [110] **Multi Source**
<http://multi-source.ca/index.html> (09-2005)
- [111] **Powerline Home Networking**
<http://www.plugtek.com> (09-2005)
- [112] **Powerline Store**
<http://www.powerlinestore.com/store/cgi100553/PowerlineStore.shtml>
- [113] **Tecnocom**
<http://www.tecnocom.biz> (09-2005)
- [114] **Toyocom**
<http://www.toyocom.com> (09-2005)

PROVEEDORES SERVICIO PORTADOR

- [115] **Andinados**
<http://andinados.com> (10-2005)
- [116] **Ecutel**
<http://www.ecutel.net/home.htm>
- [117] **Emergia**
<http://www.e-mergia.com> (11-2005)

- [118] **Panamsat**
<http://www.panamsat.com/solutions> (10-2005)
- [119] **Telconet**
<http://www.telconet.net/> (10-2005)
- [120] **Transnexa**
<http://www.transnexa.com/contenidos/compania.htm#> (10-2005)
- [121] **Transtelco**
<http://www.trans-telco.com/corporativo/principal.htm> (10-2005)

INFRAESTRUCTURA ISP

- [122] **Amazing**
<http://www.amazing.com/internet/faq-6.0.html> (01-2006)
- [123] **Cisco Systems**
<http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=27137&rl=1> (01-2006)
- [124] **Daniel Clemente.com**
<http://www.danielclemente.com/amarok/#problema> (01-2006)
- [125] **EcuaLug**
http://www.ecualug.org/?q=software_para_isp (01-2006)
- [126] **ISP Planet**
http://www.isp-planet.com/technology/2002/radius_bol.html (01-2006)
- [127] **Linux para todos**
<http://www.linuxparatodos.net/geeklog/staticpages/index.php?page=servidor-dns> (01-2006)
- [128] **Microsoft.com**
<http://www.microsoft.com/spain/windowsxp/using/networking/getstarted/needisp.mspx> (01-2006)
- [129] **Tejedores del web**
<http://www.tejedoresdelweb.com/307/article-1062.html> (01-2006)

CAPÍTULO IV

Artículos y tesis:

- [130] The ITU Association of Japan Inc. **New Breeze Magazine**. Volumen 17. Número 3
Summer Japón. Julio 2005

*Direcciones electrónicas:***ÁMBITO INTERNACIONAL**

- [131] **Asociación de Empresas Propietarias de Infraestructura y Sistemas Privados de Telecomunicaciones**
<http://www.aptel.com.br> (12-2005)
<http://www.aptel.com.br/powerline2005> (12-2005)
- [132] **Cenelec**
<http://www.cenelec.org> (12-2005)
- [133] **Comisión Federal de Telecomunicaciones – México**
<http://www.cft.gob.mx> (12-2005)
- [134] **European Telecommunications Standards Institute**
<http://www.etsi.org/plugtests/home.htm> (12-2005)
<http://www.etsi.org/plugtests/History/History.htm> (12-2005)
- [135] **FCC**
http://www.hraunfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-04-29A1.pdf (12-2005)
http://www.hraunfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-04-245A1.pdf (12-2005)
- [136] **Homeplug.com**
<http://www.homeplug.com> (12-2005)
- [137] **Institute of Electrical and Electronics Engineers**
<http://grouper.ieee.org/groups/1901/index.html> (12-2005)
<http://grouper.ieee.org/groups/bpl> (12-2005)
http://grouper.ieee.org/groups/1901/P1901_WorkFlow.pdf (12-2005)
- [138] **International Telecommunication Union**
<http://www.itu.int/rec/recommendation.asp?type=folders&lang=e&parent=T-REC-K.60> (12-2005)
<http://www.itu.int/search/index.asp?SearchString=plc&Action=Search&pagelanguage=en&webareapath=home&webareaname=Home> (12-2005)
- [139] **National Telecommunications and Information Administration (NTIA)**
<http://www.ntia.doc.gov/ntiahome/fccfilings/2004/bpl> (12-2005)
http://www.ntia.doc.gov/ntiahome/fccfilings/2004/bpl/FinalReportAdobe/NTIA_BPL_Report_04-413_Volume_II.pdf (12-2005)
http://www.ntia.doc.gov/ntiahome/fccfilings/2004/bpl/FinalReportAdobe/NTIA_BPL_Report_04-413_Volume_I.pdf (12-2005)
- [140] **Oftel**
<http://www.oftel.gov.uk> (12-2005)

- [141] **Open PLC European Research Alliance**
<http://www.ist-opera.org/> (12-2005)
- [142] **PLC Forum**
<http://www.plcforum.com/> (12-2005)
- [143] **PLC-J**
<http://www.plc-j.org/> (12-2005)
- [144] **Powerline communications.net**
<http://www.powerlinecommunications.net/blog/2005/04/broadband-over-power-lines-offers.html> (12-2005)
- [145] **Universal Powerline Association**
<http://www.upapl.org/> (12-2005)
- [146] **Universidad Pública de Navarra**
<http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redacna/archivos%20descarga/doc-xDSL-PLC.pdf> (11-2005)
- [147] **United Powerline Council**
<http://www.uplc.org> (12-2005)

ÁMBITO NACIONAL

- [148] **Consejo Nacional de Telecomunicaciones**
<http://www.conatel.gov.ec/espanol/baselegal/contenidobaselegal.htm#1> (12-2005)
<http://www.conatel.gov.ec/espanol/glosario/contenidoglosario.htm> (12-2005)
- [149] **Corporación Ecuatoriana de Comercio Electrónico**
http://www.corpece.org.ec/documentos/leyes_ecuador (12-2005)
- [150] **Superintendencia de Telecomunicaciones**
<http://www.supertel.gov.ec/reglamentacion/> (12-2005)

CAPÍTULO V

Libros y manuales:

- [151] BACA URBINA, Gabriel. **Evaluación de proyectos**. Quinta Edición. Editorial Mc Graw-Hill. México. 1991
- [152] BACA URBINA, Gabriel. **Fundamentos de ingeniería económica**. Segunda Edición. Editorial Mc Graw-Hill. Colombia. 1999

- [153] CHIAVENATO, Idalberto. **Introducción a la Teoría General de la Administración**. Quinta Edición. Editorial Mc Graw-Hill. Colombia. 1999

Direcciones electrónicas:

MODELOS DE SERVICIO

- [154] **Asociación de usuarios de Internet en España**
<http://www.aui.es> (11-2005)
- [155] **Asociación Española de Usuarios de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información**
<http://www.autel.es/> (11-2005)
- [156] **PLC Forum Argentina**
<http://www.plcforum.org.ar/faq.html> (11-2005)
- [157] **Wireless BR**
http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/secoes/sec_plc.html (11-2005)

ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD:

- [158] **Banco Central del Ecuador**
http://www.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=activa (11-2005)
- [159] **Gestiopolis**
<http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/ger/no12/factibilidad.htm> (11-2005)
<http://www.gestiopolis.com/canales5/comerciohispano/13.htm#> (11-2005)
- [160] **Ilustrados.com**
<http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpyppFkZFkWMBIcktf.php> (11-2005)
<http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpyVVZFIVVNZaUAAtXi.php> (01-2006)
- [161] **Instituto Tecnológico de la Paz - Tutoriales**
http://www.itlp.edu.mx/publica/tutoriales/desproyectos/tema%203_3.htm (11-2005)
- [162] **Monografías.com**
<http://www.monografias.com/trabajos17/estudio-factibilidad/estudio-factibilidad.shtml> (11-2005)
<http://www.monografias.com/trabajos5/esfa/esfa.shtml> (11-2005)

COSTOS REFERENCIALES:

- [163] **Allegro PCS**

- <http://www.allegro-pcs.com/> (12-2005)
- [164] **Andinatel**
<http://www.andinatel.com> (12-2005)
- [165] **Mercado libre**
<http://www.mercadolibre.com.ar/jm/item?site=MLA&id=19782707> (12-2005)
- [166] Mensaje recibida en <proyectobplecuador@yahoo.es> en 24-12-2005
- [167] **Preciomanía**
http://preciomania.com/search_attrib.php/page_id=63 (12-2005)
- [168] **Satnet**
<http://www.satnet.net/frame.php?cuerpo=html/servicios/cablemodem.htm>(12-2005)
- [☆] Fuente propia