

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UN ISP, BASADO EN LA TECNOLOGÍA *BROADBAND
POWER LINE COMMUNICATIONS*, PARA LA EMPRESA
ELÉCTRICA QUITO S.A.

TOMO I

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y REDES DE INFORMACIÓN

CHRISTIAN DAVID BRAVO GALLARDO
JOSÉ ANDRÉS CALLE ZHAÑAY

DIRECTOR: MSc. ALEX RODRIGUEZ

Quito, Julio 2006

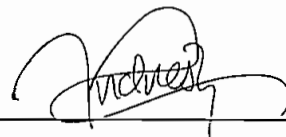
DECLARACIÓN

Nosotros Christian David Bravo Gallardo y José Andrés Calle Zhañay declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



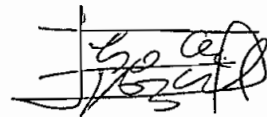
Christian David Bravo Gallardo



José Andrés Calle Zhañay

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Christian David Bravo Gallardo y José Andrés Calle Zhañay, bajo mi supervisión.



Hugo Alex Rodríguez Tobar, MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A los grandes amigos encontrados durante los años de estudio dentro y fuera del campus universitario, y a la persona que amo, por los muy gratos momentos compartidos durante las horas de estudio, entretenimiento y trabajo, y por su apoyo en tiempos difíciles.

A mis maestros, cuya labor es digna de respeto, por su compromiso con la educación y el desarrollo de nuestra gente.

A los amigos que están lejos, a quienes gratamente recuerdo.

Mi agradecimiento más especial a mi familia, a quienes debo la oportunidad de haber cursado mis estudios, y en particular a mi abuelo Vicente Zhañay por su valioso ejemplo.

Sinceramente,

José Andrés Calle Zhañay

AGRADECIMIENTO

A mi Dios, por iluminarme a lo largo de mi carrera universitaria.

A mis padres, que con su esfuerzo diario me apoyaron a cumplir un sueño que hoy se hace realidad, por sembrar en mí bases de ética y moral, las mismas que aplicaré toda mi vida.

Mis hermanos, que son mi principal fuente de inspiración, simplemente los mejores hermanos que uno puede esperar, por ustedes mi esfuerzo y mis agradecimientos por ser mas que mis hermanos mis amigos.

En la vida uno conoce muchas personas, pocos llegan a ser tus amigos, y casi nadie como tu hermano, a mis amigos casi hermanos por estar siempre pendientes de mi y apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida personal y universitaria.

Los recuerdos más gratos de la universidad lo llevo de mis compañeros, a mis amigos de la universidad y a sus familias por apoyarme siempre y ser para mí como una segunda familia.

A una persona muy especial y a toda su familia, que fue mi principal apoyo en gran parte de mi carrera universitaria, muchas gracias por estar ahí y por ayudarme a cumplir esta meta.

Sinceramente

Christian David Bravo Gallardo

DEDICATORIA

A Castor, un amigo de toda la vida, a quien no pude escoger como tal sino que se me dio, he ahí la suerte que he tenido.

José Andrés Calle Zhañay

A mis Abuelitas que en paz descansen, se que desde el cielo están festejando conmigo este logro personal.

Christian David Bravo Gallardo

CONTENIDO

CONTENIDO.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV

TOMO I

R. Resumen	XVIII
------------------	-------

P. Presentación.....	XX
----------------------	----

CAPÍTULO 1 DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA *BROADBAND PLC*

1.1 INTRODUCCIÓN A <i>BROADBAND PLC</i>	1
1.2 ARQUITECTURA DE LA TECNOLOGÍA <i>BROADBAND PLC</i>	6
1.2.1 NATURALEZA DE LAS REDES DE ACCESO	6
1.2.1.1 Elementos de la red <i>Broadband PLC</i> para redes de acceso	7
1.2.1.1.1 Subestación: Nodo "S"	9
1.2.1.1.2 Transformadores: Nodo "X"	9
1.2.1.1.3 Gateway: Nodo "G"	10
1.2.1.1.4 Repetidores: Nodo "R"	12
1.2.1.2 Topología de las redes <i>Broadband PLC</i>	14
1.2.1.2.1 Características de las redes de acceso <i>Broadband PLC</i>	14
1.2.1.2.2 Topología Lógica de la red <i>Broadband PLC</i>	20
1.2.2 RELACIÓN DE <i>BROADBAND PLC</i> CON EL MODELO ISO/OSI....	21
1.2.3 ESTUDIO DE LA CAPA MAC.....	22
1.2.3.1 Componentes de la Capa MAC	22
1.2.3.2 Características de la capa MAC <i>Broadband PLC</i>	23
1.2.3.3 Requerimientos de la Capa MAC <i>Broadband PLC</i>	24
1.2.3.4 Esquemas de Acceso Múltiple.....	25
1.2.3.4.1 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)	26
1.2.3.4.2 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA).....	28
1.2.3.4.3 OFDMA/TDMA	31
1.2.3.5 Protocolos de la capa MAC	32

1.2.4	TÉCNICAS DE MODULACIÓN EN <i>BROADBAND PLC</i>	33
1.2.5	SERVICIOS DE <i>BROADBAND PLC</i>	37
1.2.5.1	Servicios Portadores <i>Broadband PLC</i>	37
1.2.5.2	Servicios de telecomunicaciones en la red de Acceso <i>Broadband PLC</i>	38
1.2.6	MANEJO DE ERRORES.....	39
1.2.6.1	Métodos FEC considerados para <i>Broadband PLC</i>	40
1.2.6.2	Métodos ARQ.....	42
1.2.6.3	Mecanismo de <i>Interleaving</i>	44
1.3	LIMITACIONES TÉCNICAS DE LA TECNOLOGÍA <i>BROADBAND PLC</i>	45
1.3.1	COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.....	47
1.3.2	RUIDO.....	52
1.4	UTILIZACIÓN DE <i>PLC</i> EN EL ECUADOR,.....	54
1.4.1	DIFUSIÓN DE <i>PLC</i> EN ECUADOR.....	54
1.4.2	PARTICIPACIÓN DEL ECUADOR EN ESTUDIOS CON RELACIÓN A <i>BROADBAND PLC</i> PARA LATINO AMÉRICA.....	56
1.5	DIFUSIÓN INTERNACIONAL DE <i>BROADBAND PLC</i>	58
1.5.1	ESTANDARIZACIÓN DE <i>BROADBAND PLC</i>	58
1.5.2	DESARROLLO DE <i>BROADBAND PLC</i> EN EL MUNDO.....	60
1.5.2.1	Situación de <i>Broadband PLC</i> en Estados Unidos.....	61
1.5.2.2	Situación de <i>Broadband PLC</i> en Europa.....	64
1.6	COMPARACIÓN DE LA TECNOLOGÍA <i>BROADBAND PLC</i> CON TECNOLOGÍAS DE ÚLTIMA MILLA DE BANDA ANCHA PARA .ACCESO AL INTERNET.....	66
1.6.1	DATOS SOBRE LÍNEAS DE VOZ.....	66
1.6.1.1	Ventajas principales.....	67
1.6.1.2	Desventajas principales.....	68
1.6.2	MODEMS DE CABLE - DOCSIS.....	68
1.6.2.1	Ventajas principales.....	70
1.6.2.2	Desventajas principales.....	70
1.6.3	TECNOLOGÍAS XDSL.....	70
1.6.3.1	Desventajas de xDSL.....	73

1.6.3.2	Ventajas principales.....	73
1.6.4	REDES INALÁMBRICAS.....	74
1.6.4.1	Ventajas de las Redes Inalámbricas	75
1.6.4.1	Desventajas de las Redes Inalámbricas.....	76

CAPÍTULO 2 ESTUDIO DE MERCADO DE LOS SERVICIOS A SER IMPLEMENTADOS

2.1	CONCEPTOS GENERALES DE ESTUDIO DE MERCADO.....	80
2.1.1	INVESTIGACIÓN DE MERCADO.....	80
2.1.1.1	Definición del problema y los objetivos de la investigación	81
2.1.1.2	Desarrollo del plan de investigación.....	81
2.1.1.3	Implementación del plan de investigación.....	81
2.1.2	SEGMENTACIÓN DE MERCADOS.....	82
2.1.2.1	Niveles de Segmentación de Mercado.....	82
2.1.2.2	Tipos de Segmentación de Mercado.....	84
2.1.2.3	Determinación del Mercado Meta.....	85
2.2	IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	86
2.2.1	PROBLEMA DEL ACCESO A INTERNET DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL USUARIO.....	86
2.2.1.1	Punto de Vista de los Usuarios Corporativos.....	87
2.2.1.2	Punto de Vista de los Usuarios Residenciales.....	88
2.2.2	OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MERCADO.....	88
2.2.3	HIPÓTESIS DEL ESTUDIO DE MERCADO.....	89
2.3	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	89
2.3.1	IDENTIFICACIÓN DEL UNIVERSO META.....	90
2.3.1.1	Segmentación de Usuarios Residenciales.....	90
2.3.1.2	Segmentación de Usuarios Corporativos.....	92
2.3.2	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	93
2.3.2.1	Fuentes Secundarias.....	94
2.3.2.2	Fuentes Primarias.....	95
2.3.2.2.1	Diseño del cuestionario.....	96
2.3.2.2.2	Tamaño de la muestra.....	98
2.4	RECOPIACIÓN DE DATOS.....	102

2.5	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	103
2.5.1	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS USUARIOS	
	RESIDENCIALES	103
2.5.1.1	Edad de los Usuarios.....	103
2.5.1.2	Sector de Residencia.....	104
2.5.1.3	Usuarios que utilizan Internet	105
2.5.1.4	Número de Computadores en el Hogar	106
2.5.1.5	Conocimiento de <i>Broadband PLC</i>	106
2.5.1.6	Lugares de acceso al Internet	107
2.5.1.7	Forma de acceso al Internet en el Hogar.....	108
2.5.1.8	Proveedor de Internet.....	109
2.5.1.9	Nivel de satisfacción del servicio.....	110
2.5.1.10	Causas de insatisfacción con el Servicio.....	111
2.5.1.11	Expectativa de Servicio	112
2.5.1.12	Precio del Servicio	113
2.5.1.13	Interés mostrado por el nuevo servicio.....	113
2.5.1.14	Expectativa de precio por el nuevo servicio.....	114
2.5.2	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS USUARIOS	
	COMERCIALES.....	115
2.5.2.1	Localización de la Empresa.....	115
2.5.2.2	Número de computadores en la empresa.....	115
2.5.2.3	Conocimiento de <i>Broadband PLC</i>	116
2.5.2.4	Método de acceso empresarial.....	117
2.5.2.5	Proveedor de Servicio	117
2.5.2.6	Nivel de satisfacción con el servicio	118
2.5.2.7	Problemas del Servicio Actual	119
2.5.2.8	Expectativa del Servicio.....	119
2.5.2.9	Precio del Servicio.....	120
2.5.2.10	Interés por el Servicio.....	121
2.5.2.11	Expectativa del precio por el nuevo servicio.....	121
2.5.3	CÁLCULO DEL GRUPO META DE LA EMPRESA ELÉCTRICA	
	QUITO S.A.....	122
2.5.3.1	Usuarios Residenciales	123

2.5.3.2	Usuarios Comerciales.....	124
2.5.3.3	Proyección del número de usuarios.....	125

CAPÍTULO 3 DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

3.1	ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL DE LA RED ELÉCTRICA DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.	132
3.1.1	SUBESTACIÓN NORTE.....	132
3.1.2	SUBESTACIONES DE TRANSFORMACIÓN IÑAQUITO Y CAROLINA	133
3.1.2.1	Transformadores	133
3.1.2.2	Medios de transmisión.....	134
3.2	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA INSTALACIÓN DE <i>BROADBAND PLC</i> EN LA RED ELÉCTRICA DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.....	139
3.2.1	REQUISITOS DE LA RED ELÉCTRICA.....	139
3.2.2	REQUISITOS PARA ADMINISTRACIÓN, DIAGNÓSTICO Y SOPORTE	140
3.2.3	REQUISITOS DE CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS <i>BROADBAND PLC</i>	141
3.2.4	REQUISITOS DE COMPATIBILIDAD CON LOS SERVICIOS YA EXISTENTES.....	143
3.2.5	REQUISITOS DE OPERACIÓN	144
3.3	REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD Y CALIDAD DE SERVICIO EN LA RED DE ACCESO	145
3.3.1	MECANISMOS CAC PARA <i>BROADBAND PLC</i>	147
3.4	DISEÑO DEL ENLACE DE BAJA TENSIÓN	149
3.4.1	NODOS REPETIDORES.....	150
3.4.2	ESTACIÓN MAESTRA	151
3.5	DISEÑO DEL ENLACE DE MEDIA TENSIÓN.....	151
3.5.1	NODOS REPETIDORES.....	152
3.5.2	NODOS "S"	153
3.5.3	NODOS "X"	154
3.5.4	ACOPLAMIENTO	156

3.6	EQUIPAMIENTO DE LA RED DE ACCESO	158
3.6.1	ESTADO DE LA ESTANDARIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BROADBAND PLC	158
3.6.2	SELECCIÓN DE PROVEEDORES.....	159
3.6.3	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS.....	162
3.6.3.1	Equipo de usuario.....	162
3.6.3.2	Nodo "X"	163
3.6.3.3	Nodos Repetidores.....	166
3.6.3.4	Nodos S.....	166
3.6.4	EQUIPOS REQUERIDOS	167

CAPÍTULO 4 DISEÑO DEL ISP EN LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.

4.1	FACTORES DE DISEÑO PARA UN ISP	172
4.1.1	CONSIDERACIONES GENERALES	172
4.1.2	POLÍTICAS DE SEGURIDAD.....	173
4.2	REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD Y CALIDAD DE SERVICIO PARA EL DISEÑO DEL ISP	178
4.2.1	SEGURIDAD FÍSICA DE LA INFRAESTRUCTURA DE RED	180
4.2.1.1	Sistema de recuperación ante catástrofes.....	180
4.2.1.2	Sistema de aire acondicionado.....	181
4.2.1.3	Sistema de protección de energía.....	181
4.2.1.4	Control de acceso físico	182
4.2.2	SEGURIDAD LÓGICA DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN LA INFRAESTRUCTURA DE RED.....	183
4.2.2.1	Servicios riesgosos o no necesarios.....	183
4.2.2.2	Mensajes de registro	184
4.2.2.3	Seguridad SNMP	184
4.2.2.4	Almacenamiento de las claves	185
4.2.2.5	Acceso a los equipos de la infraestructura de red.....	185
4.2.2.6	Auditoría de los comandos del <i>Router</i>	186
4.2.2.7	Manejo de mensajes ICMP: Destino Inalcanzable	187
4.2.3	SEGURIDAD DEL PROTOCOLO DE ENRUTAMIENTO	187
4.2.4	SEGURIDAD EN LA RED.....	188

4.2.4.1	Filtrado de rutas.....	189
4.2.4.2	Filtrado de paquetes.....	189
4.2.5	CALIDAD DE SERVICIO	191
4.2.5.1	Acuerdo de nivel de servicio.....	191
4.2.5.2	Disponibilidad de los servicios a prestar.....	192
4.2.5.3	Soporte a usuarios.....	194
4.2.5.4	Tiempos de respuesta	196
4.3	DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN CENTRAL DEL ISP.....	197
4.3.1	SERVICIOS A PRESTAR POR EL ISP	197
4.3.2	MODELO JERÁRQUICO DE CAPAS.....	199
4.3.3	ZONA INTERNET	201
4.3.3.1	Cálculo de la capacidad del enlace para usuarios residenciales.....	202
4.3.3.1.1	Horarios de conexión de los usuarios residenciales.....	203
4.3.3.1.2	Perfil del tráfico generado por las aplicaciones utilizadas ...	203
4.3.3.1.3	Usuarios detrás de cada aplicación.....	207
4.3.3.2	Cálculo del enlace para usuarios comerciales.....	209
4.3.3.3	Capacidad total requerida.....	209
4.3.4	ZONA DE SERVICIOS	212
4.3.4.1	Servidor DNS.....	212
4.3.4.2	Servidor <i>Web-Cache</i>	214
4.3.4.3	Servidor de Correo Electrónico.....	216
4.3.4.4	Servidor de Autenticación y Configuración.....	218
4.3.5	ZONA DE ADMINISTRACIÓN.....	220
4.3.5.1	Servidor de Administración.....	220
4.3.5.2	Estaciones de Monitoreo	222
4.3.6	CAPA DE DISTRIBUCIÓN	223
4.3.6.1	Sistema de <i>firewall</i>	223
4.3.6.2	Sistema de Control de Ancho de Banda.....	226
4.3.7	CAPA NÚCLEO	229
4.4	DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS <i>POINTS</i> <i>OF PRESENCE</i>	232

4.5 EQUIPAMIENTO DEL ISP.....	236
4.5.1 SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO	236
4.5.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES	237
4.5.3 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO	238
4.5.4 SISTEMA DE SUPRESIÓN DE INCENDIOS	239
4.5.5 CONTROL DE ACCESO	239

CAPÍTULO 5 FACTIBILIDAD FINANCIERA

5.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS FINANCIERO DE PROYECTOS	243
5.1.1 DEFINICIÓN DE PROYECTO	243
5.1.2 ETAPAS DE UN PROYECTO	245
5.1.2.1 Identificación de Ideas del Proyecto	246
5.1.2.2 Preparación	246
5.1.2.3 Evaluación	246
5.1.2.4 Ejecución y Supervisión.....	246
5.1.2.5 Evaluación <i>Ex Post</i>	247
5.1.3 HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO, EJECUCIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS	247
5.1.3.1 Matriz de Marco Lógico	247
5.1.3.1.1 Identificación de la Situación Problemática	247
5.1.3.1.2 Análisis de Involucrados.....	248
5.1.3.1.3 Análisis de Problemas.....	248
5.1.3.1.4 Análisis de Alternativas:	248
5.1.3.1.5 Matriz de Marco Lógico:	249
5.1.3.2 Planificación Estratégica.....	250
5.1.4 GESTIÓN DE PROYECTOS	251
5.1.4.1 Cronograma de Actividades	251
5.1.4.2 Recursos y Costos de las Actividades.....	252
5.1.4.3 Control de la Ejecución del Proyecto	253
5.1.5 VIABILIDAD DEL PROYECTO	254
5.1.5.1 Flujo de Fondos.....	255
5.1.5.2 Indicadores de Rentabilidad	257
5.2 FLUJO DE FONDOS	258

5.2.1	CUADRO DE INVOLUCRADOS.....	258
5.2.2	ÁRBOL DE PROBLEMAS	260
5.2.3	ÁRBOL DE OBJETIVOS.....	261
5.2.4	MATRIZ DE MARCO LÓGICO	262
5.2.4.1	Actividades de los componentes	264
5.2.4.1.1	Componente 1: Implementar servicios con alta disponibilidad	264
5.2.4.1.2	Componente 2: Crear una red de acceso con gran cobertura.....	272
5.2.4.1.3	Componente 3: Adecuación de oficinas centrales del ISP ..	277
5.2.4.2	Descripción de los Recursos	285
5.2.5	ESTUDIO ORGANIZACIONAL.....	286
5.2.6	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	290
5.2.7	COSTOS DE INVERSIÓN	290
5.2.8	FUENTES DE FINANCIAMIENTO.....	290
5.2.9	COSTOS DE OPERACIÓN DEL ISP.....	295
5.2.10	INGRESOS ANUALES DEL ISP	296
5.2.11	DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN DE LOS ACTIVOS	305
5.2.12	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	309
5.3	ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	311

CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	CONCLUSIONES	314
6.2	RECOMENDACIONES.....	317

TOMO II

Anexo A:	Documentación Técnica.....	320
Anexo B:	Formato Encuestas.....	388
Anexo C:	Planos de la red de acceso <i>Broadband PLC</i>	393
Anexo D:	Cronograma de Actividades y costos referenciales.....	407
Anexo E:	<i>Opera Technology White Paper</i>	432

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Estructura típica de la red de distribución de energía eléctrica.....	4
Figura 1-2: Estructura de la red de Acceso <i>Broadband PLC</i>	5
Figura 1-3: Función de los modems <i>Broadband PLC</i> y de la estación maestra <i>Broadband PLC</i>	8
Figura 1-4: Paso de un transformador con la utilización de un nodo "X"	10
Figura 1-5: Conexión de un usuario mediante un <i>gateway</i>	11
Figura 1-6: Uso de <i>gateways</i> en una red de acceso <i>Broadband PLC</i>	12
Figura 1-7: Red <i>Broadband PLC</i> con repetidores	13
Figura 1-8: Red <i>Broadband PLC</i> con la estación maestra en la unidad del transformador; la red de acceso mantiene la topología de la red de suministro de energía.....	15
Figura 1-9: Topología de la red de bajo voltaje	16
Figura 1-10: Topología de la red de acceso correspondiente, el cambio en la ubicación de la estación maestra causa un cambio en las distancias a los usuarios.....	16
Figura 1-11: Sistemas <i>Broadband PLC</i> independientes dentro de una única red de suministro de bajo voltaje	17
Figura 1-12: Ambiente de la capa MAC <i>Broadband PLC</i>	24
Figura 1-13: Estructura de la capa MAC	24
Figura 1-14: Principio de TDMA.....	27
Figura 1-15: Símbolos OFDM	27
Figura 1-16: Principio de FDMA.....	29
Figura 1-17: Estructura de los canales OFDMA.....	30
Figura 1-18: Esquema OFDMA/TDMA.....	31
Figura 1-19: Clasificación de los protocolos MAC dinámicos.....	33
Figura 1-20: Adición del prefijo cíclico mediante la duplicación de la primera parte del símbolo original	36
Figura 1-21: Clasificación de los servicios de telecomunicaciones	37
Figura 1-22: Operación de una estrategia simple de interleaving	45
Figura 1-23: Influencia de varias distorsiones en la Red.....	47
Figura 1-24: Diferentes Áreas de la Compatibilidad Electromagnética	49

Figura 1-25: Modelo Básico del problema EMC	50
Figura 1-26: Clasificación de las distorsiones de EMC acorde a la ocupación del Espectro.....	50
Figura 1-27: Tipos de Ruido aditivos en ambientes <i>PLC</i>	52
Figura 1-28: Esquema general de una red de televisión por cable.	69
Figura 2-1; Niveles de segmentación de mercado	82
Figura 2-2: Edad de los encuestados en la ciudad de Quito	104
Figura 2-3: Sector en el que viven los usuarios en la ciudad de Quito.....	105
Figura 2-4: Número de Usuarios que utilizan Internet en la ciudad de Quito	105
Figura 2-5: Número de Computadoras por Hogar	106
Figura 2-6: Personas que conocen la tecnología <i>Broadband PLC</i>	107
Figura 2-7: Lugares de acceso a la Internet.....	108
Figura 2-8: Tecnologías de Acceso a la Internet en el Hogar	109
Figura 2-9; Penetración de Proveedores de Internet en la ciudad de Quito.....	110
Figura 2-10: Nivel de satisfacción de los Usuarios de los proveedores de Internet.....	111
Figura 2-11: Problemas más frecuentes de los proveedores de Internet.....	112
Figura 2-12: Expectativas de los usuarios de los proveedores de Internet.....	112
Figura 2-13: Valores mensuales del servicio de Internet en la ciudad de Quito..	113
Figura 2-14: Usuarios interesados en la tecnología <i>Broadband PLC</i>	114
Figura 2-15: Ubicación de Empresas en la ciudad de Quito	115
Figura 2-16: Número de computadoras por Organización en la ciudad de Quito	116
Figura 2-17: Empresas que conocen de la tecnología <i>Broadband PLC</i>	116
Figura 2-18: Tecnologías de acceso utilizadas por las empresas en la ciudad de Quito	117
Figura 2-19: Posicionamiento de los ISPs en la ciudad de Quito.....	118
Figura 2-20: Nivel de satisfacción de las Empresas del servicio ofrecido por el ISP	118
Figura 2-21: Problemas de las empresas con su ISP	119
Figura 2-22: Expectativas de las empresas de un ISP.....	120
Figura 2-23; Valores contratados mensualmente por las empresas a los ISP	120
Figura 2-24: Empresas Interesadas en la tecnología <i>Broadband PLC</i>	121

Figura 2-25: Valores a cancelar mensualmente según las empresas a la Empresa Eléctrica Quito S.A.	122
Figura 2-26: Crecimiento del Mercado de Internet.....	126
Figura 2-27: Crecimiento Anual Usuarios Internet.....	127
Figura 2-28 : Proyección de usuarios del servicio de Internet.....	129
Figura 3-1: Distribución de transformadores en las subestaciones Iñaquito y Carolina.....	134
Figura 3-2: Edad de las instalaciones eléctricas de la subestación Iñaquito.....	135
Figura 3-3: Edad de las instalaciones eléctricas de la subestación Carolina.....	135
Figura 3-4: Instalaciones de baja tensión y de media tensión.....	137
Figura 3-5: Cableado Instalado por Fase.....	137
Figura 3-6: Cableado Subterráneo y Aéreo Instalado.....	138
Figura 3-7: Esquema de acceso múltiple por división de tiempo para la subestación Carolina.....	154
Figura 3-8: Gabinete aéreo para equipos <i>Broadband PLC</i> en la red aérea.....	155
Figura 3-9: Gabinete para equipos <i>Broadband PLC</i> a instalarse en cámara de transformación.....	155
Figura 3-10: Conexión de un acoplador inductivo a una línea de media tensión.....	157
Figura 3-11: Instalación típica de acopladores inductivos en dos fases.....	157
Figura 3-12: Configuración de un nodo X con tecnología de Ascom.	165
Figura 3-13: Área de cobertura de un nodo "X".....	165
Figura 3-14: Ubicación de un nodo repetidor.....	166
Figura 3-15: Ubicación de un nodo "X".....	167
Figura 4-1: Modelo Jerárquico de capas.....	199
Figura 4-2: Estructura jerárquica de la red del ISP.....	200
Figura 4-3: Ejemplo de perfil de tráfico de usuarios residenciales.....	203
Figura 4-4: Clasificación de las aplicaciones a utilizar.....	204
Figura 4-5: Funcionalidad del <i>firewall</i>	224
Figura 4-6: Red Interna del ISP en la Subestación Norte.....	231
Figura 4-7: Red Interna de la subestación Iñaquito.....	233
Figura 4-8: Red interna de la subestación Carolina.....	233
Figura 5-1: Ciclo de Proyectos.....	245

Figura 5-2: Árbol de Problemas	260
Figura 5-3: Árbol de objetivos	261
Figura 5-4: Estructura Organizacional del ISP	287
Figura 5-5: Usuarios Residenciales mínimos por Año.....	303
Figura 5-6: Usuarios VIE mínimos por Año	304
Figura 5-7: Usuarios Empresariales mínimos por Año.....	304
Figura 5-8: Usuarios Semiempresariales mínimos por año.....	305

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Pruebas de <i>Broadband PLC</i> en los Estados Unidos.....	62
Tabla 1-2: Ciudades de los Estados Unidos con <i>Broadband PLC</i>	63
Tabla 1-3: Resumen de las características de los sistemas xDSL.....	71
Tabla 2-1: Hipótesis planteadas a los objetivos de la investigación de mercado..	89
Tabla 2-2: Fuentes de error en las entrevistas.....	96
Tabla 2-3: Varianzas obtenidas en la prueba piloto del cuestionario.....	99
Tabla 2-4: Valores para el cálculo del tamaño de la muestra.....	100
Tabla 2-5: Hogares e Ingresos Corrientes Anuales por Quintiles del Hogar Según Fuente u Origen.....	101
Tabla 2-6: Edad de los Encuestados en la ciudad de Quito.....	103
Tabla 2-7: Sector en el que viven los usuarios en la ciudad de Quito.....	104
Tabla 2-8: Número de Usuarios que utilizan Internet en la ciudad de Quito.....	105
Tabla 2-9: Número de Computadoras por Hogar.....	106
Tabla 2-10: Personas que conocen la tecnología <i>Broadband PLC</i>	106
Tabla 2-11: Lugares de acceso a la Internet.....	107
Tabla 2-12: Tecnologías de Acceso a la Internet en el Hogar.....	108
Tabla 2-13: Penetración de Proveedores de Internet en la ciudad de Quito.....	109
Tabla 2-14: Penetración de proveedores de Internet especificados en la opción "Otros".....	110
Tabla 2-15: Nivel de satisfacción de los Usuarios de los proveedores de Internet.....	110
Tabla 2-16: Problemas más frecuentes de los proveedores de Internet.....	111
Tabla 2-17: Expectativas de los usuarios de los proveedores de Internet.....	112
Tabla 2-18: Valores mensuales del servicio de Internet en la ciudad de Quito...	113
Tabla 2-19: Usuarios interesados en la tecnología <i>Broadband PLC</i>	113
Tabla 2-20: Valor Deseado a pagar por los usuarios para el servicio <i>Broadband PLC</i>	114
Tabla 2-21: Ubicación de Empresas en la ciudad de Quito.....	115
Tabla 2-22: Número de computadoras por Organización en la ciudad de Quito.....	115
Tabla 2-23: Empresas que conocen de la tecnología <i>Broadband PLC</i>	116

Tabla 2-24: Tecnologías de acceso utilizadas por las empresas en la ciudad de Quito.....	117
Tabla 2-25: Posicionamiento de los ISPs en la ciudad de Quito.....	117
Tabla 2-26: Nivel de satisfacción de las Empresas del servicio ofrecido por el ISP.....	118
Tabla 2-27: Problemas de las empresas con su ISP.....	119
Tabla 2-28: Expectativas de las empresas de un ISP.....	119
Tabla 2-29: Valores contratados mensualmente por las empresas a los ISP.....	120
Tabla 2-30: Empresas Interesadas en la tecnología <i>Broadband PLC</i>	121
Tabla 2-31: Valores a cancelar mensualmente las empresas a la Empresa Eléctrica Quito S.A.	121
Tabla 2-32: Crecimiento del Mercado de Internet en la ciudad de Quito.....	126
Tabla 2-33: Proyección de usuarios del servicio de Internet.....	128
Tabla 3-1: Distribución de transformadores en la subestación Iñaquito.....	133
Tabla 3-2: Distribución de transformadores en la subestación Carolina.....	134
Tabla 3-3: Distancias máximas en la red de Media Tensión de las subestaciones 24 y 28.....	136
Tabla 3-4: Cableado Instalado por Fase.....	137
Tabla 3-5: Cableado Subterráneo y Aéreo Instalado.....	138
Tabla 3-6: Requisitos técnicos generales para equipos de la red <i>Broadband PLC</i>	160
Tabla 3-7: Listado de equipos <i>Broadband PLC</i> para la red de acceso por primario.....	168
Tabla 4-1: Capacidad requerida para la transmisión de VoIP.....	204
Tabla 4-2: Velocidades mínimas de sistemas de videoconferencia.....	204
Tabla 4-3: Capacidad requerida para varios juegos de tiempo real en línea.....	205
Tabla 4-4: Usuarios por servicio estimados en las horas pico.....	207
Tabla 4-5: Capacidad del enlace requerida para usuarios residenciales en el 2007.....	208
Tabla 4-6: Capacidad de los enlaces ofrecidos a los usuarios comerciales.....	209
Tabla 4-7: Cálculo del enlace requerido para usuarios residenciales.....	210
Tabla 4-8: Cálculo de la capacidad del enlace requerido para usuarios comerciales.....	211

Tabla 4-9: Capacidad del enlace requerida durante el proyecto	212
Tabla 4-10: Cuentas de correo electrónico requeridas en el quinto año del proyecto.....	217
Tabla 4-11: Cálculo de la capacidad del <i>firewall</i>	225
Tabla 4-12: Dimensionamiento de las sesiones del <i>firewall</i>	226
Tabla 4-13: Características adicionales de sistemas de gestión de ancho de banda en hardware.....	228
Tabla 4-14: Configuración de VLANs en la red interna del ISP.....	230
Tabla 4-15: Requerimientos generales de equipos en el NOC y POP.....	235
Tabla 4-16: Carga total en el sistema eléctrico del NOC.....	236
Tabla 4-17: Tomas eléctricas requeridas en el ISP.....	237
Tabla 4-18: Puntos de cableado estructurado requeridos en la red del ISP	238
Tabla 5-1: Cuadro de Involucrados	259
Tabla 5-2: Matriz de Marco Lógico.....	262
Tabla 5-3: Cotización Instalaciones Eléctricas	265
Tabla 5-4: Cotización Instalación Cielo Raso.....	265
Tabla 5-5: Cotización Instalación piso falso	265
Tabla 5-6: Cotización Adecuación Cuarto de comunicaciones	266
Tabla 5-7: Cotización Instalación puntos Eléctricos	267
Tabla 5-8: Cotización de las Adecuaciones de la estación central del ISP	267
Tabla 5-9: Cotización instalación Línea Telefónicas	267
Tabla 5-10: Cotización de Publicación en Prensa escrita.	268
Tabla 5-11: Precio referencial de la Instalación de Puntos de Red en las 3 Subestaciones.....	269
Tabla 5-12: Cotización Servidores y equipo de computación para el ISP	270
Tabla 5-13: Cotización Sistema de Aire Acondicionado.....	271
Tabla 5-14: Cotización Sistema de seguridad del ISP	271
Tabla 5-15: Costos de comunicación para licitación	273
Tabla 5-16: Costo de los equipos para pruebas de la tecnología <i>Broadband PLC</i>	273
Tabla 5-17: Costo del Equipamiento <i>Broadband PLC</i> requerido.....	275
Tabla 5-18: Costo de equipo personal para la instalación de la red de acceso <i>Broadband PLC</i>	276

Tabla 5-19: Costo de personal para la Instalación de la Red de Acceso	277
Tabla 5-20: Costo de las oficinas del ISP	278
Tabla 5-21: Costo de las adecuaciones a realizarse en las oficinas del ISP.....	279
Tabla 5-22: Costo de la instalación del sistema de cableado estructurado en las oficinas centrales del ISP	280
Tabla 5-23: Costo de la decoración de las oficinas principales del ISP	280
Tabla 5-24: Publicación de Cotización en Prensa	281
Tabla 5-25: Costos del mobiliario a instalar en las oficinas del ISP.	281
Tabla 5-26: Costo de los equipos de cómputo para la oficina central del ISP....	282
Tabla 5-27: Valor Instalación Líneas Telefónicas.....	283
Tabla 5-28: Costos Sistema Telefónico.....	283
Tabla 5-29: Costos Adecuación <i>Call Center</i>	284
Tabla 5-30: Costo del sistema de seguridad para las oficinas del ISP.....	285
Tabla 5-31: Costos de Inversión del ISP	293
Tabla 5-32: Tabla de Amortizaciones.....	295
Tabla 5-33: Costos Operacionales del ISP	297
Tabla 5-34: Factor de utilización del canal por tipo de usuarios.....	298
Tabla 5-35: Costos de Inversión por grupo de usuarios.....	299
Tabla 5-36: Costos de Operación fijos por grupos de usuarios.....	299
Tabla 5-37: Costos operacionales variables por grupos de usuarios.....	300
Tabla 5-38: Costos Mensuales unitarios	300
Tabla 5-39: Ingresos Anuales del ISP en mención	302
Tabla 5-40: Porcentajes de Depreciación y Vida Útil de activos fijos.....	305
Tabla 5-41: Depreciación de los Activos del ISP.....	307
Tabla 5-42: Tabla de amortizaciones del ISP.....	307
Tabla 5-43: Venta de Activos al Quinto y al Final del Proyecto.....	308
Tabla 5-44: Flujo de Fondos del Proyecto en Diseño.....	310
Tabla 5-45: Valor Presente Neto	311
Tabla 5-46: Tasa Interna de Retorno	312

RESUMEN

Los altos costos que representan para los proveedores de servicios de comunicaciones la implementación de redes de acceso con tecnologías tradicionales, han motivado el estudio y desarrollo de nuevas tecnologías que no requieran largos o costosos procesos de instalación.

El presente proyecto trata sobre el diseño de un proveedor de servicios de Internet que utiliza para su red de acceso una tecnología emergente conocida como *Broadband Power Line Communications (Broadband PLC)*. Esta tecnología utiliza la vasta infraestructura de red eléctrica como medio de transmisión de datos, y explota la gran penetración del servicio eléctrico para tratar de convertirse en un futuro en la tecnología de transporte con mayor número de usuarios.

Los distintos objetivos del presente proyecto se desarrollan a lo largo de seis capítulos, con el siguiente contenido:

En el capítulo 1 se describe la tecnología *Broadband PLC* y el funcionamiento de las redes de acceso basadas en esta tecnología. Luego se analizan las limitaciones técnicas de la misma, su difusión en el mundo y se termina con la comparación técnica de esta tecnología con otras tecnologías existentes para redes de acceso en la ciudad de Quito.

En el capítulo 2 se desarrolla el estudio de mercado para estimar la demanda actual y futura de los servicios de acceso a Internet con banda ancha por parte de los usuarios residenciales y comerciales, así como para determinar algunas de las características deseadas por los usuarios respecto del servicio de Internet.

En el capítulo 3 se desarrolla un estudio de las características principales de la red eléctrica de la Empresa Eléctrica Quito S.A., a partir de estas características se definen los requisitos para la instalación de esta tecnología, y, se diseñan los enlaces de baja y media tensión. Por último se selecciona a una empresa

proveedora de equipos *Broadband PLC* y se describen las características técnicas de los mismos.

El capítulo 4 muestra el diseño de los servicios a ser ofrecidos por el ISP, por ende se realiza el diseño de la red interna, de los distintos servidores, del enlace al Internet y de los puntos de presencia.

En el capítulo 5 se desarrolla la evaluación de la viabilidad financiera del proyecto, mediante la utilización del indicador valor presente neto y el uso de herramientas como el marco lógico y el flujo de fondos.

Para finalizar el presente trabajo se presentan las conclusiones obtenidas, y se ofrecen recomendaciones relacionadas al proyecto y a futuros estudios.

PRESENTACIÓN

La necesidad de los proveedores de servicios de comunicaciones de administrar eficientemente sus recursos, y la creciente demanda por servicios de banda ancha han promovido el desarrollo de nuevas tecnologías para redes de acceso con altas prestaciones. Una de estas tecnologías para redes de acceso es *Broadband Power Line Communications (Broadband PLC)*, cuya característica principal es la utilización del tendido eléctrico existente como medio de transmisión.

La característica atractiva de esta idea es la presencia de una vasta infraestructura instalada para la distribución de energía, y la penetración del servicio podría ser mayor que cualquier otra alternativa de transporte en Internet.

En la zona de estudio, el sector comercial del norte de Quito, existe gran demanda de servicios de Internet de banda ancha tanto de usuarios residenciales como comerciales, se espera que ésta siga subiendo durante los próximos años.

La transmisión de datos a alta velocidad por la red eléctrica se realiza transmitiendo en una banda de frecuencia distinta a la de la señal de energía eléctrica de 60 Hz; normalmente se utiliza una banda dentro del rango entre los 2 MHz y los 35 MHz. De esta manera a través del cable eléctrico se transmiten dos señales a diferentes frecuencias.

La transmisión de datos a alta velocidad por las líneas eléctricas se basa en: el uso de nuevas técnicas de modulación, resistentes a la interferencia presente en el canal eléctrico debido a sus características físicas, y esquemas de manejo de errores para enfrentar las distintas clases de ruido presentes en el canal de transmisión. El desarrollo de esta tecnología a un nivel comercial ha sido posible gracias a la creación de chips avanzados que incorporan éstas y otras funcionalidades a un bajo costo.

Para el diseño de la red de acceso con *Broadband PLC* en la zona de estudio, se han seleccionado los equipos ofrecidos por la empresa Ascom. Los mismos que incluyen un módem en el lado del usuario que no requiere configuración por parte del mismo, dispositivos en prácticamente todos los transformadores de media tensión llamados nodos "X", los cuales permiten la comunicación entre la red de media tensión y la red de baja tensión, pues los transformadores eléctricos actúan como filtros a la frecuencia de operación de *Broadband PLC*. Por último dentro de las subestaciones de transformación se instalaría un nodo S en cada circuito primario para comunicar la red *Broadband PLC* a la red de *backbone*.

Las distancias alcanzadas por la red *Broadband PLC* es limitada por las características del medio, las derivaciones de los cables y sus longitudes, siendo necesaria la utilización de repetidores, los mismos que pueden ser equipados con nodos "X" configurados como repetidores, disminuyendo los costos del equipamiento al incluir varias funciones en un solo dispositivo.

La provisión del servicio de Internet se realiza mediante la implementación de un Centro de Operaciones de Red (NOC, *Network Operation Center*) en la subestación Norte, pues es en ésta donde convergen varios enlaces de fibra óptica del proyecto SCADA de la Empresa Eléctrica Quito S.A., la cual enlaza varias subestaciones de transformación.

En el NOC se ha previsto la instalación de los distintos servicios, necesarios para el funcionamiento del sistema, incluyendo los servidores DNS, servidor de correo electrónico, servidor *Web-cache*, servidor de administración, dispositivos de seguridad, dispositivos para el control del perfil de tráfico, entre otros. Para ello se ha recurrido a herramientas de software propietario y libre, y a dispositivos de hardware.

Los distintos servicios prestados por el ISP han sido dimensionados en base a una proyección de la demanda y a perfiles de necesidades que satisfagan los requerimientos de usuarios residenciales y comerciales. Se ha puesto énfasis especial en la seguridad del ISP, pues éste debe exponer sus servicios para que

sean asequibles a los usuarios. Debido al alto costo que representa las operaciones del ISP, se ha dimensionado cuidadosamente la capacidad del enlace a Internet, el mismo que se ha realizado en base a la agregación del tráfico de los usuarios, considerando los horarios de conexión y los requerimientos de las aplicaciones que se utilizarían como: la navegación en páginas Web, el correo electrónico, la transferencia de archivo, el *streaming* de audio y video entre otras.

Los costos del servicio para usuarios residenciales y corporativos han sido fijados en base a los costos de operación del ISP, costo mensual de los enlaces al Internet y a la utilidad fijada para la empresa en diseño, obteniendo en ambos casos valores muy prometedores para la implementación del servicio.

La viabilidad financiera del proyecto se evaluó con ayuda de la herramienta conocida como "Marco Lógico", en la cual se identificaron los problemas a los que se orienta el proyecto, se plantearon objetivos enfocados al problema principal y en base a los mismos se definieron las actividades necesarias para completarlos y sus costos. Estos resultados se han complementado con la construcción del flujo de fondos y en base a éste la evaluación financiera tomando como referencia el valor presente neto y al TIR. Obteniendo como resultado que el proyecto tiene viabilidad financiera ofreciendo una oportunidad de inversión a la Empresa Eléctrica Quito S.A.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA *BROADBAND PLC*

1.1 INTRODUCCIÓN A *BROADBAND PLC* [1] [2] [3] [4]

Durante las últimas décadas, la utilización de los sistemas de telecomunicaciones se ha incrementado rápidamente. Debido a la permanente necesidad de nuevos servicios y mayor capacidad para la transmisión de información, se ha visto necesario desarrollar nuevas redes de telecomunicaciones, y nuevas tecnologías de transmisión.

El crecimiento de la Internet y de las necesidades de los usuarios de tener redes cada vez más rápidas, ha llevado a los proveedores a implementar nuevos servicios de telecomunicaciones que tengan mayor capacidad de transmisión y costos moderados; sin embargo, siempre existirá una permanente necesidad de expansión de la infraestructura de acceso.

La red de acceso es la parte más importante y más costosa de la infraestructura que debe colocar el proveedor de servicio para llegar a los usuarios, ya que representa la gran mayoría de los costos de instalación de la red.

El interés de las compañías eléctricas por entrar en el mercado de las telecomunicaciones se ha hecho presente en los últimos años. Por eso, se ha avanzado mucho en el campo de la transmisión de datos a través de la línea eléctrica. Si al principio, la red eléctrica se utilizaba únicamente en el entorno doméstico, ahora mismo en países como España, Austria o Suiza se están comercializando la Internet eléctrica. En todos los casos hay una pléyade de clientes satisfechos.

En 1997, las compañías *United Utilities* (Canadá) y *Northern Telecom* (Reino Unido), presentaron un proyecto para acceder a la Internet desde la red eléctrica, el *PLC* (*Power Line Communications*). Desde entonces, las compañías eléctricas

empezaron a pensar que podían sacar un mayor rendimiento a sus redes, y han sido numerosas las iniciativas en el sector para llevar a cabo un despliegue masivo de este servicio. *PLC* es ya un sistema conocido en todo el mundo, y adoptado por empresas de distintos sectores para desarrollar diferentes aplicaciones y servicios de telecomunicaciones.

PLC permite utilizar la infraestructura tecnológica más difundida creada por el hombre. Dado que la línea eléctrica es prácticamente omnipresente, y llega a casi todos los sitios, no es de extrañar que a más de uno se le haya ocurrido utilizar la línea eléctrica para la transmisión de voz y datos. Al fin y al cabo, una infraestructura similar, como es la red telefónica, se ha convertido con éxito en canal de transporte para la Internet de alta velocidad gracias a las diferentes tecnologías que utilizan el par trenzado como medio de transmisión.

El canal de transmisión *PLC* es diferente a los canales de transmisión utilizados por otras tecnologías. Debido a que la atenuación del canal depende en mayor proporción de la frecuencia que se utilice, tiene una impedancia cambiante, y varias fuentes de ruido producidas debido a los equipos eléctricos conectados en la red, produciendo un efecto negativo en el sistema *PLC*, lo que conlleva a distorsiones y pérdida de la señal. Desafortunadamente, la red *PLC* actúa como una antena produciendo radiación electromagnética, lo cual ocasiona disturbios en otros servicios que operan en rangos de frecuencias similares.

No existen estándares o especificaciones que consideren las capas física o MAC de la red de acceso *PLC*. Los fabricantes de equipos han dado soluciones propietarias, creando un inconveniente con la conectividad entre equipos de diferentes fabricantes; actualmente el *IEEE*, el *PLC Forum* y *Home Plug Powerline Alliance* se encuentran desarrollando varias recomendaciones de la tecnología con el fin de lograr su estandarización.

Desde los centros de generación a los núcleos de población hay grandes redes de transporte de energía eléctrica que en el medio son conocidas como redes de alta tensión. En las ciudades existen grandes centros de transformación que

cambian esta electricidad de alta tensión a parámetros más manejables; estos centros son llamados Subestaciones. Allí inicia una segunda red, la de distribución, que trabaja entre los 6 y los 30 kilovoltios. Del cableado de media tensión se pasa a la red de baja tensión por medio de transformadores que se encuentran distribuidos a lo largo del tendido, con lo cual se logra niveles de voltaje de 220/110 V.

La red eléctrica llegará a los domicilios de los usuarios, donde se reparte dejando a la vista diversos enchufes. PLC convierte cada uno de estos enchufes en un auténtico puerto de datos. A través de la red eléctrica y con los dispositivos pertinentes, se pueden comunicar dos o más computadores entre sí, sin necesidad de realizar nuevos cableados y, por supuesto, sin utilizar conexiones de tipo inalámbrico.

En su forma más básica, para la comunicación entre los usuarios y la subestación se coloca un módem en las subestaciones que reciban las transmisiones de los clientes, de los diversos sectores que se encuentren conectados, y que al mismo tiempo envíe la información a los usuarios de la tecnología. En el domicilio del cliente se utiliza un módem muy parecido en tamaño a los modems de banda ancha ofrecidos actualmente en el mercado; algunos sólo sirven para Internet, pero otros están ya preparados para trabajar con VoIP u otras tecnologías. Un cliente puede establecer conexiones a Internet en diversos puntos de su casa simplemente enchufando módems a la red eléctrica.

Sistemas anteriores al PLC tales como el que está desarrollado por *Northern Telecom* en el Reino Unido, emitió un alto nivel de ruido en el rango de frecuencias de 1-30 MHz. Esto dio lugar a conflictos con la agencia de radio del gobierno británico, cuando interrumpió señales de radio del servicio al mundo de BBC. El Ministerio de Comercio y la Industria de Reino Unido hizo imposible utilizar PLC en el Reino Unido, y contribuyó posteriormente al retiro de *Northern Telecom* del negocio.

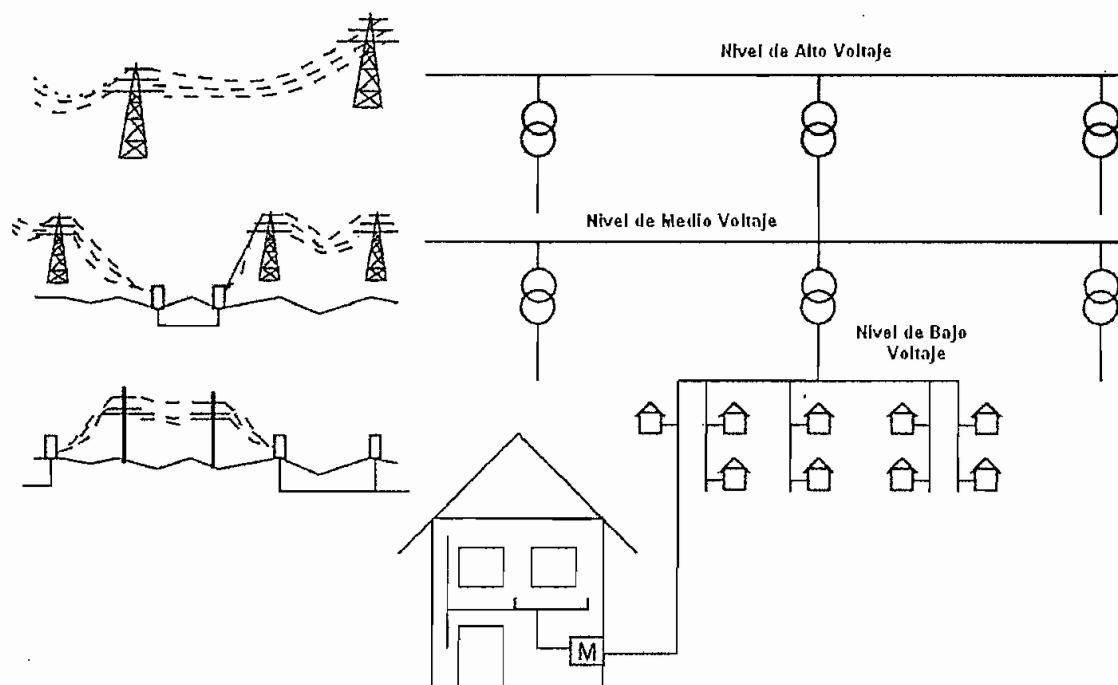


Figura 1-1: Estructura típica de la red de distribución de energía eléctrica ^[1]

Aprendiendo de la experiencia de la empresa *Northern Telecom*, la nueva generación de tecnología *Broadband PLC* utiliza técnicas como OFDM, que reducen substancialmente la interferencia producida a los usuarios de radio. Las pruebas de campo de esta tecnología realizadas durante los dos años pasados en Europa (España, Italia, Alemania), Norteamérica, América del Sur (Chile, Brasil) y Asia (Singapur) han demostrado que la interferencia con los usuarios de radio ya no es un problema para el *PLC*.

La misma técnica explica porqué la tecnología actual de *PLC* no afecta otras aplicaciones en el hogar. De hecho, los vendedores como LG y Samsung lanzaron varios productos para la automatización casera, usando la tecnología *PLC*.

En la actualidad, los usuarios necesitan redes que tengan gran tasa de transmisión y un alto nivel de calidad de servicio (QoS). Aquellos sistemas *PLC* que cumplen con estos dos parámetros de QoS y alta velocidad se denominan "Redes de Acceso *Broadband Power Line Communications*".

PLC trabaja con un número muy limitado de canales de voz y tienen una tasa de transmisión muy baja comúnmente a 9.6 Kbps^[1], en cambio las redes *Broadband PLC* dan un servicio más sofisticado de telecomunicaciones, con múltiples canales de voz, una alta tasa de transmisión de bits. (mayor a 2 Mbps^[1]), y transferencia de señales de vídeo.

La realización de los servicios *Broadband PLC* sobre la red eléctrica ofrece una gran oportunidad en la relación costo - beneficio, debido a que no se tiene que instalar nuevo cable, más bien se utiliza la infraestructura ya instalada para la transmisión de datos; sin embargo, la red eléctrica no se encuentra diseñada para la transmisión de datos, lo cual limita a las aplicaciones que se pueden impartir con la tecnología *Broadband PLC*.

Los sistemas *Broadband PLC* proveen una velocidad de transmisión mayor a 2 Mbps en las redes de media y baja tensión, y velocidades mayores a 12 Mbps en las redes eléctricas instaladas en hogares u oficinas.

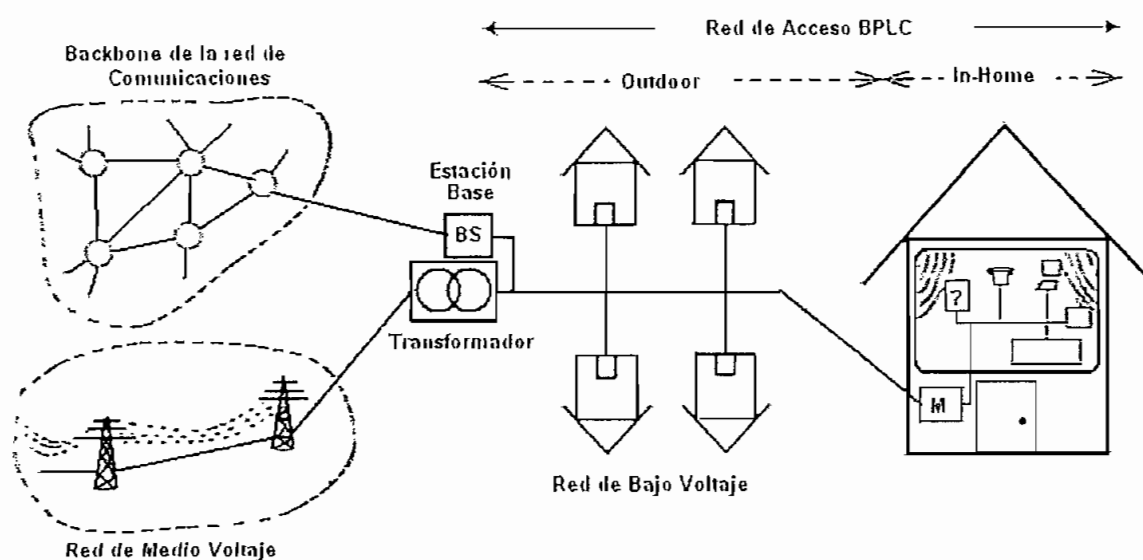


Figura 1-2: Estructura de la red de Acceso *Broadband PLC*^[1]

Las redes de acceso *Broadband PLC* que corresponden a la red de bajo voltaje cubren dos áreas; un área pública, llamada *outdoor*, que va desde las subestaciones de transformación a los medidores de energía eléctrica de los

usuarios, y un área privada, llamada *indoor*, que corresponde a las instalaciones eléctricas de hogares y oficinas. El espectro de frecuencias disponible para las comunicaciones va de 1 MHz a 30 MHz. Dentro de este espectro, las frecuencias altas es preferible utilizarlas en los sistemas *outdoor* y las frecuencias bajas en los sistemas *indoor*.

1.2 ARQUITECTURA DE LA TECNOLOGÍA *BROADBAND PLC*

1.2.1 NATURALEZA DE LAS REDES DE ACCESO ^{[5] [1] [2] [11]}

Una red de acceso es el segmento de red que enlaza cada usuario final con una red de distribución; una red de distribución es el segmento de red que comunica varios usuarios con el proveedor del servicio de telecomunicaciones. En algunos casos, esta red no existe, pues la red de acceso se comunica directamente con el proveedor de servicio.

Las redes de *backbone* son las que comunican los centros que proveen los servicios de telecomunicaciones entre sí, en algunos casos se puede considerar la red de distribución como red de *backbone*.

Las redes de acceso tienen características propias que las diferencian de las redes de distribución y de las redes de *backbone*. La diferencia más importante es su alto costo en relación a la cantidad de usuarios que sirven. Una red de acceso conecta tan solo un número limitado de usuarios individuales, mientras que una red de distribución sirve a muchos usuarios simultáneamente. Por tanto la eficiencia financiera en la construcción de redes de acceso es significativamente menor que en las redes de distribución.

El desarrollo rápido de nuevos servicios de telecomunicaciones aumenta la demanda de la capacidad de transmisión, tanto en las redes de transporte como en las redes de acceso. Esto exige la expansión de la infraestructura de las redes de acceso y puede lograrse de dos maneras:

- Construyendo nuevas redes
- Usando la infraestructura existente

La construcción de nuevas redes se realiza con medios físicos, como el cable de cobre o cables ópticos, con sistemas de acceso inalámbricos que pueden incluir sistemas satelitales, o con una combinación de ellos.

Sin embargo, el tendido tanto de redes de cobre como de redes ópticas, requiere de un proceso de instalación complejo y demoroso, que incrementa su costo notablemente. Esta opción tiene sentido cuando se sirve a "grandes consumidores" o cuando se sirve a áreas con una gran concentración de usuarios.

La construcción de nuevas redes de comunicaciones se puede evitar parcialmente con el uso de la infraestructura existente. En este caso, las redes existentes pueden ser utilizadas como medio de transmisión para conectar a los usuarios con las redes de distribución

El uso de las infraestructuras existentes, como las redes telefónicas, las redes de televisión por cable, o las redes de distribución de energía eléctrica, exigen que éstas sean renovadas y equipadas para que tengan la capacidad de ofrecer un servicio atractivo y competitivo, lo cual representa también un costo.

A continuación se describe los elementos de las redes *Broadband PLC* que permitirán utilizar las redes de provisión de energía eléctrica para fines de comunicación, con banda ancha y calidad de servicio.

1.2.1.1 Elementos de la red *Broadband PLC* para redes de acceso

En su forma básica, una red *Broadband PLC* consiste de dos estaciones enlazadas entre sí con modems *Broadband PLC*; sin embargo, en las redes de acceso, para la comunicación hacia el proveedor de servicios, se tiene al menos una estación maestra que implementa la conexión con la red de distribución.

La existencia de la estación maestra, y la arquitectura centralizada maestro/esclavo en los sistemas *Broadband PLC* implementados en la actualidad reflejan la naturaleza de la topología de las redes de suministro de energía eléctrica, y el flujo punto a multipunto del tráfico de red.

Los dispositivos de comunicación *Broadband PLC* deben ser diseñados para asegurar una operación eficiente de la red, bajo condiciones de transmisión típicas del canal de las redes de suministro de energía eléctrica y de su ambiente.

Se definen los siguientes elementos de la red *Broadband PLC*:

- Subestación: Nodo "S"
- Gateway: Nodo "G"
- Repetidores: Nodo "R"
- Transformadores: Nodo "X"

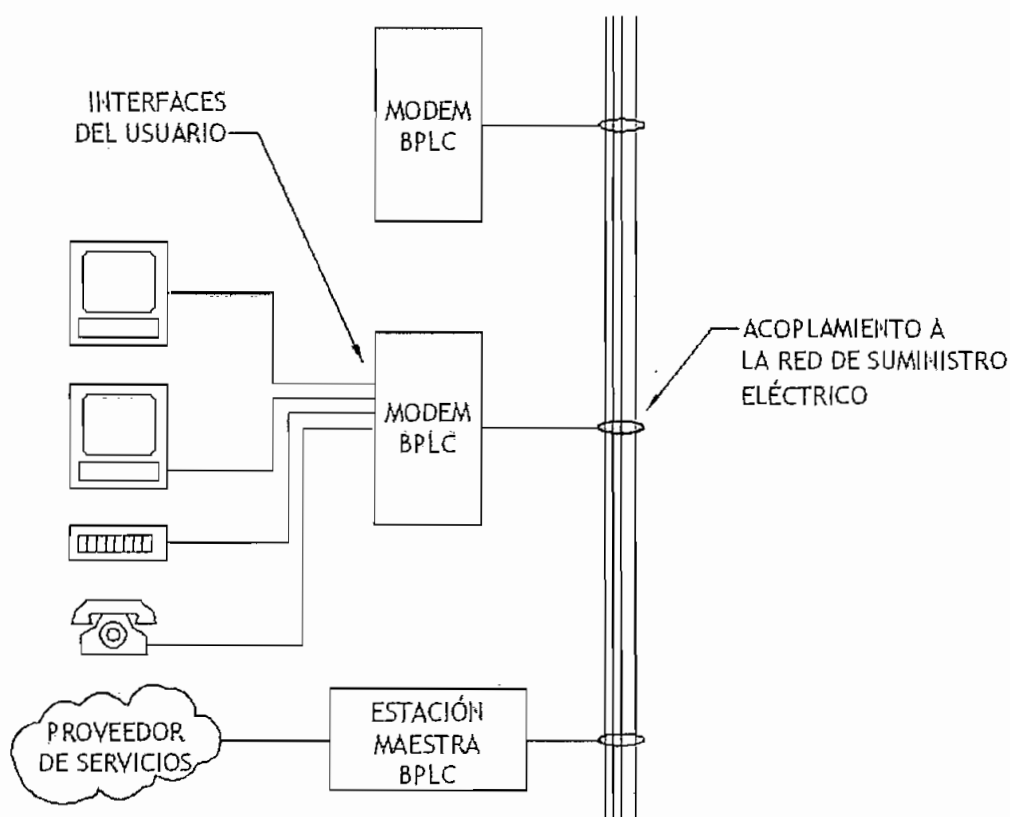


Figura 1-3: Función de los modems *Broadband PLC* y de la estación maestra *Broadband PLC* ^[1]

1.2.1.1.1 Subestación; Nodo "S"

Es una estación maestra que conecta una red de acceso *Broadband PLC* a la red de *backbone*, o a la red de distribución. Puede proveer varias interfaces como xDSL, SDH, WLL, etc., según cómo la red de distribución esté formada (enlace por fibra, Red Telefónica Conmutada Pública, etc.). De esta manera, este nodo puede ser usado para realizar conexiones con las redes de distribución usando varias tecnologías de comunicación.

Típicamente se instala en las subestaciones de distribución a medio voltaje, aunque pueden ser ubicados en cualquier parte del sistema, incluyendo la red de baja tensión. Éste es un elemento clave del sistema, pues por aquí saldrá el tráfico de toda la red *Broadband PLC* a la Internet.

1.2.1.1.2 Transformadores; Nodo "X"

El segmento de red de acceso que enlaza la red de baja tensión a la red de distribución de los proveedores de servicios de telecomunicaciones no debe ser un cuello de botella, por tanto las tecnologías aplicadas para este segmento deben tener suficiente capacidad de transmisión y garantías de calidad de servicio.

Sin embargo, los transformadores de tensión actúan como filtros pasa-bajos, evitando que las señales de alta frecuencia sean transferidas entre sus bobinas, y evitando por tanto la comunicación a las frecuencias de operación de *Broadband PLC*. Por tanto, cuando se utiliza tanto la red de baja tensión y de media tensión como red de acceso hacia los nodos "S", se debe establecer un camino alternativo para hacer posible la comunicación entre los segmentos de media tensión y de baja tensión.

Para sortear este inconveniente se puede utilizar equipos que interconecten ambas redes (la red de baja tensión y la red de media tensión); estos equipos son llamados Nodos "X" o Nodos transformadores. Típicamente son instalados junto

a los transformadores de tensión, aunque no es un requerimiento siempre que se pueda enlazar la red de MT con la de BT como se muestra en la Figura 1-4.

El uso de nodos "X" incrementa los costos de la infraestructura necesaria para las redes *Broadband PLC*; para aprovechar mejor esta inversión disminuyendo costos y alcanzando mayores distancias, se puede incorporar otras funciones dentro de este nodo como la de repetidor.

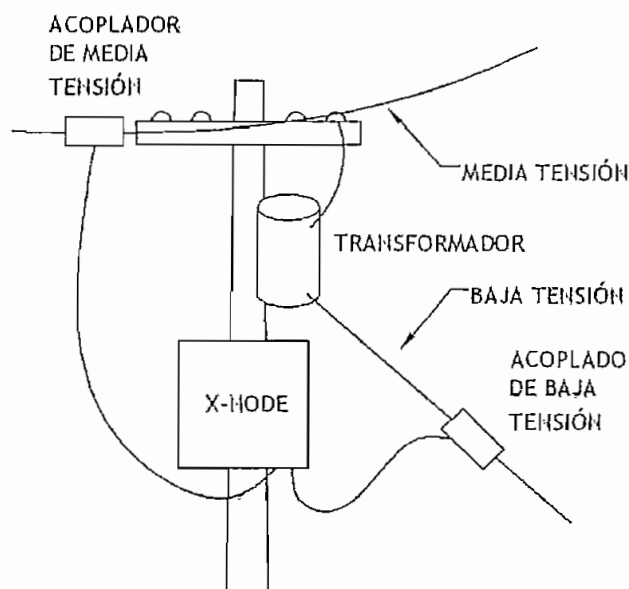


Figura 1-4: Paso de un transformador con la utilización de un nodo "X" [11]

Cuando se utilizan nodos "X" la red de media tensión toma un doble rol: actúa como red de distribución para la red de baja tensión, y actúa como red de acceso para la red de distribución del proveedor de servicios de telecomunicaciones.

1.2.1.1.3 Gateway; Nodo "G"

Son los equipos que dan la conectividad a la red *Broadband PLC* en los sitios donde se encuentran los usuarios finales, enlaza la red de acceso con los dispositivos de comunicación del usuario. Los dispositivos de conexión del usuario pueden consistir de un único equipo de cómputo, o inclusive de una red compleja de comunicación privada.

Existen dos maneras de conectar los usuarios *Broadband PLC* a la red de acceso, a saber, conexión directa y conexión indirecta.

En la conexión directa, los módems *Broadband PLC* son conectados directamente a la red de bajo voltaje y acceden así a la estación maestra, no existe división entre las áreas externa e interna. Sin embargo las diferencias de las características de las redes de energía externa e interna causan problemas adicionales relacionados a las características del medio de transmisión *Broadband PLC* y a los problemas de Compatibilidad Electromagnética (*EMC*).

En el segundo caso un *gateway* es utilizado para dividir la red de acceso *Broadband PLC* de la red *In home*, el *gateway* puede convertir las señales transmitidas entre las frecuencias que son designadas para uso en las áreas de red de acceso y en el área *In home*. En este caso, los equipos tienen acceso a la red *Broadband PLC* a través del *gateway*, utilizando uno o más de las diferentes interfaces que éstos proveen, las cuales pueden ser entre otras *Ethernet*, *USB* o interfaces inalámbricas, dependiendo del modelo del equipo utilizado.

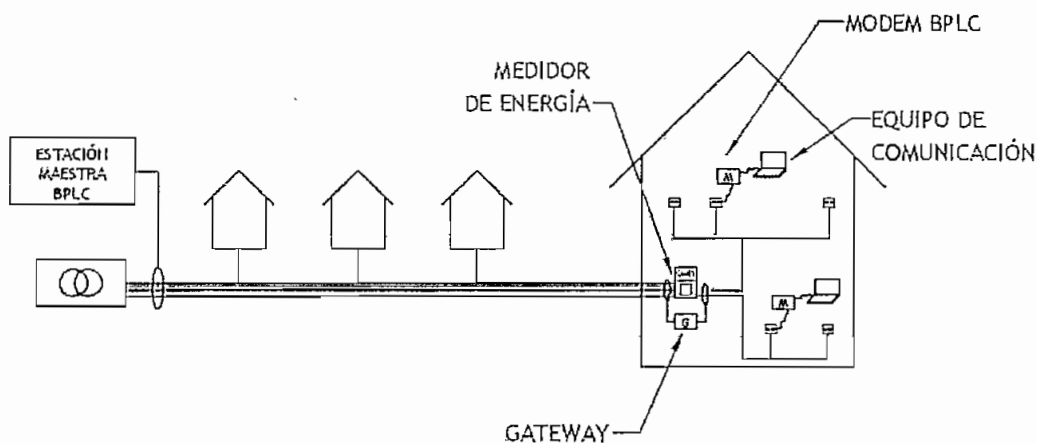


Figura 1-5: Conexión de un usuario mediante un *gateway* ^[2]

Un *gateway Broadband PLC* puede proveer funciones adicionales que aseguren una división de la red de acceso y la red *In home* en un nivel de red lógico. En este caso, un *gateway Broadband PLC* sirve como una estación maestra local

coordinando la comunicación entre módems que están en la red *In home*, y entre módems internos con una red de acceso.

Un *gateway* puede ser conectado en cualquier lugar de la red de acceso *Broadband PLC* para proveer tanto regeneración de la señal (función de repetidor), como división de la red en el nivel lógico.

En la red de acceso de la Figura 1-6, los *gateways* controlan las subredes 2 y 3, lo cual significa que las comunicaciones internas entre dichas subredes son administradas por un *gateway* responsable, y no afectan al resto de la red de acceso *Broadband PLC*, en cambio en la subred 1 no existe *Gateway* afectando directamente a la red de acceso cualquier evento que suceda dentro de esta subred.

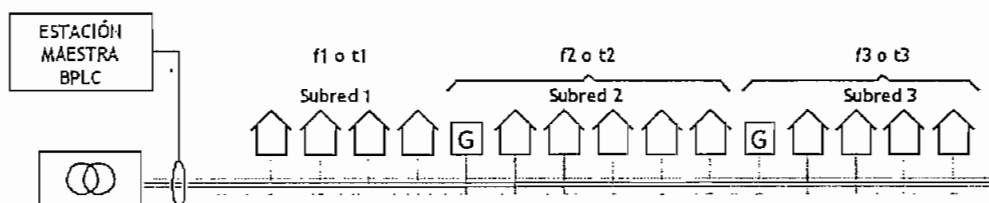


Figura 1-6: Uso de *gateways* en una red de acceso *Broadband PLC* [1]

Mientras los repetidores proveen solamente una simple retransmisión de la señal los *gateways* pueden proveer una división más inteligente de los recursos de la red, asegurando también mayor eficiencia de la misma.

1.2.1.1.4 Repetidores: Nodo "R"

Permiten alcanzar mayores distancias en las redes de acceso *Broadband PLC*, permitiendo la conexión de usuarios distantes de los Nodos-S.

Los repetidores dividen una red de acceso *Broadband PLC* en varios segmentos de red, con lo cual se puede alcanzar las distancias deseadas, pues los Nodos R implementan funciones de regeneración de la señal y manejo de errores. Los

segmentos de red son separados usando diferentes bandas de frecuencia, o diferentes ranuras de tiempo, según se indica en la Figura 1-7.

En principio, el rango de frecuencias f_1 podría ser usado nuevamente en el cuarto segmento de red, sin embargo si se presentasen interferencias entre las señales provenientes del primer segmento, un cuarto rango de frecuencias f_4 debe ser usado en el cuarto segmento.

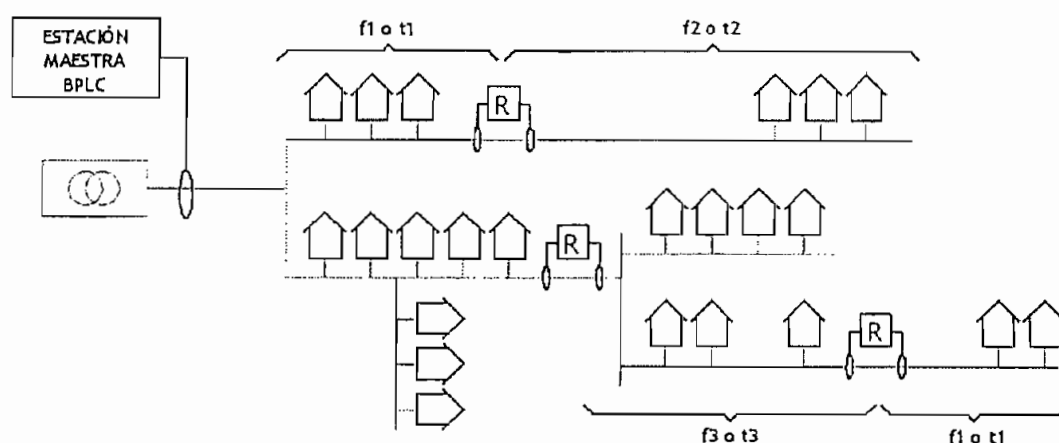


Figura 1-7: Red Broadband PLC con repetidores ⁽¹⁾

Según los métodos de transmisión y modulación aplicados, las funciones del repetidor pueden incluir modulación y demodulación de la señal transmitida así como su procesamiento en una capa de red superior.

Los repetidores son transparentes al usuario, pues no modifican el contenido de la información transmitida.

El espectro de frecuencias que puede ser usado por la tecnología *Broadband PLC* es limitado aproximadamente a 30 MHz (o debería ser limitado por las entidades de regulación de los servicios de telecomunicaciones en cada país). El ancho de banda compartido es dividido en porciones menores, que reducen significativamente la capacidad total de la red limitando el número de usuarios que se pueden atender.

Por tanto, el uso de repetidores sí bien permite alcanzar mayores distancias, incrementa los costos de la red por la cantidad de equipos necesarios, por los costos de instalación, y porque disminuyen la capacidad total de la red.

1.2.1.2 Topología de las redes *Broadband PLC*

1.2.1.2.1 Características de las redes de acceso *Broadband PLC*.

La topología de una red de acceso *Broadband PLC* está dada por la topología de la red de provisión de energía eléctrica usada como medio de transmisión, éstas difieren de lugar a lugar, y dependen de los siguientes factores:

- *Ubicación*

El área puede ser residencial, comercial e industrial. Los usuarios de las áreas comerciales tienen requerimientos diferentes que los usuarios de las zonas industriales, y especialmente diferentes que los usuarios de las áreas residenciales.
- *Densidad*

La cantidad de usuarios y su concentración varía de red en red, los usuarios pueden estar colocados principalmente en casas unifamiliares (baja densidad de usuarios), en edificios con mayor cantidad de pisos u oficinas, o entre torres de apartamentos o torres comerciales (muy alta densidad de usuarios).
- *Longitud*

La distancia entre los usuarios y el transformador es la misma que cambia entre redes, principalmente entre zonas urbanas y rurales.
- *Diseño*

Las redes de bajo voltaje contienen varias ramificaciones de número variable, que también difieren de red en red.

A continuación se estudian varias implementaciones de redes de acceso *Broadband PLC* y su influencia en la topología de la red y la organización de la comunicación en la red.

a) *Ubicación de la estación base*

Un Nodo "S" o un Nodo "X" (si se utiliza la red de MT como red de distribución) tienen un lugar central en la estructura de la red *Broadband PLC*, ambos actúan como estaciones maestras; hay dos posibilidades para la ubicación de las mismas:

La estación maestra es colocada en el transformador con la conexión a la red de distribución, manteniendo la topología de la red de suministro de energía, es decir una topología física de árbol.



Figura 1-8: Red *Broadband PLC* con la estación maestra en la unidad del transformador, la red de acceso mantiene la topología de la red de suministro de energía [2].

La estación maestra se coloca en las cercanías de un usuario *PLC*, o cualquier otro lugar en la red. La topología de la red cambia y puede variar de la topología de la red de suministro de energía según se muestra en la Figura 1-9.

La estación maestra no tiene que ser necesariamente colocada junto al transformador; su posición en la red de acceso *Broadband PLC* depende principalmente de la posibilidad de conectar la estación maestra con una red de distribución.

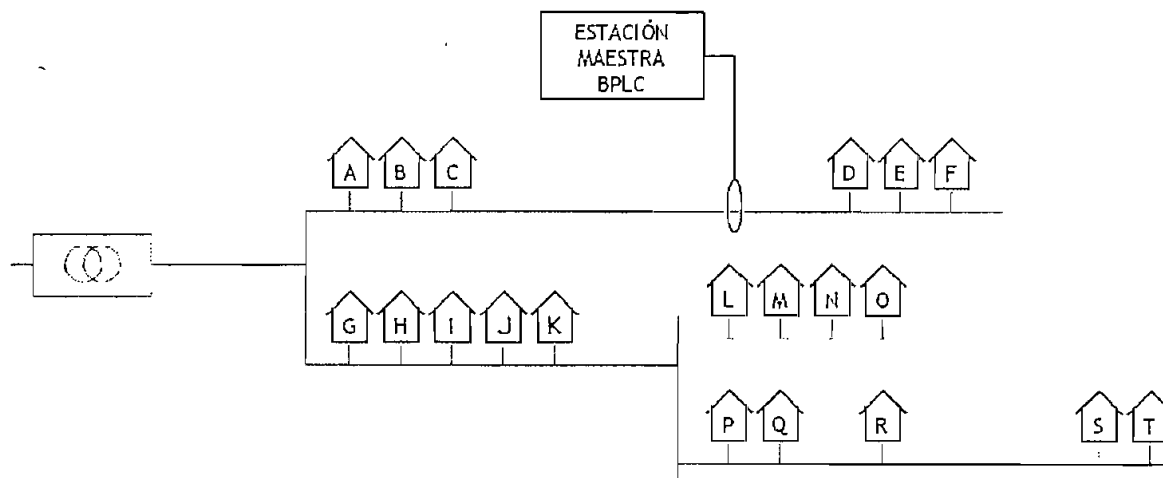


Figura 1-9: Topología de la red de bajo voltaje ^[2].

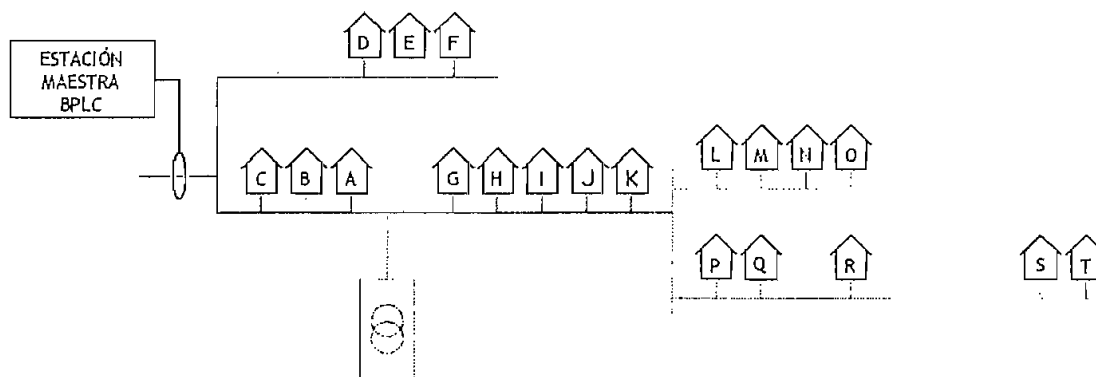


Figura 1-10: Topología de la red de acceso correspondiente, el cambio en la ubicación de la estación maestra causa un cambio en las distancias a los usuarios ^[2].

Como se puede ver en las gráficas si la estación maestra no es colocada en el transformador, el punto central de la red se mueve a otro punto de la red de suministro de energía. El efecto de este traslado en el sistema es únicamente un cambio en las distancias entre las estaciones base y los usuarios en varias implementaciones de red. Por lo tanto, la topología de las redes de acceso *Broadband PLC* siempre se mantiene igual, teniendo la misma topología física de árbol.

b) Segmentación de la red

Para reducir el número de usuarios por sistema *Broadband PLC* y la longitud de la red, una red de acceso *Broadband PLC* puede ser diseñada para incluir una red de bajo voltaje en su totalidad, o para incluir solamente una parte de esta red.

Con una longitud de red menor, la transmisión puede ser realizada con una señal de menor energía, lo cual ayuda a limitar los efectos del problema de la compatibilidad electromagnética.

Respecto a la topología de la red, al considerar su similitud con las redes no segmentadas, puede concluirse que los sistemas *Broadband PLC* "individuales" también mantienen la topología de árbol.

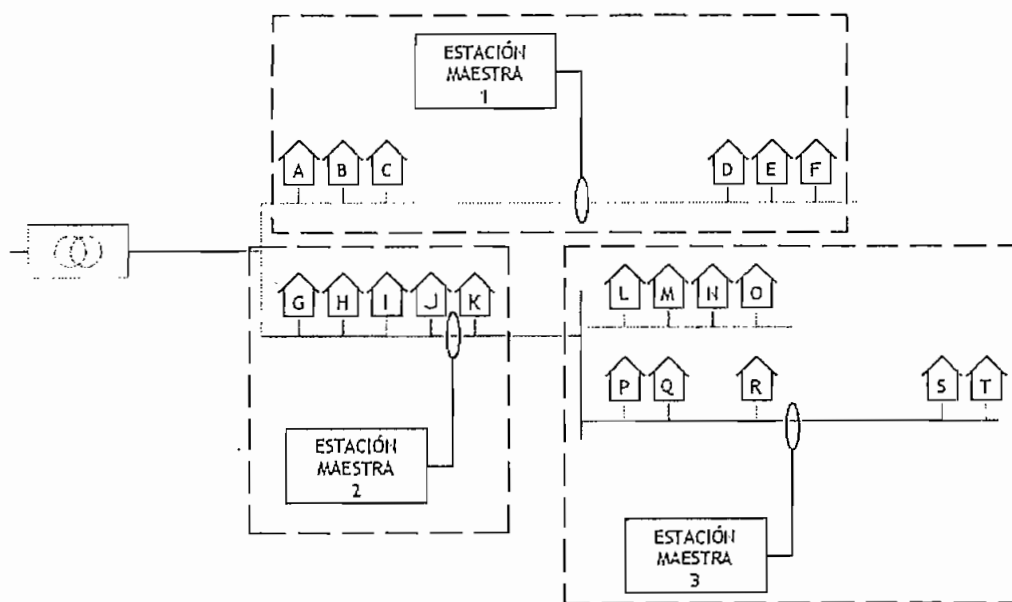


Figura 1-11: Sistemas *Broadband PLC* independientes dentro de una única red de suministro de bajo voltaje [2]

Cada uno de los segmentos *Broadband PLC* pueden ser conectados a la red de distribución separadamente convirtiéndose en redes de acceso *Broadband PLC* independientes.

Una opción para conectarse a la red de distribución es que las estaciones maestras usen la red de suministro eléctrico como medio de transmisión para la conexión a una estación maestra central, la cual es a su vez conectada a la red de distribución. Así se puede tener varios niveles jerárquicos, las estaciones maestras pueden compartir el medio *Broadband PLC* para comunicarse con el nivel jerárquicamente superior, o pueden usar un rango diferente de frecuencias para cada estación base. En cualquier caso hay una reducción de la capacidad total de la red.

Si la distancia es corta entre las estaciones maestras y el punto central de un nivel jerárquicamente superior, se pueden alcanzar mayores velocidades en el nivel jerárquicamente superior. Si el nivel superior es capaz de transportar toda la carga de tráfico de todas las estaciones maestras simultáneamente, entonces no hay cuello de botella en el nivel jerárquicamente superior y tendría sentido el uso de niveles jerárquicos en las redes *Broadband PLC*.

c) *Redes con técnicas de Repetidor o Gateway*

Las redes *Broadband PLC* que logran mayores distancias ofrecen velocidades de transmisión menores, sin embargo es posible alcanzar mayores distancias y asegurar una velocidad de transmisión suficiente con la aplicación de la técnica del repetidor.

Los repetidores operan en modo *full duplex* y usan diferentes frecuencias o diferentes ranuras de tiempo en los segmentos de red cercanos. Una red *Broadband PLC* que utiliza la técnica del repetidor, también mantiene la topología física de red de árbol.

De la misma manera las redes de acceso *Broadband PLC* pueden ser divididas en subredes mediante la aplicación de los llamados "*Gateways Broadband PLC*" o Nodos "G". A diferencia de los repetidores, los *gateways* no solo retransmiten los datos entre los segmentos de red, adicionalmente ellos controlan sus subredes.

Un factor limitante para la realización de muchos segmentos de red pequeños dentro de las redes de acceso *Broadband PLC* es la interferencia entre los segmentos cercanos.

La instalación de repetidores y *gateways* causa costos adicionales que pueden ser evitados si las estaciones de la red, colocadas convenientemente, toman también las funciones de *gateways* y repetidores. En el caso extremo cada estación puede operar simultáneamente como un repetidor, dividiendo la red *Broadband PLC* en segmentos muy pequeños que disminuyen significativamente la potencia de la señal requerida, y por tanto la radiación electromagnética, sin embargo también disminuye la capacidad total de la red. Ésta puede ser una alternativa para solucionar el problema de la *EMC*.

De cualquier manera, las estaciones con funciones de repetidor son mucho más complejas, y su aplicación requiere de un sistema de administración complicado para habilitar asignación de frecuencias o ranuras de tiempo dentro de una red *Broadband PLC*; también inducen un retardo por el procesamiento necesario, por tanto, el número de repetidores y *gateways* en una red *Broadband PLC* suele ser limitado.

d) Estructura de las redes *In home Broadband PLC*

La tecnología *Broadband PLC* ofrece tres alternativas para brindar servicio en el hogar u oficina:

- Usar las instalaciones eléctricas interiores como una simple extensión del medio de transmisión provisto por las redes de suministro de bajo voltaje. La señal transmitida sobre las redes de suministro de bajo voltaje, no terminan en la unidad de medición de consumo de energía eléctrica sino que es transmitida a lo largo de las instalaciones interiores del hogar u oficina. Las redes interiores mantienen la misma topología física de árbol.

- Conectar la red *In home Broadband PLC* con un *gateway* a una red de acceso, esta red de acceso puede ser *Broadband PLC*, *xDSL*, *WLL* o cualquier otra tecnología de redes de acceso. En este caso, el *gateway* actúa como un único usuario para la red de acceso (cualquiera sea la técnica de la red de acceso), y como una estación maestra para la red *In home Broadband PLC*.

Si la red de acceso también es *Broadband PLC*, el *gateway* suele ser colocado junto a la unidad del medidor de energía eléctrica pues allí es más probable encontrar las tres fases, y se pueden interconectar haciendo disponible la red *Broadband PLC* en toda la instalación eléctrica.

- Un sistema *Broadband PLC* independiente, que no está conectado a una red externa. Algunas redes *In home Broadband PLC* son organizadas en una forma descentralizada, sin estación maestra. La comunicación es entonces organizada mediante negociación entre todas las estaciones de la red, de cualquier manera la topología física de árbol se mantiene.

1.2.1.2.2 Topología Lógica de la red *Broadband PLC*

Hay dos direcciones de transmisión que se reconocen en las redes *Broadband PLC*

- *Downlink* de la estación maestra a los usuarios
- *Uplink* de los usuarios a la estación maestra

La información enviada por la estación maestra en la dirección *downlink* es transmitida a todas las subsecciones, y puede ser recibida por todos los usuarios de la red. En la dirección de *uplink*, la información enviada por un usuario *Broadband PLC* es recibida, no solamente por la estación base, sino también por todos los usuarios conectados a esa estación base.

Por lo tanto desde el punto de vista de una capa de nivel superior de red (por ejemplo, la capa MAC), un sistema de acceso *Broadband PLC* puede ser considerado como una red en bus lógico, conectando un número de estaciones de red con una estación maestra, la cual provee la comunicación con la red de distribución.

La red en bus lógico no incluye información sobre las distancias entre estaciones maestras, y usuarios o distancias entre usuarios.

1.2.2 RELACIÓN DE *BROADBAND PLC* CON EL MODELO ISO/OSI

Actualmente el modelo de referencia *ISO/OSI* (*International Standardization Organization/Open Systems Interconnection*) es utilizado para la descripción de varios sistemas de comunicación. Este modelo consiste en una definición del conjunto de capas y los servicios que cada una debería realizar.

A continuación se estudia la relación existente de la tecnología *Broadband PLC* con el modelo de referencia *ISO/OSI*.

Los *módems Broadband PLC* usualmente proveen varias interfaces de usuario para ser capaces de conectar varios dispositivos de comunicación. La información recibida en la capa física de la red de energía eléctrica es despachada a través de las subcapas *MAC* y *LLC* a la capa de red, pasando de esta manera a una segunda instancia en las capas de aplicación de red.

Tanto las estaciones base como los *módems Broadband PLC* proveen una interfaz específica para su conexión al medio de transmisión (red eléctrica). Por otro lado, las interfaces para la conexión a la red de distribución, así como a varios dispositivos de comunicación, dependen de la tecnología de comunicación aplicada en el *backbone*, los cuales están especificados en los estándares de telecomunicaciones correspondientes. La interconexión entre *Broadband PLC* y otras tecnologías de comunicaciones es llevada a cabo en la tercera capa de red.

Las interfaces específicas *Broadband PLC* incluyen las dos primeras capas de red del modelo de referencia ISO/OSI, es decir: la capa física y las subcapas MAC y LLC de la segunda capa de red.

A continuación se estudian los protocolos de comunicación utilizados en la segunda capa de red *Broadband PLC*, para luego estudiar la forma en que los PDU de capa dos son transmitidos por la capa física usando técnicas robustas de modulación.

1.2.3 ESTUDIO DE LA CAPA MAC

Debido a la gran importancia de la capa MAC en la comunicación, se ha visto necesario describirla a fondo, en este subcapítulo se describirán todas las características de la capa MAC, así como los componentes de la misma, y las diferentes técnicas de acceso que se pueden implementar en *Broadband PLC*.

1.2.3.1 Componentes de la Capa MAC

La tarea básica de una capa MAC es controlar el acceso de múltiples usuarios conectados a una red de comunicación en un mismo medio de transmisión, y organizar el flujo de datos de diferentes usuarios de varios servicios de telecomunicaciones. Generalmente, las funciones de una capa de MAC aplicadas a cualquier red de telecomunicaciones pueden ser divididas en tres grupos:

- Acceso Múltiple
- Recurso compartido
- Funciones de Control de tráfico.

El esquema de acceso múltiple establece un método que divide los recursos de la transmisión en secciones accesibles, que pueden utilizarse por las estaciones de la red para la transmisión de varios tipos de información. La selección de un

esquema de acceso múltiple depende del sistema de transmisión aplicado dentro de la capa física y sus rasgos.

Una de las funciones de la capa de MAC que controla el tráfico entre las direcciones de transmisión de subida y de bajada es el método *duplex*. Las funciones de control de tráfico adicionales, como la programación, control de acceso, y otras funciones, pueden ser implementadas en capas de red más altas, pero también se las puede implementar dentro de la capa MAC sean en forma completa, o en forma parcial. En cualquier caso, para cumplir los requisitos de QoS de varios servicios de telecomunicaciones, la capa MAC y sus protocolos deben ser capaces de soportar la realización de diferentes procedimientos por la programación del tráfico, así como tolerar la implementación de mecanismos de control de acceso a la conexión (CAC).

1.2.3.2 Características de la capa MAC *Broadband PLC*

Existen varias versiones de la capa de MAC y sus protocolos, que han sido desarrolladas para redes de comunicaciones particulares, estas versiones dependen de las características del medio de transmisión, ambiente en el que se va a operar, y de su propósito. La particularidad de las redes de acceso *Broadband PLC* es el medio de transmisión (la red de suministro eléctrico de medio y bajo voltaje), el cual proporciona una limitada tasa de transmisión de datos, debido a la presencia de un ambiente ruidoso que causa perturbaciones en la transmisión de datos. Debido a este limitante, *Broadband PLC* para asegurar la competitividad con otras tecnologías de acceso tiene que ofrecer una gran cantidad de servicios de telecomunicaciones, y proporcionar niveles de QoS satisfactorios.

La topología de la red, los servicios de telecomunicaciones, las distorsiones del ambiente, y el sistema de transmisión aplicado, tienen un impacto directo en la capa MAC *Broadband PLC* y en sus protocolos, tal como se muestra en la Figura 1-12.

La topología de la red en las redes de acceso *Broadband PLC* está dada por la topología de la red de distribución eléctrica de medio y bajo voltaje, siendo una topología física tipo árbol. Sin embargo, para el estudio de capas de red más altas (sobre la capa física), como la capa de MAC, la red de acceso *Broadband PLC* puede ser considerada como un sistema de bus lógico con varias estaciones de red que utilizan el mismo medio de transmisión para comunicarse con la estación base.

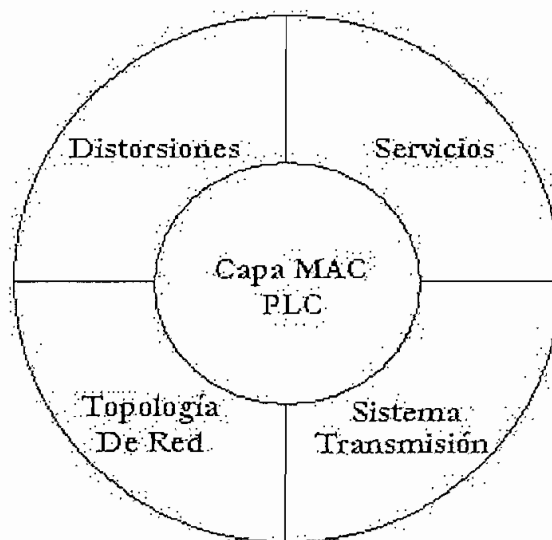


Figura 1-12: Ambiente de la capa MAC *Broadband PLC* ^[1]

1.2.3.3 Requerimientos de la Capa MAC *Broadband PLC*

Como se muestra en la Figura 1-13, un esquema de acceso múltiple y una estrategia para recursos compartidos (el protocolo MAC) se sitúa en el centro de la capa MAC.

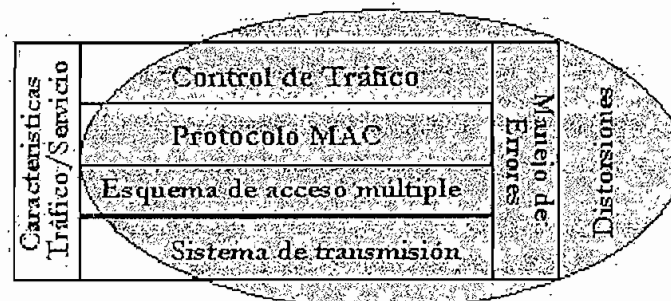


Figura 1-13: Estructura de la capa MAC ^[1]

El esquema de acceso múltiple establece un método que divide los recursos de la transmisión en secciones accesibles, que depende del sistema de transmisión utilizado dentro de la capa física. En el sistema *Broadband PLC*, los esquemas de acceso múltiple tienen que ser aplicables al sistema de transmisión escogido para la red *Broadband PLC*. La tarea del protocolo MAC es la organización de acceso de múltiples usuarios que utilizan los mismos recursos de la red por medio de la administración de las secciones accesibles especificadas por el esquema de acceso múltiple.

Las redes de acceso *Broadband PLC* operan bajo condiciones de ruido desfavorables que influyen en los protocolos *Broadband PLC* y son causantes de distorsiones en la transmisión de datos. Por consiguiente, el esquema de acceso múltiple y los protocolos MAC tienen que ser robustos para trabajar en un ambiente lleno de distorsiones.

1.2.3.4 Esquemas de Acceso Múltiple

Como se expresó anteriormente, un esquema de acceso múltiple establece un método para dividir los recursos de la transmisión en secciones accesibles para que puedan ser utilizados por múltiples usuarios que usan varios servicios de telecomunicaciones. Un esquema de acceso múltiple se aplica a un medio de transmisión (por ejemplo guiado o no guiado) dentro de un espectro de frecuencia particular que puede usarse para el traslado de información. En el caso de usuarios múltiples que usan un medio de transmisión compartido, las señales de telecomunicación de los mismos son transmitidas dentro de secciones accesibles separadas provistas por un esquema de acceso múltiple, asegurando una comunicación libre de errores. Para cumplir este propósito, las señales de los diferentes usuarios tienen que ser ortogonales a las señales de otros cuando éstas son enviadas por un medio compartido, cumpliendo la Ecuación 1-1.

$$\int_{-\infty}^{\infty} X_i(t) X_j(t) dt = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases} \quad \text{Ecuación 1-1}$$

Donde:

$X_i(t)$: Señal del usuario 1.

$X_j(t)$: Señal del usuario 2

En la práctica, no es posible lograr una ortogonalidad perfecta entre diferentes signos que usan un mismo medio de transmisión. Sin embargo, si la influencia producida entre signos es baja, el esquema de ortogonalidad puede ser utilizado.

Existen varios esquemas de acceso múltiple que se pueden utilizar. A continuación se describen tres de los esquemas utilizados y cómo se relacionan con la modulación OFDM.

1.2.3.4.1 Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)

El esquema de acceso TDMA, divide el tiempo total de la transmisión en varios *slots*, los mismos que son utilizados por varios usuarios, la ventaja es que el usuario transmite los datos con todo el ancho de banda del canal, pero por un tiempo reducido. Para eliminar interferencias, la tecnología TDMA coloca intervalos de protección entre los *slots* de tiempo, este intervalo de protección es constante, a diferencia de los *slots* de tiempo que dependen del servicio que contrató el usuario o la compartición que tenga definida el dueño del servicio.

Los sistemas OFDM tienen una naturaleza de ranura donde la información transmitida es dividida en varios símbolos OFDM con una cierta duración. Por consiguiente, TDMA parece ser una solución apropiada para la red basada en OFDM que construye un sistema de transmisión OFDM/TDMA. En este caso, los recursos de la red son divididos en *slots* de tiempo, cada uno de ellos lleva un número entero de símbolos OFDM tal como se muestra en la Figura 1-15. La

longitud de las ranuras de tiempo puede ser constante o variable, pero el número de símbolos OFDM dentro de una ranura de tiempo tiene que ser un entero.

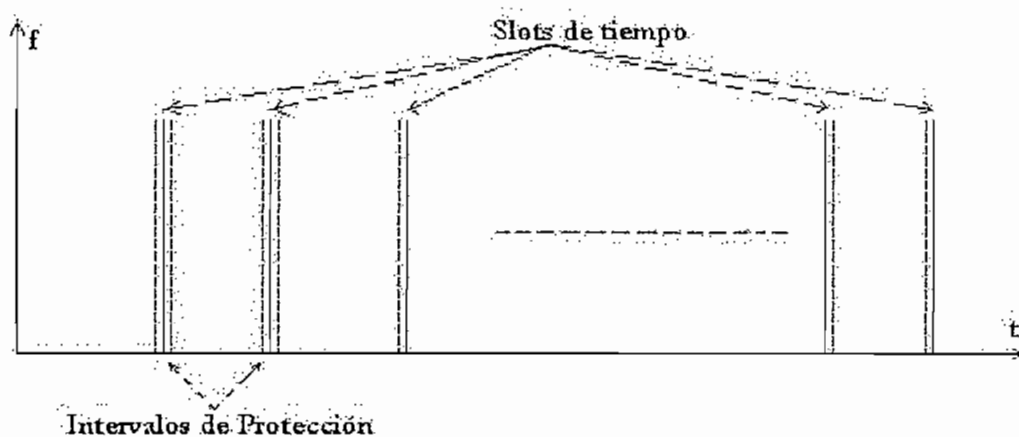


Figura 1-14: Principio de TDMA ⁽¹⁾

Algunas de las subportadoras OFDM pueden fallar debido a las distorsiones (por ejemplo, debido al ruido de banda base a largo plazo), o pueden operar con una tasa de datos variable, si la carga de bits es aplicada. En ambos casos, la capacidad de la red cambia de forma dinámica, según las condiciones de perturbación actuales. Un símbolo OFDM incluye un número particular de bits/bytes, y lleva una cantidad específica de carga útil de datos de usuario. Por lo tanto, si la capacidad de la red disminuye, la carga útil de un símbolo OFDM también será reducida.

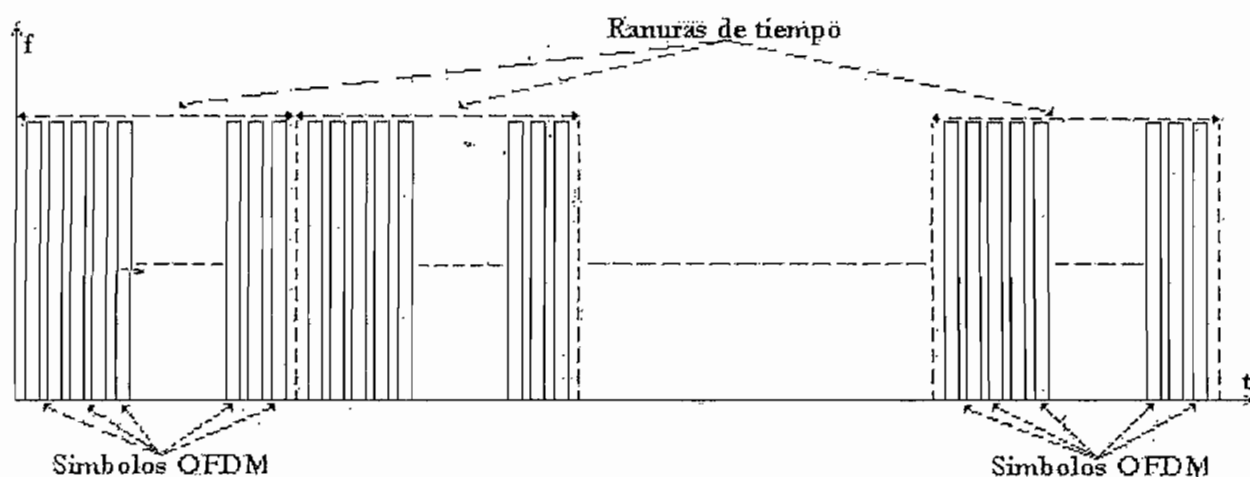


Figura 1-15: Símbolos OFDM ⁽¹⁾

Existen dos soluciones para mantener constante la carga útil de un símbolo OFDM

- Colocando un número de subportadoras de respaldo que pueden ser utilizadas en caso de falla o disminución de la capacidad. Sin embargo, si se tiene condiciones de perturbación favorables, esta técnica no es eficaz.
- Cambiar los símbolos OFDM de forma dinámica según la capacidad actual de la red y disponibilidad de las subportadoras.

Así, la duración de los símbolos OFDM es variada para que siempre lleve una cantidad fija de bytes en la carga útil. Sin embargo, después de cada cambio de capacidad, el sistema tiene que ser sincronizado para adaptar los símbolos OFDM en las ranuras de tiempo y encajar un número entero de estos de nuevo.

1.2.3.4.2 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)

La próxima opción para la división de los recursos de la red en secciones accesibles, es asignar porciones diferentes del espectro de frecuencia disponible a los diferentes usuarios. Este método de acceso se llama Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA). El concepto básico de FDMA es dividir el ancho de banda en sub bandas pequeñas para que sea utilizado por diferentes servicios de telecomunicaciones de diferentes usuarios como se presenta en la Figura 1-16, la tasa de transferencia de cada canal va a depender del ancho de banda asignado al mismo, la ventaja es que el usuario puede transmitir todo el tiempo, pero con un ancho de banda reducido, esta tecnología es utilizada en servicios xDSL.

Una gran ventaja que tiene FDMA con respecto a TDMA es la robustez contra las perturbaciones existentes en banda base, y contra las señales de ruido impulsivo. En caso de perturbaciones, se pueden evitar fácilmente por medio de la reasignación de las conexiones existentes de las frecuencias afectadas por las mismas, a la parte disponible del espectro de frecuencia. El mismo principio puede aplicarse para la anulación de las frecuencias críticas que se prohíben para *Broadband PLC* debido a los problemas de EMC.

El esquema FDMA puede ser utilizado en diferentes sistemas de transmisión, como el espectro expandido y los sistemas de transmisión basados en OFDM. Debido a las características de división de frecuencia en varias sub bandas, la aplicación de FDMA en sistemas basados en OFDM se convierte en el esquema de acceso OFDMA (acceso OFDM) que puede ser considerado como una solución conveniente para la organización de accesos múltiples en redes de acceso *Broadband PLC*, gracias a la robustez de los esquemas basados en FDMA contra las perturbaciones de banda base.

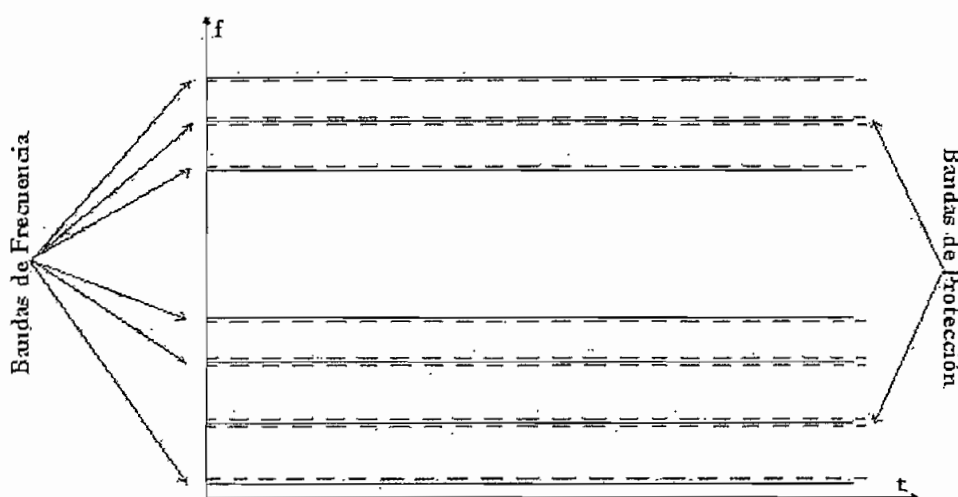


Figura 1-16: Principio de FDMA ^[1]

Según el esquema de OFDMA, las subportadoras con tasas de transmisión relativamente bajas son agrupadas para formar un canal con alta tasa de transmisión, proporcionando un sistema similar a FDMA. Los rangos de frecuencia de protección que se utiliza en FDMA para separar los diferentes canales de transmisión, no es necesaria en un esquema OFDMA, gracias a la ortogonalidad que se tiene entre las portadoras, característico de un esquema OFDM.

Cada canal de transmisión (CH) consiste en varias subportadoras (SC), como se presenta en Las subportadoras de un canal de transmisión pueden ser escogidas para ser adyacentes, o para ser extendidas hacia el espectro de frecuencia disponible.

Los canales de transmisión representan las secciones accesibles de los recursos de la red que se establecen por el esquema OFDMA. La tarea del protocolo MAC es manejar la reasignación del canal entre varios usuarios y servicios de telecomunicaciones diferentes. Los canales de transmisión pueden organizarse para tener tasas de transmisión constantes o variables por medio de la asociación de varias subportadoras; éstas pueden ser administradas de las siguientes maneras:

- Un grupo de subportadoras (SC), todos con una tasa de transmisión fija, formando un canal de transmisión (CH) con una tasa de transmisión constante.
- Un grupo de subportadoras con tasas de transmisión variables, formando un canal con tasa de transmisión variable.
- Las subportadoras son agrupadas de acuerdo a la tasa de transmisión disponible por cada una, para construir un canal con una cierta tasa de transmisión. Las tasas de transmisión de las subportadoras son variables, pero la tasa de transmisión del canal permanece constante.

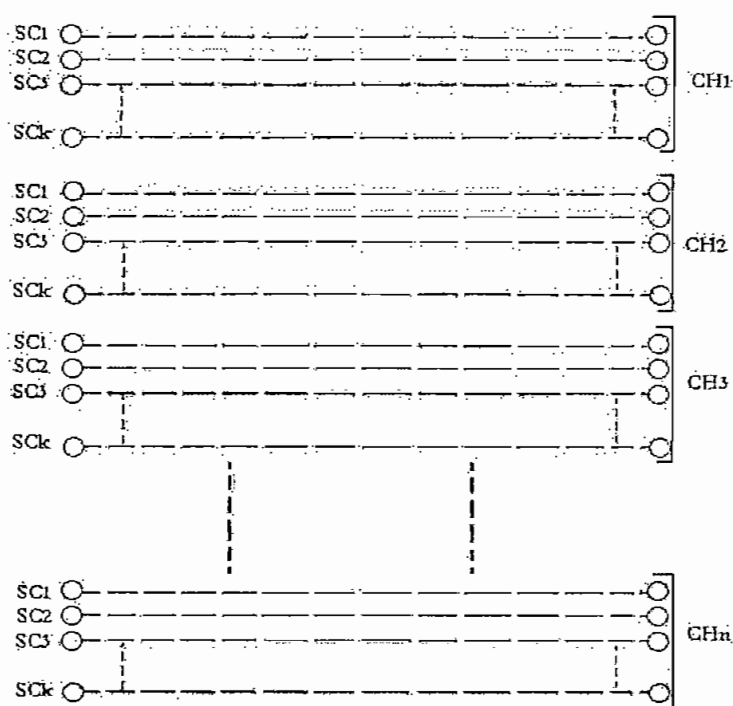


Figura 1-17 Estructura de los canales OFDMA ^[1].

En el caso de subportadoras con tasa de transmisión fija, cuando una no se encuentra disponible, las demás no pueden utilizar el recurso de la que no se encuentra disponible. En el caso de las subportadoras con tasas de transmisión variables, las subportadoras del canal cambian su velocidad de transmisión de acuerdo a la red y condiciones de distorsión. En el tercer caso, la capacidad del canal siempre será constante, por lo que si una portadora no se encuentra disponible, otra acogerá ese vacío para mantener la tasa de transmisión constante.

1.2.3.4.3 OFDMA/TDMA

Un sistema OFDMA puede extenderse para incluir un componente TDMA, formando un esquema combinado OFDMA/TDMA. En este caso, el canal de transmisión que es dividido en rangos de frecuencias, también es dividido en *slots* de tiempo con una duración fija o variable, cada uno lleva un segmento de datos de tamaño fijo o variable.

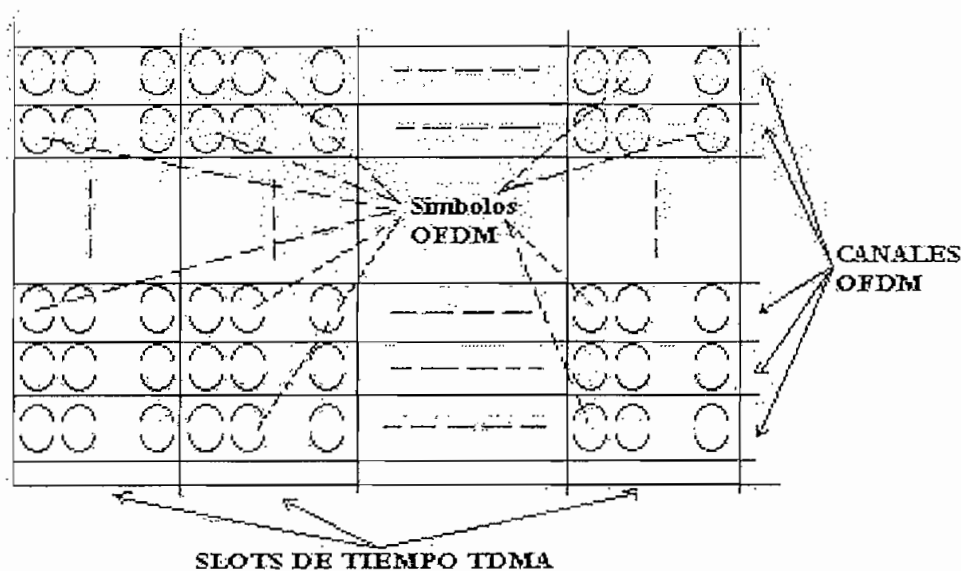


Figura 1-18: Esquema OFDMA/TDMA ^[1]

El canal de transmisión consiste en un número de subportadoras que pueden estar agrupadas de diferentes formas, similar a un esquema OFDMA. Por otro lado, un *slot* de tiempo que lleva un segmento de datos consiste en varios

símbolos OFDM con una cierta duración y capacidad de carga útil. En cualquier caso, el número de los símbolos OFDM por *slot* de tiempo, y por canal, que corresponden a un segmento de los datos, tiene que ser un entero

1.2.3.5 Protocolos de la capa MAC

Los protocolos MAC pueden ser divididos en dos grupos: protocolos con acceso fijo o acceso dinámico. Los esquemas de acceso fijo asignan una capacidad fija predeterminada a ciertos usuarios a lo largo de la conexión; un caso claro de los esquemas de acceso fijo es la telefonía clásica. La asignación de la capacidad de la red es realizada en forma independiente a las necesidades de velocidad de transmisión de los usuarios, y el usuario, independientemente del tiempo, puede acceder sin necesidad de saber si otro usuario está conversando.

Los protocolos de acceso dinámicos son adecuados para la transmisión de datos, y en algunos casos es posible garantizar QoS de ciertos servicios de telecomunicaciones. Los protocolos dinámicos están divididos en dos sub grupos: protocolos de contención y protocolos de arbitraje. De acuerdo con el principio de acceso de contención, las estaciones de la red acceden al medio de transmisión de forma aleatoria, pudiendo producir colisión entre los paquetes de datos transmitidos de los usuarios, si más de una estación envía datos por el medio de transmisión al mismo tiempo; esto sucede debido a que las estaciones de la red no tienen un estatus de las necesidades de transmisión de otras estaciones. Los protocolos de arbitraje proveen una coordinación entre las estaciones de la red, asegurando un acceso dedicado al medio; sin embargo, los protocolos de arbitraje necesitan mayor tiempo, causando grandes retardos de transmisión en la red.

Para los protocolos de contención con método de acceso aleatorio se utilizan ALOHA y CSMA, y para los protocolos de arbitraje se tiene *Token Passing* y *Polling*. Los protocolos aleatorios pueden extenderse para implementar varios mecanismos de resolución de colisiones, que permiten reducirlas, mientras que los protocolos de arbitraje pueden tener salidas selectivas en coordinación con el tráfico y situación de la red, bajando de esta forma los retardos de transmisión.

Los protocolos de contención y los protocolos de arbitraje pueden ser combinados para formar protocolos híbridos; estos protocolos seleccionan las partes más importantes de los métodos de acceso para proporcionar un mejor nivel de QoS en varios servicios de telecomunicaciones.

La clasificación de los protocolos de acceso dinámico se puede visualizar de mejor manera en la Figura 1-19.

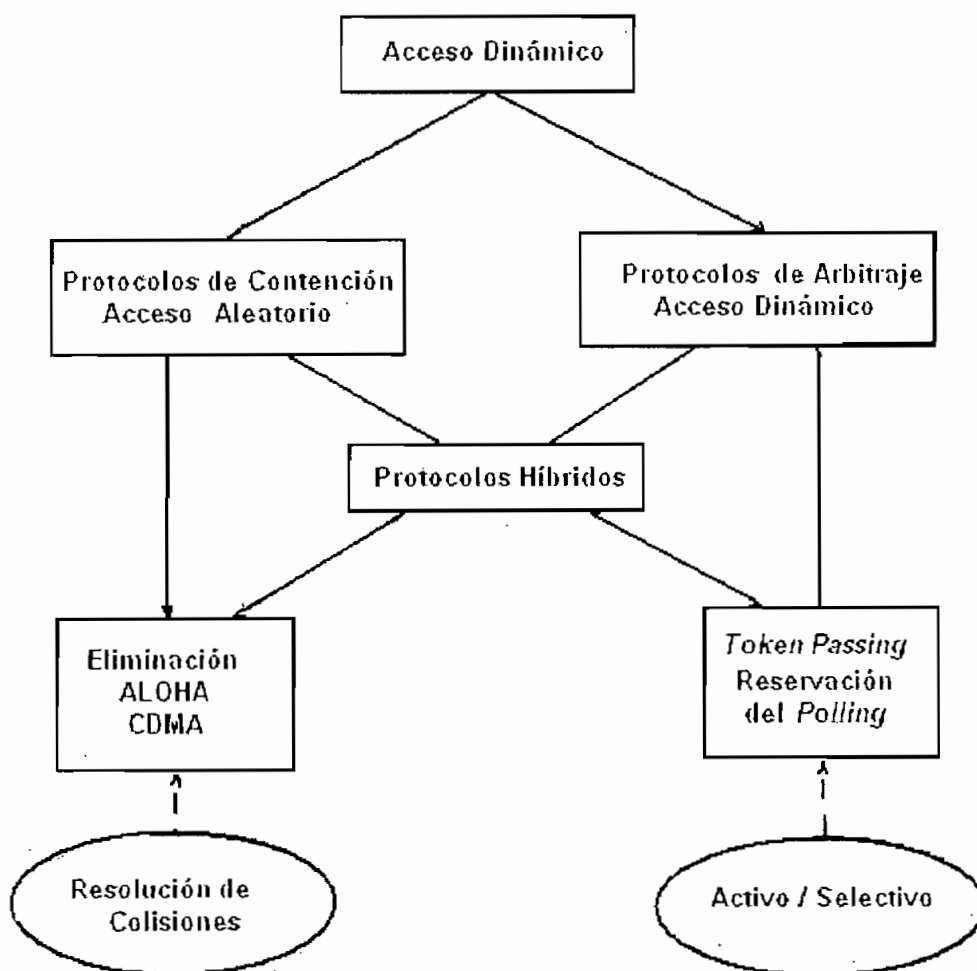


Figura 1-19: Clasificación de los protocolos MAC dinámicos ^[1]

1.2.4 TÉCNICAS DE MODULACIÓN EN *BROADBAND PLC* ^{[1] [2] [6]}

La selección de una técnica de modulación para un sistema de comunicación dado depende de la naturaleza y de las características del medio en el cual debe operar. El canal *Broadband PLC* tiene propiedades hostiles para la transmisión de

señales de comunicación, tales como ruido, multitrayectoria, fuerte selectividad del canal, etc. A pesar de los bajos costos de realización, la modulación a ser utilizada por un sistema *Broadband PLC* debe también solventar estos problemas del canal. Por ejemplo una modulación, para que sea candidata para su implementación en un sistema *Broadband PLC*, debe ser capaz de vencer las características no lineales del canal. Esta no linealidad puede hacer el demodulador muy complejo y costoso, inclusive hacerlo imposible, para velocidades de transmisión sobre los 10 Mbps con modulación de una portadora.

Por lo tanto la modulación *Broadband PLC* debe solucionar este problema, sin la necesidad de una ecualización altamente complicada. La diferencia de impedancias en las líneas de poder causan onda reflejada (eco) que resulta en una distorsión de la señal (*delay spread*) constituyéndose otro reto para la técnica de modulación. Entonces aquella escogida debe ofrecer una alta flexibilidad en utilizar o evitar algunas frecuencias dadas, si estas frecuencias están fuertemente perturbadas, o se encuentran asignadas a otro servicio de telecomunicaciones, y por tanto prohibidas para señales *Broadband PLC*

Investigaciones a nivel mundial sobre *Broadband PLC* se han centrado en dos técnicas de modulación que han mostrado buen rendimiento en otros ambientes difíciles, y fueron por tanto adoptadas en diferentes sistemas. Primero se encuentra la Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM), y segunda, la modulación de espectro expandido.

La técnica de espectro expandido no tiene una buena robustez con respecto a distorsiones en el canal, tampoco es flexible para futuras mejoras, y la tasa de transferencia con esta técnica es menor a aquella obtenida con la técnica OFDM.

OFDM provee una buena robustez con respecto a distorsiones en el canal gracias a la utilización de múltiples portadoras y al hecho de poder cambiar de portadora cuando aparecen errores en el canal.

Debido a que el medio de transmisión en *Broadband PLC* es la red eléctrica y a las distorsiones que provoca el hecho de transmitir señales de datos en un medio que no fue diseñado para esa aplicación, se elige OFDM como la técnica de modulación para *Broadband PLC*.

La modulación multiportadora trabaja bajo el principio de transmitir señales mediante la división del flujo de datos en varios flujos de bits paralelos, cada uno de los cuales tiene una velocidad mucho menor, mediante la utilización de muchas portadoras que son llamadas subportadoras, y sirven para modular esos sub flujos de datos.

OFDM es una forma especial de modulación multiportadora, pero con subportadoras densamente espaciadas, y un espectro sobrelapado.

Para permitir la recepción de señales OFDM sin errores, las formas de onda de las subportadoras son seleccionadas de tal manera que sean ortogonales entre sí. Comparada a otros métodos de modulación BPSK o QPSK, OFDM transmite símbolos, que tienen relativamente larga duración, pero muy poco ancho de banda. En el caso de la duración de un símbolo que sea mayor o igual al máximo *delay spread*, como es el caso con las otras modulaciones, la señal recibida consta de versiones sobre lapadas de esos símbolos transmitidos, a esto se lo denomina ISI (interferencia Intersímbolo).

Usualmente los sistemas OFDM son diseñados de tal manera que cada subportadora es lo suficientemente angosta para experimentar un desvanecimiento fijo a lo largo de todas las frecuencias; esta característica permite a las mismas permanecer de forma ortogonal cuando la señal es transmitida sobre un canal selectivo en frecuencia, pero invariante en el tiempo. Si una señal OFDM modulada es transmitida sobre un canal con esas características cada subportadora pasa por una atenuación diferente. Mediante la codificación de los sub flujos de datos se puede detectar errores con mayor probabilidad de ocurrencia sobre subportadoras severamente atenuadas, corrigiendo estos errores en el receptor mediante el uso de códigos FEC.

A pesar de su robustez en contra de la selectividad de frecuencia, la cual es vista como una ventaja de OFDM, cualquier característica variante en tiempo del canal pone límites al rendimiento del sistema. Se sabe que las variaciones de tiempo deterioran la ortogonalidad de las subportadoras, en este caso el ICI (Interferencia Interportadoras) aparece debido a que los componentes de señal de una subportadora interfieren con los de las subportadoras vecinas.

Mediante la transmisión de información en N subportadoras, la duración de símbolo de una señal OFDM es N veces mayor que la duración de un símbolo equivalente con portadora única. De acuerdo con esto, los efectos de ISI introducidos por los canales dispersos en tiempo son maximizados. De cualquier manera, para eliminar completamente el ISI, un tiempo de guarda se inserta, con una duración mayor que la duración de la respuesta impulsiva del canal. Se debe notar que en la presencia de canales dispersos en tiempo lineales, un tiempo de guarda apropiado evita el ISI pero no el ICI, a menos que sea cíclicamente extendido. Por esta razón, un tiempo de guarda con duración T_{cp} es añadido al símbolo OFDM, en función de construir una especie de periodicidad alrededor de éste, el contenido de este tiempo de guarda es duplicado desde la primera parte del mismo, como se muestra en la Figura 1-20.

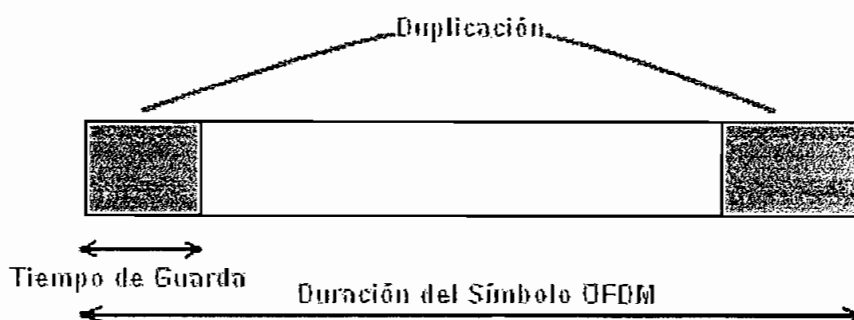


Figura 1-20: Adición del prefijo cíclico mediante la duplicación de la primera parte del símbolo original ^[1].

La inserción apropiada de tiempos de guarda cíclicamente expandidos elimina ISI e ICI en un canal disperso en forma lineal; de cualquier manera, esto introduce también una pérdida en la SNR, y un aumento del ancho de banda *requerido*.

1.2.5 SERVICIOS DE *BROADBAND PLC* ^{[1][2]}

1.2.5.1 Servicios Portadores *Broadband PLC*

Las redes de acceso proveen capacidades de transporte de portadora para la provisión de varios servicios de telecomunicaciones, entre los nodos de servicios y los usuarios ^[7]. Las redes de acceso *Broadband PLC* pueden también ser consideradas como servicios portadores, proveyendo los mismos a los usuarios dentro de una o varias redes de bajo voltaje. Los servicios portadores, tal como la clásica red telefónica, la red de paquetes X.25, las redes ATM y otros, pueden ser utilizados por varias aplicaciones de comunicaciones como se muestra en la Figura 1-21.

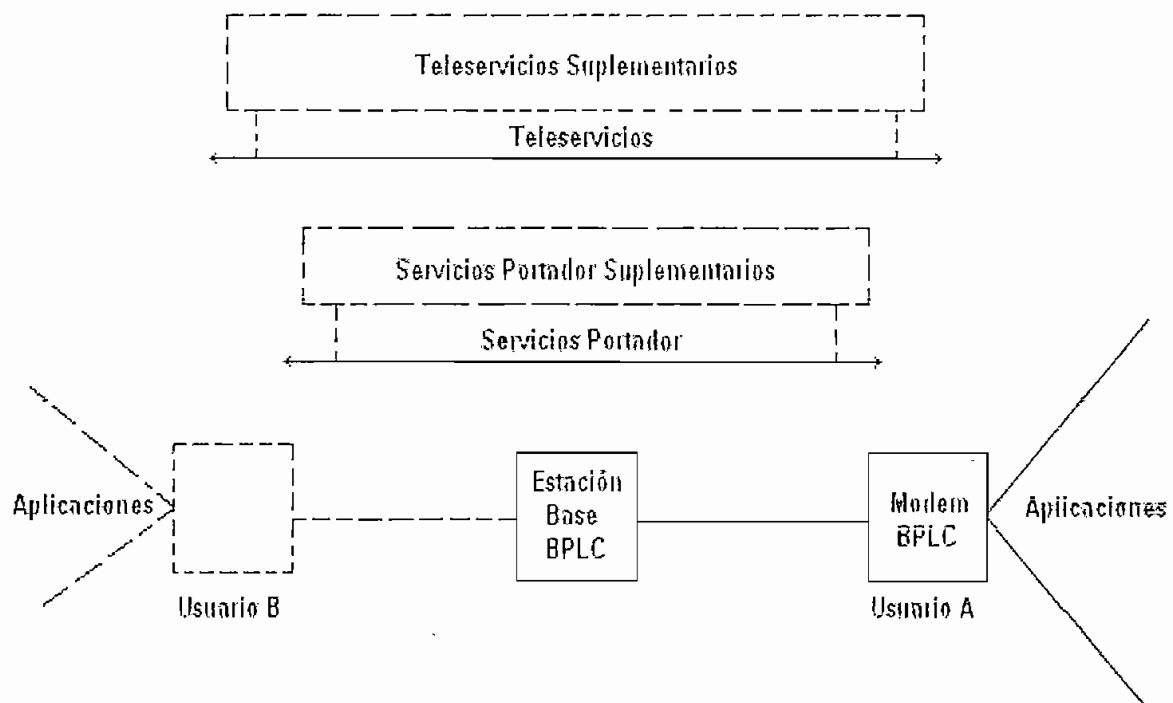


Figura 1-21: Clasificación de los servicios de telecomunicaciones ^[1]

Las redes de acceso *Broadband PLC* cubren únicamente la última parte del camino de comunicaciones entre dos usuarios. El camino de comunicaciones completo consiste en las redes de acceso y de distribución; la red de distribución o *backbone* es posible que se realice por medio de diferentes tecnologías de

comunicaciones, por esta razón la red de acceso *Broadband PLC* provee servicios portadores solo en cierta parte del camino de comunicaciones.

Los teleservicios cubren todas las funciones de telecomunicaciones, incluidas aquellas de las capas del modelo de referencia ISO/OSI, es decir, los teleservicios proveen funciones de comunicación entre usuarios, los cuales no son incluidos dentro del conjunto de protocolos *Broadband PLC*. Sin embargo, las redes *Broadband PLC* deben proveer capacidades para la realización de varios de ellos, como la telefonía, el acceso a Internet, entre otros. Las funciones básicas de los servicios portadores y los teleservicios pueden ser extendidas por diferentes características especiales, construyendo los llamados servicios complementarios. El servicio de telefonía básico puede ser extendido para incluir varias características como llamada en espera, identificación de llamadas y otros más que se ofrecen en las redes de telecomunicaciones modernas.

Desde el punto de vista de los usuarios, los teleservicios son utilizados para la realización de varias aplicaciones de telecomunicaciones. Las redes de acceso *Broadband PLC* deben proveer servicios portadores para poder trasladar aquellos que los usuarios utilicen en la red.

1.2.5.2 Servicios de telecomunicaciones en la red de Acceso *Broadband PLC*

Para poder competir con otras tecnologías de última milla la red de acceso *Broadband PLC* como se mencionó anteriormente debe proveer varios servicios de telecomunicaciones asegurando bajos costos en la red. Como función básica las redes *Broadband PLC* deben soportar el servicio telefónico clásico por su importancia y penetración en el mundo de comunicaciones. El servicio telefónico es la aplicación de telecomunicaciones más aceptada debido a que requiere equipos de comunicación relativamente simples, y un bajo conocimiento técnico por parte de los usuarios para utilizar este servicio.

Otro servicio importante de las telecomunicaciones, y que se ha incrementado en las últimas décadas es la transmisión de datos, en especial el acceso a la

Internet. En este mundo lleno de tecnología se puede observar el rápido desarrollo de aplicaciones basadas en la Internet y en el comercio electrónico, por lo cual los usuarios cada día tienen nuevos requerimientos de velocidad. Por estos motivos, tanto el servicio de telefonía como el servicio de Internet serán considerados por *Broadband PLC* como servicios primarios.

A más de los servicios primarios indicados anteriormente, la red *Broadband PLC* ofrece servicios con alta tasa de transmisión y altos requerimientos de calidad de servicio. A más de los servicios descritos, se pueden ofrecer otros servicios para control, como medir la calidad de la señal, y entre otros para mejorar la eficiencia de la red eléctrica entre subestaciones, e incluso señales de control para ver la calidad de servicio en la transmisión de datos en la red *Broadband PLC*.

Debido al gran crecimiento de los servicios de telecomunicaciones así como de las tecnologías de telecomunicaciones es muy difícil clasificar los servicios de telecomunicaciones, pero se los podría clasificar en dos grupos: Servicios de conmutación de circuitos (telefonía) y servicios de Conmutación de paquetes (acceso a Internet, transferencia de datos con altos niveles de QoS).

1.2.6 MANEJO DE ERRORES ^{[1] [2] [4] [8] [9]}

El manejo de errores se refiere a los mecanismos necesarios para la detección y corrección de errores que aparecen en la transmisión de datos.

Los errores en los sistemas digitales son causados cuando el nivel de ruido supera el nivel de la señal, o cuando los pulsos digitales son distorsionados por el sistema (generalmente en las líneas de transmisión).

Si en todo momento se pudiera diferenciar la señal de datos del ruido no ocurriría la mayoría de errores; sin embargo, mantener esta condición representaría un consumo grande de potencia en el transmisor, especialmente bajo ambientes de ruido impulsivo, en donde, durante un intervalo muy corto de tiempo se tiene ruido con un nivel de potencia muy superior al ruido de fondo. Esto hace impráctico

subir la potencia de la señal indefinidamente. El canal *Broadband PLC*, como se verá más adelante, contiene, entre otros, ruido impulsivo; aumentar la potencia de la señal podría causar problemas de interferencia a otros servicios en la misma banda de frecuencia.

Para salvar este inconveniente, se añaden bits de redundancia a los datos, para detectar o inclusive corregir errores. La detección de errores permite al receptor determinar la ocurrencia de un error de transmisión, sin embargo no puede recuperar los datos correctos y debe, o bien descartar los datos, o solicitar una retransmisión. La corrección de errores en el receptor detecta errores, y trata de corregir tantos bits como sea posible. Este problema ha conducido al desarrollo de códigos que detectan más de un error, e incluso corrigen los errores que encuentran.

Una alternativa para el manejo de errores incluye *Forward Error Correction (FEC)* e *Interleaving*, sin embargo éstas no son suficientes. Cuando el ruido impulsivo dura más, entonces sería muy útil tener capacidad de reubicación del canal. Por tanto, siendo ésta una característica del canal, la reubicación del mismo debe ser parte de la capa MAC de *Broadband PLC*.

A pesar del uso de estas técnicas, los datos pueden aún ser dañados; para estos casos hará falta un mecanismo como Solicitud de Repetición Automática (ARQ), de esta manera se reduce la probabilidad de error.

1.2.6.1 Métodos FEC considerados para *Broadband PLC*

Forward Error Correction es una técnica utilizada para corregir errores en una transmisión en el lado del receptor, sin la necesidad de retransmisión de información desde el emisor. Se utiliza en sistemas sin retorno, o sistemas en tiempo real, donde no se desea esperar a la retransmisión para mostrar los datos por el retardo que esta técnica implica. Su funcionamiento se basa en la adición de alguna redundancia al mensaje antes de transmitirlo, la cual luego es aprovechada por el receptor para corregir los errores. Los mecanismos de *FEC* se

pueden clasificarse en dos grandes grupos, Códigos de Bloque y Códigos Convolutivos.

El concepto de los códigos de bloque es segmentar los datos en "bloques" de tamaño fijo k , y luego añadir una cantidad específica de bits de redundancia para formar una palabra código c de longitud n . Así tanto el transmisor como el receptor tratan cada bloque independientemente de los aquellos ya transmitidos.

Sólo ciertas combinaciones de bits son aceptables y forman una colección de palabras de código válidas. Cuando los datos se transmiten y llegan al receptor hay dos posibilidades:

- Que la palabra que se recibe sea una palabra de código válido.
- Que la palabra que se recibe no sea un código válido, en cuyo caso hay dos posibilidades:
 - El receptor puede recrear el bloque original a partir de los bits de redundancia (código auto-corrector).
 - El receptor puede pedir que se retransmita el bloque (código de auto-chequeo).

La ventaja de estos códigos está en que los codificadores/decodificadores suelen tener un bajo costo, pues la complejidad de su implementación es reducida.

En los códigos convolutivos, la redundancia añadida para la corrección de errores se distribuye continuamente en el flujo de datos. Si el codificador tiene una alimentación de k bits, y una salida de n bits, entonces el codificador es descrito como un código de relación k/n . De esta manera, un codificador convolutivo opera sobre secuencias continuas de símbolos mensaje.

Los turbo códigos conceptualmente son dos "códigos concatenados" juntos, de modo que uno ayuda a decidir al otro cuáles bits son erróneos; estos turbo

¹⁴ Módems Regulares: Módems utilizados sobre las líneas telefónicas

códigos con menos bits consiguen el mismo nivel de corrección de errores que produciría un código de corrección de errores normal.

La creación de los turbo códigos está formada por dos procesos, el primero denominado Turbo Codificador (TC) y el segundo conocido como Turbo Decodificación (TD). El proceso TC se realiza usando Códigos Convolutivos Recursivos Sistemáticos (CRS) concatenados en paralelo, por medio de intercaladores de bits. El proceso de intercalación de bits juega un rol muy importante en el rendimiento de un TC. Esta característica ha motivado para que algunos investigadores durante la última década hayan investigado varios tipos de intercaladores de bits para mejorar el comportamiento asintótico que ofrecen los turbo códigos.

El proceso Turbo Decodificador se compone de tantos decodificadores constituyentes como códigos CRS tenga el TC y cada uno de ellos calcula una distribución de probabilidad a posteriori (DPAP) a partir de los símbolos demodulados.

1.2.6.2 Métodos ARQ

El objetivo de estos mecanismos es convertir un enlace no seguro en un enlace seguro, y se denominan solicitud de repetición automática (ARQ, *Automatic Repeat Request*); esto se logra mediante el intercambio de los siguientes mensajes:

- *Confirmaciones positivas: (ACK, Acknowledgement)* El receptor envía un mensaje de confirmación por cada mensaje recibido sin errores.
- *Retransmisión por agotamiento del tiempo de espera:* El emisor retransmite los mensajes, cuya recepción no ha sido confirmada después de un tiempo determinado.

- *Confirmación negativa:* (*Negative Acknowledgement* NACK, *Reject* REJ, *Selective Reject* SREJ). Este mensaje es enviado por el receptor cuando al recibir un mensaje, detecta un error en el mismo.

Para asegurar la realización de mecanismos de ARQ, las unidades de datos transmitidos deben ser numeradas con *números de secuencia*, para así poder controlar el orden de las unidades de datos.

Se consideran tres posibilidades: trama recibida correctamente, trama perdida o trama dañada; las variantes más importantes de los mecanismos de ARQ se describen a continuación:

En el método ARQ con parada y espera, la estación fuente transmite una única trama, y entonces debe esperar la recepción de una confirmación positiva ACK. No se envía otra trama hasta que la respuesta de la estación destino vuelva al emisor.

En el método ARQ con repetición N, el emisor envía una serie de tramas numeradas secuencialmente hasta algún valor máximo dado. Al utilizar la técnica para control del flujo mediante ventanas deslizantes, el número de tramas pendientes de confirmar se determina mediante el tamaño de la ventana. Mientras no aparezcan errores, el destino confirmará las tramas recibidas como es habitual. Si la estación destino detecta un error en una trama, enviará una confirmación negativa REJ para esa trama. La estación destino descartará esa trama, y todas las que se reciban en el futuro, hasta que la trama errónea se reciba correctamente. Por tanto, cuando la estación fuente reciba un REJ, deberá retransmitir la trama errónea, más todas las tramas posteriores que hayan sido transmitidas entre tanto.

En el método ARQ con rechazo selectivo, el emisor retransmite solamente los mensajes para los que se recibe una confirmación negativa SREJ, o los mensajes cuyo temporizador ha expirado.

Algunas complicaciones que se presentan con ARQ con rechazo selectivo son la mayor lógica necesaria en el transmisor y receptor para transmitir mensajes en desorden, un mayor requerimiento de los *buffers* de transmisión y recepción para almacenar las unidades de datos hasta que todas aquellas con menor número de secuencia lleguen correctamente, por último, el tamaño de la ventana se ve disminuido para evitar ambigüedades a 2^{n-1} , siendo n el número de bits utilizados para identificar el número de secuencia [9].

1.2.6.3 Mecanismo de *Interleaving*

Es el proceso que ordena los símbolos en una forma diferente antes de transmitirlos sobre el medio físico. Este mecanismo se utiliza para reducir el comportamiento tipo ráfaga de los errores en el canal de transmisión.

En un sistema digital si los errores ocurren sobre varios bits consecutivos, entonces se denominan errores tipo ráfaga. Cuando ocurre un error tipo ráfaga durante la transmisión de datos, y los símbolos son *de-interleaved*, aquellos erróneos serán dispersos sobre varias palabras código, como se indica en la Figura 1-22.

La aplicación del mecanismo de *interleaving* está limitada por el retardo añadido, pues en el lado del receptor, se debe esperar a que arriben todas las palabras código combinadas. Este retardo es crítico en aplicaciones de tiempo real.

Otra limitación de los *interleavers* es que están diseñados para proveer una profundidad específica, siendo la profundidad el número de bits errados contiguos que pueden ser corregidos; podrá trabajar eficientemente solamente si cada ráfaga de errores no excede la profundidad aceptada por este mecanismo. En la práctica, la longitud de la mayoría de las ráfagas de error es aleatoria, y su longitud promedio puede ser dependiente del tiempo o incluso desconocida, Por ello, hacer un diseño óptimo de estrategias de *interleaving* resulta una tarea difícil.

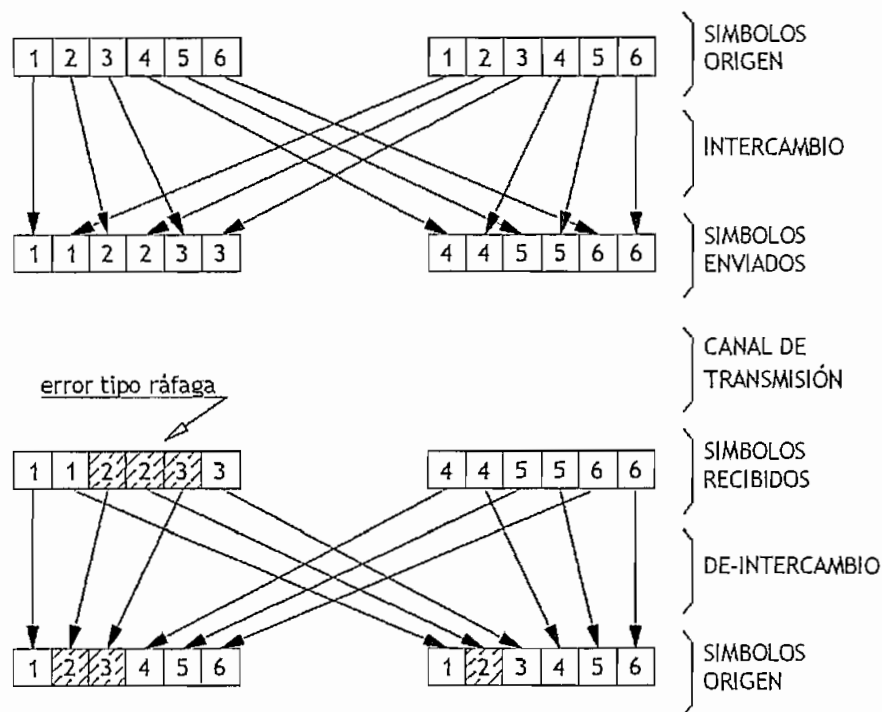


Figura 1-22: Operación de una estrategia simple de interleaving^[1]

1.3 LIMITACIONES TÉCNICAS DE LA TECNOLOGÍA *BROADBAND PLC* [1] [2] [4] [5]

Existen varios parámetros que limitan la utilización de la tecnología *Broadband Power Line Communications*, como el estado actual de la red eléctrica, que las redes de medio y bajo voltaje no fueron diseñadas para las comunicaciones, o que los cables de poder en la red eléctrica se dividen de una manera asimétrica, teniendo muchas conexiones irregulares entre las secciones de la red y clientes. Otro punto desfavorable con respecto a la línea de poder es la diferencia de impedancias en los cables instalados en la red eléctrica, produciendo reflexión de la señal.

Otro problema que tiene la tecnología *Broadband PLC* reside en el número máximo de hogares por transformador. Como las señales de datos de *Broadband PLC* no pueden sobrevivir a su paso por un transformador, sólo se utilizan en la última milla. Si se juntan estos dos factores, se comprueba que es necesario que todos los transformadores vengán dotados de Nodos "X", y cuanto menor es el

número de usuarios por cada transformador, más se elevan las inversiones necesarias.

Otros problemas que presenta el envío de datos a través de la red eléctrica son las interferencias y perturbaciones. De las pruebas realizadas a nivel mundial se comprobó que algunas de las frecuencias no se podían usar porque generaban interferencias en otros servicios preexistentes. Por ejemplo, el uso de determinadas frecuencias en las cercanías de un aeropuerto podía interferir, y de hecho interfería, con las frecuencias de la torre de control, y las de los radares de aproximación. También se puede llegar a interferir con las transmisiones convencionales de radio aficionado, o con algunos servicios de emergencia, existentes en algunos países.

Las perturbaciones que recibiría la red con tecnología *PLC*, se debe a que muy pocos fabricantes de equipos eléctricos/electrónicos se preocupan por evitar interferencias con otros equipos, ya que la legislación al respecto es todavía muy permisiva (de esa manera cualquier electrodoméstico y hasta los computadores conectados en red, y a la red eléctrica generarían interferencias). A esto se suma la construcción de redes de energía internas, muchas veces realizadas por personal no calificado, que no respeta unas normas mínimas, así como la posible radiación del resto de la red sobre la instalación *PLC* hogareña. Todo esto generaría un "ruido eléctrico", que tendría como consecuencia la pérdida de la calidad de las conexiones a Internet.

La atenuación en las redes *Broadband PLC* depende del material, longitud y características de impedancia cambiante en la línea de transmisión. Numerosas pruebas en diversos países han mostrado que la atenuación en las líneas de poder es aceptable en los cables relativamente cortos (aproximadamente 200-300 m), pero no da buenos resultados en cables más largos. Por consiguiente, se espera equipar las redes de *PLC* más largas con repetidores ^[4].

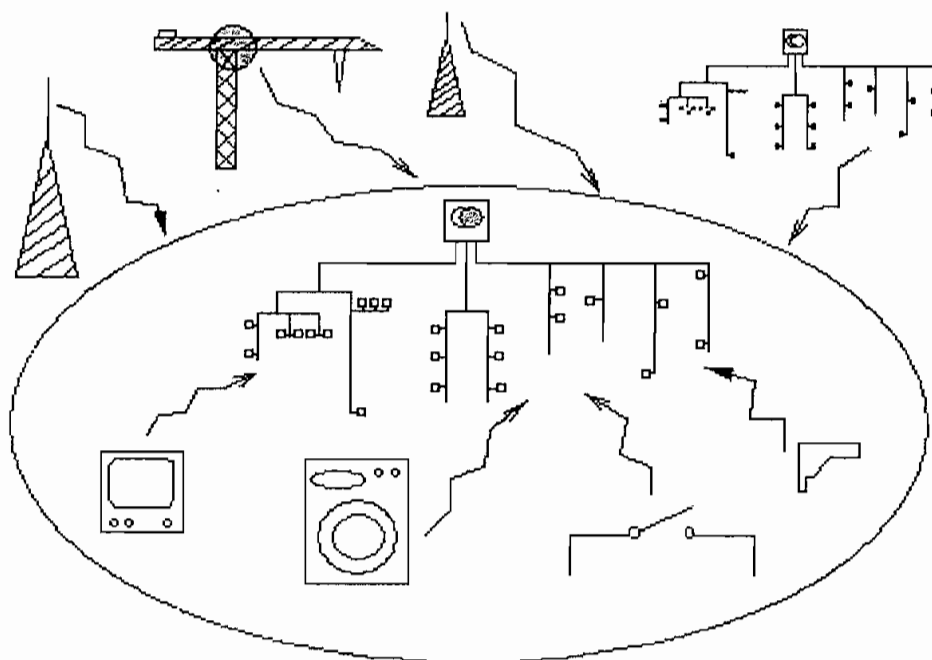


Figura 1-23: Influencia de varias distorsiones en la Red ⁽¹⁾

La compatibilidad electromagnética es una de las grandes limitaciones que tiene la red *Broadband PLC*, por lo que se ha visto conveniente describirlo en una forma más detallada

1.3.1 COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

La tecnología *Broadband PLC* usa la red eléctrica para la transmisión de información. Desde el punto de vista electromagnético, la inyección de señales en la red eléctrica da como resultado la radiación de un campo electromagnético en el ambiente, donde los cables de poder actúan como antenas. Este campo se ve como una perturbación para el ambiente, y por esta razón, su nivel debe ser restringido para cumplir la llamada compatibilidad electromagnética. Si se utilizan rangos de frecuencias mayores a 30 MHz, se puede producir perturbaciones a los servicios que trabajan en este rango de frecuencias, el mismo que está reservado para otros servicios de telecomunicaciones.

El correcto funcionamiento de los dispositivos, equipos, sistemas eléctricos y electrónicos que se encuentran en el hogar, en la oficina, en hospitales, en laboratorios de mediciones, en vehículos de transporte aéreo, marítimo y terrestre, etc., depende en gran medida de la compatibilidad electromagnética (EMC) entre éstos. La manera más eficiente, segura y rentable de lograr la EMC en un país, es cuando se comercializan en él dispositivos, equipos o sistemas cuyo diseño, construcción y fabricación se ha realizado apegándose a las normas internacionales sobre EMC. En la actualidad son cada vez más los gobiernos que se preocupan por tener una estructura completa sobre la cual se sustenten las actividades de normalización y regulación en EMC.

Las normas técnicas internacionales definen a la Compatibilidad Electromagnética (EMC) como "la aptitud de un equipo o sistema para funcionar satisfactoriamente en un ambiente electromagnético, sin introducir perturbaciones intolerables en ese ambiente, o en otros equipos, y soportar las producidas por otros equipos del mismo ambiente de trabajo" [5].

EMC quiere decir compartir el espectro electromagnético en armonía con otros servicios, y tiene que ser visto en dos aspectos:

- Para funcionar satisfactoriamente: significa que el equipo es tolerante a otros. El equipo no es susceptible a señales electromagnéticas (EM) que otro equipo pone en el ambiente. Este aspecto de EMC se llama susceptibilidad electromagnética (SME), o inmunidad electromagnética.
- Sin producir perturbaciones intolerables: significa que el equipo no molesta a otros equipos. La emisión de signos EM no causa problemas de interferencia electromagnética en otro equipo que está presente. Esta conducta de EMC se la conoce como emisión electromagnética (EME).

El concepto de susceptibilidad es complementario a otro concepto de EMC que es la inmunidad. Las dos condiciones tienen significados bastante diferentes. La susceptibilidad es una característica fundamental de un equipo, por medio de la

cual se puede encontrar un ambiente electromagnético que afectará ese equipo adversamente. La inmunidad, por otro lado, indica hasta qué punto el ambiente puede ser afectado por la emisión electromagnética, antes de que el equipo sea afectado.

Cualquier emisión electromagnética, natural o generada por el hombre, es potencialmente una perturbación para cualquier otro dispositivo susceptible en el entorno. Ésta podría poner a los equipos fuera de operación, o en muchos casos, causar un problema mayor, por ejemplo un mal funcionamiento no percibido por el usuario. Las fuentes de emisiones electromagnéticas típicas incluyen por ejemplo: radiotransmisores, líneas de alta tensión, circuitos electrónicos, motores eléctricos, sistemas de radar, descargas eléctricas, entre otras.

El ruido electromagnético se propaga por conducción y por radiación, por consiguiente, la emisión puede tener consecuencias, tanto dentro como fuera del sistema. Por este motivo, se diferencia lo que es emisión electromagnética radiada y conducida. Una distinción similar puede hacerse para la susceptibilidad, dónde la compatibilidad del sistema interno se logra por la susceptibilidad conducida (CS), y la tolerancia del sistema interno se comprende a través de la susceptibilidad radiada (RS), como se presenta en Figura 1-24.

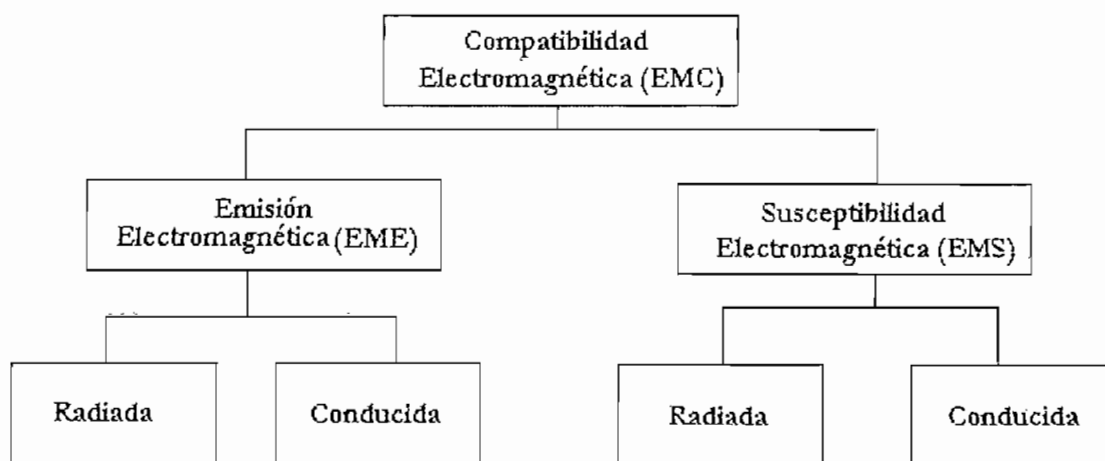


Figura 1-24: Diferentes Áreas de la Compatibilidad Electromagnética ^[1]

El problema de EMC puede planearse básicamente en tres partes:

- Una fuente de un fenómeno de EM, emitiendo energía.

- Una víctima susceptible a ésta energía, que no puede funcionar debido al fenómeno de EM
- Un camino entre la fuente y la víctima, llamado forma de acople, que permite a la fuente interferir con la víctima.

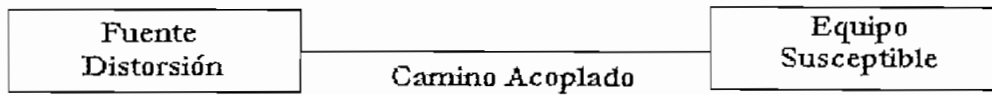


Figura 1-25: Modelo Básico del problema EMC ^[1]

Las perturbaciones electromagnéticas de un dispositivo eléctrico no son fáciles de describir, especificar y analizar, pero hay algunos métodos generales para clasificarlas en base a algunas de las características de las señales que producen interferencia. Un primer método de clasificar las perturbaciones de EM está basado en los métodos de acoplar la energía electromagnética de una fuente a un receptor, este acoplamiento puede estar en una de cuatro categorías:

- dirigido (la corriente eléctrica),
- acople inductivo (el campo magnético),
- acople capacitivo (el campo eléctrico), y
- radiado (el campo electromagnético)

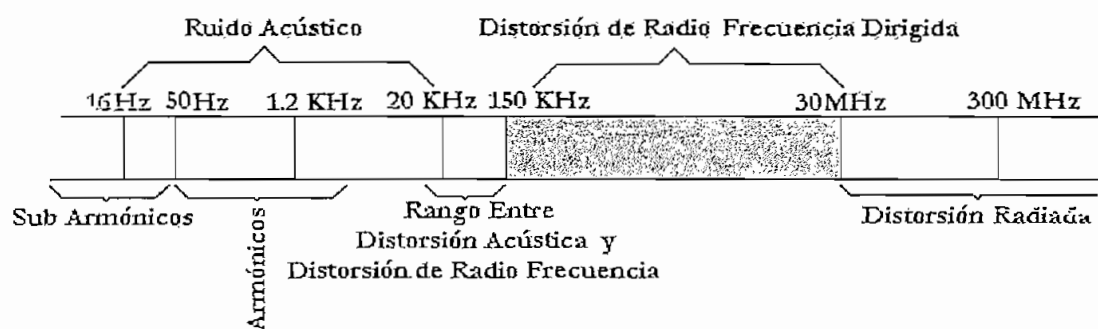


Figura 1-26: Clasificación de las distorsiones de EMC acorde a la ocupación del Espectro ^[1].

Las formas de acoplamiento usan a menudo una combinación muy compleja de estas categorías, que hacen al mismo difícil de identificar, aun cuando la fuente y el receptor son bien conocidos. La interferencia también puede radiarse del equipo por varios caminos diferentes, dependiendo de la frecuencia de esa interferencia. Generalmente, la transición entre las emisiones radiadas y dirigidas, se asume que está alrededor de 30 MHz, donde las emisiones dirigidas dominan debajo de este valor y las emisiones radiadas sobre él, como se muestra en la .

Otra vía para clasificar a las distorsiones producidas por las señales electromagnéticas (EM) es en base a tres parámetros: la duración, la velocidad de repetición y ciclo de servicio. Las distorsiones pueden ser de corta o larga duración. Las distorsiones electromagnéticas de corta duración pueden ser clasificadas en tres clases:

- *Ruido*, el cual es la alteración más permanente de la curva de voltaje. Éste tiene características periódicas, y la tasa de repetición es alta en las frecuencias principales. El ruido generalmente es creado por motores eléctricos, soldadoras y otros equipos. La amplitud del mismo generalmente es menor a la amplitud máxima del nivel de voltaje principal.
- *Impulsos*, el ruido tienen tanto impulsos positivos como negativos que se imponen a los niveles de voltaje; éstos se caracterizan porque son de corta duración, tienen gran amplitud, se presentan de forma muy rápida, y pueden aparecer, tanto en forma sincrónica, como en forma asincrónica en las principales frecuencias. Los dispositivos típicos que producen impulsos son los conmutadores, controladores de retardo y rectificadores.
- *Transientes*, cuyo período de tiempo puede variar, de pocos períodos de frecuencia industrial (60 Hz), hasta pocos segundos. En el caso más común los transientes son generados por conmutadores de alta potencia.

1.3.2 RUIDO

El ruido total en el canal de comunicación *Broadband PLC* se puede especificar como la superposición de cinco tipos de ruido principales, distinguidos por su origen, duración, ocupación del espectro e intensidad; esta representación se indica en la Figura 1-27.

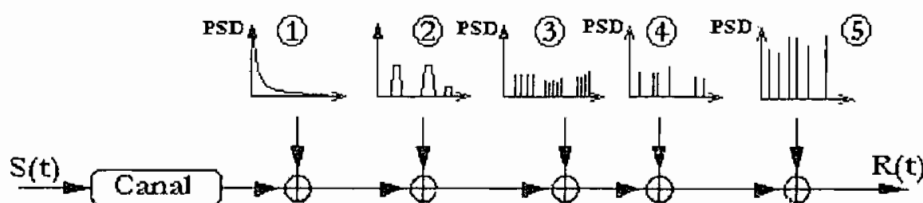


Figura 1-27: Tipos de Ruido aditivos en ambientes PLC ^[1]

- *Ruido Coloreado (tipo 1)*: Su densidad espectral de potencia es relativamente baja y disminuye cuando se aumenta la frecuencia. Este tipo de ruido es causado por una superposición de numerosas fuentes de ruido de más baja intensidad. Contrariamente al ruido blanco, que es un ruido aleatorio que tiene una densidad espectral continua y uniforme y es sustancialmente independiente de la frecuencia en un rango de frecuencia específico, el ruido coloreado muestra una fuerte dependencia en la frecuencia considerada. Los parámetros de este ruido varían con el tiempo en términos de minutos y horas
- *Ruido de la banda estrecha (tipo 2)*: La mayoría del tiempo tiene una forma sinusoidal, con sus amplitudes moduladas. Este tipo de ruido ocupa varias sub bandas que son relativamente pequeñas y continuas sobre el espectro de frecuencia. Es causado por el ingreso de estaciones de difusión en el medio, y en bandas de onda corta. Su amplitud generalmente varía durante el día, en la noche la amplitud es más alta debido a que, en este periodo las propiedades de reflexión de la atmósfera tienen mayor influencia.
- *El ruido impulsivo periódico, asíncrono a la frecuencia principal (tipo 3)*: Con una forma del impulso que normalmente tiene un ritmo de repetición entre 50 y

200 kHz, y se representan en el espectro con líneas discretas cuya frecuencia varía según la tasa de repetición. Este tipo de ruido es principalmente causado por los cambios en las redes de alimentación de energía. Debido a su tasa de repetición, este ruido ocupa frecuencias cercanas a las utilizadas por *Broadband PLC*, y constituye un conjunto de frecuencias que normalmente se aproximan a las de banda angosta.

- *El ruido impulsivo periódico, sincrónico a la frecuencia principal (tipo 4)*: Este tipo de ruido se presenta en forma de impulsos, con una tasa de repetición que puede ser de 50 o 100 Hz, y es sincrónico con la frecuencia de la línea de poder principal. Los impulsos tienen una duración corta, en el orden de los microsegundos, y tienen una densidad espectral de potencia que disminuye con la frecuencia. Este tipo de ruido generalmente se causa por el suministro de poder que opera sincrónicamente con la frecuencia principal, como los convertidores eléctricos conectados a las redes de suministro
- *El ruido impulsivo asíncrono (tipo 5)*: Los impulsos son principalmente causados por la variación de usuarios en la red. Estos impulsos tienen duraciones de algunos microsegundos, a unos milisegundos, con un tiempo de intervalo arbitrario. Su densidad espectral de potencia puede alcanzar los valores de más de 50 dB sobre el nivel del ruido de fondo, haciéndoles la causa principal de ocurrencias de error en la comunicación digital sobre redes *Broadband PLC*.

Los tres primeros tipos de ruido, permanecen normalmente estacionarios sobre varios períodos relativamente más largos, de segundos, minutos y a veces incluso de algunas horas; por consiguiente, todos estos tres pueden resumirse en una clase de ruido, denominado como un ruido de fondo coloreado *Broadband PLC* y se llama "ruido del fondo generalizado", la frecuencia a utilizar y el modelo matemático se encuentran en discusión. Los otros dos tipos de ruidos, al contrario varían con el tiempo en microsegundos y milisegundos y pueden clasificarse en una clase de ruido llamado "ruido impulsivo", debido a sus amplitudes relativamente altas, el ruido de impulso es considerado la causa principal de

ocurrencia de error en la transmisión de datos en altas frecuencias en la red *Broadband PLC*.

1.4 UTILIZACIÓN DE *PLC* EN EL ECUADOR. ^{[20][21][22][23][24][25][26]}

Como las redes de distribución de energía están en manos de compañías eléctricas con un patrimonio significativo y buen acceso a fuentes de financiamiento, las perspectivas de inversión y desarrollo son favorables. Esta tecnología puede tener un significado importante en países o áreas en donde la penetración de la red eléctrica es alta y la penetración de teléfonos es baja.

En el país la adopción de nuevas tecnologías ha sido normalmente lenta, y las tecnologías de telecomunicaciones no han sido la excepción. Por esta razón las tecnologías *NarrowBand PLC* y *Broadband PLC* no han sido consideradas plenamente por las empresas prestadoras de los servicios de distribución de energía eléctrica.

1.4.1 DIFUSIÓN DE *PLC* EN ECUADOR

En el país la mayoría de las empresas de suministro de energía eléctrica han visto (o se han visto obligadas a hacerlo) siempre las redes de alto voltaje como un medio natural para transmitir su información operacional, puesto que ésta conecta todas las estaciones importantes.

Para mantener el correcto funcionamiento de redes de alto voltaje se deben realizar varias tareas entre las cuales figuran operaciones de administración, monitoreo y solución de imprevistos, para lo cual se requieren el intercambio de mensajes entre plantas de energía, estaciones de transformación, equipo de conmutación, y puntos de acople a redes vecinas.

Para realizar estas tareas en el Ecuador las redes eléctricas son utilizadas para transmisión de datos desde 1970, debido a que en esa época no existía cobertura total de las redes telefónicas, inclusive hoy no se puede asegurar la disponibilidad

del acceso telefónico en los distintos puntos de una red de alto voltaje en donde se requiera la transmisión de datos. En este sentido TRANSELECTRIC está actualmente utilizando la tecnología *PLC* para operaciones de telecontrol en algunos puntos importantes de la red de alta tensión.

Después de realizar varias entrevistas al Ing. José Vaca, encargado de la administración de la comunicación entre estaciones de transformación con la tecnología *PLC*, se puede indicar que TRANSELECTRIC utiliza esta tecnología desde hace ya varios años, pero las velocidades alcanzadas son muy bajas (76.8 Kbps) con un ancho de banda de 8 KHz, razón por la cual es utilizada únicamente para realizar el control de forma remota de diferentes aspectos de las estaciones de transformación y generación. Cada estación consta de teléfonos *PLC*; dichos teléfonos tienen un nivel de calidad muy bajo, pero en ese tiempo eran el único medio de comunicación con las estaciones debido a que no había presencia de la red telefónica.

Debido a que *PLC* es una tecnología analógica los cuartos de comunicación ubicados en las estaciones de transformación y generación constan de grandes equipos y filtros para separar la señal *PLC* de la señal eléctrica a 60 Hz. TRANSELECTRIC se encuentra actualmente realizando estudios para pasar de *PLC* analógica a *PLC* digital, dichos estudios se encuentran en fase inicial y el motivo de las mismas es con el afán de mejorar el control de las estaciones de forma remota.

La difusión de *Broadband PLC* en el país ha sido escasa, excepto por el desarrollo de dos proyectos de titulación de la Escuela Politécnica Nacional que cubren la teoría y el diseño de una red local sobre la red de bajo voltaje en zonas alejadas de Quito y varios estudios realizados por la Universidad Técnica Particular de Loja para la utilización de *Broadband PLC* y tecnologías inalámbricas para la provisión de servicios de banda ancha en la ciudad de Loja.

De todas maneras existe la idea de su aplicación, como muestra se tiene publicaciones de prensa desde junio de 2002, que hablan de que las

“Telecomunicaciones y la Electricidad sí se mezclan”, y mencionan la intención de algunas empresas de provisión de energía eléctrica, específicamente de la Empresa Eléctrica Quito S.A., de utilizar *Broadband PLC* para el acceso al Internet y telemedición ^[20].

En la agenda nacional de conectividad del 2002 dentro del programa de infraestructura se plantea que para el año 2003 se debió desarrollar un proyecto piloto para uso de la red eléctrica de acceso a Internet en las zonas rurales y urbano marginales ^[22].

1.4.2 PARTICIPACIÓN DEL ECUADOR EN ESTUDIOS CON RELACIÓN A *BROADBAND PLC* PARA LATINO AMÉRICA

La Organización de los Estados Americanos (OEA) en la VII reunión del Comité Permanente I: Normalización de Telecomunicaciones del 23 de septiembre del 2005, opta por crear una carpeta técnica sobre aspectos económicos del sistema de banda ancha por líneas eléctricas (*Broadband PLC*), en base a que los adelantos tecnológicos y las economías de escala se encuentran en constante cambio en las industrias de Latino América, y que se están llevando a cabo ensayos e introducciones comerciales, lo que tendrá repercusiones en el mercado del *Broadband PLC*; la realización de dicha carpeta fue asignada a la comisión de los Estados Unidos, la cual debe publicar los resultados en la página Web de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) una vez terminado el trabajo ^{[21][26]}.

La Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información Túnez 2005 (de la cual Ecuador fue participante), como parte de las “Políticas públicas para el desarrollo de sociedades de información en América Latina y el Caribe” establece la necesidad de desarrollar conceptos de conectividad de acuerdo a la idiosincrasia de cada país.

En esta cumbre se estableció, entre otras, la necesidad de disminuir los costos de acceso y aumentar la difusión de nuevas tecnologías, realizar adecuaciones en

los marcos regulatorios para fomentar la convergencia de los servicios de telefonía, televisión, Internet sobre redes eléctricas y redes inalámbricas ^[27].

La Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional de América del Sur (IIRSA) tiene por objetivo mejorar la infraestructura física en doce países de América del Sur para promover el comercio, la competitividad y el desarrollo económico de la región. Los tres componentes principales de la iniciativa son: el transporte, la energía y las telecomunicaciones.

Conscientes del potencial y de los retos que la utilización de las TICs suponen, en la Iniciativa IIRSA se desarrolló un estudio titulado "Tecnologías de información y comunicaciones al servicio de la competitividad y la Integración suramericana" con el objetivo de producir un Plan de Acción para promover un mayor uso de las tecnologías de la información y comunicaciones en América del Sur

En lo referente a la tecnología *Broadband PLC* se establece que el desarrollo de la infraestructura del sector choca con diferentes barreras de tipo legal, regulatorio, administrativo e institucional que obstaculizan el avance y el progreso de la competencia y el desarrollo de las telecomunicaciones. Destacándose un marco regulatorio inestable, la falta de claridad en las responsabilidades institucionales; y mecanismos de consulta insuficientes ^[28].

El Plan de Acción de IIRSA comprende 9 proyectos y 5 estudios, de los cuales el proyecto 9 comprende entre varias opciones de estudio a la tecnología *Broadband PLC*.

El proyecto 9 "Desarrollo tecnológico para conectar comunidades remotas. Experimentación y desarrollo de soluciones tecnológicas de impacto con potencial de aplicación regional; en principio *PLC* y *WiFi*" está planeado para ser realizado en un lapso de 3 años con un costo de inversión de \$1'000,000 ^[28].

Dicho proyecto se crea al considerar que el desarrollo de tecnologías modernas en Sudamérica es importante como una forma de ampliar la competencia en el

sector de telecomunicaciones y expandir la conectividad rural a bajo costo. Sin embargo, la experimentación y el desarrollo comercial de estas tecnologías son esfuerzos débiles en la región, en parte por los exiguos mercados y por falta de disponibilidad de capital de riesgo

1.5 DIFUSIÓN INTERNACIONAL DE *BROADBAND PLC*. ^{[13][14][15][16]}

1.5.1 ESTANDARIZACIÓN DE *BROADBAND PLC*

Pese a la ausencia de estándares vigentes, en los últimos años la tecnología *PLC* ocupa la actividad de diversos grupos de trabajos en organismos como ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), que en 1999 aprobó la creación de un proyecto llamado EP PLT (*European Project Powerline Telecommunications*) con el objetivo fundamental de desarrollar estándares y especificaciones de alta calidad para proporcionar servicios de voz y datos a los usuarios finales a través de las redes eléctricas.

Es importante destacar que la normalización hacia la que se tiende en Europa pasa por contemplar desde el comienzo las dos vertientes de la tecnología *PLC*: acceso a Internet (*outdoor*), que es lo que se viene llamando Internet eléctrica, y solución interior o LAN (*indoor*). Para que estas dos vertientes puedan coexistir se divide el espectro *PLC* en dos rangos de frecuencias: el primero de ellos comprende desde los 3 hasta los 12 MHz y se asigna a las aplicaciones *indoor*, mientras el rango espectral comprendido entre 13 y 30 MHz se dedica al acceso.

PLC Forum es una asociación internacional que representa los intereses de fabricantes y otros organismos activos en el campo de *PLC* en todas sus vertientes. Fue creado a comienzos del 2000 y desde entonces el número de miembros e invitados permanentes asciende a más de 50. A través de grupos de trabajo y la celebración de asambleas, se han realizado varios avances en la creación de un marco normativo y regulatorio para *PLC*.

Estados Unidos está realizando un Standard de facto llamado *HomePlug*, y es promovido por la *HomePlug Powerline Alliance*, organización compuesta por un grupo numeroso de empresas en su mayoría estadounidenses que han adquirido el compromiso de crear especificaciones que promuevan y aceleren la demanda de esta tecnología. El espectro de trabajo de las especificaciones *HomePlug* está comprendido entre los 4,3 y los 20,9 MHz, con técnica de modulación OFDM, y capacidad de transmisión situada en el entorno de los 14 Mbps. El enfoque completamente *indoor* que ha estado siguiendo no contempla la separación de bandas de frecuencia, lo que aleja a *HomePlug* de la tendencia normativa que actualmente se promueve en Europa.

En general las compañías eléctricas Europeas solicitan de la Comisión Europea apoyo para garantizar que esta tecnología sea tratada de forma equitativa junto con otras de banda ancha y que se establezca una regulación favorable y estable para que los inversionistas se sientan seguros. Afirman que la tecnología *PLC* ha sufrido un proceso de evolución en los últimos dos años que ha propiciado su madurez, y se encuentra lista para ser comercializada. Proporcionar un servicio amplio con esta red supondría una inversión significativa pero moderada con respecto a otras tecnologías.

La regulación del espectro de trabajo ayudaría a superar algunos problemas con los que la tecnología *PLC* ha de enfrentarse habitualmente. Entre ellos destaca la polémica suscitada por la generación de interferencias en otros servicios: por ejemplo, en España, según el CNAF (Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias), cuya versión actual fue aprobada por orden ministerial CTE/2082/2003, las frecuencias habituales de trabajo del *PLC* coinciden con aquella parte del espectro asignado a otros servicios de radiocomunicación y radiodifusión, como son los Servicios de Emergencias, Protección Civil, Radioaficionados, comunicaciones aeronáuticas y marítimas, etc.

1.5.2 DESARROLLO DE *BROADBAND PLC* EN EL MUNDO

Según algunos usuarios de *Broadband PLC* los cables eléctricos de los edificios no están debidamente aislados para transportar señales de datos, y actúan como elementos radiantes emitiendo señales que causan interferencias. Argumentando que en otros países del mundo como Estados Unidos o Japón las autoridades regulatorias han mostrado en algún momento reservas a la hora de permitir la expansión generalizada de esta tecnología, ante el potencial impacto negativo que las interferencias que eventualmente se generen puedan producir en otros servicios.

Sin embargo, en ambos casos se están dando pasos hacia la adopción de la tecnología *Broadband PLC*. Así, por ejemplo, si bien es cierto que la regulación en Japón recogía por ley la prohibición de hacer cualquier prueba radioeléctrica, desde hace 4 años sufre un proceso de aperturismo, llevado a la práctica en *trials outdoor* en entornos controlados con buenos resultados, que están llevando al regulador japonés, adscrito al MPMHAPT (*Ministry of Public Management, Home Affairs, Posts and Telecommunications*) a autorizar la proliferación de dichas pruebas.

En el caso de EEUU, el mercado *PLC outdoor* (también llamado allí *BPL*, *Broadband Power Line*) muestra un desarrollo embrionario, pero no sería justo imputar este hecho a la verificación de las interferencias generadas por esta tecnología. Una razón más verosímil tiene que ver con la viabilidad del negocio: el modelo de distribución eléctrico americano, con escaso número de usuarios por centro de transformación de media a baja tensión, no es favorable al despliegue *outdoor*, sino al *indoor*, el cual goza de buena salud, promovido por la *HomePlug PowerLine Alliance*. No obstante, las compañías eléctricas tienen autorización para suministrar servicios *PLC outdoor* (incluso *HomePlug* anuncia la creación de un estándar *outdoor*), y se puede decir que actualmente EEUU se encuentra en una fase de desarrollo inicial, similar a la que existe en España. Este desarrollo del *PLC outdoor* cuenta con la oposición de algunos organismos, como la FEMA

(*Federal Emergency Management Agency*), lo que ha llevado a la FCC (*Federal Communications Commission*), a ser cautelosa en la regulación del *PLC*.

Para el presente año (2006) las perspectivas de las comunicaciones que utilizan la línea eléctrica no están totalmente clarificadas. Así, algunos fabricantes como Siemens o Nortel, que en un principio apostaron por la tecnología *PLC*, finalmente abandonaron su actividad en este sector. Sin embargo, otras compañías como *Ascom*, *Enikia*, *Intellon*, *M@in.net* o *DS2*, han continuado trabajando en esta tecnología y han conseguido importantes logros gracias a la utilización de modulación digital OFDM.

La compañía alemana RWE se ha basado en la norma NB30 para ofrecer el primer servicio *PLC* comercial. A lo largo de todo el mundo otras compañías, como las españolas Endesa, Iberdrola ya se encuentran dando servicio *Broadband PLC* en ciertas ciudades donde las pruebas piloto son favorables.

A continuación se presenta datos de estudios realizados en algunas ciudades de Europa y América, indicando las empresas que se encuentran trabajando en estas pruebas y las compañías que han ayudado al desarrollo de *BPLC* en estas ciudades.

1.5.2.1 Situación de *Broadband PLC* en Estados Unidos

En Estados Unidos se han realizando varias pruebas en diferentes ciudades, en la Tabla 1-1 se presenta un cuadro en donde se puede observar la ciudad, la empresa que realizó las pruebas y la marca que se está utilizando.

De las pruebas realizadas en Estados Unidos se han instalado este servicio a pocos usuarios como se muestra en la Tabla 1-2.

Estado/ Provincia	Ciudad	Portador	Fabricante
Alabama	Cullman	Southern Telecom	Main.net Amperion
Idaho	Boise	Idacomm	Amperion
Iowa	Cedar Rapids	Alliant Energy	Amperion
Missouri	Cape Girardeau	BigRiver Telephone Company	Ameren
New York	Briarcliff Manor		Ambient
New York	Penn Yan		Amperion
North Carolina	Charlotte	Progress Energy	Amperion
North Carolina	Raleigh	Progress Energy	Amperion
Ohio	Cincinnati	Cinergy Corp	Current Technologies
Pennsylvania	Bethlehem (Hanover Township)	PPL	Amperion
Pennsylvania	Emmaus	PPL	Main.net
Pennsylvania	Whitehall	PPL	Amperion
Pennsylvania	Upper Macungie	PPL	
Virginia	Manassas		Main.net
Virginia		Central Virginia Electric Cooperative	Amperion

Tabla 1-1: Pruebas de *Broadband PLC* en los Estados Unidos^[11].

Estado	Proveedor	Casas Instaladas	Usuarios al año 2005
Alabama	Cullman Electric	n.a.	n.a.
Georgia	Southern Company	1200	250
Idaho	Idacomm	1000	1000
Maryland	Pepco	n.a.	n.a.
Missouri	Ameren	500	70
New York	Consolidated Edison	n.a.	n.a.
North Carolina	Progress Energy	n.a.	500
Ohio	Cinergy	55000	1000
	American Electric Power	n.a.	100
Pennsylvania	EdP	3000	300
Virginia	City of Manassas	2000	n.a.

Tabla 1-2: Ciudades de los Estados Unidos con *Broadband PLC*⁽¹⁾.

Con el afán de mejorar los ingresos de *Broadband PLC* y fomentar el desarrollo de esta tecnología, se ha creado la empresa Amperion la cual ~~trabaja en el~~ desarrollo e investigación de tecnologías *Broadband PLC*, esta empresa consta con el apoyo financiero de Cisco que mira a *Broadband PLC* como una tecnología de acceso con altos niveles de crecimiento. Esta *startup* de Massachussets orienta sus actividades al diseño, desarrollo y venta de productos de hardware y software que posibiliten la transferencia de datos a alta velocidad, sobre las líneas del tendido eléctrico.

Junto a Cisco, otras compañías, como *American Electric Power* y *Readleaf Group*, ayudan a Amperion propiciándole servicios y capital. El monto de estas inversiones aún no ha sido revelado por las empresas involucradas.

Amperion centralizará su negocio en torno a las denominadas *Broadband PLC*, para posibilitar la transmisión de datos a alta velocidad en las líneas de tendido

eléctrico de medio voltaje, un servicio dirigido principalmente a los usuarios de los entornos domésticos y corporativos.

La compañía espera que sus productos permitan la utilización de las actuales líneas de tendido eléctrico para la transmisión de datos y acceso a banda ancha, con la intención de expandir el mercado a nuevos entornos competitivos. Entre los potenciales clientes de Amperion se encuentran las empresas de telecomunicaciones y otros proveedores de servicios del sector

1.5.2.2 Situación de *Broadband PLC* en Europa

La apatía de los consumidores, la elevada competencia y diversos problemas de índole técnica han llevado al fracaso numerosas iniciativas *PLC* de diversas empresas dedicadas tradicionalmente al suministro eléctrico.

Entre 2000 y 2002, diversas empresas europeas han llevado a cabo tentativas para suministrar productos y servicios más relacionados con las telecomunicaciones que con la energía. Sin embargo, la mayoría han fracasado. Una de las alternativas estratégicas seguidas por estas empresas ha sido congelar su expansión, otras han vendido su negocio de telecomunicaciones. Por ejemplo, la alemana RWE está ahora exclusivamente enfocada en la provisión de energía, tras algunos intentos de desarrollar servicios digitales para el hogar basándose en su iniciativa *PLC* de banda ancha. En cuanto a la compañía sueca *Birka Energi*, ha abandonado su marca residencial, *HemEl*, una vez fracasado su intento de vender paquetes de productos en el mercado doméstico.

Una de las razones para el fracaso de estas compañías radica en querer competir contra compañías ya muy consolidadas en el mercado como suministradores de servicios de acceso únicamente recurriendo al precio. Algo que, unido a la apatía de un mercado ya bombardeado con múltiples ofertas, ha contribuido a que, frente a las marcas ya establecidas, las propuestas de las compañías eléctricas hayan pasado prácticamente desapercibidas

La situación es diferente en España debido a la regulación española y de que la banda ancha aún no estaba generalizada al lanzar su oferta de acceso por la red eléctrica basada en tecnología *PLC*.

Iberota es la primera empresa en ofrecer Internet en España en la ciudad de Madrid con la tecnología *Broadband PLC*, con un costo de 39 euros mensuales, la compañía ofrece acceso simétrico a 600 Kbps, y por 24 euros, también mensuales, a 100 kbps. Inicialmente, el servicio estaba disponible en algunos barrios madrileños, y se fue extendiendo posteriormente a zonas de la Comunidad Valenciana, y a otros lugares donde Iberdrola suministra servicios de electricidad, siempre en función de la demanda.

Endesa actualmente se encuentra suministrando acceso a Internet por medio de *Broadband PLC*, sus comienzos fue en Zaragoza, donde realizó durante varios meses una prueba piloto con 2.100 usuarios. Inicialmente el servicio cubre unos 20.000 hogares zaragozanos de los barrios de Jota, Delicias y Avenida de Navarra. Los planes posteriores de Endesa prevén el lanzamiento del servicio en Barcelona en el mes de enero.

El servicio *Broadband PLC* de Endesa ofrece conexiones a 128, 300, ó 600 Kbps y telefonía fija. La opción que más promociona la compañía es conexión a 600 Kbps y telefonía IP a 39 euros mensuales.

Una de los desarrollos más importantes de *Broadband PLC* en el mundo lo está llevando a cabo el *Open PLC European Research Alliance* (OPERA), inicialmente formado por 36 organizaciones europeas, con un financiamiento inicial de 20M€ para realizar diferentes estudios y a partir de ellos lograr un estándar abierto en Europa, al momento se tiene como resultado el borrador de dicho estándar.

Los objetivos principales de planteados en el proyecto de OPERA se centran en:

- El mejoramiento de las comunicaciones con *Broadband PLC* en media y baja tensión, a través del desarrollo tecnológico.

- El desarrollo de soluciones óptimas para la conexión de las redes de acceso *Broadband PLC* a las redes de *backbone*, para llegar al usuario independientemente de su ubicación.
- Desarrollar servicios sobre la tecnología *Broadband PLC* listos para ser comercializados, y el diseño de terminales de usuario económicas.

1.6 COMPARACIÓN DE LA TECNOLOGÍA *BROADBAND PLC* CON TECNOLOGÍAS DE ÚLTIMA MILLA DE BANDA ANCHA PARA ACCESO AL INTERNET ^[1] ^[9] ^[10] ^[11] ^[12]

La implementación de redes de acceso que puedan brindar diversos servicios de telecomunicaciones depende fuertemente de la rentabilidad de la inversión, ésta rentabilidad está basada en la correcta elección de tecnologías de comunicaciones, así como de técnicas de mantenimiento e instalación de bajo costo.

A continuación se presenta una descripción de algunas tecnologías de red de acceso de importancia para el país.

1.6.1 DATOS SOBRE LÍNEAS DE VOZ

La red telefónica pública conmutada (PSTN) es una de las redes de comunicaciones más difundida, y posiblemente, con mayor penetración en el país.

Otro medio de comunicación utilizado en los últimos años por parte de los usuarios para el acceso al Internet es la línea celular, debido a la penetración de los servicios celulares en el país, este mercado crece cada día más llegando a ser en un futuro muy posible el medio de comunicación más utilizado para la navegación en la Internet.

La red telefónica pública conmutada fue concebida para transmitir tráfico de voz, por ello se limita el ancho de banda al rango entre 300 Hz y los 3400 Hz, para así

disminuir las interferencias de señales de alta frecuencia y disminuir el ancho de banda necesario para transmitir varios canales de voz entre las centrales telefónicas.

Los circuitos de voz pueden transportar datos con velocidades de hasta los 56 kbps, debido a que los módems de usuarios son fabricados bajo especificaciones de la ITU como V90 o V92.

Estas líneas de baja velocidad han sido utilizadas extensamente para proveer de conexión a varios lugares, que de otra manera no se hubiesen alcanzado.

Tienen una cobertura relativamente grande en los sectores urbanos, dada por la infraestructura de las compañías telefónicas.

Su principal limitación está dada por el ancho de banda de 4 KHz y por la calidad de las líneas telefónicas.

1.6.1.1 Ventajas principales

Las redes de las compañías telefónicas cubren la mayoría de ubicaciones de las zonas urbanas del país.

El mantenimiento e instalación de las líneas telefónicas es responsabilidad de la empresa de telefonía, disminuyendo notablemente los costos de mantenimiento e instalación de la red.

Cada línea es dedicada a un usuario, no es un medio compartido, lo cual se convierte en una ventaja desde el punto de vista de la seguridad. De todas maneras, es relativamente sencillo interferir el canal de comunicación.

1.6.1.2 Desventajas principales

La fiabilidad y la disponibilidad de estas líneas están fuera del control de los usuarios, y del proveedor de servicios de Internet.

No se puede realizar llamadas telefónicas mientras se está conectado con el ISP.

Las velocidades de transmisión que se pueden ofrecer con esta tecnología son relativamente bajas, por el limitado ancho de banda, y la baja calidad de las líneas de transmisión.

El costo de instalación de abonados que no cuentan con el servicio telefónico, y están lejos de un punto de distribución, es grande.

En algunos lugares no se cuenta con líneas disponibles, o el tiempo de espera para la asignación de líneas es grande.

1.6.2 MODEMS DE CABLE - DOCSIS

Los módems de cable pueden operar a velocidades más altas que los módems regulares², puesto que éstos están conectados mediante un cable coaxial, en lugar de un par trenzado de cobre. Los cables coaxiales utilizados en las redes de televisión por cable tienen un ancho de banda de 735 MHz, más alto que aquel de los pares de cobre.

En América del Norte los módems de cable cumplen con las especificaciones del proyecto *Cable Módem* de CableLabs, conocido también como *Data Over Cable Service Interface Specification* (DOCSIS), el cual define los requerimientos de la interfaz para éstos en ambientes con alta velocidad de transmisión sobre redes de

televisión por cable. Este estándar ha sido lanzado como ITU-T J.112³. En Europa tanto J.112 y EuroModem⁴ son utilizados

Un factor importante que facilita y motiva la tecnología DOCSIS es la inclusión de redes mixtas de fibra óptica y cable coaxial, así se crea la arquitectura *Híbrida Fibra Coax* (HFC) que usa fibra óptica para transportar voz, video y datos desde las oficinas centrales del proveedor de servicios, a un nodo óptico que sirve a un barrio. En el nodo óptico se convierten las señales ópticas a señales eléctricas para ser transmitidas por un cable coaxial que realiza la acometida hasta el usuario. En el lado del usuario se instala una unidad de servicio que separa las señales de voz, video y datos.

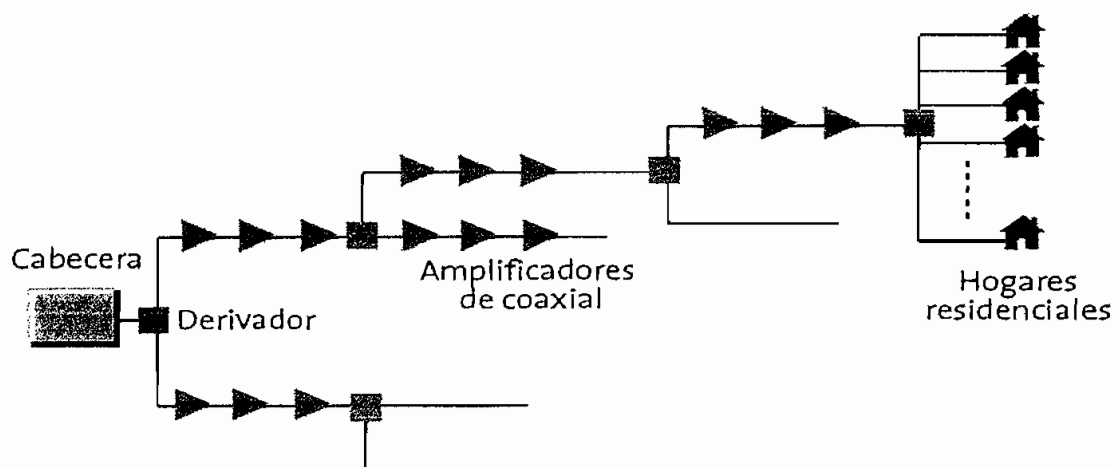


Figura 1-28: Esquema general de una red de televisión por cable ^[11].

La capacidad de esta tecnología depende del diseño del sistema; la velocidad en los segmentos de fibra está limitada por los equipos terminales. Los segmentos de cable coaxial están limitados por la necesidad de soportar tráfico de televisión, voz y datos. El ancho de banda utilizable suele ser dividido en un segmento para *downlink* (51-735 MHz) y otro para *uplink* (5-50 MHz).

³ UIT-T- J.112, "Sistemas de transmisión para servicios interactivos de televisión por cable".

⁴ EuroModem: Estándar competidor de DOCSIS

La cobertura de esta tecnología está dada por aquella que ofrecen las empresas que proveen el servicio de televisión por cable.

1.6.2.1 Ventajas principales

La cobertura aprovecha la existencia de las redes de televisión por cable disminuyendo la nueva infraestructura requerida.

No causa interferencias con otros servicios, y aquellas recibidas no son significativas, por la naturaleza del medio de transmisión.

La confiabilidad es muy alta, pues es un sistema cableado, sin embargo esto depende de que tan bien mantenga la red el proveedor del servicio.

1.6.2.2 Desventajas principales

El segmento de *uplink* (5-50 MHz) es usualmente ruidoso, limitando la velocidad de transmisión en este sentido.

Los proveedores de servicio usualmente no hacen el canal de *uplink* robusto por el poco uso que éste recibe.

El segmento de cable coaxial es un medio compartido, y por tanto puede ser interferido fácilmente.

El costo de instalación para usuarios que no están cerca de un punto de conexión de la red de televisión por cable puede ser muy alto, por la necesidad de extensión del cableado (el costo del cable coaxial es alto).

1.6.3 TECNOLOGÍAS XDSL

Esta tecnología posibilita el acceso de banda ancha a Internet, con conexión permanente y sin perder la opción de utilizar simultáneamente la línea de voz.

Las soluciones existentes se basan en la utilización de todo el ancho de banda disponible en el par de cobre, dividiéndolo en canales, para permitir su uso de forma simétrica ó asimétrica.

Esta tecnología permite manejar voz y datos de forma separada, llevando la voz por su camino tradicional (la red de conmutación de circuitos), y los datos por una red específica de conmutación de paquetes.

Para separar la señal de voz de la señal de datos, se requiere la instalación de *splitters*⁵ en el lado del usuario y en el lado del proveedor de servicio, para ello se requiere la presencia de personal técnico calificado para la instalación en el lado del usuario.

Acrónimo	Nombre	Velocidad de transmisión	Modo	Distancia Máxima [Km]	Número de pares requeridos
HDSL	High-data-rate DSL	1,544 Mbps	Duplex	4	dos, tres
		2,048 Mbps			
SDSL	Single-line DSL	1,544 Mbps	Duplex	3	uno
		2,048 Mbps			
ADSL	Asymetric DSL	1,5 a 6,144 Mbps	Downlink	4 a 6	uno
		16 a 640 kbps	Uplink		
RADSL	Rate-adaptive DSL	Adaptivo a velocidades de ADSL	Downlink	4 a 6	uno
			Uplink		
VDSL	Very-high-data-rate DSL	13 a 52 Mbps	Downlink	0,3 a 1,5	uno
		1,5 a 2,3 Mbps	Uplink		
G.Lite	Universal ADSL	1,5 Mbps	Downlink	6	uno
		512 kbps	Uplink		

Tabla 1-3: Resumen de las características de los sistemas xDSL [11][12].

⁵ El *splitter* es un filtro que, instalado en el punto de terminación de red, permite la concentración de la señal de voz y de la señal de datos.

En esta tecnología, tiene una importancia particularmente grande la precualificación de líneas xDSL, para determinar el estado del par de cobre telefónico, y de si éste puede ofrecer el servicio satisfactoriamente.

Las velocidades posibles dependen de la distancia, sección del conductor, estado del par de cobre telefónico, y del sistema de la familia xDSL escogida.

ADSL es la tecnología xDSL más difundida, y es utilizada para conectar usuarios residenciales y comerciales a la Internet. Transmite dos flujos de datos separados, con mucho más ancho de banda dedicado a *downstream* que a *upstream*.

HDSL es un sistema de transmisión simétrico bidireccional. Puede utilizar uno, dos o tres pares telefónicos para la transmisión de datos.

SDSL es una versión de HDSL que utiliza una línea de voz, transmitiendo señales T1/E1 sobre un único par de cobre. Sin embargo SDSL no alcanza distancias mayores a 3 Km (a esta distancia ADSL bordea los 6 Mbps).

VDSL ofrece mayor velocidad que ADSL pero sobre distancias menores.

RADSL es una tecnología xDSL, en la cual el software es capaz de determinar la velocidad a la cual las señales pueden ser transmitidas sobre la línea de un abonado dado, y ajusta la velocidad entregada según los resultados del mismo.

Para evitar la instalación de los *splitters* en el lado del abonado, la tecnología G.Lite permite manejar la división del canal remotamente, desde la oficina central del proveedor de servicios.

WDSL va mucha más allá de la última milla con tecnologías inalámbricas líderes en el mercado. En este caso, el servicio es llevado a los usuarios mediante la interfaz aire, utilizando tecnologías inalámbricas fijas como MMDS u 802.11. Aquí, a diferencia de otras formas de xDSL, se tiene un medio compartido.

1.6.3.1 Desventajas de xDSL

El costo de instalación de abonados que no cuentan con el servicio telefónico y están lejos de un punto de distribución es costoso por el cableado requerido.

La velocidad que se pueda alcanzar dependerá en gran parte de la longitud del par del abonado, y de su buen estado.

El medio de transmisión es diverso, se tienen pares de diferentes diámetros, empalmes y derivaciones. Esto causa variaciones en la impedancia característica del medio.

Los pares telefónicos se van agrupando en envolturas de mayor capacidad de pares según se acercan a la central, por tanto, en zonas de alta demanda es posible que varios usuarios compartan el grupo de cables, provocando entre sí diafonía y limitando por tanto la provisión del servicio.

El uso de uno u otro sistema xDSL no facilita reaccionar a los cambios en el comportamiento del tráfico del usuario, por ejemplo, si éste empieza a actuar como servidor, y pasa de un comportamiento asimétrico a un comportamiento más simétrico.

1.6.3.2 Ventajas principales

El proveedor de servicios puede usar una infraestructura existente y con alta penetración, el mantenimiento e instalación de esta infraestructura es responsabilidad de la empresa de telefonía, disminuyendo los costos para el proveedor de servicio de Internet.

Permite al operador de la red telefónica hacer un uso más eficiente de sus recursos, posibilitando la reducción de costos, pues las líneas instaladas ya no proveerían solamente servicio telefónico tradicional, sino que permitirían el acceso a la Internet con banda ancha.

Al igual que en la tecnología *dial-up*, cada línea es dedicada a un usuario, lo cual mejora la seguridad de la comunicación, al no ser un medio compartido pero fácil de interferir.

1.6.4 REDES INALÁMBRICAS

Las soluciones inalámbricas (*Wireless Local Loop - WLL*) conectan a los clientes a la red utilizando transmisores y receptores de radio, es decir, usando el espectro radioeléctrico en lugar del par de cobre (o cualquiera de las otras alternativas).^[10]

El estándar IEEE 802.16 (WiMAX) es una especificación para sistemas de acceso fijo inalámbrico de banda ancha que emplea una arquitectura punto a multipunto, dentro de su especificación opera inicialmente en bandas de frecuencia que van de los 10 GHz a los 66 GHz.^[12]

A comienzos del 2003, el estándar IEEE 802.16 fue expandido con la adopción del adendum 802.16a, enfocado en el acceso inalámbrico de banda ancha en las frecuencias de 2 a 11 GHz^[12]. Dado el estatuto del foro WiMAX, de promover la certificación e interoperabilidad para acceso en microonda alrededor del mundo, WiMAX ha expandido su ámbito de trabajo para incluir al estándar 802.16a.

WiMAX actualmente define dos perfiles de sistema en capa MAC, uno para ATM y otro para sistemas basados en IP. Define adicionalmente dos perfiles primarios en la capa física: un canal de 25 MHz típicamente para estructuras en Estados Unidos y un canal de 28 MHz^[12] típicamente para estructuras en Europa. Ambos perfiles de capa física son idénticos excepto por el ancho de banda del canal y por ende a su tasa de transmisión. Cada perfil de capa física a su vez tiene dos subperfiles de comunicaciones en dos vías (duplex), uno para comunicaciones en dos vías utilizando división de frecuencia (FDD) y otro para comunicaciones en dos vías utilizando división de tiempo (TDD). Adicionalmente, debido a que estos sistemas fueron diseñados para operar sobre trayectorias con línea de vista. La técnica de modulación utilizada por el estándar es OFDM.

Otra tecnología de banda ancha que utiliza el espectro de frecuencia como medio de transmisión es MOBILEFI, normalizado por la IEEE con el estándar 802.20. Esta tecnología busca alcanzar la transmisión de datos en tiempo real en redes de área metropolitana (MAN) a velocidades que compitan con conexiones xDSL y de cable modem. Lo cual se logrará con estaciones base cubriendo radios de 15 kilómetros o más ^[12], y planea entregar dichas velocidades de transmisión a usuarios móviles aún cuando estén viajando a velocidades de hasta 250 kilómetros por hora. El estándar está enfocado para la operación en las bandas con licencia bajo los 3.5 GHz y a usar OFDM como una técnica de modulación.

1.6.4.1 Ventajas de las Redes Inalámbricas

Reducción de los costos de instalación, al no ser necesario cavar zanjas, ni disponer de líneas de postes, las soluciones por radio se pueden implantar con mucha rapidez.

La reducción de las molestias a la comunidad y la facilidad con la que pueden realizarse nuevas instalaciones.

Las instalaciones se van realizando conforme a las necesidades de los clientes, y no es preciso hacer inversiones iniciales muy elevadas, independientemente del tráfico por cliente. En un sistema de radio, el costo del sistema es, descontando la estación central, directamente proporcional al número de clientes, al contrario de lo que ocurre con un sistema de cobre (o de fibra) en el que es preciso realizar grandes desembolsos para llevar el cable (o la fibra) hasta la zona donde se encuentran los clientes, independientemente de si son solamente unos pocos o toda la comunidad los que van a permitir rentabilizar estas inversiones.

Estas ventajas hacen que las soluciones sin hilos sean, en principio, las más adecuadas para los operadores entrantes, que tienen una base de clientes reducidos, y para lugares donde no hay una infraestructura previa y es preciso realizar instalaciones muy rápidamente. Desgraciadamente, estas ventajas, no

han logrado la "presumible" explosión de las comunicaciones sin hilos, que muchos analistas predecían a mediados de la pasada década.

1.6.4.2 Desventajas de las Redes Inalámbricas

Los sistemas de radio de alto ancho de banda son notablemente más caros que las soluciones equivalentes por cable.

Las compañías operadoras de telecomunicaciones tradicionales habían logrado una gran base de acuerdo en las interfaces y sistemas de la red de cobre. Esto reducía enormemente los costos de instalación y de fabricación. No ocurre lo mismo con los sistemas de radio, donde no hay ningún tipo de acuerdo global ni regional en los sistemas a utilizar.

Ello implica costos de fabricación muy elevados, al producirse series muy cortas, unos costos de instalación y planificación muy altos y un mantenimiento muy difícil.

Otro aspecto, no menos importante, está relacionado con la propagación radioeléctrica. Normalmente, los sistemas WLL emplean bandas relativamente elevadas (del orden de 3.5 GHz como mínimo). A estas frecuencias, la visión directa entre el transmisor y el receptor, si no imprescindible, es muy importante para asegurar una cierta calidad.

Ello dificulta la planificación, sobre todo en zonas montañosas, o en zonas densamente pobladas, que son, precisamente, los lugares objetivos de la planificación de radio: el primero para los operadores dominantes, y el segundo para los nuevos proveedores de servicio de Internet entrantes. Además, en frecuencias muy altas (por encima de 20 GHz en los sistemas de alta capacidad) los fenómenos atmosféricos, como la lluvia copiosa, pueden entorpecer la comunicación llegando a producir cortes en el enlace.

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO I

Libros consultados:

1. HRASNICA Halid, HAIDINE Abdelfatteh, LEHNERT Ralf, "**Broadband Powerline Communications**", John Wiley & Sons Ltd, Primera Edición, 2004, , ISBN: 0-470-85741-2.
2. DOSTERT Klaus, "**Powerline Communications**", Prentice Hall PTR, Primera Edición, 2001, ISBN: 0-13-029342-3.
3. PAVLIDOU Niovi, VINCK Han, YAZDANI Javad and HONARY Bahram, "**Power Line Communications State: of the Art and Future Trends**", IEEE Communications Magazine, 2003.
4. HUAIYU Dai, POOR H. Vincent, "**Advanced Signal Processing for Power Line Communications**", IEEE Communications Magazine, 2003.
5. ABAD José, COMABELLA José, RUIZ David, "**Extending the Power Line LAN Up to the Neighborhood Transformer**", IEEE Communications Magazine, 2003.
6. BIGLIERI Ezio, "**Coding and Modulation for a Horrible Channel**", IEEE Communications Magazine, 2003.
7. Y. Maeda, R Feigel, "**A standarization plan for Broadband access network transport**", IEEE communications Magazine, 2001.
8. RYAN William, "**Concatenated Convolutional Codes and Iterative Decoding**", Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Arizona, 2003

9. STALLINGS William, "Comunicaciones y Redes de Computadoras", Prentice Hall, Sexta Edición, 2001, ISBN: 84-205-2986-9.
10. LIN Yu-Ju, KATAR Srinivas, "A Comparative Performance Study of *Wireless and Power Line Networks*", *IEEE communications Magazine*, 2003.
11. JEE George, Con Edison, "Demonstration of the technical viability of *PLC Systems on Medium and Low Voltage Lines in the United States*", *IEEE communications Magazine*, 2003.
12. Olexa Ron, "Implementing 802.11, 802.16 and 802.20 Wireless Networks", Elsevier, Primera Edición, 2005, ISBN: 0-7506-7808-9.

Páginas Web:

13. <http://www.cablemodem.com>, Cable Modem DOCSIS.
14. <http://www.dslforum.org/>, Forum de discusión de tecnologías DSL
15. <http://www.homeplu.org/>, página principal Homeplug
16. <http://www.PLCforum.com/>, página principal PLC FORUM
17. <http://www.etsi.org/>, página principal ETSI
18. <http://www.soumu.go.jp/>, página principal SOUMU
19. <http://www.amperion.com/>, página principal AMPERION
20. <http://www.hoy.com.ec/dominus/0002/tecno.htm>
21. http://www.citel.oas.org/citel_e.asp

22. http://www.conatel.gov.ec/website/gest_internacional/documentacion/citel/cp-i/reuniones/vii_reunion_washington_2005.pdf
23. <http://www.icm.espol.edu.ec/materias/sisinfo/conectividad/EC-ANC-Vfinal.doc>.
24. <http://www.iirsa.org>
25. http://www.iadb.org/aboutus/II/re_infrastructure.cfm?language=Spanish
26. http://www.citel.oas.org/newsletter/2005/agosto/agenda_e.asp

Otras fuentes consultadas:

27. División de desarrollo productivo y empresarial de la CEPAL, ***“Políticas Públicas para el desarrollo de sociedades de Información en América Latina y el Caribe”***, 2005.
28. Banco Interamericano de Desarrollo, ***“Tecnologías de Información y Comunicación al Servicio de la Competitividad y la Integración Sudamericana, Plan de Acción”***, IIRSA, 2003

CAPÍTULO 2

ESTUDIO DE MERCADO DE LOS SERVICIOS A SER IMPLEMENTADOS

2.1 CONCEPTOS GENERALES DE ESTUDIO DE MERCADO

Estudiar el comportamiento humano en su totalidad es imposible de realizar, debido a que cada ser humano es diferente, pudiendo ser un mercado individual. Por lo tanto, los usuarios del servicio difieren en uno o más sentidos, la diferencia podría ser su ubicación, sus necesidades, sus deseos, actitudes a un nuevo servicio, etc. Mediante la segmentación de mercados se trata de dividir a los usuarios de la ciudad de Quito del gran segmento heterogéneo, a segmentos más pequeños, a los que se puede llegar de manera más eficaz con un producto adaptado a sus necesidades particulares.

2.1.1 INVESTIGACIÓN DE MERCADO ^[1] ^[2]

El propósito de la investigación de mercado⁶ es ayudar a la toma de decisiones de una empresa que desea regenerar su producto, lanzar un nuevo producto o visualizar el estado actual del mismo en el mercado.

Con frecuencia, la investigación de mercados se toma como la recolección y el análisis de datos para que alguien más los use.

El proceso de investigación de mercados abarca cuatro pasos: definir el problema y objetivos de la investigación, desarrollar el plan de investigación, implementar el plan de investigación e, interpretar e informar de los hallazgos. Estos 4 pasos

⁶ "La investigación de Mercados vincula a la organización con su medio ambiente de mercado. Involucra la especificación, la recolección, el análisis y la interpretación de la información para ayudar a la administración a entender el medio ambiente, a identificar problemas y oportunidades, y a desarrollar y evaluar cursos de acción de mercadotecnia" ^[2].

serán seguidos a lo largo del capítulo, con la finalidad de presentar datos reales, referentes a la Empresa Eléctrica Quito S.A., para la toma de decisiones.

2.1.1.1 Definición del problema y los objetivos de la investigación

Definir el problema y los objetivos, es el paso más importante y más difícil dentro de la investigación de mercados. El objetivo de la investigación pregunta el tipo de información específica que se requiere para lograr el propósito de la misma.

Existen varios tipos de objetivos en la investigación de mercado, entre los cuales se encuentran el objetivo de la investigación exploratoria, el objetivo de la investigación descriptiva y el objetivo de la investigación casual ^[2]. Para este caso se va a tomar como base el objetivo de la investigación descriptiva debido a que se desea describir de mejor manera los problemas o situaciones de *marketing*, como el potencial de mercado de un producto, o las características demográficas y actitudes de los consumidores.

2.1.1.2 Desarrollo del plan de investigación

En este paso de la investigación de mercado, se determina qué tipo de información se necesita, y se desarrolla un plan para obtenerla de forma eficiente, desarrollando las preguntas que se van a realizar a los encuestados, siempre enfocándose a cubrir las necesidades de información especificadas en los objetivos de la investigación.

2.1.1.3 Implementación del plan de investigación

Este paso consiste en llevar a la práctica el plan de investigación de mercados, lo que implica recolectar, procesar y analizar la información. La recolección de datos se la realizará en forma personal a las diferentes empresas y personas naturales radicadas en los tres sectores elegidos para el desarrollo del presente proyecto.

Luego de la recolección, se deben tabular las respuestas de los usuarios con la finalidad de definir los objetivos planteados en el inicio del estudio de mercado.

Una vez con los datos resultantes, se procederá a presentarlos en forma gráfica para sacar conclusiones y ayudar a la toma de decisiones, éstos se deberán presentar en forma dinámica para no abrumar con cifras, y ayudar a la toma de decisiones.

2.1.2 SEGMENTACIÓN DE MERCADOS

2.1.2.1 Niveles de Segmentación de Mercado

Se puede realizar una segmentación de mercado en varios niveles, a continuación se presenta un gráfico indicativo de los diferentes niveles en los que se puede realizar la misma.

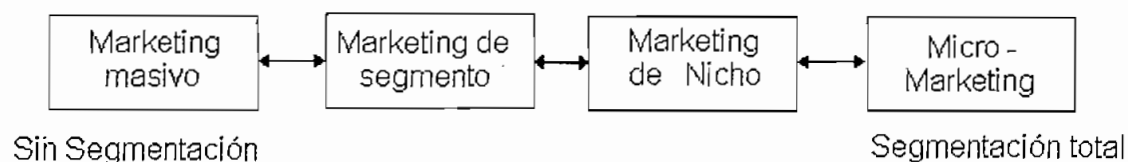


Figura 2-1: Niveles de segmentación de mercado

A continuación se explica cada uno de los niveles de segmentación, para tener una idea más clara del estudio que se va a realizar en este capítulo.

En el Marketing Masivo no existe segmentación de mercado, debido a que los productos van dirigidos a todos los usuarios esperando un alto margen de aceptación.

La idea principal de *marketing*⁷ de Segmento, es aislar segmentos amplios que constituyen un mercado y enfocar el producto para que coincida con las

⁷ *Marketing*.- Proceso social y gerencial por el que individuos y grupos obtienen lo que necesitan y desean, creando e intercambiando productos y valor con otros [2].

necesidades de uno o más grupos. Con respecto al *marketing* Masivo, este tipo de segmentación permite a las empresas atacar de forma más eficaz al mercado enfocando sus productos, precios y programas con las necesidades de segmentos cuidadosamente estudiados.

Los segmentos de mercado son grupos grandes de usuarios que se identifican dentro de un mercado, el *marketing* de nicho se concentra en subgrupos dentro de esos segmentos con características distintas que podrían estar buscando una combinación especial de beneficios.

El *marketing* de nicho permite a las empresas pequeñas, y a aquellas que se encuentran en etapa de iniciación competir de manera más equitativa, enfocando su producto a sectores no tomados en cuenta, o considerados de poca importancia por otros competidores.

El *micromarketing* va enfocado a las necesidades individuales de los usuarios, así una empresa que realiza una segmentación a nivel de *micromarketing*, adapta sus productos y programas a los gustos de individuos y lugares específicos. Este *micromarketing* puede clasificarse en *marketing* local y *marketing* individual.

Realizar *marketing* local implica adaptar marcas y promociones a las necesidades y deseos de grupos de clientes locales, entendiendo como local a un barrio, una ciudad, etc.

Marketing individual implica realizar adaptaciones de los productos y programas a las necesidades y preferencias de clientes individuales por parte de la empresa; se conoce también como *marketing* personalizado. Este tipo de *marketing* se lo puede observar en grandes empresas como *Harley Davidson*, que realizan su producto bajo pedido del usuario.

2.1.2.2 Tipos de Segmentación de Mercado

Para segmentar un mercado se trabaja con cuatro variables: geográficas, demográficas, psicográficas y conductuales.

La segmentación geográfica divide el mercado en diferentes zonas como ciudades, estados, barrios, etc. Así, a la ciudad de Quito, se la puede dividir en tres zonas: Norte, Centro y Sur. Para el presente diseño, si la Empresa Eléctrica Quito S.A., en el futuro, decide implementar el servicio en los valles aledaños a la ciudad de Quito, podría dividir el mercado en zona urbana y zona rural, dentro de la zona urbana se dividiría en zona norte, centro y sur.

La segmentación demográfica divide al mercado en base a variables demográficas como la edad, sexo, tamaño de la familia, ingresos, raza, etc. Esta variable es de gran ayuda para especificar el grupo meta con el que se desea trabajar, y enfocar toda la publicidad a este grupo de personas.

La Segmentación Psicográfica divide al mercado de acuerdo a características de personalidad, clase social o situación económica de los usuarios. La idea es conferir al producto una personalidad parecida a la de los consumidores.

La segmentación conductual hace una división de los usuarios en grupos, tomando como referencia sus conocimientos, actitudes, y el uso o respuesta a un producto. Esta variable podría ser el punto de partida para segmentar el mercado, observando por ejemplo la respuesta que tengan los usuarios a una nueva tecnología como *Broadband PLC*, o la actitud de los usuarios a la utilización de la Internet.

Existen varios requisitos que se deben cumplir para que una segmentación sea eficaz, un segmento de mercado se dice que está bien ejecutado si es:

- *Medible*: Es factible obtener el tamaño, y conocer el poder de compra de los segmentos, y crear perfiles de ellos. Ciertas variables son difíciles de medir,

como la cantidad exacta de individuos en el norte de Quito, debido a que la gente continuamente cambia de vivienda.

- *Accesible*: Los datos obtenidos en la segmentación deben ser accesibles por parte de la empresa, es decir la empresa debe tener la capacidad de cubrir la demanda de este segmento.
- *Sustancial*: El segmento debe ser un grupo homogéneo, y lo más grande posible, al que vale la pena dirigirse con un programa de *marketing* a la medida. Por ejemplo, para la Empresa Eléctrica Quito S.A. no sería rentable implementar el servicio de Internet de banda ancha para un grupo de personas de bajos recursos económicos.
- *Diferenciable*: Los segmentos se pueden distinguir de forma conceptual, y pueden responder de manera distinta a las ofertas que se realice del producto. Por ejemplo, no se puede colocar en el mismo segmento a personas de edad universitaria, y a personas de la tercera edad, en el caso de la venta de Internet, ya que los dos grupos responderán de forma diferente a la oferta que se esté realizando.

2.1.2.3 Determinación del Mercado Meta

Después de realizar la segmentación de mercado, se puede saber cuáles serían los segmentos en los cuales el producto, que en este caso es *Broadband PLC*, puede tener oportunidad. Pero saberlos no es suficiente, es necesario definir cuáles serán meta para la Empresa Eléctrica Quito S.A.

Para encontrar el mercado meta^B de la Empresa Eléctrica Quito S.A., se deben evaluar los grupos que resultaron de la segmentación. Al evaluarlos, la empresa debe examinar tres factores: tamaño y crecimiento de los mismos, atractivo estructural de los segmentos, objetivos y recursos de la compañía. Para medir el crecimiento de los usuarios se debe obtener y analizar la tasa de crecimiento de

^B *Mercado Meta*.- Conjunto de Compradores que tienen necesidades o características comunes, a los cuales la compañía decide atender ^[2].

Internet, y la rentabilidad esperada por otros segmentos actuales atacados por diferentes proveedores de este servicio.

La compañía debe estudiar los factores estructurales importantes que afectan lo atractivo de los segmentos a largo plazo. La existencia de muchos proveedores del mismo producto en el mercado limitará el precio del mismo, y las utilidades que se tendrán en el segmento. El precio también se verá limitado por la necesidad de los usuarios de tener mayores servicios a costos más cómodos.

Otro de los puntos que la Empresa Eléctrica Quito S.A. debe analizar es la situación de sus objetivos y recursos con respecto al segmento seleccionado, aunque un segmento encaje en los objetivos de la compañía, ésta debe considerar si posee las habilidades y recursos que necesita para tener éxito en el mismo.

2.2 IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En esta parte del capítulo se indicará cuáles son las necesidades de los usuarios de Internet, para luego, en base a esas necesidades, definir los objetivos del estudio de mercado. Los datos se obtendrán a partir de entrevistas a diversas empresas y familias que radican en los tres sectores definidos en el presente proyecto.

2.2.1 PROBLEMA DEL ACCESO A INTERNET DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL USUARIO

Los usuarios tienen varios problemas o necesidades con respecto al uso de la Internet, se pueden definir varias necesidades generales, pero cada usuario tendrá una necesidad diferente, tal como se explicó en la sección 2.1. Por este motivo se van a definir las necesidades más comunes entre los usuarios de Internet.

En los tres sectores seleccionados para el proyecto, se pueden definir dos universos meta, los usuarios residenciales y los usuarios corporativos que radican en esta área geográfica, por lo cual se especifican las necesidades más importantes de cada universo meta.

2.2.1.1 Punto de Vista de los Usuarios Corporativos

Los requerimientos de acceso a Internet van a depender del tamaño de una empresa y del tipo de aplicaciones que manejan para su desempeño eficiente. Así, una empresa con un número de empleados que fluctúen de 3 a 5, no necesitará un servicio de banda ancha, más bien será suficiente con un servicio *Dial – Up*, aunque, si la necesidad es grande, se puede contratar un servicio de banda ancha con un bajo requerimiento de capacidad. Dentro del universo meta la mayor parte de las empresas radicadas en el área de cobertura de las tres estaciones de estudio, son estructuralmente grandes, con requerimientos de servicio muy altos, en especial el sector de la Jipijapa, en donde se puede observar las matrices de grandes empresas como Repsol YPF, grandes centros comerciales como el Quicentro y el Jardín, casi todo el sector bancario, varios hoteles, y diferentes empresas que podrían llegar a ser consumidores potenciales del servicio a prestar.

Luego de realizar varias entrevistas verbales a diversos gerentes de empresas y administradores de los hoteles radicados en el sector, se llegó a la conclusión de que las empresas y hoteles requieren gran capacidad (entre 256 Kbps y 1 Mbps), con altos niveles de calidad de servicio, principalmente por las transacciones que realizan a diario, en el caso de las empresas, y por los servicios que ofrecen los hoteles a sus clientes, dentro de sus paquetes promocionales.

Aquellas empresas más pequeñas, pero no menos importantes que se encuentran radicadas en los centros comerciales, no tuvieron mucho interés en un servicio de banda ancha, ya que la información que manejan con otras sucursales es casi nula y la Internet no es algo primordial para el funcionamiento de las mismas.

Dentro del sector bancario se encontraron muy interesados con el servicio, no solo para la Internet, sí no como un medio de acceso para sus redes privadas, siempre y cuando se ofrezca privacidad en los datos de la empresa, y se tenga altos niveles de calidad de servicio.

2.2.1.2 Punto de Vista de los Usuarios Residenciales

En los tres sectores de estudio, el promedio de familias que residen en el lugar es de clase media y media alta. Luego de conversar con varios inquilinos se observó un comportamiento común, todos quieren Internet de gran velocidad, a precios bajos. La gran mayoría tiene servicio *Dial-Up* pero sí se encontrarían dispuestos a pagar por un servicio de mayor capacidad, siempre y cuando no sea un precio excesivo (menor al valor actual ofrecido por la competencia).

2.2.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MERCADO

Después de observar los problemas del acceso a Internet desde el punto de vista de los usuarios, se puede indicar que el estudio de mercado que se va a realizar permitirá observar el interés de las empresas e individuos hacia el nuevo servicio, el rango de precios que están dispuestos a pagar, los requerimientos de capacidad, el posicionamiento de las empresas competidoras en el mercado, y si los usuarios están dispuestos a cambiar de proveedor de servicios.

Con respecto a los proveedores ya posicionados en el mercado, se observará los aspectos del servicio actual con que están más satisfechos los clientes, y los servicios que no cumplen sus requerimientos. Este objetivo ayudará a dirigir el producto, con la finalidad de cubrir las falencias de otros proveedores, y mejorar en lo posible los aspectos positivos de la competencia.

Identificar qué beneficios buscan los clientes de los proveedores de Internet, será otra inquietud que se piensa resolver con el estudio de mercado.

2.2.3 HIPÓTESIS DEL ESTUDIO DE MERCADO

Una vez especificados los objetivos del estudio de mercado, el siguiente paso para obtener datos reales de las encuestas, es definir un conjunto de hipótesis, con la finalidad de plantear posibles respuestas a los objetivos de la investigación, que serán corroboradas o desmentidas con el estudio de mercado.

A continuación se especifica el conjunto de hipótesis que se planteará para el presente estudio de mercado.

ITEM	OBJETIVO	HIPÓTESIS
1	¿Qué tan interesadas se encuentran las empresas e individuos del nuevo servicio?	Los usuarios están muy interesados en <i>Broadband PLC</i> .
2	¿Qué precios están dispuestos a pagar los usuarios?	Un promedio de 50 dólares mensuales en servicios con baja velocidad.
3	¿Qué requerimientos de transmisión de datos tienen los usuarios?	Los compradores del servicio requieren alrededor de 512 Mbps de tasa de transferencia.
4	¿Cómo se encuentran posicionadas las empresas competidoras en el mercado?	Las empresas competidoras cubren casi el 70% del mercado.
5	¿Los usuarios están dispuestos a cambiar de proveedor de servicios?	Los usuarios se encuentran dispuestos a cambiar de proveedor de servicio de Internet.
6	¿Qué aspectos del servicio actual tienen más satisfechos a los clientes?	Privacidad de la Información.
7	¿Con qué aspectos del servicio actual están insatisfechos los clientes?	Precio de los servicios, soporte técnico de los proveedores actuales, niveles de calidad del servicio.
8	¿Qué beneficios buscan los clientes de los proveedores de Internet?	Alta velocidad, calidad de servicio, bajos precios, privacidad de los datos.

Tabla 2-1: Hipótesis planteadas a los objetivos de la investigación de mercado ^[1]

2.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN ^{[1] [3] [4] [5]}

En esta sección se diseñará un plan de investigación, considerando tácticas y métodos que armonicen con los objetivos, las hipótesis y el mercado meta.

2.3.1 IDENTIFICACIÓN DEL UNIVERSO META

Para la identificación del universo meta, se especifica el grupo del cual se busca información, considerando los objetivos planteados, el segmento de mercado, una unidad de muestreo adecuada y un marco muestral que efectivice el trabajo.

Se han identificado dos universos meta, los usuarios corporativos y los usuarios residenciales. Para encontrar el universo meta de los usuarios residenciales se ha tomado como unidad de muestreo el hogar, pues la idiosincrasia del servicio de Internet residencial, es el acceso de los miembros del mismo.

Debido a los dos universos meta, es necesario realizar dos tipos de segmentaciones.

2.3.1.1 Segmentación de Usuarios Residenciales

Tal como se indicó en la sección 2.1, la segmentación de mercados se realiza por medio de cuatro variables: Geográfica, Demográfica, Psicográfica y Conductual. Por este motivo, a continuación se detalla cada una de las variables a considerar para los usuarios residenciales:

GEOGRÁFICAS

Región del mundo o País: Ecuador.

Región del País: Quito.

Tamaño de la zona metropolitana: Área de cobertura de las subestaciones Iñaquito, Norte y Carolina.

Densidad: Urbana.

DEMOGRÁFICAS

Edad: 12-19, 20-34, 35-50.

Sexo: Masculino, femenino.

Tamaño de la familia: 1-2-3-4-5 +.

Ciclo de vida: Joven soltero, joven casado, mayor casado, mayor familiar soltero, mayor casado con hijos, sin hijos, otros.

Ingreso: \$925 - \$2000; \$2000 - \$5,000, \$5,000-\$8,000, \$8,000-10,000, mayores a \$10,000.

Grado académico: artesanos, bachilleres, estudiantes, profesionales.

Educación: Educación de segundo, tercero y cuarto nivel.

PSICOGRÁFICAS

Clase Social: Clase media, clase media alta, alta baja, alta alta.

Estilo de vida: Exitosos, esforzados, luchadores.

Personalidad: Compulsivo, gregario, autoritario, ambicioso.

CONDUCTUAL

Ocasiones: Ordinaria, especial, obligatoria.

Beneficios: Calidad, servicio, economía, comodidad, rapidez.

Situación del Usuario: No usuario, usuario potencial.

Frecuencia de Uso: Usuario Ocasional, usuario medio, usuario intenso.

Situación de lealtad: Ninguna, mediana, fuerte, absoluta.

Etapas de preparación: Con conocimiento, informado, interesado, deseoso, con intención de comprar.

Actitud hacia el producto: Entusiasta, positiva, indiferente.

Con la segmentación geográfica se determina que la población meta estaría limitada a los hogares dentro de los barrios en los que se implantará el servicio, que constituyen el área de cobertura de tres subestaciones de transformación en el norte de la ciudad de Quito.

Con la segmentación demográfica se determina que la población meta estará restringida por varios factores:

- *Ingresos*: Se considerará a los hogares que tengan ingresos mensuales totales superiores a los \$ 925, como garantía de que podrán pagar el servicio.
- *Edad*: Se considerará a los hogares que tengan miembros con edades comprendidas entre 12 y 50 años, pues son éstos los individuos más

propensos al consumo de Internet debido al tipo de actividades que una persona realiza en este rango de edad.

- *Ocupación:* Se considerará a los grupos que tengan estudiantes, pues muchos de ellos requerirían el acceso a la Internet con fines educativos o profesionales, pues lo utilizarían como medio de comunicación y de referencia.

Con la segmentación psicográfica se restringe la población meta de acuerdo a la clase social de los usuarios, debido a que *Broadband PLC* es un servicio de banda ancha, se enfocará a familias de clase media, clase media alta, alta baja, alta alta; con un buen estilo de vida y que tengan cualquier tipo de personalidad.

Con la segmentación conductual se puede identificar las siguientes restricciones de la población meta:

- *Etapas de Conocimiento:* Este factor es muy importante ya que si el usuario no conoce la Internet no estará deseoso de adquirir el servicio. Por este motivo las personas que se encuentren dentro del grupo meta deben tener por lo menos un conocimiento mínimo del producto a comprar.
- *Actitud al uso de Internet:* Se considera que los actuales consumidores de Internet (ya sea mediante cyber-cafés, cuentas *dial-up* u otros medios de acceso) serían los más propensos a contratar un servicio de banda ancha.
- *Actitud hacia el Producto:* El producto irá enfocado a las personas que tengan una actitud indiferente, entusiasta o positiva al servicio.

2.3.1.2 Segmentación de Usuarios Corporativos

Se entiende como usuarios corporativos a todas las empresas radicadas dentro de los tres sectores de alimentación de la Empresa Eléctrica Quito S.A. Tal como se indicó para usuarios residenciales, se especifica la segmentación para usuarios corporativos.

GEOGRÁFICAS

Región del mundo o país: Ecuador.

Región del País: Quito.

Tamaño de la zona: Área de cobertura de las subestaciones Iñaquito, Norte y Carolina..

Densidad: Urbana.

DEMOGRÁFICAS

Ocupación: Empresas con alta demanda de Internet, con portales activos, con un dominio, correo electrónico, con sistemas distribuidos a través de Internet, otros.

CONDUCTUAL

Ocasiones: Herramienta de Trabajo (utilización diaria).

Beneficios: Calidad servicio, economía, comodidad, rapidez.

Situación del Usuario: Usuario potencial.

Frecuencia de Uso: Usuario Ocasional, usuario medio, usuario intenso.

Situación de lealtad: Ninguna, mediana, fuerte, absoluta.

Etapas de preparación: Con conocimiento, interesado, deseoso, con intención de comprar.

Actitud hacia el producto: Entusiasta, positiva, indiferente.

La mayor parte de las empresas radicadas en los tres sectores, utilizan la Internet para realizar diferentes transacciones, debido a que tienen portales para acceso de sus usuarios, o tienen aplicaciones distribuidas cuya comunicación cliente - servidor se realiza por dicho medio. Es decir el producto va dirigido a toda empresa que vea a la Internet como una herramienta de trabajo.

2.3.2 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo del proyecto, es necesario satisfacer los requerimientos de información deducidos de los objetivos del estudio de mercado, y de las hipótesis planteadas a los mismos. Esta información puede ser adquirida por fuentes primarias o secundarias.

El uso de las fuentes primarias ha sido limitado por su coste más alto, han sido utilizadas para determinar el tamaño del segmento de mercado, la potencial demanda del servicio, y para determinar algunos de los requerimientos de los usuarios sobre la provisión del servicio de Internet, información que no se pudo conseguir a partir de las fuentes secundarias.

En función de las hipótesis planteadas se elige la investigación descriptiva, debido a que esta técnica se ajusta mejor a la forma de las hipótesis. La recolección de información primaria se ha realizado con el método de la entrevista a expertos y la entrevista personal, permitiendo tener una apreciación bastante exacta de la información requerida.

La entrevista a expertos ha sido realizada con la colaboración de personas que están en contacto directo con el medio de comunicaciones, para obtener una visión más amplia de las implicaciones de la provisión del servicio de Internet con una nueva tecnología. Se ha contado con la colaboración de funcionarios de empresas muy relacionadas con el proyecto, tales como la Empresa Eléctrica Quito S.A., Transelectric S.A., SIEMENS S.A. e IMPSAT Cía. Ltda., los resultados de las entrevistas sirvieron como parámetro inicial para establecer las hipótesis del estudio de mercado, identificar fuentes secundarias, y anticipar requerimientos de diseño mostrados posteriormente en el capítulo 4.

2.3.2.1 Fuentes Secundarias

Se ha aprovechado información ya recolectada por otras organizaciones:

- Estadísticas y censos realizados por el INEC, en particular las que incluyen información tendiente a determinar el tamaño de la población meta, esta información se basa en los Resultados Definitivos del VI Censo Nacional de Población y Vivienda, y en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de Hogares Urbanos (ENIGHU).

- Información sobre los usuarios del servicio de la Empresa Eléctrica Quito S.A., tendiente a proveer información sobre el tamaño del mercado, esta información ha sido obtenida de las bases de datos de las dependencias del Proyecto de Inventarios y Avalúos (PIA) y del Sistema de Información Geográfica (GIS) de la Empresa Eléctrica Quito S.A.
- Información de la Superintendencia de Compañías sobre las organizaciones que funcionan en el área de servicio tendiente a determinar la cantidad de usuarios comerciales.

2.3.2.2 Fuentes Primarias

Típicamente la encuesta es la elección principal de los investigadores para la recolección de datos primarios; las ventajas principales de este método son su capacidad para recolectar bastantes datos sobre el entrevistado y su versatilidad.

Para obtener resultados significativos con esta técnica es necesario satisfacer razonablemente las siguientes condiciones:

- La población ha sido definida correctamente.
- Se ha tomado una muestra representativa de la población.
- Las preguntas son comprendidas por el entrevistado.
- Los entrevistados están dispuestos a colaborar con el estudio y tienen la capacidad y disponibilidad para hacerlo.
- El entrevistador entiende y registra correctamente las preguntas y respuestas.

Estas condiciones no suelen ser satisfechas en su totalidad, convirtiéndose en fuentes de error, y por tanto en un limitante de esta técnica. A continuación se presenta un cuadro de las principales fuentes de error que pueden presentarse en una encuesta:

TIPO DE ERROR	RAZÓN DE SU EXISTENCIA
Errores de no respuesta debidos a rechazos.	Temor de las consecuencias de la participación.
	Resentimientos de una invasión de la privacidad.
	Ansiedad acerca del tema.
Imprecisión en las respuestas.	Inhabilidad para dar una respuesta por ignorancia de la misma, olvido o problemas para generarla.
	Falta de disposición para responder en forma exacta por presiones, invasión de la privacidad o por el deseo de parecer cooperativo.
Errores causados por los entrevistadores.	Preguntas hechas en forma inadecuada.
	Sugestión de las respuestas.
	Fraude y engaño.

Tabla 2-2: Fuentes de error en las entrevistas ^{[1][2]}

2.3.2.2.1 *Diseño del cuestionario*

Para la elaboración del cuestionario, los objetivos de la investigación son traducidos en requerimientos específicos de información, aquí se ha utilizado el conjunto de hipótesis descritas anteriormente para plantear posibles respuestas.

El orden de las preguntas ha sido diseñado en función de la necesidad de obtener y mantener la cooperación de los entrevistados, y facilitar la aplicación del mismo, tratando de evitar el sesgo de ordenamiento y la posibilidad de que algunas preguntas puedan influir en las respuestas de las preguntas subsecuentes.

La mayoría de preguntas son de respuesta cerrada, pues son más fáciles de responder, requieren menos esfuerzo del entrevistador, y facilitan la recopilación de datos y el análisis de resultados. No obstante, este método tiene limitaciones,

es necesario asegurar que todas las opciones de respuesta potencialmente importantes sean incluidas, caso contrario se pueden producir sesgos por imprecisión en las respuestas.

Se han considerado estrategias para atacar los errores de no respuesta debidos a rechazos, como el anonimato, la división en categorías de preguntas sensibles, y considerar la posibilidad de no realizar dichas preguntas.

Para disminuir la sugestión de respuestas, se ha puesto especial énfasis en el orden de presentación de las opciones para los entrevistados, tratando de evitar una aparente tendencia a seleccionar valores intermedios, o los primeros valores en preguntas que los entrevistados encuentren amenazantes. Otra técnica importante utilizada es la de la "boleta dividida" que consiste en usar diferentes versiones de la pregunta en diferentes entrevistas.

Se ha considerado también estrategias para evitar sesgos producidos cuando los entrevistados no pueden hacer una elección entre opiniones específicas, es decir, se ha estimado que hay una probabilidad importante de ambivalencia y de ignorancia en la respuesta a una pregunta, entonces se ha incluido una categoría neutral y una categoría de "no sé".

En la redacción de preguntas se han considerado los siguientes puntos:

- Usar un vocabulario sencillo, directo y familiar a los entrevistadores.
- Evitar significados vagos o ambiguos de las palabras en las preguntas.
- Evitar preguntas de doble efecto.
- Evitar preguntas dirigidas o manipuladas.
- Usar instrucciones claras que no causen confusión.
- Considerar la aplicabilidad de las preguntas sobre los grupos entrevistados.

De esta manera se ha desarrollado un cuestionario de muestra (ver anexo B) que fue aplicado en entrevistas personales a hogares y empresas de los sectores norte, centro y sur de Quito para determinar la demanda y requerimientos del servicio de Internet con Banda Ancha por la red eléctrica.

2.3.2.2.2 *Tamaño de la muestra*

A partir de la unidad muestral como los hogares (para usuarios residenciales) y las sucursales de las organizaciones (para los usuarios comerciales), a continuación se procede a calcular el número necesario de entrevistas realizadas a estos segmentos de mercado.

El tamaño de la muestra depende del tamaño del universo meta, de la varianza de las respuestas, del error muestral admisible y de la confiabilidad deseada. Para el presente estudio se ha considerado como valores admisibles: un error muestral del 10%, y una confiabilidad de la muestra del 80%⁹.

Para determinar la varianza de las preguntas, se puede optar por una de las siguientes tres estrategias:

- Realización de una encuesta piloto para determinar la varianza en base a la varianza de las respuestas dadas.
- Forma subjetiva, utilizando el criterio para determinar la varianza posible de las respuestas.
- Asumir el peor caso, considerando la mayor varianza posible de las respuestas.

En el presente estudio se ha realizado una encuesta piloto para estimar la varianza, los resultados se muestran en la Tabla 2-3.

El tamaño de la muestra dependerá del peor caso, es decir la más alta varianza, para usuarios residenciales será de 2,3 y para comerciales la varianza será de 2,5.

⁹ Parámetros mínimos recomendados para determinar el tamaño de la muestra ^{[5][6][7][8]}

NUMERO DE PREGUNTA	VARIANZA OBTENIDA EN LA ENCUESTA RESIDENCIAL	VARIANZA OBTENIDA EN LA ENCUESTA EMPRESARIAL
1	1,8	1,8
2	2	2
3	2,1	2,3
4	2,1	2,1
5	1,2	1,2
6	1,66	1,66
7	1,85	1,85
8	1,1	1,1
9	1,9	1,9
10	1,94	2,5
11	2,3	1,38
12	1,75	
13	2,11	
14	1,23	

Tabla 2-3: Varianzas obtenidas en la prueba piloto del cuestionario

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizará la siguiente ecuación ^{[3] [5]}:

$$n = \frac{N * \sigma^2 * z^2}{(N-1) * \varepsilon^2 + \sigma^2 * z^2} \quad \text{Ecuación 2-1}$$

Donde:

- n Es el tamaño de la muestra.
- N Es el tamaño de la población total.
- z Representa la confiabilidad.
- ε El error máximo admisible.
- σ^2 La varianza en las respuestas.

Para el tamaño de la población total N se considera, en el caso residencial, y a partir de la segmentación realizada anteriormente el total de familias de la zona urbana de Quito que tienen ingresos dentro de los dos quintiles superiores de la Tabla 2-5, es decir 158.181 hogares. Para el caso comercial se considera el dato de las organizaciones registradas en Quito en la Superintendencia de Compañías, las cuales son 12.000.

Por tanto se utilizarán los siguientes valores de la Tabla 2-4 en el cálculo:

Caso Residencial	Caso Comercial
$N = 158.181$	$N = 12000$
$z = 1,28$ [1][3]	$z = 1,28$ [1][3]
$\varepsilon = 0,10$	$\varepsilon = 0,10$
$\sigma^2 = 2,3$	$\sigma^2 = 2,5$

Tabla 2-4: Valores para el cálculo del tamaño de la muestra

Reemplazando estos valores para el caso residencial en la ecuación 2-1 se tiene:

$$n_{residencial} = \frac{158181 \times 2,3 \times 1,28^2}{(158181 - 1) \times 0,10^2 + 2,3 \times 1,28^2} \quad \text{Ecuación 2-2}$$

$$n_{residencial} = 375,94$$

Se realizará 2% más de encuestas como un margen de error, por tanto se realizarán:

$$n_{residencial} = 375,94 \times 1,02 = 383,46 \approx 384 \quad \text{Ecuación 2-3}$$

De la misma manera, reemplazando estos valores para el caso comercial en la Ecuación 2.1 se tiene:

$$n_{comercial} = \frac{12000 \times 2,5 \times 1,28^2}{(12000 - 1) \times 0,10^2 + 2,5 \times 1,28^2} \quad \text{Ecuación 2-4}$$

$$n_{comercial} = 396,11$$

Añadiendo 2% más de encuestas como margen para soportar errores se tiene:

$$n_{comercial} = 396,11 \times 1,02 = 404,03 \approx 404$$

De aquí se ha determinado que para tener resultados significativos en el estudio se han de realizar por lo menos 384 entrevistas a los usuarios residenciales y 404 entrevistas a los usuarios comerciales.

ENIGHU - HOGARES - INGRESOS - QUITO

HOGARES E INGRESOS CORRIENTES ANUALES POR QUINTILES DEL HOGAR SEGÚN FUENTE U ORIGEN

FUENTE U ORIGEN	TOTAL	QUINTILES				
		QUINTIL 1	QUINTIL 2	QUINTIL 3	QUINTIL 4	QUINTIL 5
HOGARES	395.217	79.059	78.991	78.986	79.080	79.101
INGRESO TOTAL	3.534.832.589	306.697.940	457.070.867	613.028.079	878.271.212	1.279.764.492
INGRESO CORRIENTE	3.463.620.652	282.944.600	444.021.602	601.534.254	869.550.309	1.265.569.887
RENTA PRIMARIA	2.655.892.026	222.706.129	338.369.327	441.801.929	661.434.419	991.580.223
INGRESO DEPENDIENTES	1.920.246.071	160.523.866	244.462.920	308.273.370	475.312.219	731.673.696
INGRESO INDEPENDIENTES	735.645.954	62.182.263	93.906.407	133.528.558	186.122.199	259.906.527
RENTA DE LA PROPIEDAD	370.368.232	15.734.550	38.251.940	63.180.372	97.125.159	156.076.212
TRANSFERENCIAS	437.360.393	44.503.921	67.400.335	96.551.953	110.990.732	117.913.452
INGRESO NO CORRIENTE	71.211.937	23.753.340	13.049.265	11.493.825	8.720.903	14.194.605

Fuente: INEC, ENIGHU 2003 - 2004

Tabla 2-5: Hogares e Ingresos Corrientes Anuales por Quintiles del Hogar Según Fuente u Origen ^[10]

2.4 RECOPIACIÓN DE DATOS

Como se indicó en secciones anteriores del capítulo, la recopilación de información necesaria para identificar el número de usuarios de la red se la realizó por medio de encuestas, cuyos resultados serán presentados e interpretados en esta sección del capítulo.

A continuación se describe la realización del proceso de recopilación de información, los lugares donde se realizaron las encuestas, los problemas que se observaron al realizar las mismas y todos los aspectos que se pudieron palpar en dicho proceso.

La encuesta fue realizada en los principales centros comerciales de la ciudad de Quito, y en diferentes Universidades de la capital, dependiendo de la ubicación geográfica.

En el norte de la capital se realizó la encuesta en los centros comerciales ubicados en el sector de la Carolina, y en las Universidades Católica y UTPL. El motivo de realizar las encuestas en estos puntos radica en la segmentación de mercado realizada antes de la encuesta, y a que la gran mayoría del mercado meta visita estos lugares, sea por estudios en el caso de las universidades, o de compras en el caso de los centros comerciales.

En el centro de la ciudad se realizaron encuestas en el Centro Comercial Espejo, y en el sur de la ciudad se realizaron encuestas en el Centro Comercial El Recreo.

En las Universidades se solicitó ayuda a catedráticos para realizar las encuestas en el transcurso de sus clases, se realizaron en 2 cursos de la Facultad de Sistemas, 2 cursos de la Facultad de Idiomas y 2 cursos de la Facultad de Economía.

Cuando se realizaron las encuestas en los centros comerciales, se vio un poco de negativa de las personas a llenar las encuestas, debido a que según ellos se les

quitaba tiempo y estaban con el tiempo justo, por tal motivo, cumplir con las encuestas necesarias designadas para estos puntos llevó dos fines de semana (se realizaron los fines de semana, ya que son los días de mayor afluencia de usuarios).

A muchas personas no les gusta llenar encuestas, por tal motivo el proceso de completar la misma se realizó con la modalidad de preguntas del encuestador al encuestado, en el caso de los centros comerciales; en el caso de las Universidades fue mas fácil el proceso, ya que se impartió las encuestas al alumnado en grupos de casi 30 personas, dependiendo de la cantidad de estudiantes cursando la materia del catedrático que nos brindó su ayuda.

2.5 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta parte del capítulo, se describen los resultados del estudio de mercado con la finalidad de especificar el mercado meta que tendrá en un principio *Broadband PLC*; el estudio de mercado se realizó en toda la ciudad de Quito, pero debido al alcance del capítulo, solo se tomarán en cuenta los datos del sector norte de la ciudad para determinar el grupo meta en base al número de medidores en cada barrio, haciendo una relación entre los resultados, y el número de medidores existentes.

A continuación se presentan los datos obtenidos en las encuestas, con su respectivo análisis, indicando la pregunta y un gráfico representativo.

2.5.1 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS USUARIOS RESIDENCIALES

2.5.1.1 Edad de los Usuarios

<i>menor a 18 años</i>	21
<i>18 - 25 años</i>	201
<i>26 - 45 años</i>	153
<i>mayor a 45 años</i>	9

Tabla 2-6: Edad de los Encuestados en la ciudad de Quito

Como se puede observar de los resultados de la encuesta, la edad fluctuante de los encuestados radica entre 18 a 45 años, esto debido a la segmentación de mercado que se realizó antes de la encuesta, la cual se realizó en la práctica mediante la discriminación de los encuestadores a personas que no estén dentro del segmento de mercado. A continuación se presenta un gráfico comparativo de las edades de los encuestados.

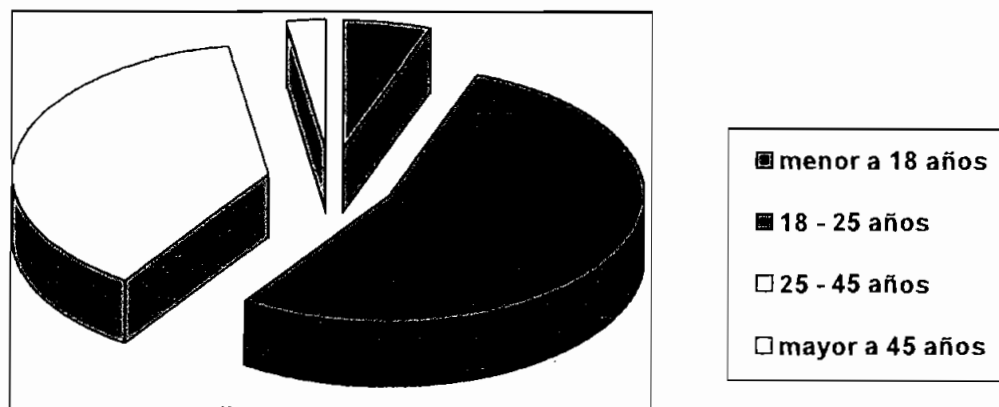


Figura 2-2: Edad de los encuestados en la ciudad de Quito

2.5.1.2 Sector de Residencia

Norte	234
Centro	88
Sur	62

Tabla 2-7: Sector en el que viven los usuarios en la ciudad de Quito

Al igual que la pregunta anterior, debido a la segmentación del mercado realizado antes de la encuesta la mayoría de datos son del norte de Quito, con la finalidad de obtener datos más reales del mercado en el norte de la ciudad, a donde va dirigido el diseño de la tecnología.

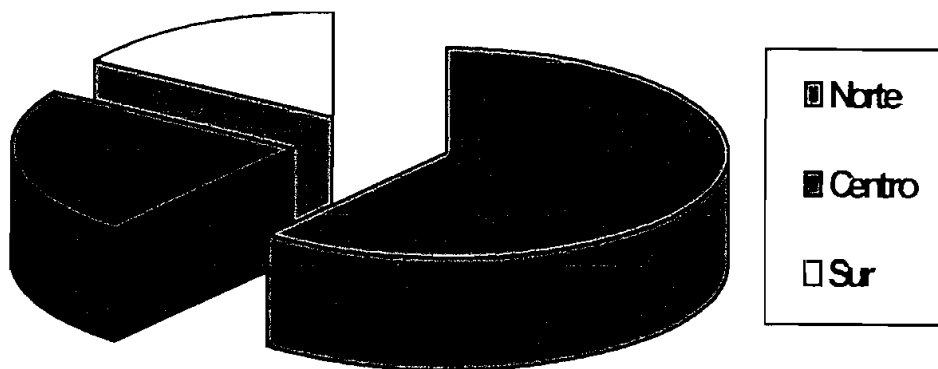


Figura 2-3: Sector en el que viven los usuarios en la ciudad de Quito

2.5.1.3 Usuarios que utilizan Internet

Si	376
No	8

Tabla 2-8: Número de Usuarios que utilizan Internet en la ciudad de Quito

Como se puede observar en la Tabla 2-8 el nivel de penetración del servicio de Internet en la ciudad de Quito es alto, de los 384 encuestados, solo 8 personas no utilizan Internet, lo que indica un mercado amplio para los proveedores de servicio de Internet.

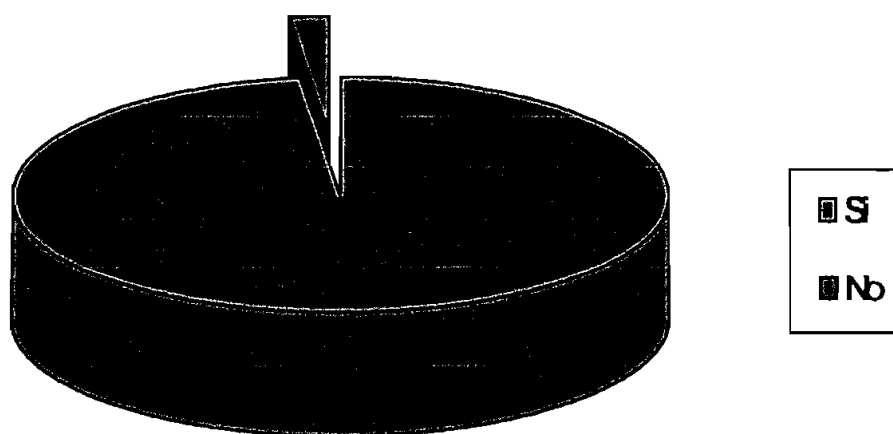


Figura 2-4: Número de Usuarios que utilizan Internet en la ciudad de Quito

2.5.1.4 Número de Computadores en el Hogar

<i>0 Computadores</i>	6
<i>1 Computador</i>	198
<i>2 Computadores</i>	128
<i>3 Computadores o más</i>	52

Tabla 2-9: Número de Computadoras por Hogar

Como se puede observar de las encuestas realizadas, la mayor parte de los usuarios tienen una computadora en su hogar, éstos podrían ser potenciales clientes de la tecnología, siendo que la mayoría utilizaría en teoría un servicio *Dial-Up*, los usuarios con más de una computadora en su hogar podrían llegar a ser usuarios seguros del servicio, debido a que se tomaría como referencia a este tipo de familias como aquellas que tienen ingresos económicos dentro de los dos quintiles especificado en la segmentación del mercado. A continuación se presenta un gráfico representativo de los resultados de esta pregunta en la encuesta.

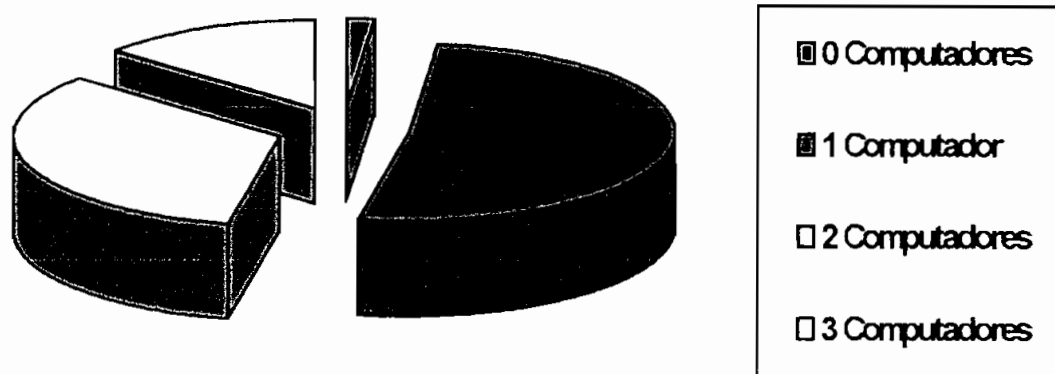


Figura 2-5: Número de Computadoras por Hogar

2.5.1.5 Conocimiento de *Broadband PLC*

<i>Si</i>	140
<i>NO</i>	229
<i>S/R</i>	15

Tabla 2-10: Personas que conocen la tecnología *Broadband PLC*

De la Tabla 2-10 se puede observar que la mayor parte de los usuarios no han escuchado de la Internet sobre la red eléctrica, lo que lleva a plantear en un futuro un plan de *marketing* masivo para presentar a *Broadband PLC* como la mejor solución para los usuarios.

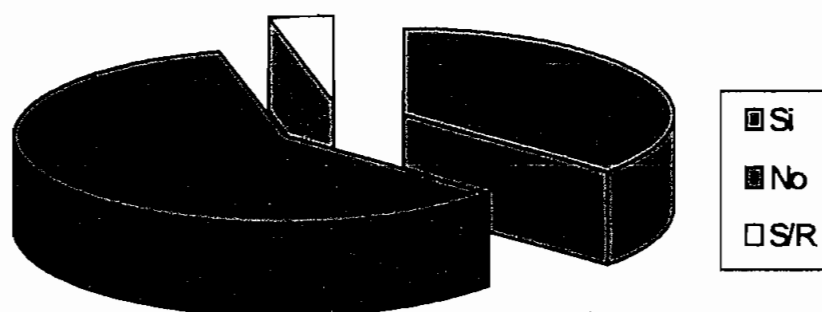


Figura 2-6: Personas que conocen la tecnología *Broadband PLC*

2.5.1.6 Lugares de acceso al Internet

<i>Trabajo</i>	68
<i>Café Net</i>	160
<i>Casa</i>	317
<i>Otros</i>	86

Tabla 2-11: Lugares de acceso a la Internet

De los resultados presentados en la Tabla 2-11 se puede observar que la gran parte de usuarios acceden a la Internet en la casa, que los cyber cafés tienen una gran parte de usuarios de Internet, por lo que podrían llegar a ser usuarios potenciales de la tecnología, debido a que todo cyber café con un buen servicio de Internet tiene por lo menos un servicio con capacidad de 64 kbps. El ítem "Otros" de la Tabla 2-11 representa a todos los usuarios que acceden al Internet en diferentes lugares como Universidades. A continuación se presenta un gráfico comparativo de los lugares de acceso a la Internet.

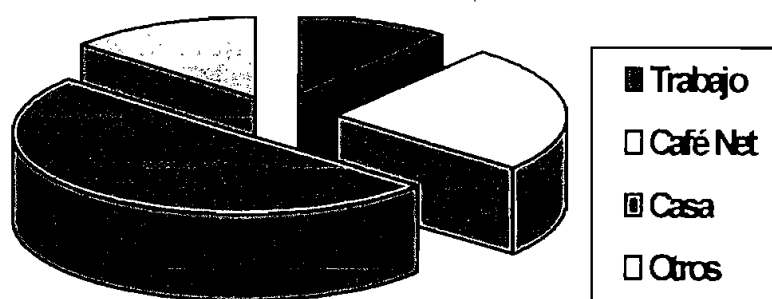


Figura 2-7: Lugares de acceso a la Internet

2.5.1.7 Forma de acceso al Internet en el Hogar

<i>Utilizando la línea telefónica</i>	265
<i>Mediante un servicio de Banda Ancha</i>	71
<i>No uso la Internet en mi casa</i>	45
<i>Otros</i>	3

Tabla 2-12: Tecnologías de Acceso a la Internet en el Hogar

De las personas encuestadas, la gran mayoría acceden al Internet por medio de la línea telefónica; para poder captar este tipo de usuarios, la Empresa Eléctrica Quito S.A. deberá realizar una fuerte campaña para convencer a las personas que un servicio de banda ancha tiene más beneficios que un servicio *Dial-Up*.

Los encuestados que respondieron que acceden a la Internet por medio de un servicio de banda ancha son usuarios potenciales de la tecnología, y para aquellos usuarios que no utilizan Internet en su hogar se debe lanzar un plan de *marketing* que indique la necesidad de tener un servicio de banda ancha en el mismo.

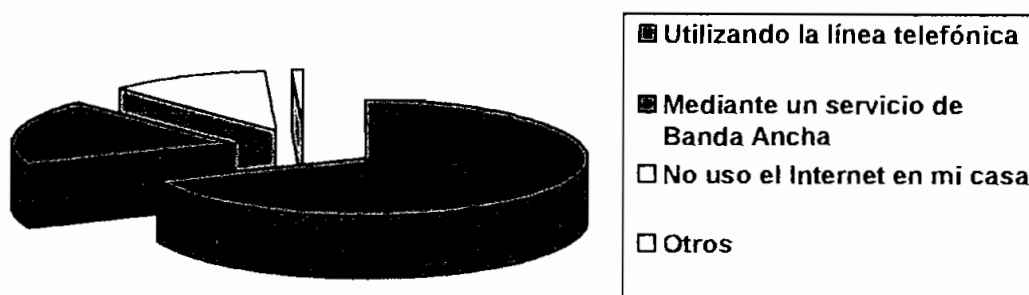


Figura 2-8: Tecnologías de Acceso a la Internet en el Hogar

2.5.1.8 Proveedor de Internet

<i>Interactive</i>	76
<i>Impsat</i>	4
<i>Satnet</i>	29
<i>No lo Recuerdo</i>	61
<i>No lo Tengo</i>	37
<i>Otros</i>	177

Tabla 2-13: Penetración de Proveedores de Internet en la ciudad de Quito

Como se puede observar en la Tabla 2-13 no existe un proveedor de servicios de Internet líder en el mercado, esto se debe al gran número de empresas competidoras, y a la gama de ofertas que los diferentes proveedores ofrecen a los usuarios.

El hecho de que el ítem "Otros" tenga un valor alto se debe a que en la encuesta no se tomó en cuenta varios proveedores de Internet importantes como "Andinanet" y "Puntonet", puesto que una gran parte de las personas encuestadas que llenaron esta opción son clientes de dichos proveedores tal como se muestra en la Tabla 2-14.

En la Figura 2-9 se presenta un gráfico descriptivo de la penetración de los diferentes ISPs en el mercado de acuerdo a los datos de la Tabla 2-13 y la Tabla 2-14.

Proveedor	Número de Usuarios
Andinanet	67
Puntonet	28
Tvcable	11
On-Net	10
Startnet	7
Ecuagnet	6
Intercom	6
Access Ram	4
Movistar	4
Panchonet	4
Quicknet	4
Allegro	3
Varios	3

Tabla 2-14: Penetración de proveedores de Internet especificados en la opción "Otros".

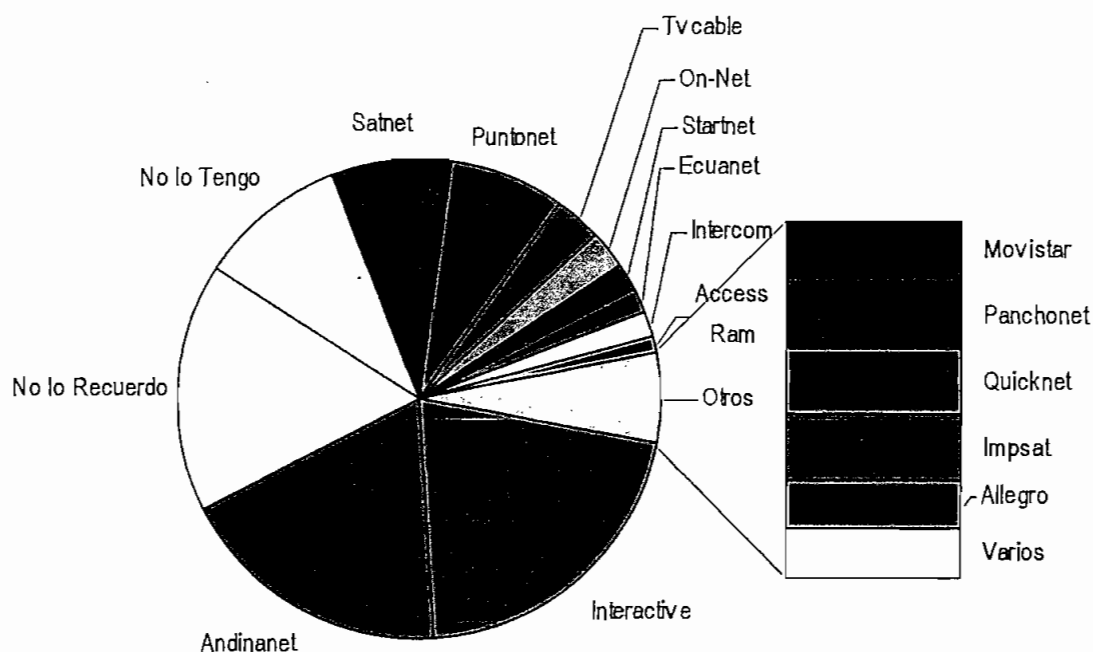


Figura 2-9: Penetración de Proveedores de Internet en la ciudad de Quito

2.5.1.9 Nivel de satisfacción del servicio

Alto	72
Regular	216
Bajo	44
Pésimo	10

Tabla 2-15: Nivel de satisfacción de los Usuarios de los proveedores de Internet

Como se puede observar en la Tabla 2-15, existen muchos usuarios que no se encuentran satisfechos con su proveedor de servicios de Internet, debido a diferentes factores que en las próximas preguntas serán definidos. Como se puede observar el nivel de aceptación de los usuarios es variante, debido a la gama de ISP, posesionados en el mercado, y los diversos servicios prestados por las empresas.

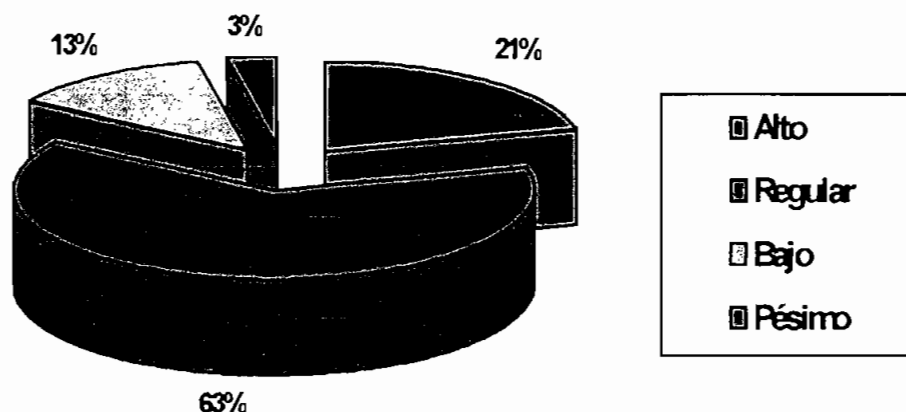


Figura 2-10: Nivel de satisfacción de los Usuarios de los proveedores de Internet

2.5.1.10 Causas de insatisfacción con el Servicio

<i>La velocidad</i>	278
<i>La seguridad de la información</i>	69
<i>La movilidad</i>	44
<i>El Soporte técnico</i>	39
<i>No tengo servicio de Internet al momento</i>	29
<i>Otro</i>	0

Tabla 2-16: Problemas más frecuentes de los proveedores de Internet

Los problemas que pueda tener una persona con su ISP varían dependiendo de las necesidades del cliente y de la capacidad del proveedor, por tal motivo como se puede observar en la Tabla 2-16, la velocidad, la seguridad de la información y la movilidad de los usuarios, son los principales requerimientos que un ISP debe cumplir para brindar un servicio de calidad. Estos datos se pueden visualizar en la Figura 2-11 que se presenta a continuación.



Figura 2-11: Problemas más frecuentes de los proveedores de Internet

2.5.1.11 Expectativa de Servicio

<i>Buen Precio</i>	230
<i>Alta velocidad</i>	353
<i>Buen Soporte Técnico</i>	61
<i>Seguridad de la Información</i>	69
<i>Movilidad</i>	14
<i>No Se</i>	0
<i>Otros</i>	0

Tabla 2-17: Expectativas de los usuarios de los proveedores de Internet

Los resultados obtenidos en la encuesta y presentados en la Tabla 2-17 indican que la gran mayoría de usuarios se fijan primero en la velocidad de conexión antes de adquirir el servicio, muchos usuarios a más de la velocidad de conexión observan el precio, otros observan el soporte técnico, algunos se preocupan más por la seguridad de la información y la movilidad. Estos resultados dependen de las necesidades de los usuarios del servicio de Internet y se pueden visualizar en la Figura 2-12 que se presenta a continuación.

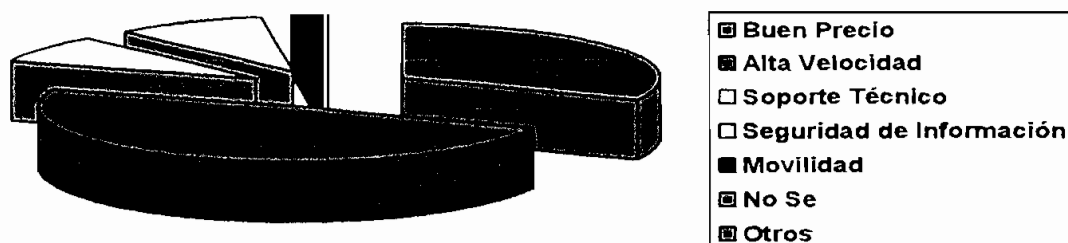


Figura 2-12: Expectativas de los usuarios de los proveedores de Internet

2.5.1.12 Precio del Servicio

Menos de \$52	254
\$53 - \$56	27
\$57 - \$60	10
\$61 - \$64	15
\$65 - \$68	4
\$69 - \$72	0
Más de \$73	0

Tabla 2-18: Valores mensuales del servicio de Internet en la ciudad de Quito

Como se puede observar en la Tabla 2-18, la gran mayoría de encuestados cancelan mensualmente un valor menor a \$52, esto se debe a que el rango de \$52 es muy amplio y abarca todos los usuarios *Dial-Up* y la gran mayoría de usuarios de banda ancha residencial, siendo muy difícil segregar entre los dos grupos de usuarios a partir de esta pregunta. Se puede observar además, que existen pocos usuarios de banda ancha que adeudan mensualmente al proveedor un valor entre USD \$53 y USD \$68, el mismo que depende del enlace que tenga el usuario contratado. Estos datos se pueden visualizar en la Figura 2-13.

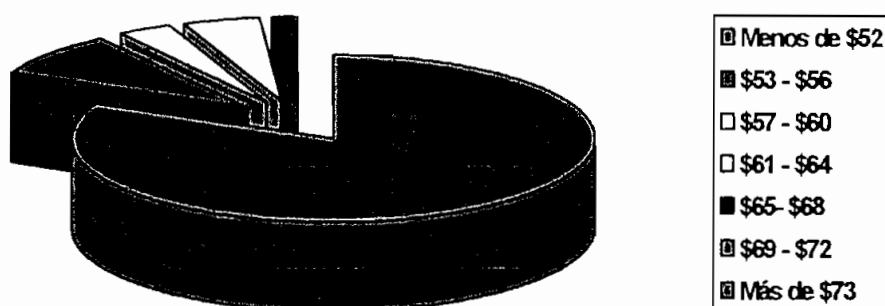


Figura 2-13: Valores mensuales del servicio de Internet en la ciudad de Quito

2.5.1.13 Interés mostrado por el nuevo servicio

Si lo Contrataría	203
No lo Contrataría	8
Necesito Más Información	163

Tabla 2-19: Usuarios interesados en la tecnología *Broadband PLC*

Mientras se realizaron las encuestas se vió gran interés de las personas por adquirir este servicio, lo cual se refleja en los resultados presentados en la Tabla 2-19. Cabe recalcar que la gran mayoría no tiene conocimiento de esta tecnología, por este motivo se puede observar que el Item "Necesito más información" tiene un valor alto. De los resultados obtenidos, se puede concluir que la Empresa Eléctrica Quito S.A. tendrá un gran mercado siempre y cuando implemente una campaña de *marketing* agresiva, indicando los parámetros básicos de la tecnología, y las facilidades que puede tener el usuario de la misma.

Para visualizar de mejor manera los resultados a continuación se presenta un gráfico representativo con los porcentajes de cada respuesta.

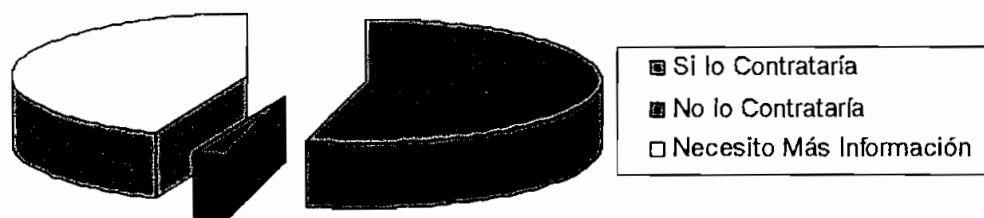


Figura 2-14: Usuarios interesados en la tecnología *Broadband PLC*

2.5.1.14 Expectativa de precio por el nuevo servicio

Valor a cancelar en USD	Número de Usuarios
\$10	3
\$15	10
\$20	62
\$25	25
\$30	61
\$33	4
\$35	11
\$40	46
\$45	14
\$50	55
\$52	4
\$55	7
\$60	17
\$63	4
\$65	8
\$100	6

Tabla 2-20: Valor Deseado a pagar por los usuarios para el servicio *Broadband PLC*

Los resultados presentados en la Tabla 2-20 ayudarán a visualizar en el capítulo financiero el valor a cobrar por los servicios prestados por la Empresa Eléctrica Quito S.A. tomando en cuenta diferentes factores especificados en el capítulo 3.

2.5.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS USUARIOS COMERCIALES

2.5.2.1 Localización de la Empresa

<i>Norte</i>	225
<i>Centro</i>	75
<i>Sur</i>	124

Tabla 2-21: Ubicación de Empresas en la ciudad de Quito

De la Tabla 2-21 se puede visualizar que las empresas se encuentran repartidas a lo largo de la ciudad de Quito, en especial el sector bancario. Se puede observar además que la gran mayoría de las empresas que podrían llegar a ser usuarios potenciales de la tecnología se encuentran ubicadas en el norte de la ciudad, en especial en el sector Ñaquito donde se encuentra la gran mayoría de oficinas centrales de las grandes empresas nacionales e internacionales.

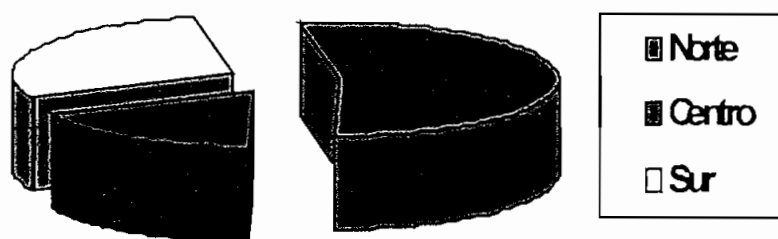


Figura 2-15: Ubicación de Empresas en la ciudad de Quito

2.5.2.2 Número de computadores en la empresa

<i>Menos de 5 Computadores</i>	107
<i>De 5 a 10 Computadores</i>	73
<i>De 10 a 50 Computadores</i>	184
<i>De 50 a 100 Computadores</i>	20
<i>Mas de 100 Computadores</i>	20

Tabla 2-22: Número de computadoras por Organización en la ciudad de Quito

El número de computadoras que tenga cada organización será un factor muy importante para visualizar el tipo de enlace que se puede vender a la empresa. Debido a la segmentación de mercado, las empresas encuestadas son la gran mayoría del sector norte de la capital, cada una con un mínimo estipulado de 30 computadoras, lo cual se refleja en la Tabla 2-22.

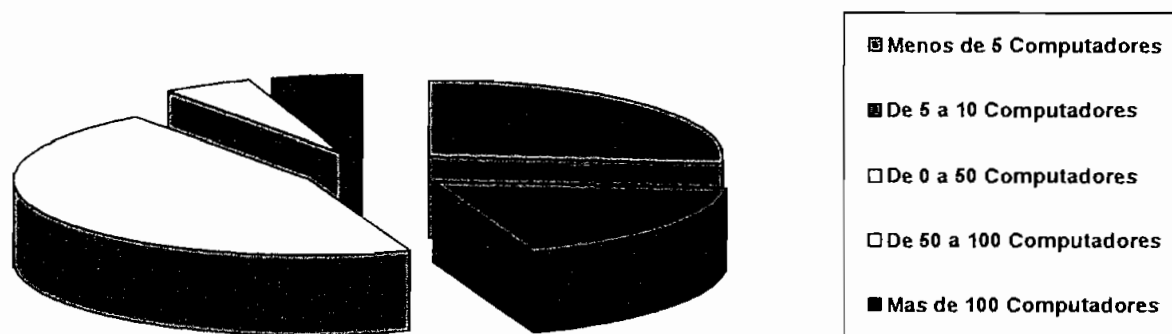


Figura 2-16: Número de computadoras por Organización en la ciudad de Quito

2.5.2.3 Conocimiento de *Broadband PLC*

SI	160
NO	244

Tabla 2-23: Empresas que conocen de la tecnología *Broadband PLC*

Debido a que *Broadband PLC* es una tecnología nueva, muchas personas no han escuchado de la misma, lo cual se refleja en la Tabla 2-23.

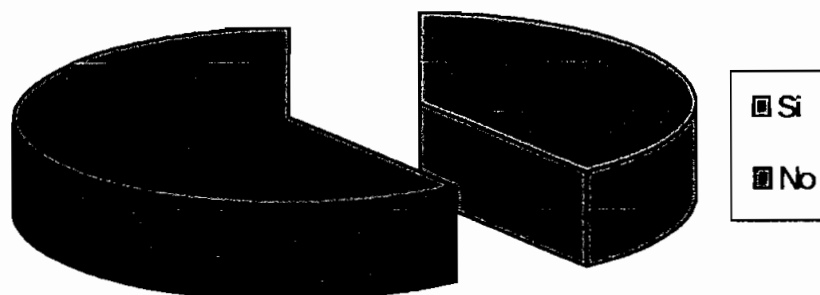


Figura 2-17: Empresas que conocen de la tecnología *Broadband PLC*

2.5.2.4 Método de acceso empresarial

<i>Utilizando la línea telefónica</i>	117
<i>Mediante un servicio de Banda Ancha</i>	255
<i>Mi organización no utiliza servicios de Internet</i>	17
<i>Otros</i>	15

Tabla 2-24: Tecnologías de acceso utilizadas por las empresas en la ciudad de Quito

De la Tabla 2-24 se puede observar que la Internet ya es una herramienta muy necesaria para las empresas, lo que hace a este mercado muy atractivo para la Empresa Eléctrica Quito S.A.

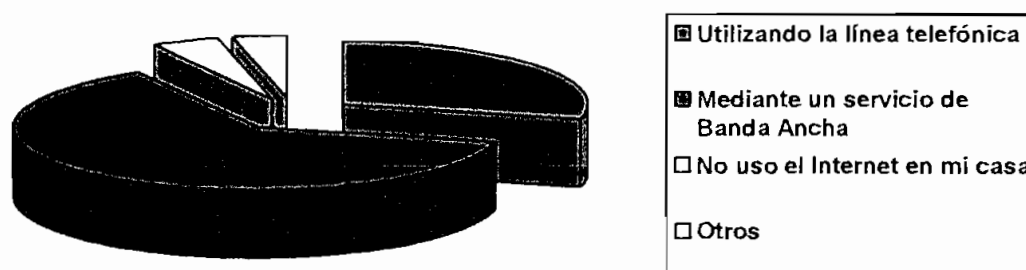


Figura 2-18: Tecnologías de acceso utilizadas por las empresas en la ciudad de Quito

2.5.2.5 Proveedor de Servicio

<i>Interactive</i>	70
<i>Impsat</i>	69
<i>Satnet</i>	68
<i>Andinanet</i>	100
<i>Otros</i>	80

Tabla 2-25: Posicionamiento de los ISPs en la ciudad de Quito

Como se puede observar en la Tabla 2-25 no existe un ISP que predomine en el mercado, la aceptación de uno u otro ISP depende de las características del servicio ofrecido a las empresas, para visualizar de mejor manera estos resultados se presenta a continuación la Figura 2-19.

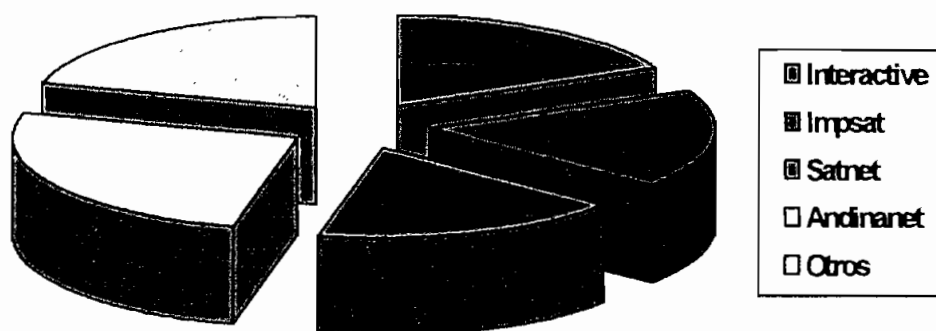


Figura 2-19: Posicionamiento de los ISPs en la ciudad de Quito

2.5.2.6 Nivel de satisfacción con el servicio

Alto	138
Regular	148
Bajo	95
Pésimo	6

Tabla 2-26: Nivel de satisfacción de las Empresas del servicio ofrecido por el ISP

Como se puede observar de los resultados, muchas empresas se encuentran conformes con el servicio prestado por los diferentes proveedores de servicio. Para lo cual la Empresa Eléctrica Quito S.A. deberá realizar un plan de *marketing* para lanzar el producto y captar la mayor parte de usuarios comerciales.

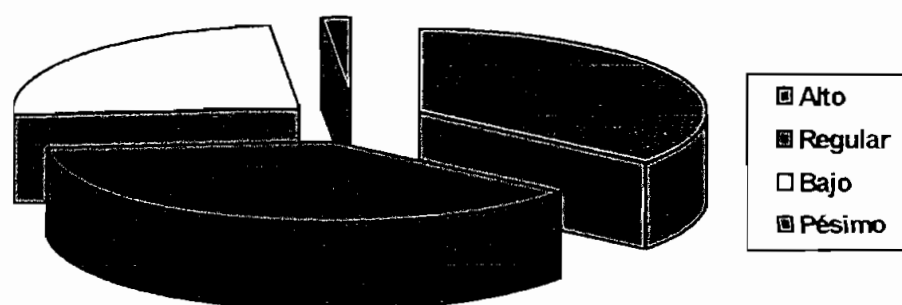


Figura 2-20: Nivel de satisfacción de las Empresas del servicio ofrecido por el ISP

2.5.2.7 Problemas del Servicio Actual

<i>La velocidad</i>	175
<i>La seguridad de la información</i>	50
<i>La movilidad</i>	20
<i>El Soporte técnico</i>	125
<i>No tengo servicio de Internet al momento</i>	22
<i>Otro</i>	12

Tabla 2-27: Problemas de las empresas con su ISP

Como se puede observar en la Tabla 2-27, el mayor problema de las empresas es la velocidad y el soporte técnico, elementos primordiales para brindar un servicio de calidad, la Empresa Eléctrica Quito S.A. puede tomar estas dos falencias de los proveedores, superándolas para captar a este tipo de usuarios.

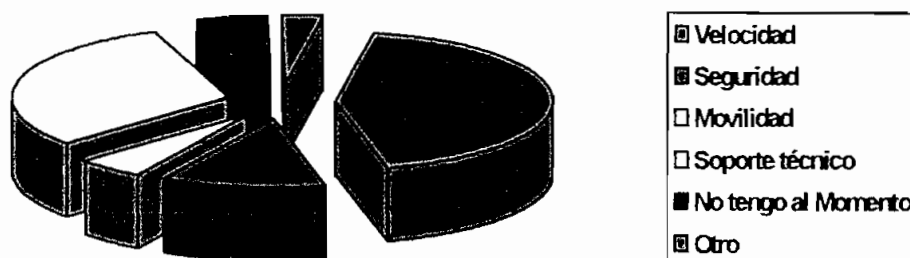


Figura 2-21: Problemas de las empresas con su ISP

2.5.2.8 Expectativa del Servicio

<i>Buen Precio</i>	169
<i>Alta velocidad</i>	214
<i>Buen Soporte Técnico</i>	175
<i>Seguridad de la Información</i>	190
<i>Movilidad</i>	45
<i>Otros</i>	15

Tabla 2-28: Expectativas de las empresas de un ISP

Como se puede visualizar en los resultados de la encuesta en la Tabla 2-28, muchas empresas requieren enlaces con alta velocidad de transmisión, que protejan los datos enviados por su red y que tenga un buen precio, para lo cual la Empresa Eléctrica Quito S.A. deberá entrar al mercado con un servicio de alta calidad, a un precio un poco menor a los ofrecidos en la actualidad.

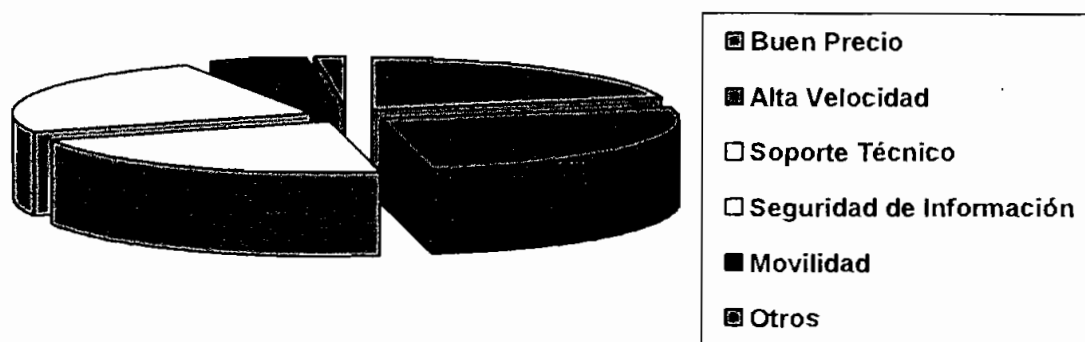


Figura 2-22: Expectativas de las empresas de un ISP

2.5.2.9 Precio del Servicio

Menos de \$52	20
\$53 - \$56	57
\$57 - \$60	10
\$61 - \$64	18
\$65 - \$68	51
\$69 - \$72	56
Más de \$73	185

Tabla 2-29: Valores contratados mensualmente por las empresas a los ISPs

Como se puede observar en la Tabla 2-29, la mayor parte de empresas ubicadas en Quito cancelan un valor mensual mayor a \$73 dólares, lo que indica que tienen enlaces con una gran capacidad, llegando a ser usuarios potenciales para la Empresa Eléctrica Quito S.A.

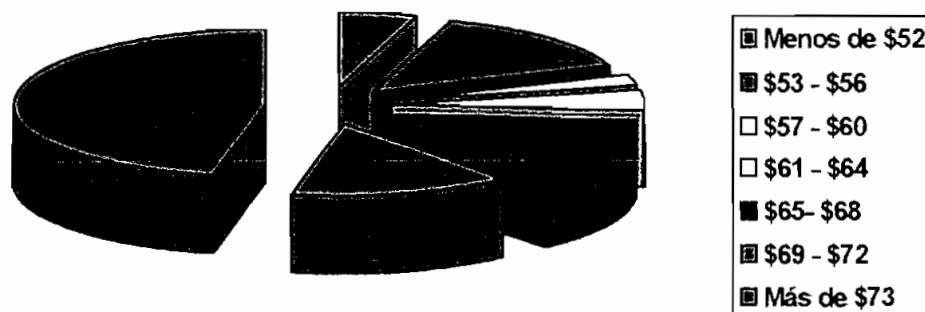


Figura 2-23: Valores contratados mensualmente por las empresas a los ISPs

2.5.2.10 Interés por el Servicio.

Si lo Contrataría	234
No lo Contrataría	14
Necesito Mas Información	156

Tabla 2-30: Empresas Interesadas en la tecnología *Broadband PLC*

De los resultados expuestos en la Tabla 2-30, se puede observar que gran parte de las empresas encuestadas estarían interesadas en adquirir el servicio, al igual que las encuestas a usuarios residenciales muchas empresas requieren una mayor información para tomar una decisión, por lo que la Empresa Eléctrica Quito S.A. debe atacar con un plan de *marketing* masivo para indicar las ventajas de *Broadband PLC*.

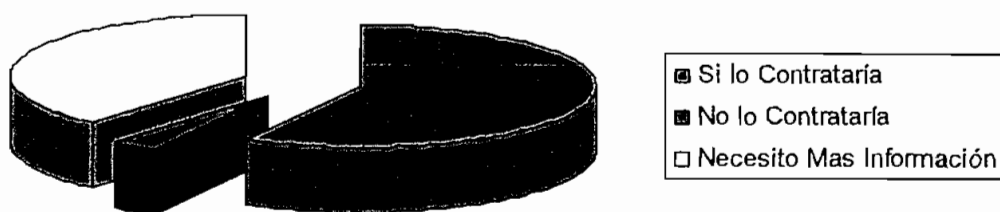


Figura 2-24: Empresas Interesadas en la tecnología *Broadband PLC*

2.5.2.11 Expectativa del precio por el nuevo servicio

Menos de \$52	10
\$53 - \$56	52
\$57 - \$60	10
\$61 - \$64	0
\$65 - \$68	16
\$69 - \$72	61
Más de \$73	225

Tabla 2-31: Valores a cancelar mensualmente las empresas a la Empresa Eléctrica Quito S.A.

A partir de los datos indicados en la Tabla 2-31, se puede observar que para usuarios comerciales se puede brindar un servicio con un valor mayor a \$73 dólares, esta información servirá para el estudio financiero. Estos datos se pueden visualizar en la Figura 2-25.

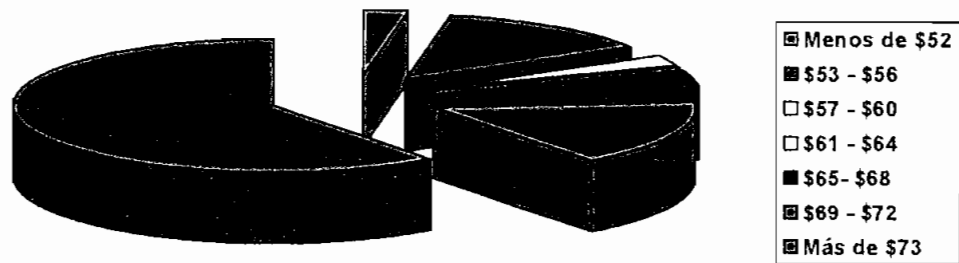


Figura 2-25: Valores a cancelar mensualmente según las empresas a la Empresa Eléctrica Quito S.A.

2.5.3 CÁLCULO DEL GRUPO META DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A. [1] [2] [3]

Una vez analizadas las preguntas expuesta al consumidor en las encuestas, el siguiente paso a definir es el cálculo del grupo meta de la Empresa Eléctrica Quito S.A., a partir de los datos de las encuestas, en especial de las preguntas que hacen referencia a la tecnología *Broadband PLC*.

Para realizar este cálculo, al igual que las encuestas, se dividirá en dos sectores. Primero se realiza el cálculo del número de usuarios residenciales a partir del número de medidores existentes en la zona de cobertura y relacionándolos con los resultados antes expuestos. Para los usuarios comerciales se realizará el mismo procedimiento, con la diferencia de que se considerará la cantidad de medidores comerciales, industriales y de entidades oficiales.

Se ofrecerán varios tipos de servicio, clasificados por la velocidad del enlace contratado. Para usuarios residenciales se tiene previsto ofrecer un único servicio, y para usuarios comerciales se dividirá en tres grupos que a continuación se detallan.

- *Empresarial VIE.*- Este grupo está dirigido para empresas grandes como bancos, multinacionales, otros ISP, etc. Empresas que tengan altos

requerimientos de velocidad y calidad de servicio, cuya capacidad contratada sea fija (*clear channel*).

- *Empresarial*.- Dedicado a empresas medianas, sin tanto requerimiento de capacidad como los usuarios del grupo VIE, pero con un alto nivel de demanda con relación a los usuarios del grupo Semiempresarial. Para éste grupo se plantea una compartición de 2:1 como parámetro de diseño, basado en la compartición ofrecida en la actualidad por las empresas proveedoras de servicio de Internet.
- *SemiEmpresarial*.- Para empresas pequeñas, con un requerimiento de velocidad un poco mayor a los usuarios residenciales. Para éste grupo se plantea una compartición de 4:1 como parámetro de diseño, basado en la compartición ofrecida en la actualidad por las empresas proveedoras de servicio de Internet..

A partir de datos provistos por la Superintendencia de Telecomunicaciones se determinó el crecimiento de usuarios de Internet en los últimos 5 años, a partir de estos datos se obtendrá una función que ayudará a predecir el crecimiento de usuarios de Internet en los próximos 5 años, y adaptar esta tasa de crecimiento a los datos obtenidos anteriormente para calcular la proyección de usuarios del ISP.

2.5.3.1 Usuarios Residenciales

En la zona de urbana de Quito hay 395.217 familias, de las cuales 158.151 forman parte del mercado meta, representando el 40.02% de la población. Dentro de las subestaciones de estudio residen 9000 familias, las cuales se asume contienen todos los grupos sociales.

De las 384 encuestas realizadas, se obtuvo que 106 encuestados (27.6%) serían el mercado inicial para el ISP en diseño, para este cálculo se ha considerado a los usuarios que cuentan al menos con un equipo de cómputo en la casa, usan

Internet en el hogar, no están completamente satisfechos con su servicio actual, y que estarían dispuestos a adquirir los servicios del ISP en mención.

Por tanto para determinar la demanda inicial en la zona de cobertura de las subestaciones se aplica la Ecuación 2-5.

$$D_o = \frac{fam_{meta}}{fam_{totales}} \times \frac{enc_{meta}}{enc_{totales}} \times fam_{cobertura} \quad \text{Ecuación 2-5}$$

Donde:

D_o	Es la demanda Inicial de Usuarios
fam_{meta}	Es el número de familias meta del Estudio de mercado
$fam_{totales}$	Es el número de familias totales en la ciudad de Quito
enc_{meta}	Es el número de encuestados que están dentro de los parámetros requeridos
$enc_{totales}$	Es el número total de encuestados
$fam_{cobertura}$	Es el número de familias existentes en el área de cobertura de las subestaciones.

Reemplazando los valores en la Ecuación 2-5 se obtiene:

$$D_o = \frac{158151}{395217} \times \frac{106}{384} \times 9000 = 994,09 \approx 994 \text{ usuarios} \quad \text{Ecuación 2-6}$$

2.5.3.2 Usuarios Comerciales

Según datos proporcionados por la Superintendencia de Compañías en la ciudad de Quito están registradas 12000 organizaciones en el año 2006. A partir de datos proporcionados por la Empresa Eléctrica Quito S.A., se sabe que 6580 organizaciones tienen instalaciones dentro del área de cobertura.

De las 404 encuestas realizadas, se obtuvo que 80 encuestados (19.8%) serían el mercado inicial para el ISP en diseño, para este cálculo se ha considerado a los usuarios que cuentan al menos con cinco equipos de cómputo en sus oficinas,

que no están completamente satisfechos con su servicio actual, y que estarían dispuestos a adquirir los servicios del ISP en mención.

Por tanto para determinar la demanda inicial en la zona de cobertura de las subestaciones se aplica la Ecuación 2-7.

$$D_o = \frac{enc_{meta}}{enc_{totales}} \times Emp_{cobertura} \quad \text{Ecuación 2-7}$$

Donde:

- D_o Es la demanda Inicial de Usuarios
- enc_{meta} Es el número de encuestados que están dentro de los parámetros requeridos
- $enc_{totales}$ Es el número total de encuestados
- $Emp_{cobertura}$ Es el número de organizaciones existentes en el área de cobertura de las subestaciones.

Reemplazando los valores en la Ecuación 2-7 se obtiene:

$$D_o = \frac{80}{404} \times 6580 = 1302.84 \approx 1303 \quad \text{organizaciones} \quad \text{Ecuación 2-8}$$

2.5.3.3 Proyección del número de usuarios

El mercado de Internet ha experimentado un crecimiento significativo según se puede observar en la Figura 2-26, y en la Tabla 2-32. Se puede visualizar que la curva de los usuarios dial-up está decreciendo, mientras que las cuentas dedicadas están incrementándose con mayor rapidez, esto se debe a que varios usuarios *dial-up* tradicionales tienen nuevas necesidades de comunicaciones, por tal motivo están contratando enlaces dedicados.

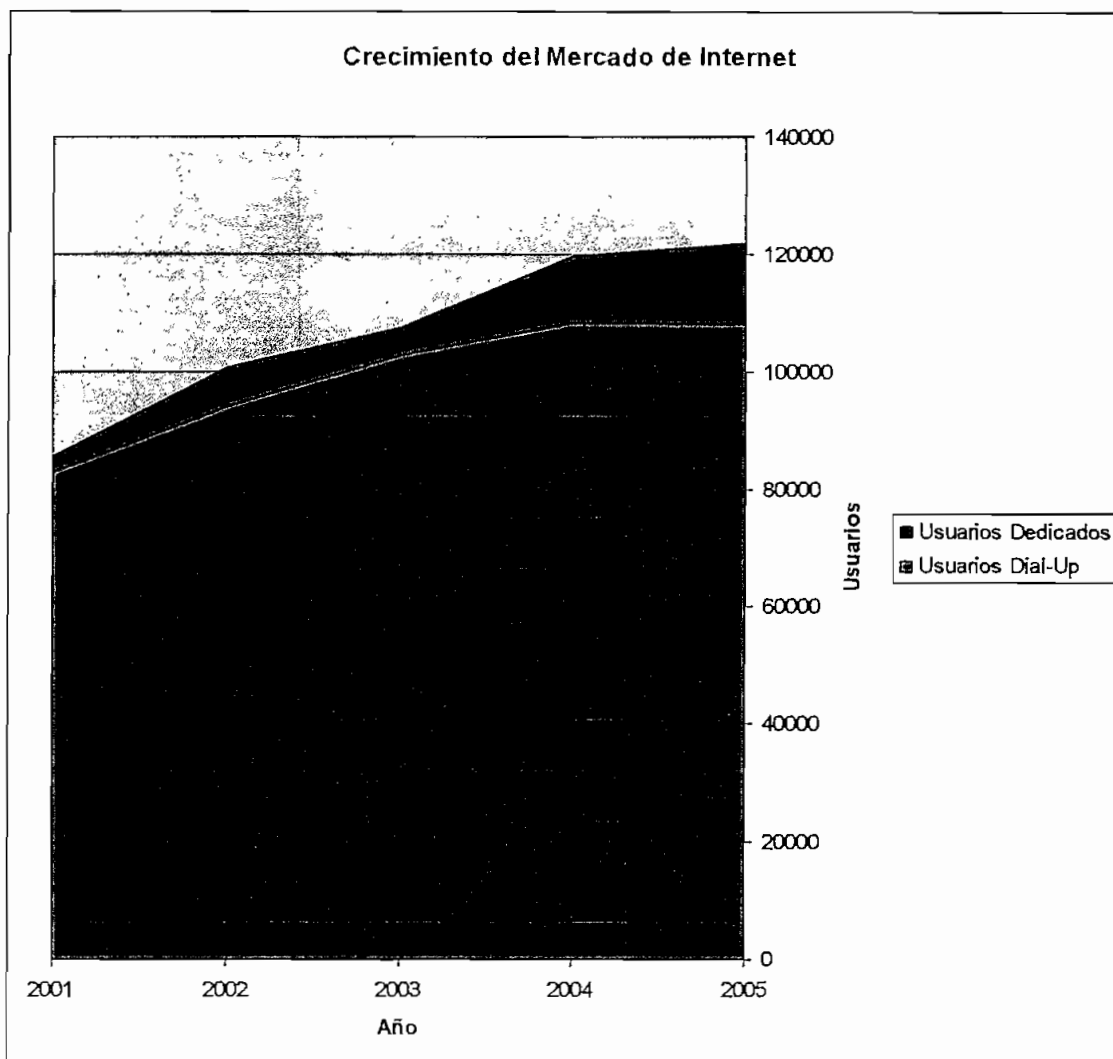


Figura 2-26: Crecimiento del Mercado de Internet

Año	Cuentas Personales reportadas (DIAL-UP)	Cuentas Corporativas reportadas	Total
2001	83007	2623	85630
2002	94164	6499	100663
2003	102787	4563	107350
2004	108169	11599	119768
2005	107912	14058	121970

Tabla 2-32: Crecimiento del Mercado de Internet en la ciudad de Quito ^[9]

Para el estudio de la demanda futura del servicio de acceso a la Internet se considera la curva de usuarios totales por las razones ya expuestas. El crecimiento se ha determinado en base a la Ecuación 2-10, que ha sido deducida a partir de la Tabla 2-32, datos que se pueden visualizar en la Figura 2-27

$$\text{Usuarios} = 23164 \times \ln(x) + 84897$$

Ecuación 2-9

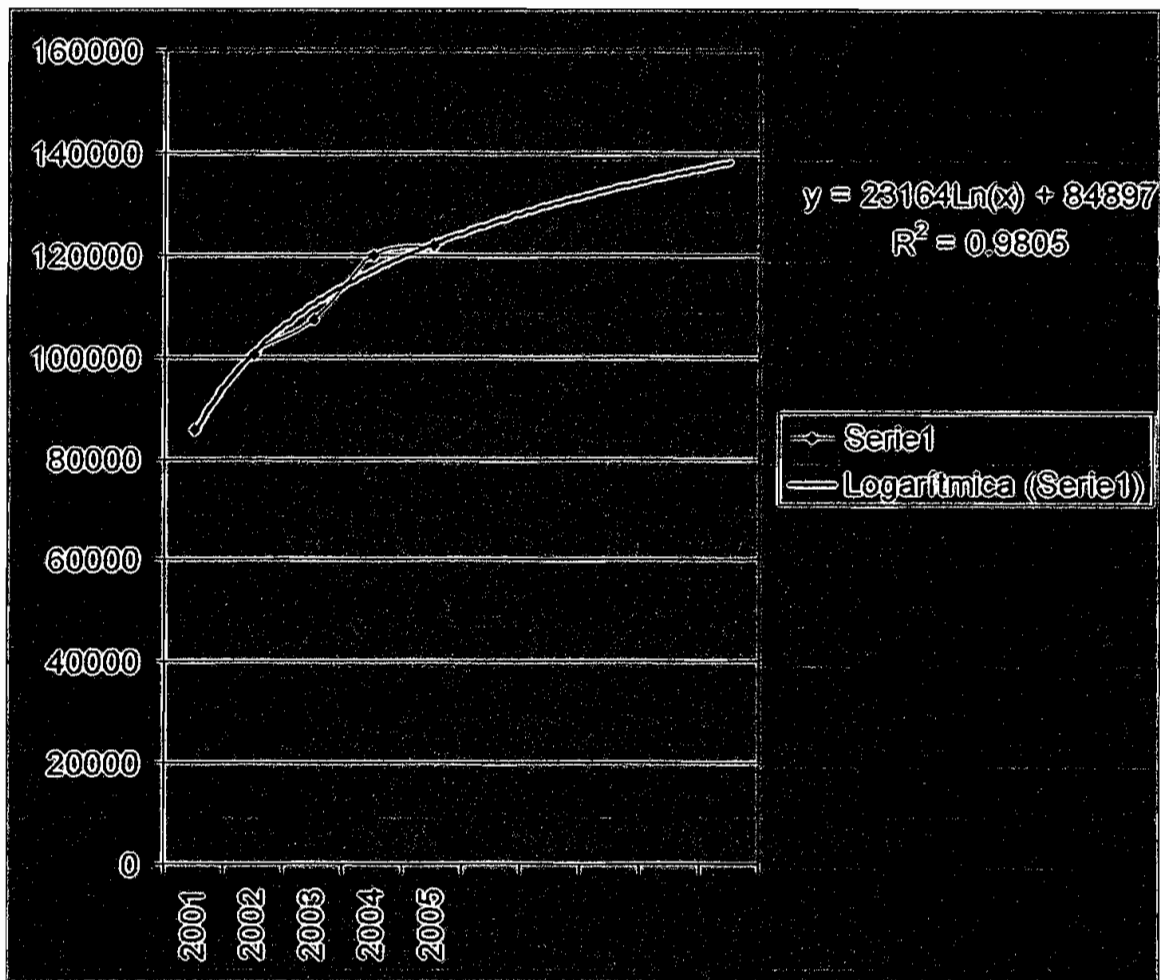


Figura 2-27: Crecimiento Anual Usuarios Internet

Un factor a considerar es el porcentaje de abandonos por parte de los usuarios del servicio prestado llamado CHURN (porcentaje de abandono del servicio). El CHURN es manejado por cada empresa, y uno de los principales objetivos de las organizaciones es disminuir anualmente este porcentaje, para el presente diseño

se considerará este factor del 5% en el primer año, en el segundo año de 3%, el tercer año se considerará un factor del 1%, en el cuarto año del 8%, el quinto año del 5%, el sexto año del 4% y a partir de séptimo año el porcentaje de abandono del servicio constante del 3%.

Se puede entonces estimar el crecimiento del mercado de acceso a la Internet para los próximos cinco años, y por tanto estimar el crecimiento de usuarios del ISP en diseño según se muestra en la ISP en diseño según se muestra en la Tabla 2-33 y en la Figura 2-28.

AÑO	USUARIOS	Aumento Anual	Factor crecimiento	CHURN	Usuarios Residenciales	Usuarios Empresarial VIE	Usuarios Empresarial	Usuarios Semi Empresarial
2001	84897	84897.0	—	—	—	—	—	—
2002	100953.0613	16056.1	0.189124	—	—	—	—	—
2003	110345.2551	9392.2	0.093035	—	—	—	—	—
2004	117009.1226	6663.9	0.060391	—	—	—	—	—
2005	122178.0198	5168.9	0.044175	—	994	65	629	410
2006	126401.3163	4223.3	0.034567	—	1028	67	651	424
2007	129972.0627	3570.7	0.028249	0.050	1005	66	636	414
2008	133065.1839	3093.1	0.023798	0.030	998	65	631	411
2009	135793.5101	2728.3	0.020504	0.010	1008	66	638	416
2010	138234.0811	2440.6	0.017973	0.008	1018	67	644	420
2011	140441.8461	2207.8	0.015971	0.005	1029	67	651	425
2012	142457.3776	2015.5	0.014351	0.004	1040	68	658	429
2013	144311.4869	1854.1	0.013015	0.003	1050	69	665	433
2014	146028.124	1716.6	0.011895	0.003	1060	69	671	437
2015	147626.2749	1598.2	0.010944	0.003	1069	70	676	441
2016	149121.2452	1495.0	0.010127	0.003	1077	70	681	444

Tabla 2-33: Proyección de usuarios del servicio de Internet

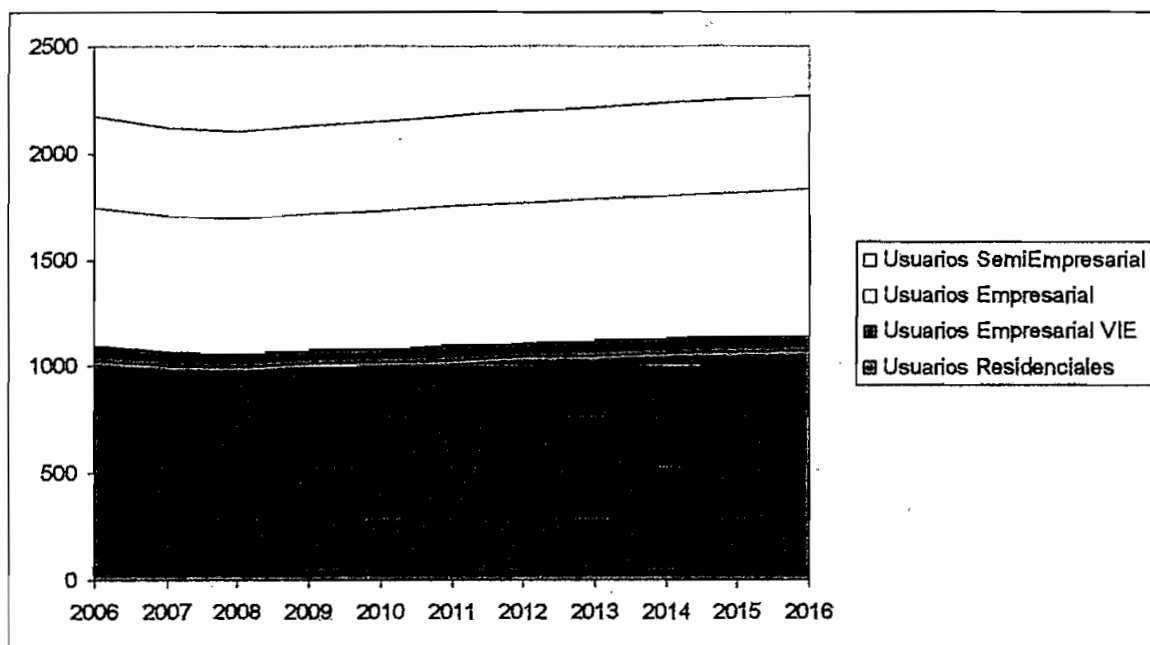


Figura 2-28 : Proyección de usuarios del servicio de Internet

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 2

Libros consultados:

1. DAVID A. AAKER, GEORGE S. DAY, "Investigación de Mercados", Prentice Hall, tercera edición, 2003.
2. KOTLER – ARMSTRONG, "*Marketing*", Prentice Hall, Octava Edición, 2001.

Páginas Web:

3. http://www.psico.uniovi.es/Dpto_Psicologia/metodos/tutor.7/p3.html, Tamaño de la Muestra.
4. <http://www.monografias.com/trabajos11/tebas/tebas.shtml>, Teoría Básica del Muestreo
5. <http://www.monografias.com/trabajos12/muestam/muestam.shtml>, Muestreo Tamaño y Muestra.
6. http://www.ifad.org/gender/tools/hfs/anthropometry/s/ant_3.htm, Cálculo del Tamaño de la Muestra.
7. http://www.regionarequipa.gob.pe/region/g_planeamiento/estadistica/Tutorial/estadistica_inferencial.htm, Estadística Inferencial.
8. <http://www.monografias.com/trabajos12/muestam/muestam.shtml>, Muestreo y Tamaño de Muestra
9. <http://www.supertel.gov.ec/>, Estadísticas Usuarios de Internet del 2001 al 2005.

Otras fuentes de Consulta:

10. Información impartida por parte de la INEC, CD Multimedia de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de Hogares Urbanos – Resultados Anuales Quito y Guayaquil – Febrero 2003 a Enero 2004, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

11. Información impartida por la Superintendencia de Compañías.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA RED DE ACCESO

3.1 ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL DE LA RED ELÉCTRICA DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A. ^{[1] [2] [3]}

A continuación se describe la estructura de la red eléctrica de la Empresa Eléctrica Quito S.A., y sus características más importantes, con énfasis en las zonas a ser diseñadas.

Para dar servicio a los usuarios de la zona urbana de Quito, la Empresa Eléctrica Quito S.A. ha instalado un sistema eléctrico que incluye elementos como subestaciones de alta tensión, subestaciones de media tensión, transformadores de media tensión, redes de alta tensión, redes de media tensión y redes de baja tensión.

La Empresa Eléctrica Quito S.A. cuenta con 32 subestaciones de distribución instaladas a lo largo de la ciudad, sirviendo a un total de 656.135 abonados. Por motivos de estudio, se analizará las estructuras y las características de los componentes de la red eléctrica de la Empresa Eléctrica Quito S.A. en las subestaciones Norte, Ñaquito y Carolina.

3.1.1 SUBESTACIÓN NORTE

Esta subestación es identificada como la subestación 38; la misma no tiene abonados conectados directamente, pero sirve como estación de conmutación para otras subestaciones.

La Subestación Norte, en el presente diseño, será el eje central al que se conectan las dos subestaciones, Ñaquito y Carolina, y a través de la cual accederán a la Internet los usuarios conectados a la red *Broadband PLC*. Las subestaciones Carolina e Ñaquito se conectan a la subestación Norte por medio

Primario	Transformadores aéreos		Cámaras de transformación	total
	aéreo trifásicos	aéreo monofásicos	Cámaras trifásicas	
24A	5	1	39	45
24B	50	10	53	113
24C	1	0	20	21
24D	19	3	34	56
24E	23	8	93	124
24F	2	1	16	19
TOTAL	100	23	255	378

Tabla 3-2: Distribución de transformadores en la subestación Carolina^[22]

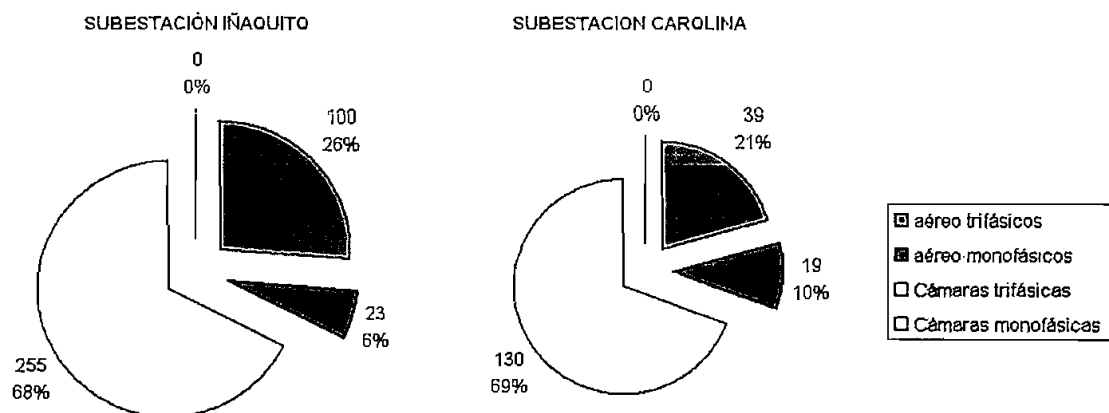


Figura 3-1: Distribución de transformadores en las subestaciones Iñaquito y Carolina^[22]

La distribución de transformadores aéreos y cámaras de transformación en función del circuito primario al que están conectados, es irregular, por tal motivo, el promedio de usuarios conectados a cada transformador se ha deducido a partir del total de transformadores y de la cantidad de abonados en la subestación, obteniéndose 32,6 usuarios por transformador, para la subestación Iñaquito y para la subestación Carolina.

3.1.2.2 Medios de transmisión

La edad del cableado instalado se ha obtenido a partir de información proporcionada por el PIA (Proyecto de Inventario y Avalúos de la EEQ S.A.), esta

información se presenta en la Figura 3-2 y en la Figura 3-3. Se puede observar que en las dos Subestaciones las instalaciones más antiguas datan de 1993 y que gran parte de instalaciones se han realizado a partir del año 2000, se espera por tanto que no se realicen reemplazos o reubicaciones significativas en las instalaciones eléctricas. Al ser las instalaciones nuevas se espera no tener problemas con el estado del cableado para la implementación de *Broadband PLC*.

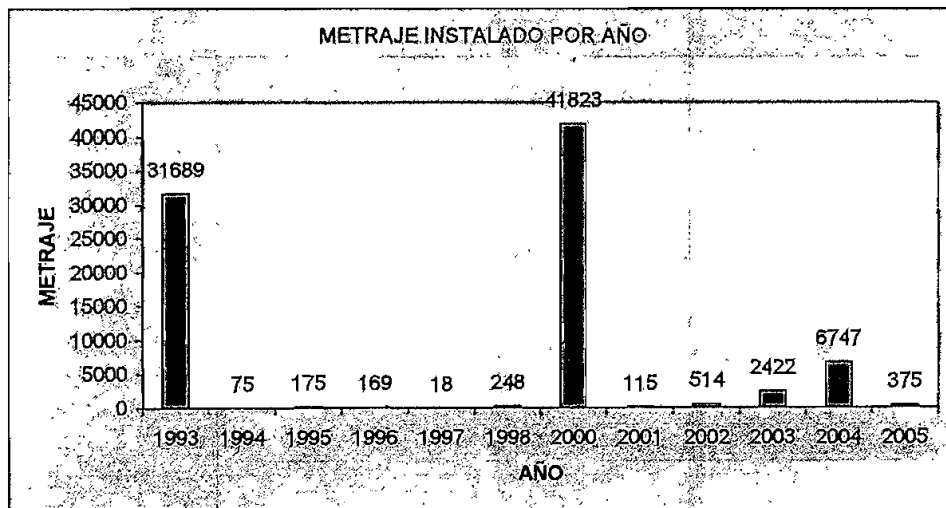


Figura 3-2: Edad de las instalaciones eléctricas de la subestación Iñaquito ^[22]

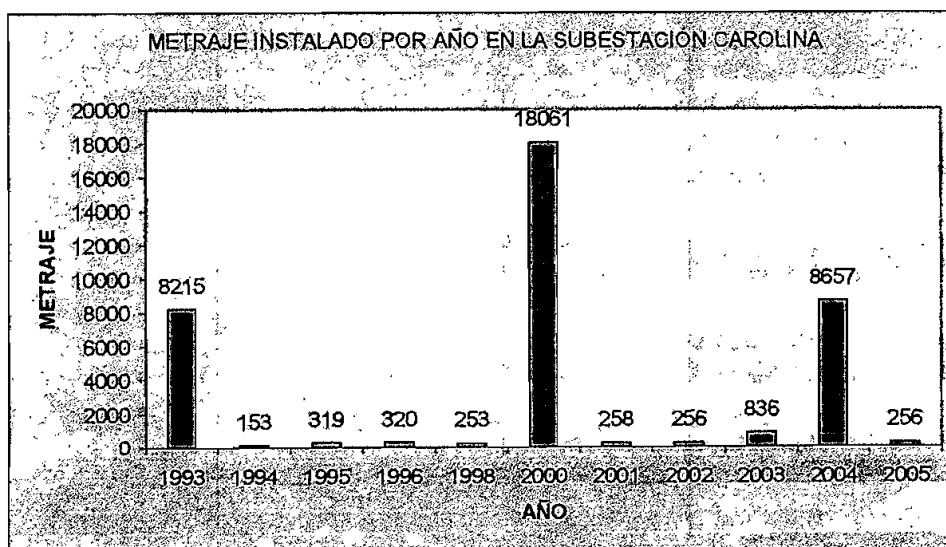


Figura 3-3: Edad de las instalaciones eléctricas de la subestación Carolina ^[22]

Las distancias máximas alcanzadas en la red de media tensión influyen en el alcance que puede tener la red de acceso *Broadband PLC*, llegando a ser un

los factores primordiales para el diseño de la red de acceso. En las subestaciones en estudio se han encontrado las siguientes distancias:

PRIMARIO	DISTANCIA [m]
28A	1657
28B	2624
28C	2495
28D	1896
24A	1269
24B	3270
24C	3613
24D	1868
24E	2496
24F	1779

Tabla 3-3: Distancias máximas en la red de Media Tensión de las subestaciones 24 y 28 ^[22]

Otro parámetro importante es la distancia máxima de los enlaces de baja tensión *outdoor*, considerados como la distancia desde el transformador de media tensión hasta el medidor de consumo de energía eléctrica. Este parámetro tiene importancia en los requisitos técnicos que deben cumplir los equipos de la red de acceso; en el caso de la subestación Iñaquito es de 279,37 metros y en el caso de la subestación Carolina de 225 metros.

En las dos subestaciones de estudio se encuentran instalados 90.065,43 metros de cable eléctrico, repartidos en 42.095,17 metros para baja tensión que corresponde al 47 % del total y 47.970,26 metros para media tensión que corresponde al 53% del total instalado según se muestra en la Figura 3-4.

En los 90.065,43 metros instalados en las dos subestaciones el 22% es de aluminio y el 78 % es de cobre.

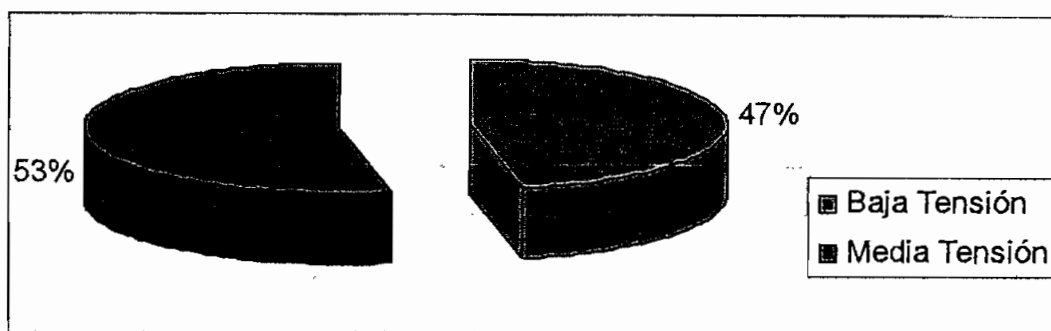


Figura 3-4: Instalaciones de baja tensión y de media tensión ^[22]

Con respecto al total de sistemas trifásicos, bifásicos y monofásicos instalado en las dos subestaciones se presenta la Tabla 3-4, donde se puede observar los metros instalados de cada sistema. De igual manera se presenta la Figura 3-5, en donde se presentan los resultados en forma porcentual.

Fase	Metros
3 Fases	84,556.92
2 Fases	3,701.34
1 Fase	1,807.17

Tabla 3-4: Cableado Instalado por Fase ^[22]

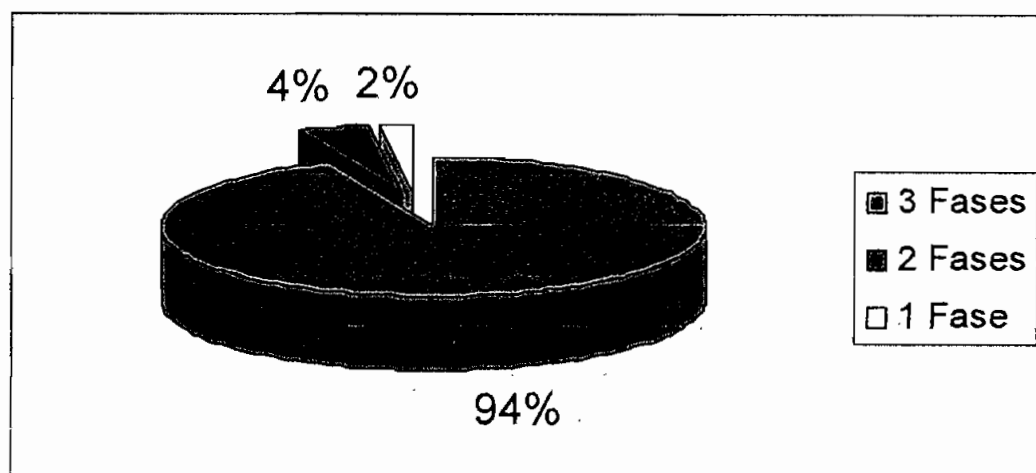


Figura 3-5: Cableado Instalado por Fase ^[22]

Para el diseño de la red de acceso es muy importante saber cómo se encuentra tendido el cableado eléctrico, por tal motivo, a continuación se presenta como punto final del estudio del estado actual de la red eléctrica, la relación entre cableado subterráneo y cableado aéreo instalado en las dos Subestaciones,

presentado en la Tabla 3-5 y en la Figura 3-6, los datos son presentados en forma porcentual.

Cableado	Metros
Subterráneo	41,830.66
Aéreo	48,234.77

Tabla 3-5: Cableado Subterráneo y Aéreo Instalado ^[22]

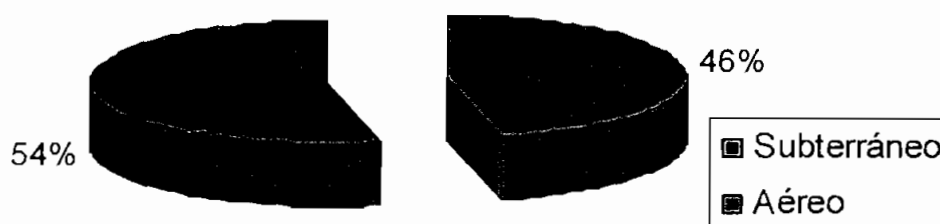


Figura 3-6: Cableado Subterráneo y Aéreo Instalado ^[22]

La red eléctrica de las subestaciones Carolina e Iñaquito cumple con las normas de instalación de la Empresa Eléctrica Quito S.A., la fiscalización para la recepción de las instalaciones garantiza este proceso. Se pueden presentar algunas complicaciones en la red *in home*, pues estas instalaciones no son fiscalizadas, y por tanto, no hay garantía de su estructura, además, no todas las implementaciones de tecnologías *Broadband PLC* para *in home* y *out door* son compatibles entre sí, requiriéndose mecanismos que permitan la coexistencia de sistemas incompatibles.

Una vez descritas las principales características del tendido eléctrico en las dos subestaciones en diseño se puede indicar que el cableado es relativamente nuevo, con componentes de red aérea y subterránea distribuidos de forma equitativa, con distancias considerables entre las subestaciones y el transformador más lejano, heterogéneo debido a que tiene medios de transmisión de distintos materiales, calibres y fases. Estos parámetros serán una base para elaborar una solución técnica que utilice el tendido eléctrico actual sin la necesidad de realizar cambios significativos en el mismo.

3.2 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA INSTALACIÓN DE *BROADBAND PLC* EN LA RED ELÉCTRICA DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A. [1] [2] [4]

3.2.1 REQUISITOS DE LA RED ELÉCTRICA

Una de las ideas principales tras la tecnología *Broadband PLC* es el uso de la infraestructura existente (red eléctrica de media y baja tensión); si bien se podrían realizar ajustes a la red eléctrica sería poco deseable, pues subirían los costos y la complejidad de la implementación de esta tecnología.

Los equipos deben ofrecer cobertura suficiente para abarcar los tramos más distantes de la red de baja tensión *out door* e *in home*. El segmento más largo de la red *out door* de baja tensión en el área de cobertura es de 279 metros; en base a mediciones en planos de edificios del área de cobertura se ha encontrado que una red *in-home* de 60 metros abarcaría la mayoría de las tomas de energía. De sumar ambos segmentos se obtiene que los equipos de baja tensión deban alcanzar una cobertura de 339 metros o proveer la opción de instalar repetidores.

De forma similar, para la red de media tensión, se debe cubrir una distancia de hasta 3.613 metros en el primario 24C, esta distancia es difícilmente alcanzada con un único equipo, por ello es un requisito que el equipamiento de la red de media tensión permita el uso de repetidores, y que la distancia alcanzada por cada equipo individual sea significativa para no tener que instalar demasiados repetidores.

El tendido eléctrico en la zona de cobertura es relativamente nuevo, sin embargo si se desea dar servicio a otras zonas deberá ser prioridad para la Empresa Eléctrica Quito S.A. reemplazar el tendido eléctrico que sobrepase su ciclo de vida útil. La principal consecuencia de tener tendido eléctrico antiguo (20 años o más) es la facilidad con la que se puede bloquear la comunicación *Broadband PLC* solo

con el ruido que se produce al entrar en funcionamiento un generador eléctrico de baja potencia.

De acuerdo a la información obtenida de la Empresa Eléctrica Quito S.A. en las redes eléctricas de media tensión y baja tensión existen lazos, éstos pueden causar que un mensaje específico se transmita por dos o más nodos de la red. Para evitar este fenómeno es necesario contar con un protocolo de *spanning tree*¹⁰ optimizado para la topología de las redes *Broadband PLC*.

3.2.2 REQUISITOS PARA ADMINISTRACIÓN, DIAGNÓSTICO Y SOPORTE

Los requisitos técnicos de los equipos para facilitar la gestión y administración de la red difieren entre sí, por los costos que conllevan y la funcionalidad que presentan.

Para configurar los parámetros de red (dirección IP, *gateway* predeterminado, servidores DNS, máscara de subred, etc.) es deseable, por el gran tamaño de la red, utilizar el protocolo DHCP, por lo que se requiere que los nodos de la red incorporen un cliente DHCP.

Típicamente la configuración de parámetros, como las velocidades de conexión de los equipos en la red *Broadband PLC* se realizan mediante la descarga de un archivo de configuración desde un servidor TFTP o FTP, pudiendo este archivo depender de la autenticación del equipo. La autenticación es muy importante para controlar los accesos no autorizados a los recursos de la red.

Durante la operación de la red es importante conocer el estado de los dispositivos para poder administrarlos, para ello, los equipos de las redes *Broadband PLC*

¹⁰ El protocolo *spanning tree* permite, a dos puentes que son utilizados para interconectar a los mismos dos segmentos de red, intercambiar información de manera que, solamente uno de ellos manejará un mensaje específico que está siendo enviado entre las dos redes, previniendo de esta manera la aparición de lazos.

deben soportar protocolos abiertos de administración, que permitan el uso de herramientas para este objetivo. En este sentido, es necesario el soporte por medio de las tecnologías SNMPv2 y SNMPv3, por su amplia difusión y aceptación. Entre las MIBs soportadas por los equipos de comunicación en la red *Broadband PLC*, se encuentran aquellas definidas en el RFC1213, y las elaboradas por los fabricantes de los equipos, con la finalidad de cubrir necesidades especiales de la red *Broadband PLC*.

De igual manera, es necesario el acceso a la configuración de los equipos mediante línea de consola, pues el acceso directo a los equipos es bastante difícil. Inclusive sería deseable contar con acceso vía HTTP, para facilitar la configuración de los equipos.

Como resultado se tienen los siguientes requerimientos:

- Soporte para configuración mediante descarga de un archivo desde un servidor TFTP o FTP.
- Autenticación del equipo en la red.
- Soporte para cliente DHCP.
- Acceso remoto vía línea de consola en un terminal virtual o vía HTTP.

3.2.3 REQUISITOS DE CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS *BROADBAND PLC*

Para asegurar una posición en el mercado de telecomunicaciones el sistema *Broadband PLC* a instalar, debe ser capaz de manejar el tráfico generado por los usuarios al final del proyecto. Además, soportar el tráfico que a futuro pueda generarse por el uso de nuevas aplicaciones aun no desarrolladas o adoptadas, para ello debe proveer alta capacidad de transmisión y otras consideraciones de QoS que se describen más adelante en este capítulo.

Si con el pasar del tiempo no se puede soportar las nuevas aplicaciones es previsible que muchos usuarios opten por cambiar de proveedor para satisfacer sus necesidades.

Se ha estimado la demanda del servicio al final de proyecto, los resultados se muestran en la tabla 2-32. Puesto que entre las dos subestaciones se cuenta con 566 transformadores, se ha estimado que habrá un promedio de 4,015 usuarios del servicio *Broadband PLC* por transformador según se muestra en la Ecuación 3-1 .

$$n = \frac{U_{Residenciales} + U_{VIE} + U_{Empresariales} + U_{SemiEmpresariales}}{\text{Número de transformadores}} \quad \text{Ecuación 3-1}$$

$$n = \frac{1077 + 70 + 681 + 444}{566} = 4,015 \text{ Usuarios / Transformador}$$

Donde:

n	Es el número de usuarios por transformador
$U_{Residenciales}$	Es el número de usuarios Residenciales al fin del proyecto
U_{VIE}	Es el número de usuarios VIE al fin del proyecto
$U_{Empresariales}$	Es el número de usuarios Empresariales al fin del proyecto
$U_{Semi Empresariales}$	Es el número de usuarios Semiempresariales al fin del proyecto

Según estos resultados, el circuito primario 24E tendría el mayor número de conexiones (707 usuarios), requiriéndose el soporte para esta cantidad de conexiones en la red de media tensión, más adelante en el capítulo cuatro se estima el tráfico generado por los usuarios.

En función de la cantidad de usuarios, la previsión de soportar nuevas aplicaciones, por la creciente demanda de capacidad de transmisión y por su soporte para transmisión de datos sobre las líneas de media tensión, se recomienda el uso de la tecnología *Broadband PLC* a 200 Mbps, promovida por

algunos grupos importantes como son OPERA¹², UPA¹³, y adoptada por varios fabricantes en Europa y Estados Unidos.

3.2.4 REQUISITOS DE COMPATIBILIDAD CON LOS SERVICIOS YA EXISTENTES

Los nuevos servicios de telecomunicaciones deben ser capaces de coexistir con aquellos ya existentes, esto implica no ser afectados por la operación de otros servicios, ni afectar el funcionamiento de éstos.

Como se citó en el primer capítulo, una de las limitaciones de la tecnología *Broadband PLC* se presenta por el comportamiento como emisor electromagnético, debido a la utilización de la red eléctrica a altas frecuencias de operación, por ende se presentan problemas de interferencia a otros servicios que trabajan en la misma banda de frecuencias.

En el país, algunos servicios de telecomunicaciones podrían ser afectados por la operación de la tecnología *Broadband PLC* en la misma banda de frecuencias (Ver anexo A), que de acuerdo con el plan nacional de frecuencias, serían:

- Servicio de Radio Aficionados
- Aficionados por Satélite
- Servicios de ayuda a la meteorología
- Servicios fijos
- Frecuencias patrón y señales horarias
- Investigación espacial
- Servicios móviles

¹² *Open PLC Research Alliance* (OPERA) tiene por objeto realizar la investigación, demostración y promoción necesaria a escala europea para vencer los obstáculos de la tecnología *Broadband PLC*, permitiendo a los ciudadanos europeos disfrutar sus ventajas. OPERA es cofinanciada por la Unión Europea.

¹³ *Universal Powerline Association* (UPA), es una asociación internacional sin fines de lucro que trabaja para consensuar estándares globales y normativas regulatorias para el mercado de *Broadband PLC*.

- Servicio Móvil Aeronáutico
- Servicio Móvil Terrestre
- Operaciones Espaciales
- Radioastronomía
- Radiodifusión

Debido a las bajas potencias de transmisión logradas en la actualidad por los sistemas *Broadband PLC* que oscilan alrededor de $-54\text{dBm/Hz}^{[21][23][25]}$, se espera que las interferencias entre estos sistemas no sean significativas y permitan la operación en armonía con las mismas. Sin embargo, dados los resultados en implantaciones de la tecnología *Broadband PLC* en otros países, se ha visto necesario el uso de técnicas para disminuir los efectos de la interferencia electromagnética, incluyendo el control de la potencia de transmisión, la supresión de portadoras OFDM en bandas de frecuencia asignadas a otros servicios susceptibles de interferencia (*notching*), y filtros para evitar el ruido por intermodulación en las portadoras eliminadas. Esta supresión de portadoras OFDM debe ser dinámica y automática, para poder adaptar el sistema a nuevos requisitos que se podrían presentar a futuro con la evolución de los sistemas de telecomunicaciones y poder responder rápidamente a cambios en las condiciones del canal.

3.2.5 REQUISITOS DE OPERACIÓN

La mayoría de los equipos a instalar tanto en el lado del usuario, como a lo largo de la red eléctrica y las subestaciones, deben ser capaces de soportar un ciclo de trabajo continuo, deben poder operar a las temperaturas ambiente de la ciudad de Quito, soportar fenómenos climáticos difíciles como lluvia, granizo, e inclusive la ceniza volcánica.

Reunir estas últimas condiciones es difícil, por ello se considera la necesidad de instalar gabinetes que den cabida a estos equipos en condiciones controlables.

El consumo de energía eléctrica de estos equipos debe ser bajo, para no incrementar los costos de operación. Se consideran potencias adecuadas aquellas menores a los 40 vatios para los nodos "S", nodos "X" y nodos "R". Para los equipos del lado del usuario la potencia consumida no tiene mayor relevancia para el proveedor de servicio, entendiéndose que no será significativa al consumo promedio de los usuarios.

3.3 REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD Y CALIDAD DE SERVICIO EN LA RED DE ACCESO ^[3] ^[4]^[24]

Todo servicio de telecomunicaciones requiere garantías especiales de calidad de servicio para mantener la red estable, y las redes de acceso no son la excepción. Estas garantías en la gran mayoría de servicios de telecomunicaciones se encuentran especificadas por varios parámetros:

- *Probabilidad de Bloqueo*: Es la probabilidad de que un usuario no pueda realizar la conexión a la red de acceso, o no pueda enviar datos por la misma, debido a que los recursos de la red no se encuentren disponibles en ese instante, es necesario que la tecnología ofrezca opciones para el manejo de situaciones de saturación del canal, que pueden incluir priorización del tráfico de acuerdo al perfil del usuario y métodos de control de admisión de conexión (CAC).
- *Probabilidad de Caída de la Red*: Es la probabilidad que una conexión o la transmisión de datos sea interrumpida, debido a un decremento de la capacidad de la red por la creación de nuevas conexiones o distorsiones en la misma, estos eventos hacen necesaria la capacidad de los equipos de ofrecer priorización de tráfico.
- *Tasa de Transferencia*: Es la tasa de transmisión de datos necesaria para brindar un servicio de alta calidad, se requiere ofrecer capacidades de transmisión acorde a la demanda del mercado, haciendo un uso eficiente del canal de transmisión, para ello la capacidad requerida por los usuarios en un

circuito primario no debe sobrepasar la capacidad máxima ofrecida por la tecnología.

- *Probabilidad de pérdidas:* Es la probabilidad de que un mensaje se pierda durante la transmisión de datos, es deseable que estas sean bajas para evitar retransmisiones y degradamiento de la calidad de la transmisión.
- *Retardos en la Transmisión:* Considerado en diferentes capas de la red, es el tiempo necesario para transmitir una unidad de datos por un equipo de la red, este parámetro es de suma importancia en aplicaciones de tiempo real, en el peor caso el retardo de transmisión de los datos de un usuarios no deberá sobrepasar los 150ms en una conexión extremo a extremo de acuerdo a la ITU para sistemas de VoIP.

Como se describe en el capítulo primero, la tecnología Broadband PLC tiene una importante desventaja en la seguridad con respecto a otras tecnologías con medios guiados al utilizar un medio compartido para la transmisión de la información.

Para limitar el acceso no autorizado a las transmisiones de los usuarios es necesario contar con tecnologías de encriptación como DES, 3DES, ICE o AES. Sin embargo éstas exigen muchos recursos para su funcionamiento limitando su aplicación en todos los niveles de la transmisión.

En la actualidad la mayoría de soluciones comerciales de *Broadband PLC* incluyen algoritmos de cifrado en donde sólo las cabeceras de las tramas MAC pueden ser susceptibles de interceptación.

Con respecto a la interferencia se presentan dos problemas adicionales a la seguridad en la red de acceso *Broadband PLC*:

- El tendido eléctrico alimentado con una señal de alta frecuencia produce un alto nivel de radiación electromagnética, que puede ser detectada hasta a varios metros del tendido eléctrico.
- Desgraciadamente, el tendido eléctrico actúa como un radiador cuando se transmite señales de alta frecuencia, pero también puede captar todas las señales radiadas por diferentes emisores limitando la comunicación.

Las condiciones de la red cambian constantemente durante la transferencia de archivos por la red de acceso, debido a que el número de usuarios que utilizan la red es variable, y que cada usuario utiliza varios servicios de telecomunicaciones en forma simultánea. Cuando la red se encuentra trabajando en ambientes de ruido desfavorables, la disponibilidad de la tasa de transferencia puede cambiar frecuentemente en relación al estado actual de las distorsiones del canal, degradando de esta manera la calidad de servicio de la red de acceso.

Para reducir la posible degradación de la calidad de servicio en la red, es necesario implementar mecanismos CAC, para limitar el número de conexiones simultáneas admitidas en la red.

3.3.1 MECANISMOS CAC PARA *BROADBAND PLC*

En la operación de sistemas de comunicaciones sobre ambientes de ruido desfavorables, como el de *Broadband PLC*, existe la necesidad de implementar estrategias de reasignación de recursos, haciéndola más robusta a distorsiones.

Los sistemas de comunicaciones se encuentran caracterizados por una capacidad estocástica cambiante causada por la aparición de distorsiones en forma impredecible en la red.

Las políticas CAC convencionales consideran solo los recursos disponibles en la red para decidir si una nueva conexión a la misma es admitida, debido a que las

distorsiones producidas por la introducción de una nueva conexión, pueden influenciar de forma negativa en la operación y capacidad de la red.

El rendimiento de la red de acceso *Broadband PLC*, depende entre otros del conjunto de servicios de telecomunicaciones utilizados, del comportamiento de los usuarios, y de la disponibilidad de la capacidad del sistema. El tráfico de datos transmitido por la red de acceso es tipo ráfaga, este tráfico llega a la red cumpliendo un proceso de Poisson, con lo que se asume que el tamaño de la ráfaga está distribuido en forma geométrica.

Las redes *Broadband PLC* se modelan como un sistema con pérdidas, donde $C(t)$ corresponde al total de canales de transmisión disponibles en un tiempo t . Dependiendo de las distorsiones de la red de acceso, se puede tener desde 0 a $C^{(\max)}$ canales disponibles. Si $X(t)$ es el número de ráfagas de datos en el sistema en un tiempo t , entonces:

$$X(t) = (X(t), C(t))$$

Ecuación 3-2

La Ecuación 3.2 define un proceso estocástico de tiempo continuo, con espacios de tiempos de estado discreto finito. El conjunto de estados permitidos depende de las políticas de admisión CAC, definidos por las consideraciones de la red *Broadband PLC*.

Sea $b(x)$ el ancho de banda en el número de canales de transmisión dependiente del estado de una ráfaga de datos en estado x , y asumiendo que en promedio, toda ráfaga de datos obtiene el mismo ancho de banda entre 0 y $b^{(\max)}$, donde $b^{(\max)}$ es el máximo ancho de banda que una ráfaga puede obtener.

Para introducir flexibilidad en la asignación de recursos, se define un umbral de ancho de banda mínimo $b^{(\min)}$ al que la ráfaga se debe reducir para favorecer a la llegada de nuevas ráfagas de datos. Si esta reducción no es factible, los intentos de introducir nuevas ráfagas de datos serán bloqueados.

Los tiempos de espera y de llegadas de distorsiones tienen una distribución exponencial negativa, en concordancia con el comportamiento del ruido esperado en redes *Broadband PLC*. Se puede considerar que las distorsiones afectan a un canal de transmisión independiente, o a canales de múltiples transmisiones. Se define el valor de C como el número de canales reservados para la transmisión de información. Por lo tanto, se puede decir que la política de admisión considerada para redes *Broadband PLC* será:

$$x \cdot b^{(\min)} \leq C(x) - C - b^{(\min)} \quad \text{Ecuación 3-3}$$

Esta política puede ser interpretada de forma que en el estado x , una nueva solicitud de conexión es aceptada solo si, luego de dicha admisión, la suma de todas las mínimas tasas de transmisión de las ráfagas de datos es menor que $C(x) - C$.

3.4 DISEÑO DEL ENLACE DE BAJA TENSION ^{[1] [2] [3] [4]}

El enlace de baja tensión permitirá la conexión del usuario final (típicamente con su computador) a la Internet.

Para esto el usuario debe utilizar un equipo como un módem o un *gateway Broadband PLC*, que le permita tomar la señal *Broadband PLC* de un tomacorriente dentro del hogar o la oficina y pasarla a un dispositivo de comunicación como un computador, un *router*, un *access point*, etc.

Los principales problemas en la red de baja tensión son:

- La incertidumbre en la calidad de la red de baja tensión dentro de los hogares u oficinas.
- Mayor cantidad de derivaciones y cambios en la impedancia característica de la red.

- La cercanía con fuentes de interferencia como dispositivos no lineales, motores y cargas grandes.
- La coexistencia con redes *Broadband PLC In-home*
- La dificultad de alcanzar todos los tomas de energía en los hogares u oficinas
- Al ser un medio compartido otros usuarios podrían recibir transmisiones sin autorización.

Por facilidad de instalación y gestión se prevé utilizar una estación maestra en cada red de baja tensión que controle directamente a los módems de los usuarios. Los equipos a seleccionar más adelante deberán cumplir con los requisitos ya descritos.

Las frecuencias de operación para la red *Broadband PLC* de baja tensión serán las utilizadas para las redes *out door*, es decir el rango entre 13 y 30 MHz, dentro de este rango deberán controlarse la potencia de transmisión y suprimir varias portadoras OFDM para evitar problemas de interferencia con otros servicios en la misma banda de frecuencia.

La identificación de servicios afectados por las emisiones electromagnéticas de *Broadband PLC* se realiza en dos fases, primero en la fase de pruebas y luego durante todo el tiempo de operación del proyecto. Aunque se han identificado los servicios que podrían ser afectados, hasta completar la fase de pruebas no se puede tener certeza en los niveles de interferencia que se presenten por la aleatoriedad de las instalaciones de baja tensión.

3.4.1 NODOS REPETIDORES

Es posible que las distancias de los cables de baja tensión, en combinación con muchas derivaciones, provoquen la aparición de zonas sin cobertura; la predicción de estos eventos es difícil por lo aleatorio de las conexiones eléctricas en la red *in door*. Para dar solución a este problema, se proponen las siguientes alternativas:

- Movilización de la estación maestra, para colocarla en un punto más cercano a los equipos del usuario sin cobertura, aunque no siempre es posible por los problemas que podría causar a otros usuarios, o por falta de espacio físico.
- Instalación de equipos repetidores, que provean regeneración de la señal y control de errores, permitiendo alcanzar los segmentos más lejanos de la red eléctrica de baja tensión, este equipo puede ser instalado en el tablero de medidores para evitar la circuitería interna.
- Para enfrentar las instalaciones hogareñas en mal estado se puede optar por instalar el módem del usuario en el contador de energía eléctrica, o instalar un repetidor en algún punto cercano a los tableros de medidores.

3.4.2 ESTACIÓN MAESTRA

La estación maestra será instalada en un punto central de la red de baja tensión, limitando así la aparición de zonas sin cobertura. Dada la naturaleza de las redes eléctricas, típicamente este punto coincidirá con la ubicación del transformador de media tensión a baja tensión.

La señal *Broadband PLC* debe ser inyectada a las tres fases y el neutro de la red de baja tensión trifásica, pues no todos los hogares adquieren el suministro de energía a través de la misma fase, en las redes de baja tensión monofásicas se pueden utilizar equipos más económicos que se acoplen únicamente a una fase y neutro.

La conexión de la red *Broadband PLC* de baja tensión, y *Broadband PLC* de media tensión se detalla más adelante en el diseño del enlace de alta tensión.

3.5 DISEÑO DEL ENLACE DE MEDIA TENSIÓN ^{[1] [2] [3] [4][23][25]}

Para aprovechar al máximo la infraestructura eléctrica instalada, se diseña un enlace con la tecnología *Broadband PLC* entre las redes de baja tensión y las subestaciones de distribución mediante la red de media tensión, evitando la necesidad de construir una nueva red de distribución.

La red de media tensión puede convertirse entonces en una potente red de distribución de datos, gracias a la tecnología *Broadband PLC*, los principales problemas para aprovechar este potencial son:

- El alto potencial eléctrico de la red de media tensión, que exige protecciones adecuadas en los acopladores.
- Las grandes distancias que pueden alcanzar los circuitos de media tensión, con la respectiva atenuación y distorsión de la señal.
- Los esquemas de conexión de los circuitos primarios dentro de las subestaciones, que al ser dinámicos pueden alterar la configuración de la red *Broadband PLC*.

3.5.1 NODOS REPETIDORES

En el área de cobertura las distancias de los circuitos primarios alcanzan los 3600 metros, ésta es una distancia significativa y difícil de cubrir, por ello se ha previsto la instalación de nodos "R".

Como una estrategia para mantener la disponibilidad de la comunicación los nodos repetidores se instalarán a una distancia menor que la cobertura máxima de los equipos a seleccionar, ya que las características del canal de transmisión son dinámicas y podría haber períodos largos de interferencia que limitarían la capacidad de comunicación. El hecho de instalar nodos "R" permite tener potencias de transmisión más bajas (por la cercanía de los equipos) limitando también la posibilidad de causar interferencias a otros sistemas.

La ubicación de los nodos repetidores estará sujeta a continuos cambios para responder a cambios en la topología de la red eléctrica, éste es un proceso continuo que se llevaría a cabo durante la fase de pruebas y la fase de operación.

Es, por lo anterior, deseable que los nodos "X" puedan configurarse como repetidores en donde sea necesario, con la finalidad de optimizar costos (por el

menor equipamiento necesario) e implementar con facilidad cambios en la estructura de la red *Broadband PLC* de media tensión.

Como se estudió en el primer capítulo respecto al uso de repetidores, los nodos "R" permiten alcanzar puntos distantes pero limitan la capacidad total de la red. Para hacer un uso eficiente de los recursos de la red (ancho de banda y ranuras de tiempo) se propone un esquema de reutilización como se muestra en la **Figura 3-7**.

De acuerdo al primer capítulo, para la reutilización de los recursos de la red se puede utilizar un esquema de acceso múltiple por división de frecuencia, por división de tiempo o una combinación de ellos, según lo permitan los equipos de comunicación. Se ha seleccionado el acceso múltiple por división de tiempo debido a que permite contar con todo el espectro para la transmisión, sorteando los efectos de los ruidos selectivos en frecuencia.

3.5.2 NODOS "S"

Para manejar las eventualidades del suministro eléctrico, los circuitos primarios tienen conexiones cambiantes dentro de las subestaciones eléctricas. Por ello, se ha visto necesario instalar un nodo "S" en cada circuito primario, para asegurar la disponibilidad del servicio de manera independiente de la configuración de los circuitos primarios de la red eléctrica. Con esta consideración será también necesario compartir adecuadamente el acceso a la red *Broadband PLC* entre los nodos "S", evitando interferencias entre los primarios. De esta manera se logra mantener un grado de independencia en las operaciones de la red eléctrica, y las de la red *Broadband PLC*.

Para el acceso compartido al canal (los circuitos primarios) se ha seleccionado un esquema de acceso múltiple por división de tiempo de forma similar al utilizado en los nodos repetidores.

En la Figura 3-7 se muestra un esquema de acceso múltiple por división de tiempo, considerando la reutilización de las ranuras de tiempo por los repetidores.

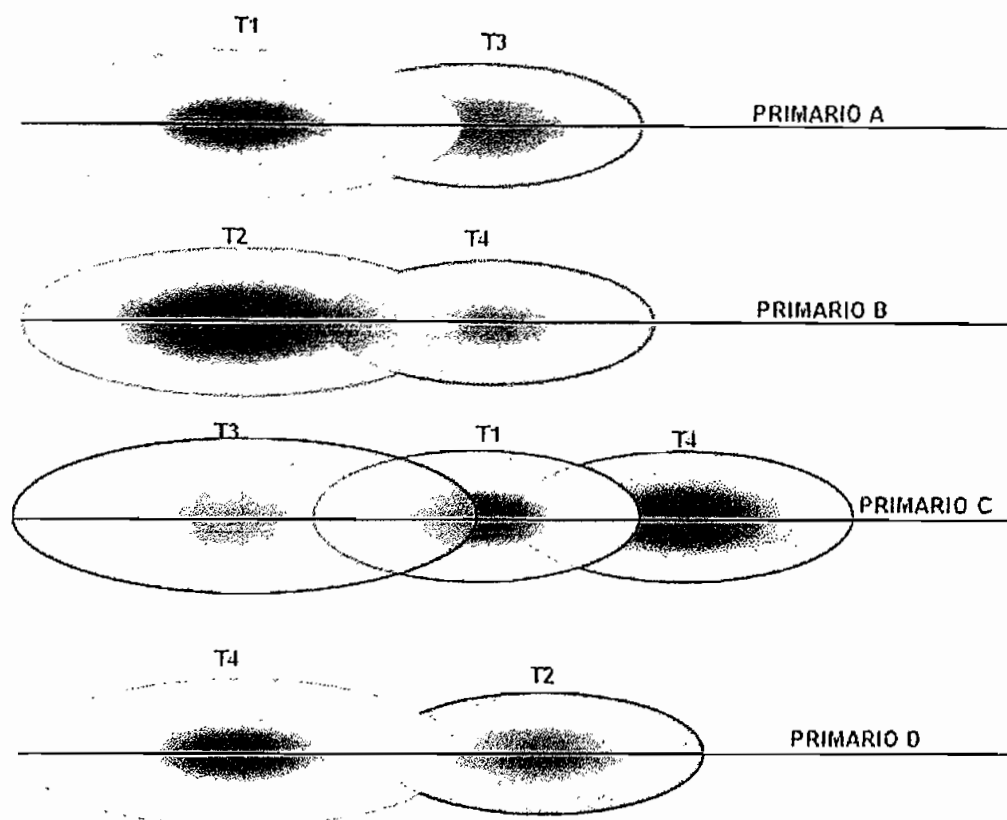


Figura 3-7: Esquema de acceso múltiple por división de tiempo para la subestación Carolina

3.5.3 NODOS "X"

Para dar servicio a las redes de baja tensión es necesario comunicar las estaciones maestras de baja tensión con los nodos "S" a través de la red de media tensión, lógicamente, se requiere instalar un nodo "X" por cada red de baja tensión.

En la zona de cobertura, cada transformador sirve a una red de baja tensión, por ello se requiere la instalación de un nodo "X" por cada transformador, su ubicación puede estar junto al transformador, o en un punto cercano, se muestra la ubicación posible de estos equipos en el anexo C.

Los nodos "X" estarán instalados dentro de un gabinete metálico como el que se muestra en las figuras Figura 3-8 y Figura 3-9 para mantener un ambiente parcialmente controlado, asegurando la vida útil de los equipos y limitando el acceso no autorizado a los mismos.

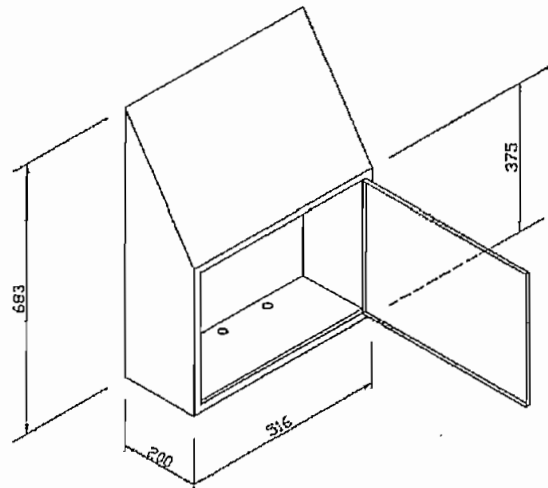


Figura 3-8: Gabinete aéreo para equipos *Broadband PLC* en la red aérea

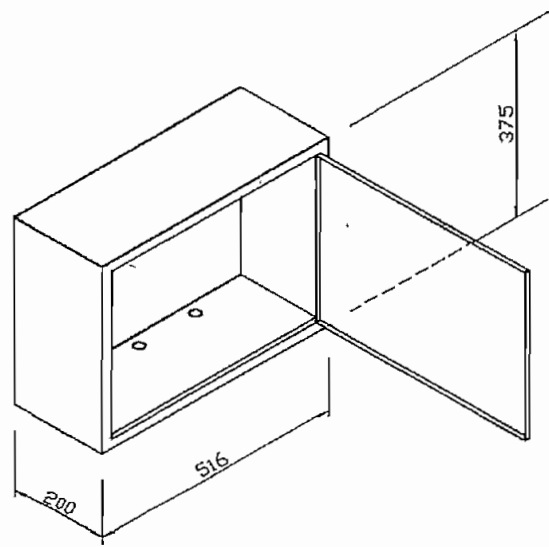


Figura 3-9: Gabinete para equipos *Broadband PLC* a instalarse en cámara de transformación

3.5.4 ACOPLAMIENTO^{[23][25]}

Básicamente existen tres tipos de acopladores para inyectar y extraer la señal *Broadband PLC* en la red eléctrica, los acopladores capacitivos, los acopladores inductivos, y los acopladores de orden superior.

Para el acoplamiento a la red de media tensión se considera la utilización de acopladores inductivos, pues tienen mayor rendimiento en situaciones de baja impedancia (típico de las redes de media tensión), menor radiación y sobre todo gran simplicidad de uso. Los acopladores inductivos utilizan anillos de ferrita (actuando como transformadores) para inyectar la señal de comunicaciones en los circuitos primarios, sin necesidad de conexión eléctrica entre la red de energía y el equipo *Broadband PLC*. Esto es muy útil y seguro, desde el punto de vista práctico de la instalación.

Los parámetros de los acopladores son:

- Las frecuencias de corte de la ferrita, que en este caso corresponderán a las frecuencias de operación de los dispositivos *Broadband PLC* a seleccionar.
- El nivel máximo de corriente del anillo de ferrita, la corriente del conductor que pasa a través de la ferrita no debe exceder la misma.
- Diámetro interno del acoplador, cuya importancia está principalmente en la facilidad de instalación.
- Aislamiento eléctrico, que para las redes de media tensión del área de cobertura debe ser igual o superior a los 25 Kv.

En las redes subterráneas los cables de media y baja tensión tienen varias capas de aislamiento, se considera la necesidad de remover varias de esas capas especialmente si limitan significativamente el acoplamiento magnético, como las capas de pantalla o capas muy gruesas.

En las redes aéreas trifásicas, los cables de acometida de media tensión al transformador son AWG #4/0 sin recubrimiento, lo cual simplifica la instalación al ser un diámetro estándar y no requerir la remoción de capas de aislamiento.

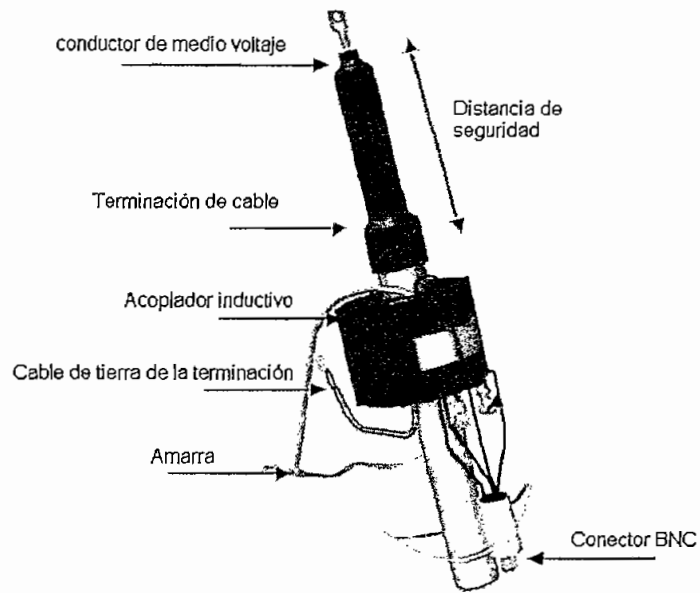


Figura 3-10: Conexión de un acoplador inductivo a una línea de media tensión^[25]



Figura 3-11: Instalación típica de acopladores inductivos en dos fases^[25]

El punto de acoplamiento será después de los seccionadores eléctricos, para poder cortar el suministro eléctrico y de datos a la zona, y poder trabajar en ella en caso de requerirse. Para tener una mejor calidad de la señal el punto de acoplamiento se puede cambiar a la red de media tensión antes de la derivación al transformador. En el anexo C se muestra la ubicación de los equipos, y un esquema tentativo de conexión de los acopladores.

El acoplamiento en la red de media tensión trifásica se realizará en dos fases de las tres fases de media tensión como se puede observar en la Figura 3-10 y la Figura 3-11, por considerar que esta técnica de acoplamiento tiene una buena relación entre complejidad y rendimiento ^[23].

3.6 EQUIPAMIENTO DE LA RED DE ACCESO

3.6.1 ESTADO DE LA ESTANDARIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BROADBAND PLC

La tecnología *Broadband PLC* está en proceso de estandarización. En la actualidad existen dos fuertes tendencias que no pueden interoperar entre sí de forma directa, aunque pueden coexistir. Estas tendencias están siendo impulsadas por la *HomePlug Alliance*¹⁴ y por OPERA.

La *HomePlug Alliance* ha promovido el uso de *Broadband PLC* principalmente para las redes *in home*, y actualmente está desarrollando un estándar para las redes de acceso con *Broadband PLC*.

OPERA por su parte ha anunciado el desarrollo y aprobación de la primera especificación abierta para las comunicaciones con *Broadband PLC* a través de las líneas de media tensión, dando un empuje muy significativo al desarrollo de esta tecnología. OPERA ha seleccionado como tecnología base la desarrollada

¹⁴ *Home Plug Alliance* es una alianza de líderes de las industrias relacionadas a la tecnología *Broadband PLC*, para promover la rápida disponibilidad, adopción e implementación de redes y productos *Broadband PLC* dentro del hogar.

por DS2¹⁵. Esta especificación cuenta con el apoyo de la UPA y será fomentada por varios organismos de normalización como el IEEE¹⁶ y el ETSI¹⁷, por lo que se espera que sea ampliamente adoptada.

Para la red de baja tensión (incluyendo la red *in home*) no se cuenta con estándares globalmente aceptados. Definir si adoptar la tecnología de la *HomePlug Alliance* o la desarrollada por DS2 es de suma importancia por la imposibilidad de interoperación entre estas dos tecnologías y por los costos que representaría la necesidad de cambiar de tecnología.

Se espera tanto que la IEEE como el ETSI propongan un estándar para finales del año 2006, para ello el camino por recorrer es todavía largo, especialmente si se desea interoperabilidad entre las implementaciones existentes.

Por último hay también fabricantes que utilizan tecnologías propietarias, sin embargo el uso de éstas representan grandes riesgos al tener que depender de un único proveedor para suplir las necesidades de equipamiento.

3.6.2 SELECCIÓN DE PROVEEDORES

La mayoría de los proveedores de equipos para *Broadband PLC* exigen realizar convenios de confidencialidad antes de iniciar conversaciones de negocios que permitan el acceso a información relevante como características técnicas,

¹⁵ *Design of Systems on Silicon (DS2)* es uno de los proveedores líderes en el mundo en tecnología *Broadband PLC*, revolucionó el mercado al ser los primeros en desarrollar esta tecnología hasta los 200Mbps.

¹⁶ *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, (IEEE), es una asociación sin fines de lucro de profesionales técnicos con más de 365.000 miembros. Para estandarizar la tecnología *Broadband PLC* formaron el grupo de trabajo P1901.

¹⁷ *European Telecommunications Standards Institute (ETSI)*, es una organización europea sin fines de lucro, es oficialmente responsable por la estandarización de las tecnologías de la información y comunicación dentro de Europa.

garantías y costos. Los convenios revisados exigen la exclusividad en el estudio, es decir que durante un periodo de tiempo la Empresa Eléctrica Quito S.A. no podría desarrollar el estudio con tecnologías de otros proveedores, esta exclusividad tiene una duración promedio de 3 meses, aunque puede llegar hasta los 2 años.

Estas limitaciones dificultan el acceso a información actualizada sobre las capacidades reales de la tecnología ofertada por los distintos fabricantes y sobre sus costos.

La gama de proveedores de equipos es bastante grande, sin embargo los proveedores que ofrecen soluciones que incluyan el uso de la red de media tensión como red de datos es moderado. Por su experiencia en la implementación de esta tecnología en otros lugares del mundo, como se ve en el capítulo primero, se ha considerado a las empresas Ascom, Current Technologies, Itevo y Corinex.

Las características técnicas básicas de los equipos de estos fabricantes y la arquitectura propuesta por los mismos se encuentran en el anexo A.

Requisitos Técnicos Generales
Cobertura de 339 metros en red de baja tensión
Tenga función de repetidor
Soporte protocolos Spanning tree
trabaje en el rango de 3 a 30 MHz
Que soporte Notching de forma dinámica y automática
Permita administración remota vía SNMP
Auto configuración mediante descarga de un archivo mediante un servidor FTP o TFTP
Soporte para DHCP
Acceso Remoto vía línea de consola o vía HTTP
Permitir el control de la potencia de transmisión
Trabaje en temperaturas de cero a 45 grados centígrados
Consumo de energía menor a 40 Vatios
Permita soporte para priorización de tráfico y métodos CAC
Soporte tecnologías de encriptación como DES, 3DES, ICE O AES
Tenga soporte para VLANs
Permita la coexistencia con otras redes <i>broadband PLC in - home</i>
Diseño compatible con futuros estándares
Contenga Interfaces ethernet para interconexión entre equipos

Tabla 3-6: Requisitos técnicos generales para equipos de la red *Broadband PLC*

La selección de la empresa proveedora de la tecnología se ha decidido en base a los siguientes parámetros:

- Soluciones que cumplan con los requisitos técnicos descritos en la Tabla 3-6.
- Soluciones que permitan la utilización de la red eléctrica de media tensión como medio de transmisión de datos a alta velocidad.
- Su tecnología haya sido adoptada con resultados positivos en otros lugares del mundo.
- Su solución incorpore tanto la parte *out-door* como la parte *in home*.
- Sus equipos tengan capacidad para trabajar en la frecuencia del sistema eléctrico nacional y en los rangos de tensión y corriente utilizados en la red de distribución de energía de la Empresa Eléctrica Quito S.A.
- Ofrezcan soporte técnico y capacitación.
- Sus equipos cuenten con garantía.
- El proveedor desee entrar en discusiones de negocios con la Empresa Eléctrica Quito S.A.
- Que la empresa participe activamente en los procesos de estandarización de la tecnología, para fortalecer la posibilidad de mantener compatibilidad con el estándar definitivo.

En base a estos parámetros se ha sugerido a la Empresa Eléctrica Quito S.A. entrar en discusiones de negocios con la empresa suiza ASCOM, las razones que más han pesado en esta decisión es la participación de ASCOM en varios grupos influyentes para la estandarización de la tecnología *Broadband PLC*, que su solución es compatible con los actuales estándares de OPERA y de la UPA, la experiencia en la instalación de esta tecnología con varias implementaciones, el cumplimiento de sus equipos con los requisitos de los numerales 3.2 y 3.3, y la oferta de ASCOM de entrar en discusiones de negocios con la Empresa Eléctrica Quito S.A.

La presencia de ASCOM a nivel mundial es también significativa, con oficinas en 18 países incluyendo Alemania, Francia, España, Estados Unidos y México.

ASCOM es una de las empresas pioneras en el desarrollo de la tecnología *Broadband PLC* a nivel mundial. Junto con el fabricante de chips DS2 desarrolló la tecnología *Broadband PLC* que permiten llegar a 200 Mbps, sus equipos se encuentran en varias instalaciones de prueba y comerciales en todo el mundo.

Ascom forma parte de varios cuerpos de estandarización de la tecnología *Broadband PLC*, incluyendo:

- OPERA, en donde participa como líder de un grupo de trabajo y como miembro del *Steering Committee*.
- ETSI, en donde participa como miembro activo.
- IEEE, participando como miembro activo del grupo de trabajo 1901.
- UPA, siendo miembro fundador de la asociación.
- PLC Forum, siendo el fundador del mismo.

El portafolio de productos de Ascom es complementado con servicios de consultoría en el planeamiento y ejecución de despliegues de la tecnología *Broadband PLC*. Ofrece también servicios de capacitación especializados y servicios de soporte, en ambos casos pueden ser de forma remota o local con cargo al solicitante, los tiempos de respuesta en el caso local puede sin embargo tomar varias semanas.

3.6.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

3.6.3.1 Equipo de usuario

Para suplir las necesidades del equipo del lado del usuario se puede utilizar cualquiera de los siguientes equipos:

- APA-2000-DB Low Voltage Data Wall-Plug Adapter
- APC-2000-DA Low Voltage Data CPE Device
- APC-2000-VA Low Voltage Data/Voice CPE Device
- API-2000-GW Low Voltage Gateway Device

Se ha seleccionado el equipo *APA-2000-DB Low Voltage Data Wall-Plug Adapter*, Su diseño es específico para redes de acceso con un diseño compacto y con un buen balance entre costos y beneficios. Su desventaja principal con los otros equipos comparados es su menor potencia de transmisión de -58dBm/Hz.

El equipo *APC-2000-DA*, con respecto al *APA-2000-DB*, ofrece un conjunto mayor de indicadores luminosos del estado del enlace, mayor potencia de transmisión (-56dBm/Hz) y soporta condiciones de trabajo mas exigentes (45°C).

El equipo *APC-2000-VA* ofrece mayores prestaciones al contar con un interfaz para teléfono analógico con tecnología de telefonía IP, puesto que no se está ofertando servicios de telefonía el costo adicional por esta característica no es justificable.

El equipo *APC-2000-GW* en redes de acceso es ideal si se sirve a usuarios que cuentan con una LAN basada en *Broadband PLC* compatible con Opera, sin embargo los usuarios que coinciden en esta categoría son escasos o nulos, por ello no se han considerado como equipos terminales de usuario.

Estos dispositivos no requieren de configuración adicional por parte del usuario, evitando la necesidad de personal calificado para su instalación y facilitando su comercialización.

El consumidor final podría utilizar otros equipos compatibles a su conveniencia que podrían satisfacer necesidades específicas como interfaces inalámbricas o sistemas embebidos.

3.6.3.2 Nodo "X"

Los nodos "X" permiten la comunicación entre las redes de media tensión y las redes de baja tensión, para implementar esta funcionalidad se utiliza dos dispositivos, un dispositivo *API-2000-MV* y un dispositivo *APC-2000-LV* según se indica en la Figura 3-12.

La conexión entre estos dispositivos se realiza mediante un interfaz *Ethernet*, el dispositivo API-2000-LV actúa como equipo maestro para la red de baja tensión y el APC-2000-MV provee la conectividad a la red *Broadband PLC* de media tensión.

La conexión a las tres fases y neutro en la red de baja tensión la realiza el dispositivo APC-2000-MV, en la red de media tensión el acoplamiento se realiza mediante dos fases con acoplamiento inductivo.

Para el acoplamiento a la red de media tensión se considera la utilización de acopladores inductivos por su facilidad de instalación, estos mecanismos son provistos junto con los equipos APC-2000-MV.

Este método de enlazar la red de baja tensión a la red de alta tensión tiene una pequeña desventaja en el tiempo de procesamiento (aunque a pesar de ello sigue dentro de los parámetros requeridos según se muestra en el capítulo cuarto), pero aporta de forma importante a la interoperabilidad con otras implementaciones de *Broadband PLC* en baja tensión, permitiendo utilizar otras tecnologías para baja tensión, como la propuesta por la *HomePlug Alliance*.

Para las redes de baja tensión monofásicas se puede utilizar un dispositivo API-2000-GW en lugar del API-2000-LV, la ventaja está en el costo reducido del equipo pues cubre únicamente una fase y neutro.

En el esquema indicado en la Figura 3-12 el dispositivo API-2000-LV actúa como estación maestra para la red de baja tensión. El área de servicio de esta estación maestra corresponde a su red de baja tensión según se muestra en la Figura 3-13.

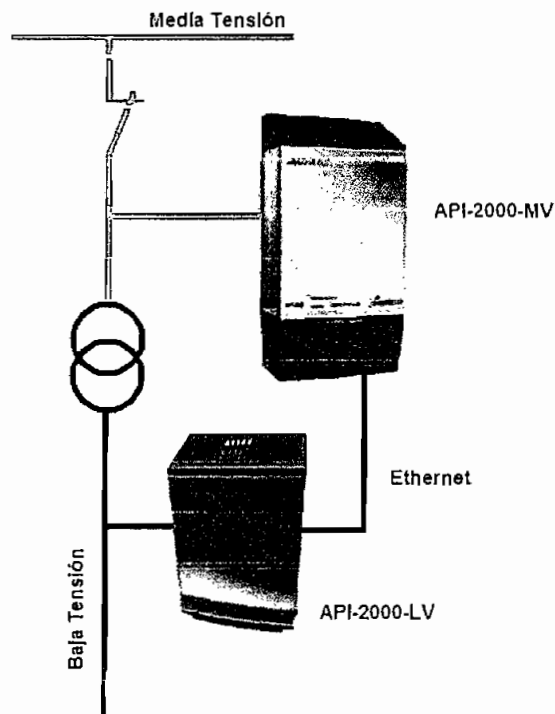


Figura 3-12: Configuración de un nodo X con tecnología de Ascom ^[21].

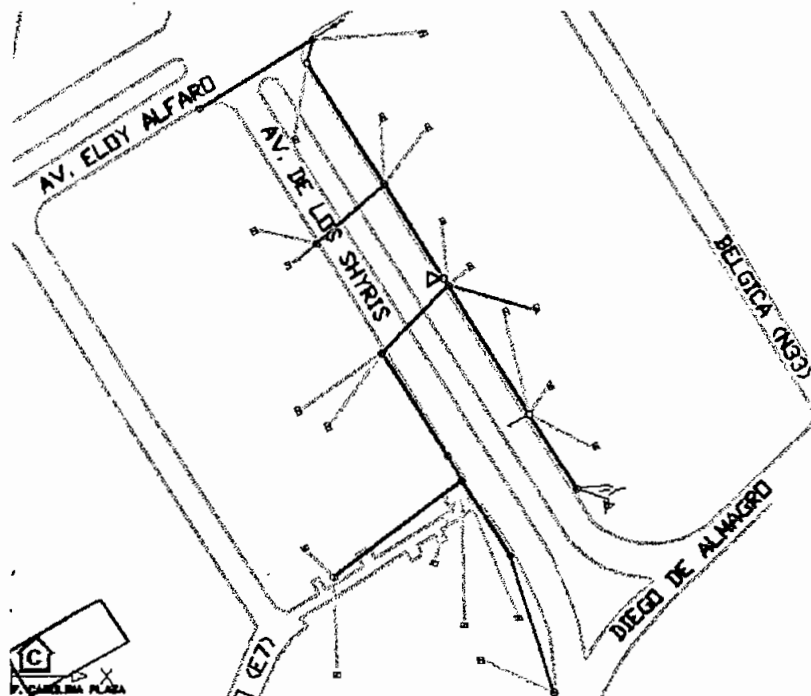


Figura 3-13: Área de cobertura de un nodo "X"

3.6.3.3 Nodos Repetidores

Los dispositivos API-2000-MV, API-2000-LV y API-2000-GW pueden configurarse para proveer también la funcionalidad de repetidores, disminuyendo los costos del equipamiento al no requerir la adquisición de repetidores por separado.

Si bien el API-2000-GW y el API-2000-LV instalados como estaciones maestras en las redes de baja tensión pueden proveer regeneración de la señal, control de errores, y funcionalidad de repetidor; en casos específicos es necesaria la instalación de repetidores adicionales. En estos casos dispositivos API-2000-LV o API-2000-GW se instalarían junto al tablero de medidores o en un poste cercano al mismo.

En las redes de media tensión se prevé la instalación de nodos repetidores aproximadamente cada 1000 metros, según lo permita el espacio físico. La Figura 3-14 muestra un nodo repetidor, nótese el cambio de las ranuras de tiempo ($T1 \rightarrow T2$) en la que transmite.

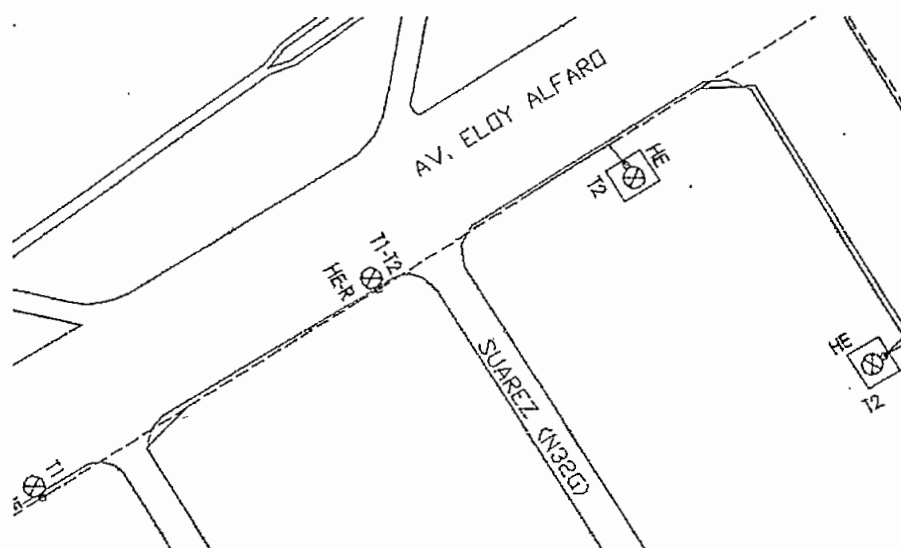


Figura 3-14: Ubicación de un nodo repetidor

3.6.3.4 Nodos S

Dentro de las subestaciones de transformación Iñaquito y Carolina se utilizarán dispositivos API-2000-MV para inyectar la señal *Broadband PLC* en la red eléctrica actuando como maestras para los nodos "X", cuya ubicación se muestra

en la Figura 3-15. Estos dispositivos cuentan con un interfaz *Fast Ethernet* para su conectividad con la red de backbone y soporte para 64 conexiones simultáneas.

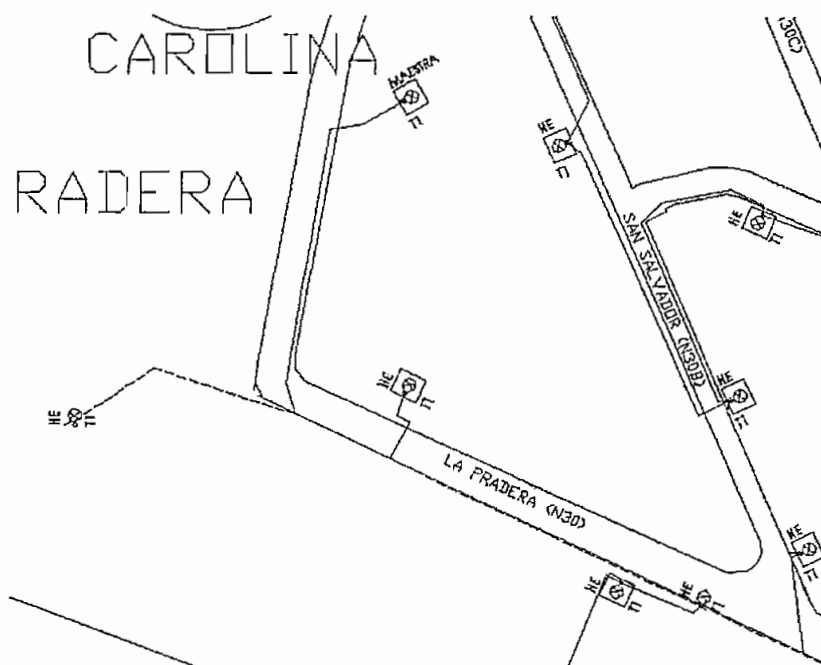


Figura 3-15: Ubicación de un nodo "X".

El equipo APC-2000-MV permite la comunicación en distancias de hasta 1500 metros, sin embargo se espera que las derivaciones en la red de media tensión afecten este parámetro. Por ello y para evitar transmitir a altas potencias se considera la configuración de un equipo como repetidor cada 1000 metros, lo cual si bien disminuye la capacidad total del enlace servirá para alcanzar los puntos más lejanos.

3.6.4 EQUIPOS REQUERIDOS

Considerando la arquitectura de red de Ascom, los requisitos técnicos y las características de la red eléctrica de la Empresa Eléctrica Quito S.A., se han ubicado los distintos nodos a lo largo de la red eléctrica de media tensión según se indica en los planos del anexo C. En base a este diseño se detalla el listado total de equipos *Broadband PLC* necesarios para la implementación de la red de acceso.

PRIMARIO	NODOS S	NODOS X			
	APC-2000-MV	API-2000-MV	API-2000-LV	GABINETE AÉREO	GABINETE NORMAL
24A	1	45	45	6	39
24B	1	113	113	60	53
24C	1	21	21	1	20
24D	1	56	56	22	34
24E	1	124	124	31	93
24F	1	19	19	3	16
28A	1	63	63	34	29
28B	1	24	24	6	18
28C	1	61	61	16	45
28D	1	40	40	2	38

Tabla 3-7: Listado de equipos *Broadband PLC* para la red de acceso por primario.

En el listado se incluye un nodo "S" por cada circuito primario, no se incluyen nodos repetidores porque su función está incorporada dentro de algunos nodos "X". Los datos contenidos en la tabla están basados en los planos del anexo C.

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 3

Libros consultados

1. VÁZQUEZ RAMÍREZ José, "Estaciones de Transformación y Distribución Proyección de Sistemas Eléctricos", Editorial Ediciones CEAC, Sexta Edición, 1985, ISBN: 84-329-6007-1.
2. Empresa Eléctrica Quito S.A., "Normas para Sistemas de Distribución", Empresa Eléctrica Quito S.A., 1996.
3. HRASNICA Halid, HAIDINE Abdelfatteh, LEHNERT Ralf, "**Broadband Powerline Communications**", Editorial John Wiley & Sons Ltd, Primera Edición, 2004, ISBN: 0-470-85741-2.
4. DOSTERT Klaus, "**Powerline Communications**", Editorial Prentice Hall PTR, Primera Edición, 2001, ISBN: 0-13-029342-3.

Páginas Web

5. <http://www.ipcf.org/bodies.html>, listado de organismos de estandarización de *Broadband PLC*.
6. www.plcforum.com, Página principal de la organización *Power Line Communications Forum*.
7. www.upapl.org, Página principal de la organización *Universal Powerline Association*.
8. www.homeplug.com, Página principal de la organización *Home Plug Alliance*.
9. <http://www.uplc.utc.org/>, Página principal de *United Power Line Council*.
10. <http://www.amperion.com/>, Página principal del fabricante Amperion.

11. <http://www.arkados.com/>, Página principal de Arkados, fabricantes de chips PLC.
12. <http://www.ds2.es/>, Página principal de DS2, fabricantes de chips PLC.
13. <http://www.ambientcorp.com/>, Página principal del fabricante Ambient.
14. <http://www.ascom.com/plc>, Página principal del fabricante Ascom.
15. <http://www.currenttechnologies.com/>, Página principal del fabricante Current Technologies.
16. <http://www.stt.com.tw/>, Página principal del fabricante ST&T.
17. http://www.ascom.com/plc/products_plc/services_plc.htm, Especificaciones de los equipos *Broadband PLC* del fabricante Ascom.
18. http://www.stateswire.com/targetwire/2006/02/21/tw177es/tw177es_es.html, Especificaciones del estándar de OPERA
19. http://portal.etsi.org/portal_common/home.asp?tbkey1=PLT, Portal de ETSI, organización de estandarización.
20. grouper.ieee.org/groups/1901/index.html, Portal del grupo de la IEEE dedicado a *Broadband PLC*.

Otras Fuentes de Consulta

21. Características técnicas de los equipos proporcionados por la empresa ASCOM.
22. Información Proporcionada por la Empresa Eléctrica Quito S.A. por medio del sistema GIS.

23. BILAL Osama, LIU Er, GAO Yangpo, KORHONEN Timo, "**DESIGN OF BROADBAND COUPLING CIRCUITS FOR POWER LINE COMMUNICATION**", Helsinki University of Technology, 2004.
24. PUJANTE J, MARTINEZ D, GOMEZ A, MARIN I, "**PLC QoS management and integration for IPv6 applications and services**", IEEE 2005, ISBN: 0-7803-8844-5
25. Ascom, Eichhoff, DIMAT, "**D2: Report of Installation Process of MV and LV Couplers, Filters and Line Conditioning Devices - Eichhoff's MV Clampable Coupler: Installation Instructions**", OPERA. IST *Integrated Project* No 507667. *Funded by EC*, 2005

CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL ISP EN LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.

4.1 FACTORES DE DISEÑO PARA UN ISP ^{[1] [2] [3] [4]}

4.1.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Los factores de diseño del ISP involucran el funcionamiento básico del mismo, los equipos necesarios, y las facilidades que prestará para brindar un servicio de calidad.

La función principal de un ISP es proveer al usuario acceso a la Internet, adicionalmente puede ofrecer una serie de servicios de red. Dentro de los servicios que puede entregar figuran el acceso a la Internet, correo electrónico, Web hosting, resolución de nombres (DNS), servidor de noticias (USENET), y transferencia de archivos.

Todo ISP debe velar por dos objetivos básicos, conservar la conectividad entre la Internet y sus clientes, y mantener alta disponibilidad en la prestación de los servicios.

En términos conceptuales, no existe una gran disparidad entre un ISP, y cualquier computador que esté en Internet. La única funcionalidad que marca la diferencia, es que el ISP es capaz de permitir la conexión de otros computadores mediante su infraestructura de red, misión que podría asumir cualquier computador que posea conexión a Internet. Esta "capacidad especial" se debe a que el ISP posee el equipamiento necesario para interactuar con otros elementos de la red, y el acceso a servicios e Internet por parte de los clientes.

La estructura interna típica de un ISP se compone de dos zonas importantes, una que está dedicada a los servicios, y otra dedicada a la administración. La zona

dedicada a los servicios es la más frágil desde el punto de vista de la seguridad, puesto que está expuesta a todos los usuarios de la Internet que quieran acceder o utilizar un servicio determinado. En cambio, la zona de administración debe ser la más protegida, para no recibir ataques.

Se debe tener en cuenta varias consideraciones para el establecimiento de un ISP. La primera consideración es el rango de las aplicaciones ofrecidas a los clientes. Para soportar estas aplicaciones se deben implementar los siguientes servicios: Servicios de resolución de nombres de dominio (*Domain Name Server, DNS*), autenticación de usuarios, Web-cache, el cual es altamente deseable para agilizar la descarga de páginas Web.

Debido a que los servidores podrían quedar expuestos a ataques en Internet, es necesario implementar mecanismos de seguridad para protegerlos, por este motivo es necesaria la instalación de equipos de seguridad como *firewall* y sistemas de detección de intrusos.

Por tales motivos para brindar un servicio de calidad, un ISP debe cumplir con varios requerimientos entre los cuales se mencionan los siguientes:

- Que los servicios a ser ofrecidos sean planificados acorde a las necesidades de los usuarios.
- Red Interna del ISP con alto nivel de disponibilidad y confiabilidad.
- Red de acceso y de distribución con altos niveles de QoS.
- Políticas de seguridad que guíen a establecer controles de seguridad adecuados.

4.1.2 POLÍTICAS DE SEGURIDAD ^[27]

Las políticas de seguridad deben ser dinámicas, actualizarse constantemente para alinearse con la cultura organizacional, reflejar nuevas tendencias, considerar cambios en las prioridades del negocio, y confirmar que los controles

establecidos siguen siendo efectivos. A continuación se presentan diferentes aspectos que se deben considerar como políticas de seguridad.

- **Seguridad organizacional**

"Administrar la seguridad de la información dentro de la organización"

- Se debe designar a un grupo de funcionarios la tarea de garantizar que el proceso de seguridad de la información se ejecute correctamente.
- Definir las responsabilidades de todos los funcionarios con respecto a la seguridad de la información.
- Se requiere autorización para utilizar información de la empresa fuera de las instalaciones.
- Los dispositivos de procesamiento de información personales dentro de las instalaciones de la empresa se podrán utilizar sólo con autorización previa.
- El acceso de terceros a la infraestructura de la empresa (lógica y física) debe ser autorizado y documentado, con un compromiso de no causar daño al sistema.

- **Control de Recursos**

"Brindar una protección apropiada a los recursos de la organización"

- Cada recurso de la organización deberá estar identificado y registrado.
- Cada recurso de la organización deberá tener asignado un responsable.

- **Seguridad del Personal**

"Asegurar que los usuarios estén al tanto de los riesgos de la seguridad de la información y sus consecuencias, controlando el riesgo de fallas humanas, fraude, o mal uso de los recursos"

- Se considerarán las responsabilidades de cada funcionario en la fase de contratación del personal, se considerará para ello el uso de acuerdos de confidencialidad como parte de los términos y condiciones de empleo.
- Todos los empleados deben recibir capacitación en los requisitos de seguridad de la organización, en sus responsabilidades legales y en el correcto uso de las instalaciones de procesamiento de información.
- Los incidentes (o aparentes incidentes) de seguridad deberán ser reportados a través de un proceso formalmente establecido tan pronto como sea detectado.
- Se establecerá un proceso disciplinario formal para funcionarios que han comprometido intencionalmente la seguridad de la organización o que han violado los procedimientos o las políticas de seguridad.

- **Seguridad Física**

"Prevenir el acceso no autorizado, daño e interferencia a las premisas del negocio y a la información".

- Las instalaciones de procesamiento o almacenamiento de información crítica o sensible del negocio deben estar en áreas seguras bajo controles de entrada. Protegiéndolas de acceso no autorizado, daño e interferencia.
- Los visitantes de áreas seguras deben ser registrados y supervisados; y, contar con autorización para un propósito específico.
- El acceso a información sensible de la organización, y a las instalaciones de procesamiento de información debe ser controlado, y llevado a cabo con autorización.

- Se implementará un sistema confiable de detección de intrusos en zonas seguras.
- La información de respaldo será almacenada en otra localidad para limitar el daño causado por un desastre en el sitio principal.
- El personal no debe conocer los procesos que se realizan dentro de las zonas seguras, a menos que cuenten con una autorización basada en la necesidad de dicho conocimiento.
- Los equipos críticos deben estar protegidos físicamente de amenazas de seguridad y riesgos ambientales, incluyendo controles para robo y fuego.
- Los equipos críticos deben estar protegidos de fallas de energía, para ello se consideran los siguientes controles:
 - o Múltiples circuitos para evitar un apagado masivo en caso de sobrecarga de dicho circuito.
 - o Sistema de Suministro de energía ininterrumpido
 - o Conmutadores de emergencia
- Se debe almacenar los registros de los mantenimientos realizados

- **Administración de operaciones y comunicaciones**

“Asegurar la operación segura y correcta de las instalaciones de procesamiento de información”

- Los procesos operativos importantes deben estar debidamente documentados y tratarse como información formal cuya edición requiere autorización.
- Debe tomarse precauciones para evitar que los funcionarios, abusando de sus privilegios, puedan perpetrar fraudes o ataques sin ser detectados.

- Las demandas de capacidad deben ser monitoreadas, y los requerimientos futuros proyectados, para evitar la saturación de los recursos y por tanto garantizar la continuidad normal de las operaciones.
- En caso de requerirse, la contratación de mayor capacidad debe ser justificada con documentación técnica que demuestre que no afectará adversamente el funcionamiento de los sistemas existentes, y que demuestre que sea considerado su efecto en la seguridad global de la organización.
- Se debe implementar controles para prevención y detección de software malicioso, considerando los siguientes controles:
 - Todo archivo obtenidos de fuentes externas debe ser revisado por el personal de sistemas.
 - Uso de un sistema antivirus
 - Revisión de archivos en correos electrónicos
- Se deben realizar copias de respaldo de información esencial de forma regular para lo que se ha considerado los siguientes controles:
 - Identificar la información crítica.
 - Almacenar esta información en un sitio remoto junto con procedimientos de restauración.

Los administradores de red deben implementar controles para garantizar la seguridad en las redes de datos y la protección de los servicios de accesos no autorizados, para lo que se debe generar una política en relación al uso de servicios de red incluyendo las redes y servicios de red permitidos, los procesos de autorización, y administración de controles para proteger el acceso a las conexiones de red y a los servicios de red.

- **Control de Acceso**

“Controlar el acceso a la información”

- Se debe establecer reglas para el control de acceso
- Debe haber un método de registro para obtener acceso a los recursos de la red, el cual establezca seguridades acordes a la aplicación.
- Los usuarios deben acceder solamente a los servicios para los que han sido autorizados.
- Se requiere el desarrollo de políticas de control de acceso para redes compartidas que restrinja la capacidad de conexión de los usuarios, para ello se consideran controles basados en firewall, uso del canal y enrutamiento de la red.

4.2 REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD Y CALIDAD DE SERVICIO PARA EL DISEÑO DEL ISP ^{[4] [5] [6] [7]}

El negocio de los ISP radica en el acceso a Internet de forma transparente, con un costo eficiente, y con un alto rendimiento, por tal motivo, las medidas de seguridad no deben afectar la conectividad, el acceso y el rendimiento de las operaciones de la red en el ISP.

Los ISPs deben mantener prácticas de seguridad de última generación, debido a que sus operaciones exponen sus sistemas y servicios a Internet, y a diferentes usuarios, cuya conexión, acceso y derechos de uso deben ser observados. Por estas razones, los objetivos de seguridad en un ISP son:

- Protegerse a si mismos de: las amenazas internas, amenazas de sus usuarios (clientes), y amenazas de los usuarios de Internet.
- Ayudar a proteger a sus usuarios de las amenazas de Internet.

- Disminuir los riesgos y amenazas hacia Internet que se pueden presentar mediante el acceso de los clientes del ISP.

La base de la implementación de seguridad del ISP comprende cinco fases:

1. *Preparación*, la cual incluye todo el trabajo que se requiere para preparar el sistema, probar herramientas, procedimientos y capacitar al personal técnico.
2. *Clasificación*, en el caso de que ocurra un evento que se presuma riesgoso para la seguridad se deberá entender el tipo de ataque y el daño que puede causar, según la capacitación previamente realizada.
3. *Registro hacia atrás (Traceback)*, para buscar el origen del ataque con las herramientas ya utilizadas en la fase 1.
4. *Reacción* que permitirá tomar medidas para contrarrestar el ataque.
5. *Post Mortem*, para describir las acciones que se realizarán después del ataque.

El diseño se enfocará en la fase 1 pues es parte fundamental para el diseño del ISP. Se tomará en cuenta la seguridad física y lógica de los elementos de la red, además se considera la incorporación de elementos de seguridad y calidad de servicio, y la adecuada configuración de los dispositivos para alcanzar la defensa en profundidad¹⁸, para cumplir con este objetivo se deben considerar cinco puntos clave:

- La seguridad física.
- La seguridad lógica de los equipos que conforma la infraestructura de red.
- La seguridad de los protocolos de enrutamiento.

¹⁸ La defensa en profundidad es la aplicación de medidas de seguridad a cada nivel de un sistema informático.

- La seguridad en la red.
- Calidad de Servicio.

4.2.1 SEGURIDAD FÍSICA DE LA INFRAESTRUCTURA DE RED

Uno de los parámetros más importantes para tomar en cuenta en el diseño del ISP es la seguridad física, por tal motivo para suplir esa necesidad se han considerado las siguientes áreas para asegurar la infraestructura de la red:

- Sistema de recuperación ante catástrofes
- Sistema de aire acondicionado
- Sistema de protección de energía
- Control de acceso físico

4.2.1.1 Sistema de recuperación ante catástrofes

Pueden ocurrir eventos que limitarían las operaciones del ISP, como inundaciones, robos mayores, derrumbes, terremotos, vandalismo, incendios, etc. Como estrategia para la recuperación de capacidad operativa ante tales eventos se prevé el uso de una estrategia de respaldo *off-site*, es decir, el almacenamiento de los respaldos en otra ubicación física.

Para su implementación los técnicos responsables de cada servidor deberán identificar la información que requiere ser respaldada, los métodos a utilizar para comprobar la integridad de los respaldos, y la periodicidad con la que dichos respaldos han de realizarse. Luego los respaldos serán almacenados en el edificio "Las Casas" de la EEQ S.A., por la división de sistemas, en donde se cuenta con instalaciones seguras para ello.

Uno de los aspectos más importantes a considerar dentro del sistema de recuperación es un sistema de detección y supresión de incendios, factor primordial para prevenir cualquier incidente y facilitar la pronta recuperación de la funcionalidad del sistema del ISP.

Por ello se ha visto necesaria la instalación de detectores de incendio en el NOC, y alerta inmediata y automática mediante un sistema de monitoreo que deberá ser contratado. Adicionalmente se ha visto necesaria la instalación de extintores en el NOC, los cuales podrían ser de dióxido de carbono para evitar daños a los equipos electrónicos aunque su elección deberá ser aprobada por el Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Quito.

4.2.1.2 Sistema de aire acondicionado

Es importante mantener los equipos de cómputo a temperatura constante, entre 17 y 20 °C, pues las temperaturas fluctuantes pueden causar daños por la contracción y expansión de los componentes y las altas temperaturas pueden sobrecalentar los componentes.

Es también importante controlar la humedad, manteniéndola entre 40 y 60%, pues su ausencia puede causar el acumulamiento de energía estática y su exceso puede causar condensaciones que podrían causar cortocircuitos en los componentes así como permitir la aparición de hongos.

Por ello es necesaria la instalación de un sistema de aire acondicionado para mantener a los equipos en un ambiente controlado y evitar problemas por condiciones ambientales desfavorables.

4.2.1.3 Sistema de protección de energía

Para mejorar la seguridad del sistema de energía se consideran los siguientes requisitos adicionales para su diseño:

Es necesario contar con circuitos de energía independientes para los equipos de respaldo, de manera que en caso de una falla en el circuito de alimentación de un equipo no existan consecuencias con los equipos de respaldo.

Se requiere contar con un interruptor maestro, que controle todo el cuarto de comunicaciones, de manera que se pueda cortar el suministro eléctrico en caso de alguna catástrofe para prevenir cortocircuitos o incendios.

Es necesario contar con un sistema de regulación de energía o supresión de picos, para limitar las posibilidades de que los efectos negativos de otras cargas sobre la señal eléctrica sean transmitidos dentro de los circuitos eléctricos del cuarto de equipos.

Igualmente para poder permitir un apagado adecuado del sistema y permitir sostener las operaciones de la red durante un tiempo prudente en caso de un corte de energía es necesario la instalación de un sistema de energía ininterrumpida (*Uninterruptible Power Supply, UPS*), el cual debe soportar toda la carga del cuarto de servidores por un tiempo mínimo de 30 minutos.

4.2.1.4 Control de acceso físico

Es necesario definir que personas estarán autorizadas a ingresar al centro de operaciones de red y al cuarto de equipos, y limitar de esta manera la ocurrencia de incidentes de seguridad. Para ello se considera:

- Señalización de zonas restringidas.
- Sistema automático de control y registro de accesos al cuarto de equipos mediante tarjeta de autenticación magnética.
- Sistema de monitoreo de accesos no autorizados mediante sensores de movimiento y sensores en puertas y ventanas.
- Uso de cerraduras en las puertas.
- Uso de armarios de telecomunicaciones cerrados en lugares donde no se puede restringir el acceso (subestaciones Iñaquito y Carolina).

4.2.2 SEGURIDAD LÓGICA DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN LA INFRAESTRUCTURA DE RED

La seguridad de los equipos que conforman la infraestructura de red básicamente se refiere a los *routers* y *switches*. La idea es evitar que éstos se conviertan en una vulnerabilidad.

La seguridad lógica de un ISP comprende varios parámetros entro los cuales se encuentran:

4.2.2.1 Servicios riesgosos o no necesarios

Muchos de los *routers* o *switches* disponibles en el mercado tienen activados por defecto varios servicios y características, muchos de los cuales no son necesarios en un ISP. Entre los servicios no necesarios en un ISP se puede mencionar:

- El proceso de escucha *FINGER*¹⁹ desde equipos remotos, pues éste divulga información detallada sobre las personas registradas en el sistema, y conectadas al equipo consultado.
- Puertos *ECHO* y *DISCARD*, los cuales pueden usarse para llevar a cabo ataques de negación de servicio (*Denial of Service*) consumiendo los recursos del procesador del *router* o *switch*.
- El servicio *BOOTP*, debido a la vulnerabilidad que representa el cargar la configuración de los equipos activos desde un servidor en la red, cuya dirección podría ser falsificada (*IP Spoofing*).
- Servicio de redireccionamiento IP, inclusive el de *broadcast*, pues puede convertir a la red del ISP en el atacante de otros sistemas.

¹⁹ *FINGER* es un protocolo que proporciona información de los usuarios que han iniciado sesión en una estación.

- La funcionalidad *proxy ARP*, que es usada por el *router* para ayudar a los *host* que no tienen capacidad de enrutamiento a determinar las direcciones MAC de aquellos ubicados en otras redes o subredes. Esta opción sería poco deseable por el tamaño que podría alcanzar la tabla de direcciones MAC la cual podría afectar el rendimiento del *router*.

4.2.2.2 Mensajes de registro

Se debe tener cuidado con los mensajes que se muestran cuando un usuario se conecta a un *router* o *switch*, éstos podrían brindar información a un atacante que puede ser usada para acceder al sistema.

4.2.2.3 Seguridad SNMP

Sería deseable utilizar SNMPv3, sin embargo la mayoría de ISPs todavía usan SNMPv1, la seguridad en este protocolo depende de cuatro configuraciones que minimizan los riesgos de seguridad.

- *Acceso de solo lectura*: los ISP no deben configurar SNMP con acceso de escritura, para reducir el riesgo de ataques de DoS contra SNMP, y la adquisición de datos para ataques futuros.
- *Listas de acceso*, éstas requieren que el origen del paquete SNMP concuerde con un registro en las listas de control de acceso (ACL: *Access Control List*). Esto dificulta el envío de solicitudes SNMP con direcciones falsas.
- *Nombres de comunidad*²⁰ *complejos*, éstos pueden ser recuperados con facilidad, y al no requerir contraseñas sería deseable hacerlos difíciles de encontrar utilizando nombres complejos.

²⁰ En el protocolo SNMP el nombre de comunidad es una cadena de caracteres que se utiliza como mecanismo de control de acceso. Toda la seguridad proporcionada por SNMPv1 se basa en

- *SNMP authentication failure trap*, cuando está configurado SNMPv1 envía un *authentication failure trap* a un *SNMP trap server* cuando un paquete con un nombre de comunidad inválido es recibido. De esta manera, si alguien está engañando a la ACL, y tratando de encontrar el nombre de la comunidad SNMP, el personal de seguridad puede recibir alertas debido a que se han recibido varios intentos fallidos de autenticación en un dispositivo específico.

SNMPv3 provee un tipo de autenticación basado en MD5 y mejora en gran medida las características de seguridad de SNMPv1.

4.2.2.4 Almacenamiento de las claves

Las claves de acceso a los *routers* y *switches* deben ser almacenados de forma segura usando un método de encriptación robusto y no reversible, e inclusive se puede considerar el uso de técnicas de autenticación.

4.2.2.5 Acceso a los equipos de la infraestructura de red

Típicamente, los equipos de interconectividad pueden ser configurados mediante un medio físico, a través del puerto de consola o de forma remota. Los terminales virtuales son la primera opción de acceso remoto a los dispositivos; el puerto de consola es usado como último recurso para el acceso. Para acceder a los terminales virtuales comúnmente se usa *telnet*, sin embargo, al ser inseguro, no puede ser recomendado para ser utilizado en cualquier red pública. El soporte para SSH²¹ versión 2 es una característica importante que deben tener los equipos activos en una red pública.

el hecho de que es necesario conocer el nombre asignado a una comunidad para conseguir el acceso a la información proporcionada por sus variables.

²¹ SSH Telnet es un protocolo que proporciona una forma segura de Telnet, utiliza el puerto 22, cifrado 3DES y autenticación RSA. Forma un túnel encriptado entre el cliente y el servidor SSH, ya que este túnel es formado antes que se requiera cualquier autenticación, provee confidencialidad en la comunicación.

La utilización del nombre de usuario y contraseña incrementa el esfuerzo para culminar ataques de fuerza bruta, y con la ayuda de otras técnicas, permite llevar un registro de las actividades de los distintos usuarios sobre los dispositivos de la red, evitando la negación de actividades.

Es posible y recomendable usar un sistema de autenticación basado en red, así los nombres de usuario y contraseñas pueden ser administrados de forma centralizada, y fuera del *router* o *switch*. Las ventajas de utilizar esta técnica son:

- Las contraseñas pueden ser almacenadas con métodos de encriptación más seguros que los disponibles en algunos equipos.
- Es más fácil dar mantenimiento a las cuentas válidas en una localización central, que hacerlo individualmente en cada *router* o *switch*.
- Todos los accesos son registrados en el servidor de autenticación, hay software que permite que las acciones sobre los equipos sean registradas.

Por último para brindar mayor seguridad a los equipos se deben incluir tiempos de inactividad más pequeños, minimizando el riesgo de que un operador descuidado deje un terminal abierto.

4.2.2.6 Auditoría de los comandos del *Router*

La auditoría de los comandos ejecutados en los *routers* y el control centralizado de las cuentas de usuarios, motiva a los ISPs a protegerse de situaciones de sabotaje y negación de actividades. Cualquier comando ejecutado sobre los *switches* y *routers* será auditado, lo cual provee registros que podrían ser usados en procesos legales.

4.2.2.7 Manejo de mensajes ICMP: Destino Inalcanzable

Los mensajes ICMP: Destino Inalcanzable son respuestas enviadas por un *router*, *host* o *switch* cuando la dirección del *host* de destino o el protocolo no se encuentran, o las redes de destino no se encuentran en la tabla de enrutamiento. Son una función normal del conjunto de protocolos *TCP/IP*, pero ha sido explotada debido a que podría sobrecargar los dispositivos de red, específicamente enviando paquetes que requieren que el dispositivo responda con volúmenes grandes de mensajes ICMP Destino Inalcanzable.

Para disminuir las posibilidades de que un ataque de *DoS* basado en respuestas ICMP: Destino Inalcanzable se conviertan en eventos de seguridad serios, se pueden considerar las siguientes medidas:

- Adquirir equipos que manejen los mensajes ICMP "Destino Inalcanzable" tan cerca a la interfaz física como sea posible, aislando la sobrecarga de éstos únicamente a la interfaz afectada, evitando la sobrecarga del procesador principal del *router*.
- Configurar los equipos para limitar la cantidad de mensajes ICMP Destino Inalcanzable procesados, algunos equipos tienen inclusive la opción de bloquear completamente las respuestas ICMP: Destino Inalcanzable, sin embargo esto puede limitar la funcionalidad de la red.

4.2.3 SEGURIDAD DEL PROTOCOLO DE ENRUTAMIENTO

La información de enrutamiento intercambiada entre los *routers* puede ser reemplazada con información falsa, los ISPs deben protegerse debidamente de recibir actualizaciones de rutas fraudulentas, mediante la protección de sus protocolos de enrutamiento.

Se deben considerar tres técnicas para lograr esta protección:

- *Autenticación de los routers vecinos*, lo cual asegura que un *router* reciba información de enrutamiento confiable desde otras fuentes. Sin autenticación, las actualizaciones de rutas no autorizadas o maliciosas pueden comprometer la seguridad del tráfico de la red, permitiendo que vaya a otros destinos, o limitando la capacidad de la organización de comunicarse.

La autenticación de *routers* vecinos puede ser configurada para los siguientes protocolos de enrutamiento:

- *Border Gateway Protocol (BGP)*
- *Intermediate System-to-Intermediate System (IS-IS)*
- *IP Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)*
- *Open Shortest Path First (OSPF)*
- *Routing Information Protocol Version 2 (RIPv2)*

Se requiere entonces equipos que tengan compatibilidad con alguno de estos protocolos, y que el *router* del proveedor de *upstream* tenga habilitada la autenticación para dicho protocolo.

- *Listas de Control de Acceso*, que servirían para validar las direcciones de origen y destino de los paquetes dirigidos a los puertos IGP y EGP.
- *Comandos Específicos* de los protocolos de enrutamiento ayudan a proteger al *router* de ser sobrecargado con una cantidad muy grande de actualizaciones, o de consumir la totalidad de su memoria, causando la DoS en ese *router*.

4.2.4 SEGURIDAD EN LA RED

Es necesario construir resistencia a ataques e intrusiones en la red, para lo cual se realizará el filtrado de rutas, filtrado de paquetes y la limitación de la velocidad de varios tipos de tráfico.

Estas técnicas tienen un impacto en el rendimiento de los PPS (paquetes por segundo), por tanto, al igual que cualquier herramienta de seguridad, se debe

comparar los riesgos y los beneficios. Al ser la seguridad del sistema en el ISP su primer requerimiento, puede ser preferible el costo en rendimiento, a tener un sistema vulnerable.

4.2.4.1 Filtrado de rutas

Este proceso remueve rutas específicas de los anuncios de los protocolos de enrutamiento entre *routers*, se utiliza para evitar que redes específicas que no deben ser anunciadas a la Internet sean propagadas, y para filtrar los anuncios de redes pequeñas, evitando el crecimiento indiscriminado de las tablas de enrutamiento.

Algunos ISPs anuncian rutas más específicas de forma intencional por razones operacionales, pero usualmente de forma accidental, o por falta de conocimiento. Esto incrementa la rapidez de crecimiento de la tabla de enrutamiento de la Internet, este tipo de filtrado es conocido como políticas de filtrado de red (*net police filtering*).

Entre las redes más importantes que no deberían ser anunciadas en la Internet se tiene:

1. 0.0.0.0/0 y 0.0.0.0/8—Red por defecto y red 0.
2. 127.0.0.0/8—Dirección de *Loopback*.
3. 192.0.2.0/24—TEST-NET generalmente usada para ejemplos en la documentación de los fabricantes de equipos.
4. 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12, y 192.168.0.0/16—direcciones privadas.
5. 169.254.0.0/16—Red de auto configuración en la ausencia de DHCP.
6. Cualquier anuncio con máscara menor a /24.

4.2.4.2 Filtrado de paquetes

Los ataques de DoS, falsificación de direcciones IP, y otros más son un problema constante en la Internet, muchos de estos ataques pueden ser anulados con el uso de filtrado de paquetes de ingreso y egreso.

En esta técnica se verifica la información de origen o destino, y se decide si se acepta o se rechaza un paquete basado en una regla, previamente se utiliza información sobre las direcciones IP y el número de puerto, sin embargo se puede verificar también el contenido de las capas superiores, e inclusive el comportamiento del tráfico para detectar varios tipos de ataques.

Para implementar el filtrado de paquetes se puede usar una combinación de las siguientes técnicas:

- ACLs, para buscar una coincidencia en las direcciones IP de origen o destino, el protocolo, o calidad de servicio mediante el campo TOS (*Type Of Service*) para rechazar un paquete.

Para disminuir el impacto en el rendimiento, nuevas tecnologías como Turbo ACLs pueden ser usadas en listas largas, o filtrado de hoyo negro, que en lugar de descartar paquetes los enruta por una interfaz virtual nula.

- Comprobación mediante *Unicast reverse path-forwarding* (uRPF), es una herramienta para reducir el reenvío de paquetes IP que pueden estar falsificando una dirección IP. Una comprobación uRPF busca en la tabla de rutas la dirección de origen del paquete, y revisa la interfaz por la que llegó el mismo. El *router* determina si el paquete ingresa desde un camino que el emisor podría usar legalmente, o si el mismo no viene de un camino válido el *router* lo descarta.
- Uso de *Firewalls*, éstos tienen la ventaja de poder inspeccionar el contenido de las capas superiores de red, así como el comportamiento del tráfico para detectar varios tipos de ataques, alertas sobre los mismos y aplicar políticas a diferentes segmentos de la red.

Los servidores deben ubicarse en una zona de la red con filtros adecuados, para aumentar la seguridad en estas zonas se puede considerar la instalación de *firewalls*.

4.2.5 CALIDAD DE SERVICIO

Un servicio de calidad abarca varios parámetros a tomar en cuenta, entre los cuales figuran:

- Acuerdo de nivel de servicio
- Disponibilidad de los servicios a prestar
- Soporte a usuarios
- Tiempos de respuesta

4.2.5.1 Acuerdo de nivel de servicio

Un acuerdo de nivel de servicio (*Service Level Agreement, SLA*) es un conjunto de expectativas planteadas entre el proveedor del servicio y los usuarios. Éste ayuda a definir la relación existente entre las dos partes y es la piedra angular de cómo el proveedor de servicio pone y mantiene los compromisos al consumidor del servicio.

Dentro de este acuerdo se debe especificar varios parámetros como: qué promete cumplir el proveedor, cómo llegará a cumplir el proveedor dichas promesas, quien controlará que el proveedor cumpla lo ofrecido, que pasaría si el proveedor no cumple sus compromisos y como el SLA cambiará durante el tiempo que se encuentre vigente el contrato.

Existe una relación directa entre niveles de disponibilidad del sistema y el costo del mismo, aquellos usuarios que deseen tener altos niveles de disponibilidad deben cancelar un precio mayor por el servicio.

Los acuerdos de nivel de servicio que la Empresa Eléctrica Quito S.A. realizará con los usuarios se basarían en experiencias de la empresa IBERDROLA, la cual brinda servicios de Internet en España con tecnología *Broadband PLC* hace ya

más de dos años, la Empresa Eléctrica Quito S.A. deberá observar la realidad nacional y en base a la misma realizar los acuerdos de nivel de servicio, los contratos que la empresa IBERDROLA tiene con sus clientes se muestran en el anexo A .

Uno de los parámetros que se deben especificar en el acuerdo de nivel de servicio es la velocidad, cuyos parámetros se encuentran especificados a lo largo del presente capítulo.

4.2.5.2 Disponibilidad de los servicios a prestar

El tener un solo enlace a la Internet conlleva a que si el mismo se cae todo el servicio se ve afectado, por tal motivo la contratación de un enlace de respaldo es primordial.

Se pueden tener dos opciones, el contratar dos enlaces paralelos dividiendo la capacidad de los enlaces a la mitad, pero con el problema que si uno de los dos enlaces deja de funcionar todos los usuarios reducirían su capacidad a la mitad incumpliendo el SLA establecido por la empresa y el usuario.

La segunda opción es contratar un sistema de backup que entre en funcionamiento el momento que el sistema principal esté abajo, de esta manera si el enlace principal cae, el enlace secundario entra en funcionamiento y la capacidad de los usuarios no es afectada por el imprevisto.

La solución propuesta para consideración de la Empresa Eléctrica Quito S.A. es la de PORTA como proveedor del enlace de backup, en una modalidad de cobro por volumen, con una disponibilidad del 99,99% ^[24].

La solución propuesta para consideración de la Empresa Eléctrica Quito S.A. para el enlace principal es TRANSELECTRIC el mismo que ofrece una disponibilidad del enlace del 99,9999% ^[24], los costos del enlace principal y de backup se especifican en el capítulo financiero.

Siendo que las disponibilidades ofrecidas por las dos empresas son independientes y los dos enlaces son paralelos, se puede calcular por medio de fórmulas probabilísticas cuál sería la disponibilidad total del enlace a la Internet. Así para calcular dicha disponibilidad se aplica la Ecuación 4-1.

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B) \quad \text{Ecuación 4-1}$$

Donde:

A: Disponibilidad del servicio ofrecido por TRANSELECTRIC

B: Disponibilidad del servicio ofrecido por PORTA

Como A y B son dos eventos independientes entonces:

$$P(A \cap B) = P(A) * P(B) \quad \text{Ecuación 4-2}$$

Reemplazando los valores de disponibilidad antes mencionados en la Ecuación 4-1 y en la Ecuación 4-2 se tiene que la disponibilidad del enlace a la Internet es del 99.999999990%.

En base a información provista por la Empresa Eléctrica Quito S.A. se obtuvo que el tiempo máximo que un primario de las dos subestaciones se encuentra sin prestar servicio es de cuatro horas y treinta y cuatro minutos (Ver Anexo A), por lo que la disponibilidad de la red eléctrica dentro del área de cobertura de las tres subestaciones de diseño es del 99.9479%^[23] y que la disponibilidad de los enlaces de fibra óptica que comunican a las subestaciones es del 99,9999%

El diseño de la red interna del ISP contempla un alto nivel de redundancia de los dispositivos con varios equipos en serie, cuya disponibilidad por motivos de diseño y debido a lo difícil de obtener los datos se asume del 99.9999%, teniendo al final de la red interna e inicio de la red de acceso una disponibilidad de la red tendiente al 100% y por tal motivo la red interna del ISP no influye significativamente en el cálculo de la disponibilidad del servicio.

Para calcular la disponibilidad de todo el sistema se debe considerar tres elementos: el enlace a Internet, los enlaces de fibra óptica instalados entre las

subestaciones, y la red eléctrica. Cada uno de estos elementos son independientes entre sí, pero para el correcto funcionamiento del servicio todos deben operar de manera óptima. Por tal motivo para el cálculo de la disponibilidad se debe considerar la intersección de los tres elementos ya que es de interés que todos funcionen al mismo tiempo.

Como se indicó anteriormente los tres elementos son independientes, por tal motivo el cálculo de la disponibilidad se basa en la Ecuación 4-3.

$$P(A \cap B \cap C) = P(A) * P(B) * P(C) \quad \text{Ecuación 4-3}$$

Donde:

A: Disponibilidad del enlace a Internet.

B: Disponibilidad de los enlaces de Fibra óptica.

C: Disponibilidad de la red eléctrica.

Reemplazando los valores en la ecuación se obtiene que la disponibilidad que se va a ofrecer a los usuarios es del 99.9478%.

La disponibilidad de la red eléctrica es baja en comparación con la disponibilidad de los sistemas de comunicaciones, por tal motivo empresas como IBERDROLA han separado la red eléctrica del diseño de disponibilidad de sus servicios, sin considerarlos como parámetro del SLA.

4.2.5.3 Soporte a usuarios

Uno de los pilares necesarios para ofrecer un servicio de calidad es el soporte que se puede ofrecer a los usuarios, por tal motivo se ve la necesidad de implementar un *call center* que atienda los inconvenientes que puedan tener los mismos con el servicio.

Según experiencias de otro ISP^[25] el 25% de las llamadas recibidas por el personal que brinda soporte se debe a problemas de la red y el 75% se debe a cubrir dudas de usuarios; de datos extra oficiales se tiene que el ISP recibe

alrededor de 20 llamadas diarias y que cada llamada tiene en promedio una duración de 10 minutos.

Siendo que este ISP tiene alrededor de la cuarta parte de los usuarios que tiene el ISP en diseño, para estimar el número de llamadas que se podrían recibir, se ha utilizado una aproximación lineal con la finalidad de obtener un valor de referencia, determinándose que el ISP en diseño puede llegar a atender 80 llamadas diarias^[25]. Dicho valor deberá ser monitoreado durante el tiempo de vida del proyecto para determinar tendencias del usuario hacia el ISP que permitan prever la necesidad de incrementar o disminuir la capacidad del *call center*.

Para poder atender las llamadas de los usuarios se ha previsto la contratación de 3 personas, las mismas que serán capacitadas por personal técnico de la empresa. Si un problema no puede ser resuelto por el personal del *call center*, este problema debe ser notificado al personal técnico del NOC para que atiendan la llamada y proporcionen una pronta solución al inconveniente.

El personal técnico se encontrará dividido en tres grupos formado cada uno por un ingeniero y tres técnicos, la división en tres grupos tiene la finalidad de cubrir el área de cobertura del ISP, se ha estimado un grupo por cada subestación (Iñaquito y Carolina) y un grupo para el monitoreo constante de la red del ISP. Cada uno de los grupos deberá cubrir problemas en el área de cobertura asignada, dicha área variará periódicamente.

Debido a que los problemas que ocurrirían en la red de acceso se pueden presentar en cualquier lugar dentro del área de cobertura, se ve necesaria facilitar la movilización con el uso de tres camionetas (una para cada grupo) y de esta forma tener tiempos menores en la solución de problemas en la red de acceso. La Empresa Eléctrica Quito S.A. deberá tomar en cuenta sus políticas para la compra de dichas camionetas o para su contratación mediante terceros, para fines de evaluación del presente proyecto se ha considerado la adquisición de las mismas.

4.2.5.4 Tiempos de respuesta

Uno de los parámetros más importantes a tomar en cuenta para brindar un servicio con altos niveles de calidad es el retardo introducido a la transmisión por los dispositivos de la red.

La distancia mas grande que debe cubrir la red de acceso es de 3600 m, para lo cual se colocó en el diseño 5 equipos: un nodo S, dos nodos R y un nodo X (un equipo MV y un LV). Cada equipo de la red de acceso tiene un retardo máximo de 10 milisegundos^[22] para brindar su servicio, por tal motivo el retardo introducido en la red de acceso para llegar al punto más lejano de la red será 50 milisegundos.

En la red interna del ISP se tiene que el retardo introducido por el controlador de ancho de banda es menor a 2 milisegundos, el retardo del firewall es menor a 500 microsegundos, el retardo introducido por los *switches* es casi nulo y el retardo por *routers* estará dado por el acuerdo de nivel de servicio del proveedor del enlace a la Internet^[22].

La distancia que recorre la señal de un punto a otro en un determinado tiempo se llama velocidad de propagación, dicha velocidad depende del factor de velocidad (relación de la velocidad real de propagación a través de determinado medio, entre la velocidad de propagación en el vacío) que a su vez depende de la constante dieléctrica del material aislante que separa a los conductores. Típicamente los valores de factores de velocidad se encuentran dentro del rango de 0.6 a 0.9 ^[26]. Para el presente diseño se considera el peor caso (factor de velocidad de 0.6) con lo que la velocidad de propagación de la señal en el cable de media tensión será de 1.8×10^8 m/s.

Con el dato de la velocidad de propagación se puede obtener el tiempo que tarda la señal en llegar al punto más lejano de la red (3600 m), el mismo que será de 0.02 milisegundos.

Para que una señal pase del enlace al Internet a la red de acceso debe pasar dos *switches*, un *firewall* y un controlador de ancho de banda, por tal motivo el retardo introducido en la red Interna del ISP es de 2,5 milisegundos. Todos los datos mostrados anteriormente se encuentran basados en las especificaciones de cada producto presentadas en el anexo A.

En conclusión se tiene que el retardo introducido por los equipos activos del ISP para llegar al punto más lejano es de 52,52 milisegundos, lo cual permite la utilización de servicios sensibles a retardos como VoIP.

4.3 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN CENTRAL DEL ISP ^{[1] [7] [8] [9] [10] [11]}

La red Interna del ISP es uno de los puntos más críticos para el funcionamiento del mismo, por tal motivo el diseño de la red debe ser realizado en forma muy precisa, cumpliendo todos los requerimientos de seguridad y diseño ya especificados.

Para realizar el diseño de la red interna del ISP se han considerado parámetros como:

- Servicios que se prestarán en forma local desde la red interna, y cuáles desde Internet.
- Nivel de tolerancia a fallas que se desea para los servicios.
- Tiempo de recuperación ante fallos.
- Alternativas de redundancia.

4.3.1 SERVICIOS A PRESTAR POR EL ISP

Una vez realizado el estudio de mercado se ha observado que el deseo de los usuarios es tener un servicio de alta velocidad a bajo precio y que sea competitivo con los servicios actualmente ofrecidos por otros ISPs. Por tal motivo, la Empresa

Eléctrica Quito S.A. deberá prestar un servicio que pueda competir, en precio con el ofrecido actualmente para *dial-up*, y en velocidad con los proveedores de enlaces dedicados.

A partir de las premisas anteriormente expuestas se consideran los siguientes servicios para ser ofrecidos por parte del ISP:

- Internet
- Correo Electrónico

En lo referente al servicio de Internet para usuarios residenciales, la Empresa Eléctrica Quito' S.A. brindará un servicio a una velocidad máxima de 128 kbps simétrico con compartición controlada.

Para usuarios comerciales se prevé ofrecer servicios con una velocidad no menor a 256 kbps. Por tal motivo se prevee ofrece para usuarios Semiempresariales un enlace de 256 kbps de bajada y 128 kbps de subida con un nivel de compartición de 4:1 (en base a la oferta del mercado), eso quiere decir que en horas pico la velocidad mínima que tendrán estos usuarios será de 64 kbps de bajada,

Para usuarios empresariales se prevee ofrecer enlaces de 512 kbps de bajada y 256 de subida con un nivel de compartición de 2:1, y para usuarios VIE enlaces de 512 kbps de subida y bajada sin nivel de compartición.

Para el dimensionamiento el enlace a la Internet, se garantizará que los usuarios comerciales siempre posean la capacidad contratada, sin que ésta se afecte por el comportamiento del tráfico.

Para el servicio de correo electrónico, se ha considerado dotar a cada usuario residencial con una cuenta de correo electrónico, y a cada usuario empresarial con diez cuentas de correo electrónico, cada una de ellas con capacidad de 100MB de almacenamiento y acceso mediante software de escritorio a la Web.

4.3.2 MODELO JERÁRQUICO DE CAPAS

Para el diseño de la red interna del ISP está basado en el modelo jerárquico de capas²³, de manera de poder dividir funcionalmente el problema. Este modelo consigue definir claramente la misión de los elementos de la red, con lo que se consigue administrarla como una colección de unidades operativas independientes, replicables, y escalables.

Dentro del Modelo Jerárquico de Capas^[5] se han identificado tres, capas según se indica en la Figura 4-1

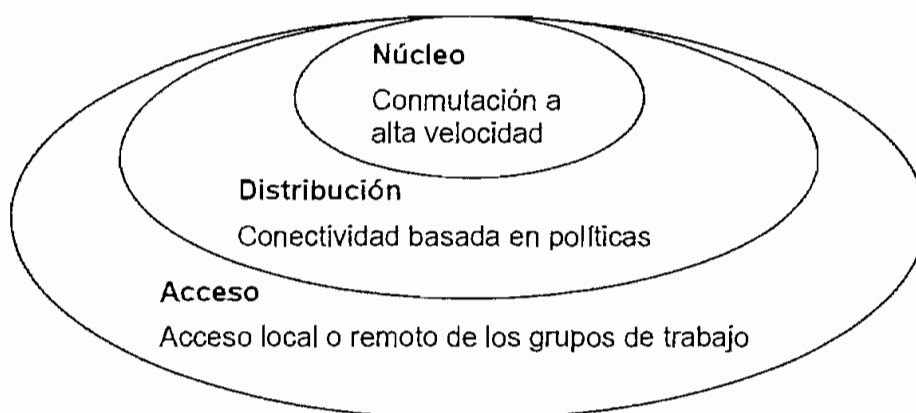


Figura 4-1: Modelo Jerárquico de capas

Las funciones de las capas son:

- Capa de núcleo: Constituye el esqueleto de la red, y se debe diseñar de manera que sea capaz de conmutar los paquetes a la mayor velocidad posible. Esta capa de la red no realiza ninguna manipulación sobre los paquetes (tales como listas de acceso o filtraje), pues esto disminuiría la velocidad en la conmutación de los paquetes.

²³ El modelo jerárquico de capas permite dividir una red de información en módulos autónomos de funcionalidades bien diferenciadas. De este modo se puede separar el problema del diseño de la red en sub-problemas de mayor facilidad de solución.

- Capa de distribución: Esta capa establece la delimitación entre la capa de acceso y la de núcleo, y ayuda a definir y diferenciar el núcleo. El propósito de esta capa es proveer una definición clara de los límites de las capas, y es aquí donde toma lugar la manipulación de los paquetes.
- Capa de acceso: Es el punto en el cual se permite el acceso dentro de la red a los usuarios finales locales y a la Internet.

Siguiendo el modelo Jerárquico de Capas, en la Figura 4-2 se muestra la estructura interna de la red del ISP, se pueden identificar cuatro zonas, que se enlazan a las distintas capas del sistema: la zona de usuarios, zona de servicios, zona de administración y zona Internet.

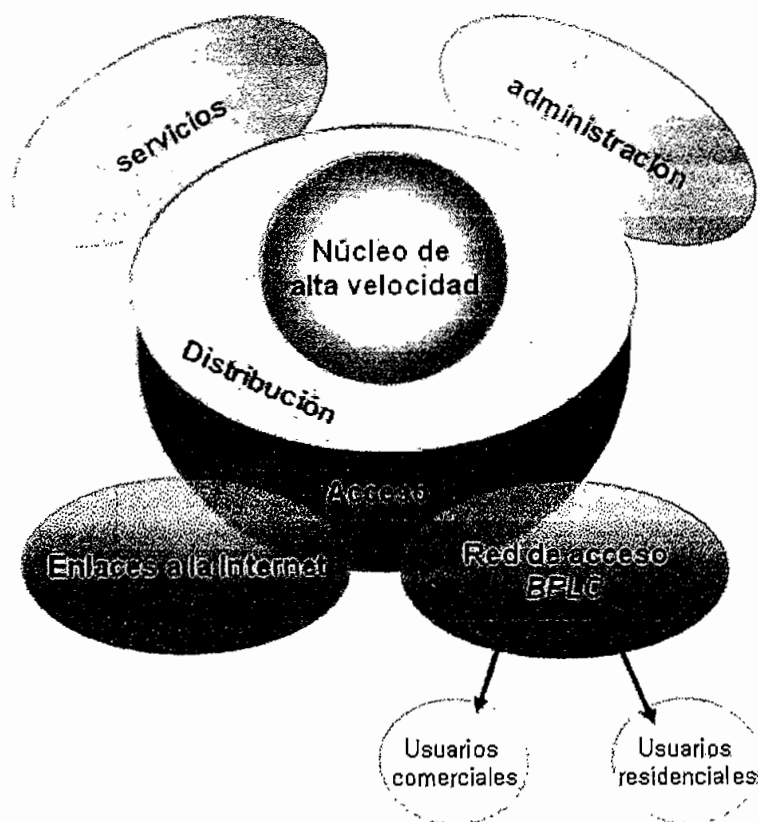


Figura 4-2: Estructura jerárquica de la red del ISP.

La capa de núcleo está formada por varios sistemas de conmutación basados en *switches* independientes con capacidad suficiente para manejar el tráfico que pasará por ellos.

La capa de distribución está formada por los sistemas de: enrutamiento, *firewall* y control del consumo de ancho de banda.

La capa de acceso está formada por los enlaces a la Internet, y enlaces de fibra óptica que dan servicio a las subestaciones Iñaquito y Carolina.

La zona de servicios alberga a los servicios básicos de red públicamente disponibles (DHCP, DNS, Correo Electrónico, etc.).

La zona de administración contiene los sistemas necesarios para la administración y gestión del sistema en general, así como los sistemas que soportan las operaciones de la red.

La zona Internet incorpora la funcionalidad para conectarse con los proveedores de servicios para tener presencia y acceso a la Internet.

La zona de usuarios permite el acceso de los usuarios residenciales y comerciales a la red del ISP, está formada por la red de acceso *Broadband PLC* y los equipos terminales de usuario.

El diseño se realiza de forma modular, de acuerdo con los parámetros de diseño, y los requisitos antes descritos.

4.3.3 ZONA INTERNET ^{[5] [6] [7] [8] [9]}

Con respecto al enlace a Internet, como se indicó anteriormente por razones de disponibilidad se prevee contratar un enlace de back up con la finalidad de mantener en caso de fallas del enlace principal el enlace al Internet y no incumplir con los usuarios que contraten el servicio.

Queda por dimensionar la capacidad del enlace; desde el punto de vista del proveedor este dimensionamiento es importante pues representa gran parte de los costos operativos de un ISP. Igualmente desde el punto de vista del usuario el dimensionamiento del enlace es importante, pues si es realizado correctamente permitiría una experiencia agradable en el uso de Internet.

Uno de los problemas principales, al momento de estimar la capacidad de los enlaces necesarios, es la falta de información pública sobre estadísticas históricas del tráfico que se genera en las redes del país, o en redes de otros países, que podría ser útil para estimar los requisitos actuales de la capacidad del enlace, y proyectar estos requerimientos a futuro, en base a la creciente demanda de ancho de banda por usuario.

El cálculo de la capacidad del enlace se ha basado en estimaciones sobre la cantidad y tipo de tráfico que las distintas aplicaciones generan, así como en estimaciones de los usuarios que podrían estar haciendo uso de los recursos de la red en un momento determinado. A falta de información estadística histórica confiable sobre el perfil de tráfico de un usuario individual, se considera que éste se mantendrá estático durante el tiempo proyectado, esta consideración debe ser tomada en cuenta durante la evolución del proyecto, especialmente si se esperan cambios significantes en la conducta del uso de Internet de los usuarios.

4.3.3.1 Cálculo de la capacidad del enlace para usuarios residenciales

Se debe dar uso eficiente a la capacidad del enlace a Internet, evitando la saturación del mismo y minimizando su subutilización, para ello se ha considerado los siguientes parámetros:

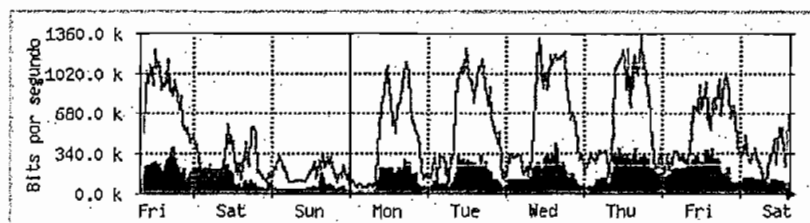
- Los horarios de conexión de los usuarios.
- El perfil del tráfico generado por las aplicaciones utilizadas
- Usuarios detrás de cada aplicación.

4.3.3.1.1 Horarios de conexión de los usuarios residenciales

Típicamente un usuario residencial no utiliza el servicio las 24 horas del día. En función del perfil de tráfico generado por un grupo de usuarios residenciales se ha determinado horas pico entre las 15h00 y 21h00, el enlace a Internet para usuarios residenciales debe permitir que durante el tiempo que el enlace se encuentra en un pico, no se degrade la calidad de servicio.

De acuerdo con la experiencia de un ISP locales, en las horas pico se encuentran conectados hasta el 70% de los usuarios^[25], por tanto se puede considerar la disminución de la capacidad del enlace para servir únicamente al número de usuarios máximos conectados al ISP en horas pico, evitando tener el canal subutilizado.

'Weekly' Graph (30 Minute Average)



Max Entrada: 433.5 kb/s (28.1%) Average Entrada: 161.8 kb/s (10.5%) Current Entrada: 104.2 kb/s (6.7%)
 Max Salida: 1345.9 kb/s (87.2%) Average Salida: 502.9 kb/s (32.6%) Current Salida: 478.7 kb/s (31.0%)

Figura 4-3: Ejemplo de perfil de tráfico de usuarios residenciales ^[25]

4.3.3.1.2 Perfil del tráfico generado por las aplicaciones utilizadas

Para efectos de diseño se han definido siete grupos de tráfico, y se han clasificado de acuerdo a su sensibilidad a retardos, los mismos que se pueden visualizar en la Figura 4-4.

A continuación se propone un perfil de tráfico para cada aplicación, este perfil debe ser constantemente monitoreado para poder prever cambios en las necesidades de los mismos.

Aplicación	Clasificación
Videoconferencia	Sensible a retardos
Voz sobre IP	
Juegos en línea	
Navegación Web	Poco sensible a retardos
Correo electrónico	
Transferencia de archivos	
Otras aplicaciones	

Figura 4-4: Clasificación de las aplicaciones a utilizar

- *Aplicaciones sensibles a retardos*

El tráfico de aplicaciones de videoconferencia, voz sobre IP y juegos en línea, es muy sensible a los retardos, es necesario contar con suficiente capacidad en el canal asignado a estos servicios, evitando que se vean congestionados en las horas pico. Durante las horas pico este tráfico será razonablemente garantizado, de acuerdo a las velocidades que se determinan a continuación.

Para el tráfico de Voz sobre IP, en la Tabla 4-1 se considera la velocidad comprimida de los protocolos más comunes, de donde se deduce el requerimiento de 32 Kbps para esta aplicación.

CODEC	G.723	G.729	ACELP
Usado por codec	5.3-6.3 Kbps	6-8 Kbps	4.8-8 Kbps
Transport (RTP)	20Kbps	20Kbps	20Kbps
TCP/IP overhead	6Kbps	6Kbps	6Kbps
Total	31.3 - 32.3 Kbps	32 - 34 Kbps	30.8 - 34 Kbps

Tabla 4-1: Capacidad requerida para la transmisión de VoIP ^[21]

Para las aplicaciones de videoconferencia se consideran las velocidades mínimas de los protocolos más utilizados, en base a éstos se ha determinado la necesidad de una capacidad de 64 Kbps para esta aplicación.

STANDAR	H.261	H.263	H.264
Velocidad comprimida	≥64Kbps	≥64Kbps	≥56Kbps

Tabla 4-2: Velocidades mínimas de sistemas de videoconferencia

Por último la capacidad de la canal necesaria para juegos en línea es muy importante para permitir una buena experiencia por parte de los jugadores, este tráfico debe ser priorizado al igual (o inclusive más) que el tráfico de sistemas de VoIP. Diferentes juegos tienen diferentes necesidades con respecto al tráfico, en la Tabla 4-3 se ha considerado el ancho de banda necesario para tres juegos populares, cabe recalcar que dicha capacidad dependerá de las actividades realizadas dentro del juego. De acuerdo a la tabla y en la previsión de que este tráfico puede ser inclusive más sensible que las aplicaciones de voz se considera 90 Kbps.

JUEGO	Warcraft III	Unreal Tournament 2003	Counter Strike
Velocidad requerida	64Kbps	90Kbps	28Kbps

Tabla 4-3: Capacidad requerida para varios juegos de tiempo real en línea ^{[10][11][12]}

- *Tráfico poco sensible a retardos*

En este grupo se incluye el tráfico generado por la navegación en páginas Web, el correo electrónico, la transferencia de archivos en general (inclusive P2P), y el tráfico de otras aplicaciones con aporte poco significativo al volumen de tráfico. Se considera que este tráfico puede esperar en cola mientras se despacha el tráfico sensible a retardos.

a) *Tráfico Web y de correo electrónico*

El servicio Web y el correo electrónico tienen especial importancia por ser los más utilizados, su comportamiento es tipo ráfaga, los usuarios descargan una página Web o un correo electrónico, y se demoran un tiempo en descargar la siguiente. Puesto que la forma típica en que un usuario residencial accede al correo electrónico es vía página Web se considera como tráfico Web.

Experimentalmente se ha encontrado que un usuario promedio navegando en la Web visita una página cada 27 segundos. Si se considera que el tamaño de

una página Web típica oscila alrededor de los 60 KB, más un *overhead* del 25% se puede determinar que el tiempo de uso del canal para descargar la página a 128 Kbps sería de 4,68 segundos. Luego de la descarga de la página Web el canal queda libre por varios segundos hasta la próxima descarga.

$$\text{tiempo uso canal para descargar una página} = \frac{60KB * 1,25}{128Kb} = 4,68 \text{ seg}$$

Los tiempos muertos se podrían entonces aprovechar para permitir que otros usuarios utilicen el recurso del enlace a la Internet, de los datos expuestos se puede encontrar que un enlace para navegación Web se podría compartir entre 5,78 usuarios de forma simultánea, utilizando cada usuario el 17,3% de del canal. Al considerar los altos niveles de agregación que se alcanzarían en el ISP en diseño por la cantidad de usuarios, la latencia añadida por muchos accesos simultáneos sería mínima y por tanto no es considerada.

A partir de las páginas visitadas se puede determinar la capacidad requerida para la navegación en páginas Web, mediante la Ecuación 4-4. Para tener una buena experiencia en la navegación será necesario un canal con mayor capacidad (para tener tiempos de descarga aceptables), aunque en principio no resulte en un uso eficiente del medio de comunicación.

$$\text{Tráfico web individual} = \frac{(\# \text{ páginas visitadas}) * (\text{tamaño página web típica}) * (\text{overhead})}{\text{tiempo de medición}} \quad \text{Ecuación 4-4}$$

$$\text{Tráfico web individual} = \frac{(1 \text{ página}) * (60KB) * (1.25)}{27 \text{ seg}} = 22,2 \text{ Kbps}$$

b) *Transferencia de archivos y otras aplicaciones no clasificadas*

Durante las horas pico se propone discriminar el tráfico de transferencia de archivos por aplicaciones P2P, limitando la tasa a 32 Kbps, esta capacidad

puede ser suficiente para descargar un archivo de música típico (4 MB) en 20 minutos. El tráfico de aplicaciones P2P es típicamente continuo, sin ser posible la agregación del tráfico.

El tráfico de descarga de archivos y contenido de forma típica es tipo ráfaga en el sentido que un usuario descarga un archivo y deja pasar un tiempo antes de descargar el siguiente, permitiéndose la agregación del tráfico y el mejoramiento de la experiencia del usuario al poder contar con mayor capacidad durante el tiempo que dura su descarga.

Por esta razón al tráfico de descarga de archivos y contenido de forma típica se le asigna una capacidad de 128 Kbps por cada cuatro usuarios, de esta manera se agrega el tráfico intermitente que generan los cuatro usuarios. De esta manera la descarga de un archivo típico de música tomaría 5 minutos (nótese que un usuario promedio no descargaría más de un archivo cada 20 minutos), por tanto el tráfico promedio por cada usuario sería de 32 Kbps.

4.3.3.1.3 Usuarios detrás de cada aplicación

Es difícil predecir las preferencias que los usuarios tendrán con respecto a las aplicaciones que utilicen sobre Internet; se ha considerado que la distribución de aplicaciones por usuarios mostrada en la Tabla 4-4 satisface las necesidades de los usuarios residenciales.

Aplicación	Usuarios
Web y correo electrónico	64%
Streaming de audio y video	13%
Transferencia de archivos	11%
Voz sobre IP	3%
Juegos en línea	6%
Otras aplicaciones	3%

Tabla 4-4: Usuarios por servicio estimados en las horas pico^[25]

Se debe considerar que la aparición de nuevos servicios, la adopción de los servicios ya existentes, y el cambio en la conducta del uso de la Internet, requieren que este perfil sea monitoreado y adaptado continuamente.

En base a la proyección de usuarios realizada en el capítulo 2 el cálculo de la capacidad del enlace para usuarios residenciales se determina considerando los usuarios en las horas pico, los usuarios detrás de cada aplicación y el perfil de tráfico de cada aplicación. Por ejemplo para el año 2007 se espera tener 1005 usuarios, de los cuales el 70% estará conectado en la hora pico, es decir:

$$\text{Usuarios en hora pico} = 1005 * 0,70 = 703,5 \text{ usuarios}$$

De acuerdo a la Tabla 4-4 y al perfil de tráfico de cada aplicación los usuarios conectados se repartirían de la siguiente forma:

En la Tabla 4-5 se muestra que se requeriría 23496,03 Kbps para suplir las necesidades de los usuarios residenciales en las horas pico. De forma similar en la se realiza el cálculo del enlace para el resto del proyecto.

Usuarios Residenciales en hora pico (70%)	Servicios	Usuarios por servicio %	Usuarios por servicio	Velocidad requerida por usuario [Kbps]	Velocidad requerida por servicio [Kbps]
703	Web y correo electrónico	64%	449,92	22,27	10023,15
	Streaming audio y video	13%	91,39	64,00	5850,44
	Transferencia de archivos y otras aplicaciones	14%	98,42	32,00	3150,24
	VoIP	3%	21,09	32,00	675,05
	Juegos en línea	6%	42,18	90,00	3797,16
TOTAL		100%	703,00	-	23496,03

Tabla 4-5: Capacidad del enlace requerida para usuarios residenciales en el 2007

Esta estrategia para el diseño del canal requiere el uso de un sistema de control de ancho de banda, para forzar el esquema; esto se indica con mayor detalle en el diseño de la capa de distribución.

4.3.3.2 Cálculo del enlace para usuarios comerciales

Los requerimientos de capacidad de enlace para usuarios comerciales, así como los perfiles de tráfico soportados serán determinados por las propias organizaciones, por ello se deberá a satisfacer los requisitos de los usuarios en los tres niveles de servicios descritos en el capítulo 2 para usuarios comerciales y que se muestran en la Tabla 4-6.

SERVICIO	VELOCIDAD DE UPLINK [Kbps]	VELOCIDAD DE DOWNLINK [Kbps]	DE COMPARTICIÓN
SEMIEMPRESARIAL	128	256	4:1
EMPRESARIAL	256	512	2:1
VIE	512	512	1:1

Tabla 4-6: Capacidad de los enlaces ofrecidos a los usuarios comerciales.

En base a la Tabla 4-6 se realiza en detalle el cálculo de la capacidad requerida para usuarios comerciales en la Tabla 4-8.

4.3.3.3 Capacidad total requerida

Sumando la capacidad de los enlaces residenciales y comerciales se obtiene la capacidad total requerida, en la Tabla 4-9 se muestran los resultados para satisfacer las necesidades durante el proyecto.

Es necesario monitorear continuamente el perfil de tráfico para ajustar la capacidad del canal oportunamente sin causar bajas en la calidad del servicio.

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL ENLACE A INTERNET PARA USUARIOS RESIDENCIALES

AÑO	Usuarios Residenciales	Usuarios Residenciales en hora pico 70%	Servicios	Usuarios por servicio %	Usuarios por servicio	Velocidad requerida por usuario [Kbps]	Velocidad requerida por servicio [Kbps]	Velocidad total requerida [Kbps]	Cantidad de E1 requeridos
2007	1005	703	Web y correo electrónico	64%	450,03	22,27	10023,15	23496,03	11,47
			Streaming audio y video	13%	91,41	64,00	5850,44		
			Transferencia de archivos y otras aplicaciones	14%	98,44	32,00	3150,24		
			VoIP	3%	21,10	32,00	675,05		
			Juegos en línea	6%	42,19	90,00	3797,16		
2008	998	698	Web y correo electrónico	64%	446,92	22,272	9953,83	23333,54	11,39
			Streaming audio y video	13%	90,78	64	5809,98		
			Transferencia de archivos y otras aplicaciones	14%	97,76	32	3128,45		
			VoIP	3%	20,95	32	670,38		
			Juegos en línea	6%	41,90	90	3770,90		
2009	1008	706	Web y correo electrónico	64%	451,52	22,272	10056,34	23573,84	11,51
			Streaming audio y video	13%	91,72	64	5869,81		
			Transferencia de archivos y otras aplicaciones	14%	98,77	32	3160,67		
			VoIP	3%	21,17	32	677,29		
			Juegos en línea	6%	42,33	90	3809,73		
2010	1018	713	Web y correo electrónico	64%	456,19	22,272	10160,30	23817,55	11,63
			Streaming audio y video	13%	92,66	64	5930,49		
			Transferencia de archivos y otras aplicaciones	14%	99,79	32	3193,34		
			VoIP	3%	21,38	32	684,29		
			Juegos en línea	6%	42,77	90	3849,12		
2011	1029	721	Web y correo electrónico	64%	461,16	22,272	10270,96	24076,95	11,76
			Streaming audio y video	13%	93,67	64	5995,08		
			Transferencia de archivos y otras aplicaciones	14%	100,88	32	3228,12		
			VoIP	3%	21,62	32	691,74		
			Juegos en línea	6%	43,23	90	3891,04		
2012	1040	728	Web y correo electrónico	64%	465,91	22,272	10376,69	24324,80	11,88
			Streaming audio y video	13%	94,64	64	6056,80		
			Transferencia de archivos y otras aplicaciones	14%	101,92	32	3261,35		
			VoIP	3%	21,84	32	698,86		
			Juegos en línea	6%	43,68	90	3931,09		
2013	1050	735	Web y correo electrónico	64%	470,56	22,272	10480,21	24567,47	12,00
			Streaming audio y video	13%	95,58	64	6117,22		
			Transferencia de archivos y otras aplicaciones	14%	102,93	32	3293,89		
			VoIP	3%	22,06	32	705,83		
			Juegos en línea	6%	44,11	90	3970,31		
2014	1060	742	Web y correo electrónico	64%	474,96	22,272	10578,37	24797,56	12,11
			Streaming audio y video	13%	96,48	64	6174,51		
			Transferencia de archivos y otras aplicaciones	14%	103,90	32	3324,74		
			VoIP	3%	22,26	32	712,44		
			Juegos en línea	6%	44,53	90	4007,50		
2015	1069	748	Web y correo electrónico	64%	478,72	22,272	10662,05	24993,74	12,20
			Streaming audio y video	13%	97,24	64	6223,36		
			Transferencia de archivos y otras aplicaciones	14%	104,72	32	3351,04		
			VoIP	3%	22,44	32	718,08		
			Juegos en línea	6%	44,88	90	4039,20		
2016	1077	754	Web y correo electrónico	64%	482,36	22,272	10743,10	25183,72	12,30
			Streaming audio y video	13%	97,98	64	6270,67		
			Transferencia de archivos y otras aplicaciones	14%	105,52	32	3376,51		
			VoIP	3%	22,61	32	723,54		
			Juegos en línea	6%	45,22	90	4069,90		

Tabla 4-7: Cálculo del enlace requerido para usuarios residenciales

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL ENLACE PARA USUARIOS COMERCIALES

AÑO	Clase de Servicio	Cantidad de usuarios Corporativos	Factor de compartición	Velocidad ofrecida por usuario (Uplink + Downlink) [Kbps]	Velocidad Requerida por clase de servicio [Kbps]	Velocidad total requerida [Kbps]	Cantidad de E1s requerida
2007	Usuarios Empresarial VIE	66	1	1024	67266	351140,0368	171,5
	Usuarios Empresarial	636	0,5	768	244097		
	Usuarios Semi	414	0,25	384	39777		
2008	Usuarios Empresarial VIE	65	1	1024	66801	348711,694	170,3
	Usuarios Empresarial	631	0,5	768	242409		
	Usuarios Semi	411	0,25	384	39502		
2009	Usuarios Empresarial VIE	66	1	1024	67489	352302,952	172,0
	Usuarios Empresarial	638	0,5	768	244905		
	Usuarios Semi	416	0,25	384	39909		
2010	Usuarios Empresarial VIE	67	1	1024	68186	355945,0134	173,8
	Usuarios Empresarial	644	0,5	768	247437		
	Usuarios Semi	420	0,25	384	40322		
2011	Usuarios Empresarial VIE	67	1	1024	68929	359821,7352	175,7
	Usuarios Empresarial	651	0,5	768	250132		
	Usuarios Semi	425	0,25	384	40761		
2012	Usuarios Empresarial VIE	68	1	1024	69638	363525,7239	177,5
	Usuarios Empresarial	658	0,5	768	252707		
	Usuarios Semi	429	0,25	384	41180		
2013	Usuarios Empresarial VIE	69	1	1024	70333	367152,3076	179,3
	Usuarios Empresarial	665	0,5	768	255228		
	Usuarios Semi	433	0,25	384	41591		
2014	Usuarios Empresarial VIE	69	1	1024	70992	370590,9171	181,0
	Usuarios Empresarial	671	0,5	768	257618		
	Usuarios Semi	437	0,25	384	41981		
2015	Usuarios Empresarial VIE	70	1	1024	71553	373522,7724	182,4
	Usuarios Empresarial	676	0,5	768	259656		
	Usuarios Semi	441	0,25	384	42313		
2016	Usuarios Empresarial VIE	70	1	1024	72097	376362,0705	183,8
	Usuarios Empresarial	681	0,5	768	261630		
	Usuarios Semi	444	0,25	384	42634		

Tabla 4-8: Cálculo de la capacidad del enlace requerido para usuarios comerciales.

AÑO	Requerimientos de Capacidad en kbps	Cantidad de E1s
2007	374636,07	182,93
2008	372045,23	181,66
2009	375376,80	183,53
2010	379762,56	185,43
2011	388898,69	187,45
2012	387850,52	189,38
2013	391719,77	191,27
2014	395388,47	193,06
2015	398516,51	194,59
2016	401545,80	196,07

Tabla 4-9: Capacidad del enlace requerida durante el proyecto

4.3.4 ZONA DE SERVICIOS

A continuación se detallan los servidores a ser implementados para poder ofrecer los servicios antes mencionados cumpliendo con los requisitos del diseño.

4.3.4.1 Servidor DNS

El Sistema de Nombres de Dominio (DNS) almacena información asociada a los nombres de dominio en una base de datos distribuida jerárquica, y los hace disponibles a los usuarios de las redes para que consulten esta información. Su uso más común es la resolución entre nombres de dominio con direcciones IP, y la localización de los servidores de correo electrónico en cada dominio.

Este servicio es muy importante en una red como Internet, para poder reflejar rápidamente los cambios en las direcciones IP, y permitir a sus usuarios recordar un nombre en lugar de una dirección IP para acceder a los recursos. Cuando este servicio deja de estar disponible los usuarios no pueden acceder a los recursos de la red, ya que no pueden ubicarlos, disminuyendo significativamente la percepción de la calidad de servicio.

Hay tres tipos de servidores de nombres de dominio, cuyo principio es la redundancia, para que el usuario no observe la disminución de la QoS:

- Un servidor DNS maestro, el cual tiene autoridad en un dominio, aquí se hacen los cambios a las tablas DNS, por ello debe estar en una zona muy segura de la red.
- Un servidor DNS esclavo también tiene autoridad en su dominio, pero recoge la información del servidor maestro; los cambios en el servidor maestro son sincronizados con este servidor.
- Un servidor DNS "caching-only", no tiene sus propios datos ni tiene autoridad para un dominio, sin embargo permite realizar consultas iterativas para sus clientes.

Para cumplir el rol de soporte y disponibilidad, el DNS secundario no debe estar colocado en la misma LAN, ni alimentado de la misma fuente de energía que el servidor DNS primario. En la medida que la red del ISP crece y forma otros PoP, para mejorar la redundancia se podría instalar un DNS secundario en otro PoP con un enlace al exterior, e inclusive instalarlo fuera del país, pues así, sí el enlace a la Internet deja de estar disponible, las zonas que el ISP servía no desaparecerían, pues el servidor DNS secundario respondería las solicitudes, y pondría en cola servicios como el de correo electrónico, hasta que el enlace retorne.

Para el ISP en diseño se considera dos servidores DNS (un maestro y un esclavo), el maestro sería ubicado en una zona muy segura de la red, y el esclavo en una zona de la red accesible por los usuarios del ISP y por Internet.

Los requerimientos técnicos de este equipo básicamente son de memoria RAM y de velocidad en la interfaz de red, y dependerán del paquete de software a utilizar para implementar el servicio, entre los paquetes de software de código libre que pueden prestar este servicio tenemos a Bind, PowerDNS, MaraDNS, MyDns entre otros, y entre las aplicaciones de código propietario se tiene a Windows Server 2003.

Por la familiaridad con la aplicación, por tener muy buen soporte técnico a través de foros y la comunidad *Open Source*, y por ser software libre se ha seleccionado

la aplicación *Berkeley Internet Name Domain* (BIND), de acuerdo con este paquete, y para mejorar la disponibilidad del servidor DNS maestro, se listan los siguientes requisitos mínimos para estos equipos:

Servidor DNS maestro:

- Procesador de 500 Mhz compatible con Pentium III o superior
- 512 MB de memoria RAM
- Dos disco duros de 40GB para ofrecer redundancia con tecnología RAID
- Un tarjeta de red *Fast Ethernet* 10/100/1000 Mbps
- Sistema Operativo Red Hat Linux 9.0

Servidor DNS esclavo:

- Procesador de 500 Mhz compatible con Pentium III o superior
- 512 MB de memoria
- Un disco duro de 40GB
- Un tarjeta de red *Fast Ethernet* 10/100/1000 Mbps
- Sistema Operativo Red Hat Linux 9.0

4.3.4.2 Servidor *Web-Cache*

Su función es llevar el registro de las páginas Web visitadas y almacenarlas localmente para evitar conexiones subsecuentes cuando se requiera nuevamente esta página.

De esta manera se agiliza la navegación por la reducción de los tiempos de respuesta, haciendo más eficiente el uso del canal de comunicaciones, y, permite aplicar políticas como el control de contenidos.

Para su implementación se cuenta con opciones en software y en hardware, entre las cuales se menciona:

Proveedores de soluciones en hardware	Soluciones en software
<ul style="list-style-type: none"> ○ CacheFlow ○ Cisco ○ Lucent 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Apache ○ Microsoft Internet Security and Acceleration Server ○ Squid

Las soluciones en hardware incluyen funcionalidades como limitación de tráfico, inspección de paquetes, escaneo de correo electrónico entre otras, las cuales suben los costos del dispositivo. Puesto que no se requiere todas éstas funcionalidades o que se encuentran en otros puntos del sistema, y debido a los altos costos de estos dispositivos y en muchos a su limitada capacidad de incrementar la capacidad se ha descartado las opciones en hardware.

De las soluciones en software se ha dado preferencia a las *Open Source* por su reducido costo y por considerarlas altamente capaces de suplir las necesidades del ISP, por su amplia difusión en el medio se ha seleccionado la solución Squid.

Los requisitos del servidor de *Web-Cache* son:

- Buena respuesta en un ambiente de 2172 usuarios
- Compatibilidad con los protocolos HTTP, HTTPS y FTP.
- Soporte para herramientas de control de contenido.

Los requerimientos de hardware son:

Servidor *Web-cache* Squid.

- Procesador de 500 MHz compatible con Pentium III o superior
- 512 MB de memoria RAM
- Un disco duro de 40 GB
- Dos tarjetas de red *Fast Ethernet* 10/100 Mbps
- Sistema Operativo Red Hat Linux 9.0

4.3.4.3 Servidor de Correo Electrónico

Permitirá a los usuarios del ISP tener cuentas de correo electrónico; los requisitos de este servidor se basan en la seguridad y en los servicios complementarios que pueden ofrecer al usuario.

El acceso vía Web a los servicios de correo electrónico en el ambiente de un ISP es muy deseable, pues facilita el acceso al servicio desde cualquier computador y evita la necesidad de instalar o configurar un programa Agente de Usuario (Microsoft Outlook, Mozilla Thunderbird, etc.) en las premisas del usuario.

La seguridad del correo electrónico debe ser considerada, en particular en el control de *spam*, virus, extracción de direcciones y pérdida de información.

Los requisitos del software servidor de correo electrónico serían:

- Soporte para acceso vía Web.
- Soporte para los protocolos más utilizados: SMTP, POP3, IMAP4 y MIME.
- Soporte para integración de herramientas para el manejo de *spam* y revisión de virus en archivos adjuntos.
- Interfaz gráfico amigable con el administrador del sistema de correo electrónico.
- Soporte técnico

Entre los servidores de e-mail más importantes disponibles en el mercado se menciona:

- Sendmail
- Postfix
- Microsoft Exchange Server 2003
- MailSite SE 6.0.6
- Novell GroupWise 6.5
- SUSE Linux Openexchange Server 4.1

La aplicación seleccionada es Postfix, pues a más de cumplir con los requisitos anteriormente expuestos, no requiere el pago de licencias por el software o por la creación de cuentas de correo y está ampliamente difundido. Se puede considerar que Postfix tiene una ventaja técnica respecto a Sendmail, por su configuración más sencilla.

Los requisitos del hardware se centran en la capacidad de almacenamiento, la rapidez de lectura de la información en disco y la redundancia de la información. Para añadir redundancia sin limitar la velocidad de lectura de la información de los discos duros se considera el uso de la tecnología RAID-5. La capacidad de almacenamiento requerida está en función de la cantidad de cuentas de correo que se creen y del uso que se dé de las mismas. En la Tabla 4-10 se muestra un resumen de los requerimientos para el quinto año (al cual se prevé renovar los equipos), de acuerdo al estudio de mercado del capítulo segundo y a los servicios a ser ofertados.

Se sabe por experiencias de otros ISP que los usuarios harán un uso promedio del 50% ^[25] de la capacidad ofrecida, con esta consideración se determinará la capacidad de almacenamiento necesaria para este servidor, se considerará 4 GB para el sistema operativo.

Usuarios	Número de cuentas	Capacidad de cada cuenta	Capacidad Total
Residenciales: 1040 usuarios	1	100MB	104000MB
VIE: 68 usuarios	10	100MB	68000MB
Empresarial: 658 usuarios	10	100MB	658000MB
Semiempresarial: 429 usuarios	10	100MB	429000MB
TOTAL			1259000

Tabla 4-10: Cuentas de correo electrónico requeridas en el quinto año del proyecto

$$\text{cantidad de cuentas} = \text{usuarios residenciales} + \text{usuarios comerciales} * 10$$

Ecuación 4-5

$$\text{Espacio en disco} = 0.5 * (\text{cantidad de cuentas}) * 100\text{MB} + 4\text{GB} \quad \text{Ecuación 4-6}$$

$$\text{Capacidad de disco requerida} = 629,5 \text{ GB} + 4\text{GB} = 633,5 \text{ GB} \quad \text{Ecuación 4-7}$$

De esta manera se encuentra que el espacio de almacenamiento en el disco duro es de 633,5 GB, será necesario monitorear continuamente su ocupación para incrementar esta capacidad oportunamente en caso de saturación.

Por tanto los requisitos de hardware para este equipo serán:

- Procesador de 500 Mhz compatible con Pentium III o superior.
- 512 MB de memoria.
- Seis discos duros de 400 GB para ofrecer redundancia con tecnología RAID-5.
- Una tarjeta de red *Fast Ethernet* 10/100 Mbps.
- Sistema Operativo Red Hat Linux 9.0

4.3.4.4 Servidor de Autenticación y Configuración

Dentro de la seguridad que se debe implementar en la red de acceso, un factor importante es la autenticación de usuarios, por tal motivo dentro de los requerimientos de seguridad descritos anteriormente se indicó el nivel de importancia de este servidor. A continuación se describen todas las características y funcionalidades que debe cumplir el servidor de autenticación.

Este servidor va a cumplir varias funciones dentro de la red, la principal funcionalidad radica en la autenticación de usuarios al instante que se conectan por primera vez a la red, esta autenticación se la puede realizar de diferentes maneras dependiendo del método escogido de la Empresa Eléctrica Quito S.A. (mediante ASP, PHP y JSP); adicionalmente este servidor puede ayudar al servidor de tarificación a controlar las horas de entrada y salida de los usuarios para diferentes servicios controlados, que pueden ser parte de la gama de opciones presentadas por la empresa a los mismos.

En el mercado existen diferentes métodos de autenticación de usuarios entre los cuales se puede mencionar el servidor RADIUS (*Remote Authentication Dial-In User Service*), Kerberos, TACACS+ (*Terminal Access Controller Access Control System*) entre otros, cada uno de estos métodos de autenticación cumplen con el estándar IEEE 802.1X.

TACACS+ es un protocolo de control de acceso, que fue diseñado para trabajar con UDP, pero en la actualidad puede trabajar con TCP, el cual realiza la autenticación, autorización y registro (*accounting*) por separado; utiliza el puerto 49 para escuchar las peticiones de los usuarios, puede ser asociado a otros procedimientos de autenticación como PPP para brindar mayor flexibilidad, en la actualidad se encuentra especificado en el RFC 1492.

RADIUS es un sistema de autenticación utilizado por la gran mayoría de ISP del mercado para autenticar a sus usuarios *Dial – Up*; cuando un usuario trata de acceder al servidor de la red, la información de usuario y clave es enviada a un servidor RADIUS el cual verifica que la información sea correcta, y autoriza el acceso al sistema. La petición al servidor RADIUS contiene de manera encriptada el nombre y contraseña del usuario, así como también el número de identificación del cliente y el puerto al que se dirige; éste es autenticado mediante el uso de una llave compartida. Utiliza los puertos 1812 para autenticación y 1813 para información de cuentas.

A continuación se describen las características mínimas que debe cumplir un equipo de cómputo para cumplir la función de servidor de autenticación:

Sistema Operativo: Linux Red Hat 9.0

Disco Duro: capacidad de 40 GB.

Memoria Ram: 512 MB

Tarjeta de Red 10/100 *Fast Ethernet*

Procesador: Pentium IV, con velocidad mínima de 2.7 GHz

Para seleccionar el método de autenticación a utilizar se debe hacer varias diferencias entre los mismos, por tal motivo las diferencias entre RADIUS Y TACACS+ son:

- Radius encripta únicamente el *password* en el paquete de petición de acceso, en cambio Tacacs+ encripta todo el paquete.
- Radius combina autenticación y autorización, en cambio Tacacs+ utiliza la arquitectura AAA la cual separa autorización, autenticación y el registro.

Después de observar las diferencias entre los dos métodos de autenticación se elige a Tacacs+ como el método de autenticación a utilizar para el presente proyecto, debido a la serie de ventajas que ofrece en comparación a los demás métodos antes expuestos.

4.3.5 ZONA DE ADMINISTRACIÓN

4.3.5.1 Servidor de Administración

La finalidad de este servidor radica ofrecer al sistema alta disponibilidad, la escalabilidad y facilitar el mantenimiento de la misma.

A partir de este servidor el administrador de la red, podrá visualizar la red de acceso y red interna del ISP, con la finalidad de tener un sistema más robusto ante fallos, facilitando la visualización del problema en cuestión de minutos y su pronta reparación.

En este servidor se encontrará instalado el software para gestión de los recursos de la red del ISP, con este software el administrador de red podrá manipular los requerimientos de ancho de banda de los usuarios agrupados por diferentes características como necesidades de ancho de banda, tipo de usuario o por servicios adicionales, como filtrado de información. Según sean las necesidades de los usuarios, el administrador de red podrá limitar servicios adicionales como el

acceso a ciertas páginas, descargas de archivos, etc. Todas estas limitaciones serán solicitadas por el cliente. Este servidor debe contener como mínimo un software de antivirus, anti *spam*, un sistema de detección de intrusos, para brindar mayor seguridad a los equipos de la red interna, la base de datos de los usuarios, y los usuarios de la red Interna del ISP.

En el mercado existen varios paquetes para la administración de la red, la Empresa Eléctrica Quito S.A. debe tomar la decisión de qué producto sea más conveniente para dar mayor seguridad a su red. A continuación se describen las principales características de los paquetes más comunes encontrados en el mercado para facilitar la decisión.

El primer paquete de administración de red se llama NOD32 el cual presenta un sistema muy amigable con el usuario, puede trabajar bajo plataformas Windows 98, 2000 y XP, e incluye un sistema de antivirus.

El segundo paquete se llama SOPHOS, este sistema de administración protege a toda máquina, incluso MAC, tiene un sistema de antivirus incorporado, y proporciona varios mecanismos para administrar los parámetros de seguridad de la manera más óptima, separa lo que es la consola de administración del servidor de administración, con la finalidad de proporcionar un acceso remoto al administrador de red. El servidor de administración puede tener una plataforma Windows XP, 2000, 2003 Server, protege a equipos con plataformas Windows 98se, Windows XP, 2000, 2003 Server, proporciona una interfaz multi-lenguaje, la consola del servidor de administración debe tener una plataforma Windows XP, 2000 o 2003 Server.

Como tercera opción se describe un software de administración proporcionado por la compañía Symantec llamada ONiComand, el mismo que protege todo tipo de equipos dentro de la red interna, puede funcionar en la mayor parte de sistemas operativos; incluye un antivirus de Symantec, la consola de administración debe ser Windows XP, Linux, Sun Solaris, una de las funciones mas interesantes de este producto es la optimización de ancho de banda

presentado al administrador de la red, el cliente puede tener una plataforma Linux, Windows 2000, XP o Windows 2003 Server.

Sería deseable que el software de administración seleccionado funcione sobre diferentes sistemas operativos, que tenga incorporado un sistema de antivirus y permita administrar de forma local y remota la red interna del ISP. Se ha seleccionado OniComand como el software de administración debido a que funciona sobre plataformas Linux y Windows las cuales serán utilizadas en los servidores según como elija la Empresa Eléctrica Quito S.A., tiene incorporado un sistema antivirus y cumple de mejor manera con los requerimientos expuestos anteriormente en comparación con los demás programas disponibles en el mercado.

Para que funcione de una manera óptima este servidor debe cumplir con los siguientes requerimientos de hardware y software:

Sistema Operativo: Linux, Windows XP, Windows 2000, Windows 2003 Server.

Disco Duro: mínimo 150 MB más 2 GB para la base de datos.

Memoria: 256 MB mínimo.

Procesador: mínimo Pentium III de 450 MHz de procesador.

1 Tarjeta de Red 10/100 *Fast Ethernet*.

1 Monitor 17" con resolución de 1024x 768 píxeles.

Hardware básico utilizado para el funcionamiento del PC (Mouse, teclado, etc.).

Software de administración: Symantec (ON/Comand).

4.3.5.2 Estaciones de Monitoreo

Como se indicó anteriormente en los requerimientos de calidad de servicio es necesario instalar 3 equipos para el monitoreo de la red de acceso *Broadband PLC*. La empresa ASCOM con los equipos MV y LV ofrece de forma gratuita el software para administración de los nodos X, cuya principal función radica en la detección de errores en la red de acceso.

El software proporcionado por la empresa Ascom se deberá instalar en los equipos asignados al monitoreo de la red, estos equipos serán utilizados por los 3 ingenieros contratados para el soporte de la red de acceso.

Los requerimientos de las estaciones de monitoreo serán:

Sistema Operativo: Windows XP.

Disco Duro: 40 GB.

Memoria: 256 MB mínimo.

Procesador: mínimo Pentium III de 450 MHz de procesador.

1 Tarjeta de Red 10/100 *Fast Ethernet*.

Hardware básico utilizado para el funcionamiento del PC (Mouse, teclado, etc.).

Software de monitoreo: ASCOM.

4.3.6 CAPA DE DISTRIBUCIÓN

En esta capa se considera la instalación de un sistema de *firewall* como herramienta para implementar políticas de seguridad entre las zonas, también se considera la instalación de un sistema de control de ancho de banda para forzar un perfil de tráfico que brinde a los usuarios una experiencia satisfactoria en el uso del servicio.

4.3.6.1 Sistema de *firewall*

Mediante el sistema de *firewall* se controlarán los niveles de seguridad y el acceso a las zonas de la red anteriormente definidas, de acuerdo al siguiente perfil:

- Zona Internet: Con el nivel más bajo de seguridad.
- Zona de Servicios: Con un nivel de seguridad medio
- Zona de Usuarios: Con un nivel de seguridad bajo.
- Zona de Administración: Con el nivel de seguridad más alto.

Por redundancia se ha ubicado un *firewall* adicional de respaldo, ya que en el supuesto caso de una falla en el *firewall* principal, el tiempo que llevaría reemplazarlo podría ser de varios días, disminuyendo la calidad de servicio ofrecida al usuario.

Los requerimientos del *firewall* se centran en el *throughput* necesario para cada zona de red, el número de sesiones que debe soportar, las interfaces que debe tener y los servicios que debe prestar.

La Figura 4-5 muestra el *firewall* con toda su funcionalidad, a partir del cual se va a iniciar el diseño del mismo. Los datos presentados en dicho gráfico son datos de diseño, donde se especifica la velocidad máxima que se puede llegar por cada segmento de red, el número de usuarios previstos que se comuniquen con el *firewall*, el nivel de seguridad que va de cero a 100.

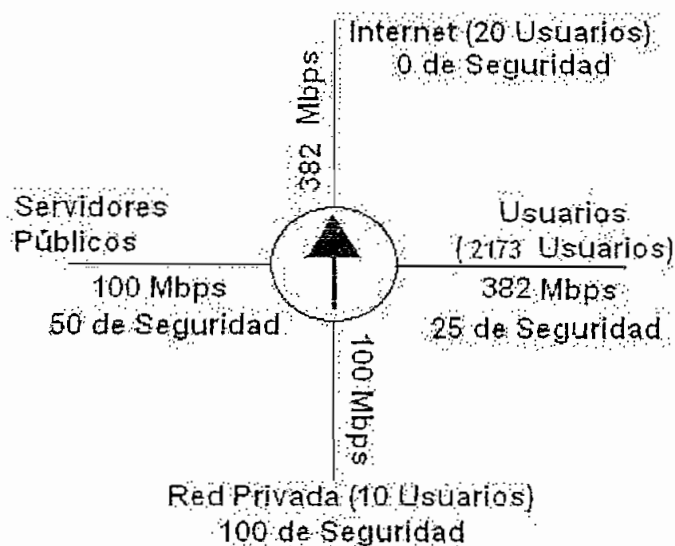


Figura 4-5: Funcionalidad del *firewall*

- *Cálculo de la capacidad.*- Para calcular la capacidad se debe observar la velocidad de conexión de cada zona, y con qué otras zonas del *firewall* se conecta para utilizar los servicios prestados por el ISP. En la Tabla 4-11 se presenta el cálculo de la capacidad del *firewall*, y se explica porque se

toman ciertos valores, y a qué zonas del ISP se conectan para acceder a los diferentes servicios.

Nivel de Seguridad	Se conecta a:	Throughput	Observaciones
0 Zona Internet		382 Mbps	Conexión a la Internet
25 Zona de Usuarios	Zona de Servicios	192 Mbps	Se considera que máximo en un mismo instante se ocupará el 50% de la capacidad máxima
	Zona Internet (Ya considerado)		
50 Zona de Servicios	Zona Internet (Ya considerado)	100 Mbps	Se considera el 10% de utilización de la capacidad máxima
	Zona de administración		
	Zona de Usuarios (Ya considerado)		
100 Zona de administración	Zona Internet (Ya considerado)	0 Mbps	Ya se han considerado la conexión con esta zona en las anteriores zonas, por tal motivo no tiene valor de <i>throughput</i>
	Zona de servicios (Ya considerado)		
	Zona de Usuarios (Ya considerado)		
Capacidad Total:		674 Mbps	

Tabla 4-11: Cálculo de la capacidad del *firewall*.

- *Dimensionamiento a partir del número de Sesiones:* Para realizar este proceso se tomará como referencia de diseño que cada usuario tendrá 10 sesiones simultáneas cada uno y que existirán 20 usuarios remotos conectados a los servidores con 5 sesiones simultáneas cada uno.

Nivel de Seguridad	Sesiones	Observaciones
0	21730 + 100 +100	Son 2173 Usuarios con 10 sesiones cada uno + 10 usuarios de la red militarizada con 10 sesiones cada uno + 20 usuarios remotos con 5 sesiones cada uno
25	21730	2173 usuarios conectados a esta zona con 10 sesiones cada uno
50	3	Se tiene en esta zona 3 servidores, por lo cual solo se tendrá en un instante 3 sesiones simultáneas
100	100	A través de esta zona los 10 usuarios salen a los diferentes servicios cada uno con 10 sesiones simultáneas
Total de Sesiones		43763

Tabla 4-12: Dimensionamiento de las sesiones del *firewall*

4.3.6.2 Sistema de Control de Ancho de Banda

Debido a que la tecnología *Broadband PLC* utiliza un medio compartido, y que se ofrecería un servicio con capacidad compartida para usuarios residenciales, es necesaria la instalación de un controlador de ancho de banda, para limitar la capacidad del canal que consumen los distintos servicios de red, evitando así que un servicio sature el canal.

De esta manera se ofrece un mecanismo para ejecutar políticas que gobiernen el tráfico de la red, permitiendo optimizar el rendimiento del canal y la latencia de aplicaciones sensibles a retardos. Para ello utiliza conceptos de clasificación de tráfico, colas, administración de congestión, calidad de servicio y equidad.

El sistema a seleccionar debe ofrecer inspección de tráfico en capa 7 para detectar aplicaciones que consumen recursos de forma exagerada, como el efecto de aplicaciones de tráfico Punto a Punto (P2P) enmascarado, virus,

gusanos, etc. y dar un acceso equitativo a las distintas aplicaciones sin permitir que una de ellas sature el canal.

Para evitar que algunos usuarios ganen acceso prioritario a los recursos mediante la marcación de los campos de clase de servicio del protocolo IP o del protocolo Ethernet se puede utilizar la inspección en capa 7 para reclasificar las prioridades del tráfico asignando el código de clase de servicio correcto.

Puesto que muchas aplicaciones empresariales están basadas en tecnologías vía Web, debe ser posible permitir a los usuarios comerciales priorizar su tráfico Web en función de por ejemplo la dirección URL o el uso de protocolos seguros como SSL.

El servicio ofertado a los usuarios comerciales incluye el control del ancho de banda individual, para ello se requiere tener capacidad de creación un perfil de tráfico para cada usuarios comercial, más un perfil para todos los usuarios residenciales.

El sistema de gestión del ancho de banda debe ser capaz de medir y reportar la utilización del canal, tiempos de respuestas, asignación de ancho de banda y otras estadísticas para cada tipo de servicio y usuario, permitiendo a los operadores de red del ISP (y a los operadores de las redes comerciales a las que se sirve) a visualizar la calidad del servicio.

Para la selección de una solución de control de ancho de banda se busca que tenga soporte para conexiones paralelas por motivos de disponibilidad, que los equipos tengan capacidad para manejar el tráfico total generado y soporte para las conexiones necesarias, de acuerdo al cálculo realizado para el sistema de *firewall* estos valores estarían entre 674 Mbps y 44000 conexiones.

Las soluciones en software disponibles comercialmente no son capaces de manejar los volúmenes de tráfico generados por el ISP en diseño.

Entre las soluciones en hardware disponibles que cumplen con las características de control de tráfico antes mencionado tenemos:

Fabricantes	Solución	Características Principales
Juniper Networks	WX Application Acceleration Platforms	Eliminación de transmisiones redundantes. Throughput de 155Mbps Dos interfaces 10/100/100 de cobre o fibra multimodo.
Allot Communications	NetEnforcer AC-1000 Series	Throughput de 310, 622 o 1000 Mbps. Cuatro interfaces 1000Mbps de cobre o fibra Interfaz para administración de 100Mbps
Packeteer, Inc	PacketShaper 10000/ISP	Throughput hasta de 1Gbps (según licencia) Soporte para 5000 perfiles Dos interfaces 10/100/1000 de cobre o fibra Dos ranuras de expansión para interfaces 10/100/1000 de cobre o fibra.

Tabla 4-13: Características adicionales de sistemas de gestión de ancho de banda en hardware

De las opciones mencionadas, la solución propuesta por Juniper Networks ha sido descartada por requerir el uso de un arreglo de dispositivos para alcanzar la capacidad de throughput requerida, adicionalmente brinda otros servicios como el almacenamiento temporal de paquetes (con una capacidad de hasta 3TB) para evitar transmisiones redundantes, estas características incrementan su costo y no son parte de los objetivos planeados para la utilización de un controlador de ancho de banda.

Las soluciones propuestas por Allot Communications y Packeteer son fuertes contendoras^[18] se ha seleccionado la solución propuesta por Packeteer por considerar de importancia para el negocio su superior funcionalidad en soporte para varios perfiles, políticas de velocidad, clasificación de tráfico, y un análisis más profundo a nivel de capa 7^[19].

El equipo PacketShaper 10000/ISP seleccionado requiere para la conexión con los diferentes dispositivos el uso de una ranura de expansión con dos interfaces 10/100/1000, su conexión se muestra más adelante en el diagrama de red.

La redundancia ofrecida por estos equipos incluye el balanceo de carga entre dispositivos del mismo fabricante, y al dejar de funcionar permiten el paso de todo el tráfico sin aplicar políticas.

Los costos de estos dispositivos pueden ser prohibitivos en algunos ambientes, por ello en nuestro caso no se considera la instalación de un segundo dispositivo de respaldo, en su lugar se aprovechará la limitada capacidad del *firewall* para control del ancho de banda mientras la reparación es llevada a cabo.

4.3.7 CAPA NÚCLEO

Para permitir la rápida comunicación entre las zonas y las capas de la red la capa núcleo estará formado por sistemas de conmutación (*switches*) con capacidad suficiente para manejar el tráfico que pasará por ellos.

Se considera, para mejorar la disponibilidad, que equipos que brindan redundancia no deben ser servidos por el mismo dispositivo de conmutación; y la utilización de dos *switches* con la misma configuración y características similares. Adicionalmente se considera utilizar enlaces enrutados para mejorar la disponibilidad al tener menores tiempos de recuperación ante fallas, para ello se requieren que los *switches* sean multicapa.

Como medio físico se ha seleccionado el uso de un sistema de cableado estructurado categoría 6, en lugar de alternativas basadas en fibra como estrategia para disminuir los costos de inversión.

De esta manera se tiene los siguientes segmentos de red repartidos en dos *switches* (A y B) mediante el uso de VLANs²⁵, las capacidades y características de las interfaces necesarias en los *switches* están basadas en la cantidad de tráfico que circulará por ellos.

²⁵ Separación de segmentos de red con lo cual se redefine el dominio de *broadcast*.

CONFIGURACIÓN DE VLANs EN LOS SWITCHES A y B		
VLAN	Funcionalidad	Puertos requeridos
1	Servicio a la zona de administración <ul style="list-style-type: none"> • Servidor DNS maestro 100BaseT • Servidor de tañfacción 100BaseT • Servidor de Administración 100BaseT • 3 estaciones de monitoreo 100BaseT • Conexión a <i>firewall</i> A 100BaseT • Conexión a <i>firewall</i> B 100BaseT 	8x100BaseT
2	Servicio a la zona de servidores <ul style="list-style-type: none"> • Servidor DNS esclavo 100BaseT • Servidor de Correo Electrónico 100BaseT • Servidor <i>Web Cache</i> 100BaseT • Servidor de autenticación y configuración 100BaseT • Conexión a <i>firewall</i> A 100BaseT • Conexión a <i>firewall</i> B 100BaseT 	6x100BaseT
3	Servicio a la zona de acceso <ul style="list-style-type: none"> • Conexión al enlace de fibra a subestación Iñaquito 1000BaseT • Conexión al enlace de fibra a subestación Carolina 1000BaseT • Conexión a <i>firewall</i> A 1000BaseT • Conexión a <i>firewall</i> B 1000BaseT 	4x1000BaseT
4	Servicio a la zona Internet 1 <ul style="list-style-type: none"> • Conexión a <i>firewall</i> A 1000BaseT • Conexión a <i>firewall</i> B 1000BaseT • Conexión a Controlador de Ancho de Banda A 1000BaseT • Conexión a Controlador de Ancho de Banda B 1000BaseT 	4x1000BaseT
5	Servicio a la zona Internet 2 <ul style="list-style-type: none"> • Conexión a Controlador de Ancho de Banda A 1000BaseT • Conexión a Controlador de Ancho de Banda B 1000BaseT • Conexión a enlace TRANSELECTRIC 1000BaseT • Conexión a enlace PORTA 1000BaseT 	4x1000BaseT
6	Conexión entre el <i>switch</i> A y B <ul style="list-style-type: none"> • Interconexión entre <i>switches</i> 1000BaseT 	1x1000BaseT

Tabla 4-14: Configuración de VLANs en la red interna del ISP

Ambos *switches* llevaran la configuración mostrada en la Tabla 4-14, el *switch* A dará servicio a las VLAN 1, 3, 4, 5 y 6, mientras que el *switch* B a las VLAN 2,3,4,5,6. De esta manera en el caso de falla de unos de los dispositivos se podrán rápidamente reconectar los puntos de red desde un *switch* hacia el otro.

Por lo tanto se requieren dos *switches* con 14 interfaces 100BaseT, y 13 interfaces 1000BaseT, administrable, y con capacidad de conmutación multicapa.

Las opciones para la selección de *switches* con estas características son extensas y muy competitivas, por su difusión en el mercado nacional se ha seleccionado una solución de Cisco Systems, sin embargo soluciones de otros proveedores pueden cumplir estos requerimientos.

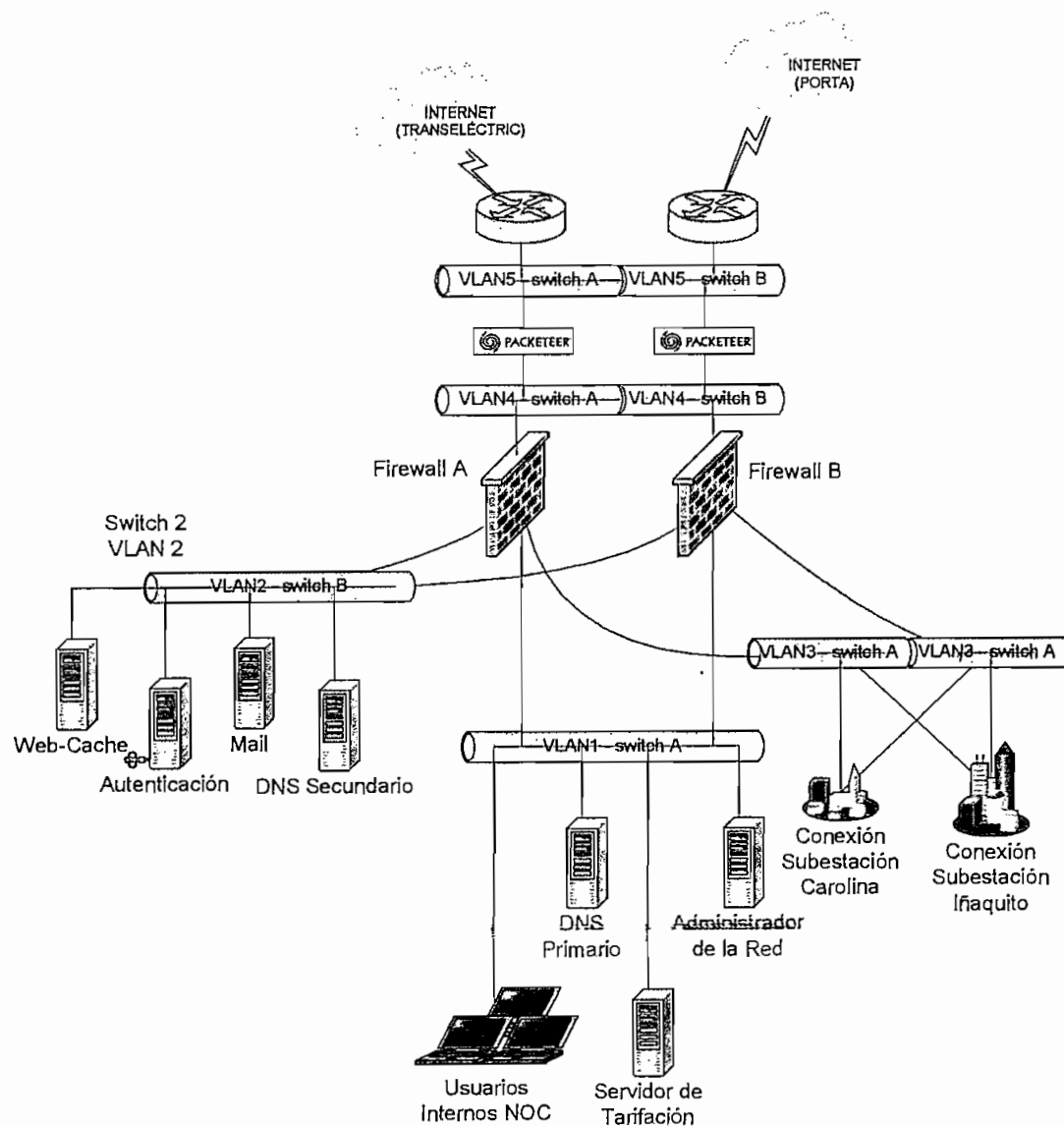


Figura 4-6: Red Interna del ISP en la Subestación Norte

Los *switches* seleccionados son los Cisco Catalyst 3560G-48TS-E, cumplen con los requisitos mencionados, adicionalmente sus características se muestran en el anexo A, en la Figura 4-6 se muestra un diagrama general de la red del ISP.

El diseño de la red interna del ISP ofrece redundancia para mantener alta disponibilidad del acceso a Internet, dentro de la red el punto de fallo más crítico está dado en la capa de acceso en caso de falla del enlace de fibra entre las subestaciones, debido a que si el cableado cae, todo el enlace a usuarios se queda no disponible hasta ser reparado.

4.4 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS *POINTS OF PRESENCE*

Un punto de presencia corresponde a una extensión del ISP, que ayuda a proveer del servicio a usuarios localizados en un área geográfica aledaña al área de cobertura del ISP.

Para el diseño en mención, los puntos de presencia están formados por las subestaciones Iñaquito y Carolina. Estas dos subestaciones estarán enlazadas a la estación central del ISP (localizada en la subestación Norte) por medio de la red de fibra óptica ya instalada por parte de la Empresa Eléctrica Quito S.A. como parte de su proyecto SCADA.

El proyecto SCADA comprende una red de fibra óptica aérea de 24 hilos monomodo, de los cuales se utiliza un hilo para el proyecto y los 23 restantes se encuentran colocados en un *patch panel* en cada subestación, pudiendo de esta manera utilizar 2 hilos de fibra para conectar las subestaciones en diseño con el NOC del ISP.

En los puntos de presencia se encontrarán instalados los equipos que recibirán los datos de la red Broadband PLC en las líneas de media tensión, y enviarán los mismos por la red de fibra óptica hacia la estación central.

Todos los nodos "S" instalados en la subestación respectiva se conectarán a un *switch Gigabit Ethernet*, capaz de manejar el tráfico generado, el cual se enlaza a la subestación Norte a través de la red del sistema SCADA, de acuerdo a la Figura 4-7 y la Figura 4-8.

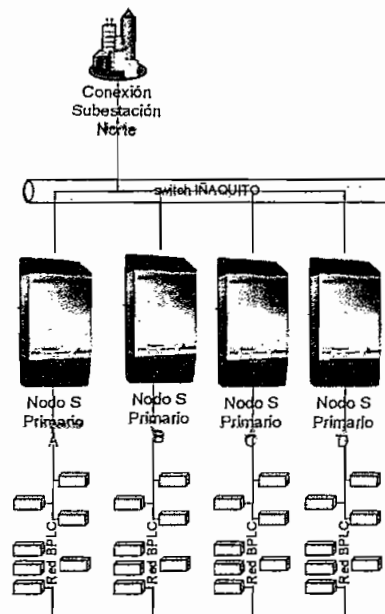


Figura 4-7: Red Interna de la subestación Iñaquito

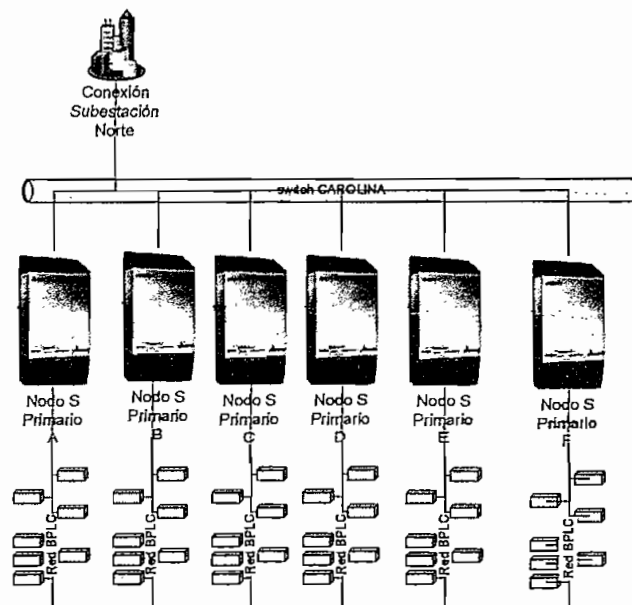


Figura 4-8: Red interna de la subestación Carolina

Los *switches* seleccionados para las subestaciones tienen características similares a los seleccionados para el NOC, la diferencia principal está dada por la cantidad de puertos requeridos, que en el caso de las redes de las subestaciones no sobrepasan los 7 puertos. Se utilizarán los equipos los Cisco Catalyst 3560G-48TS.

Una vez descrito los equipos requeridos en el centro de operaciones y en los puntos de presencia se presenta a continuación un cuadro que resume los requerimientos de los equipos descritos anteriormente.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
Servidor DNS maestro:	Procesador de 500 Mhz compatible con Pentium III o superior
	512 MB de memoria RAM
	Dos disco duros de 40GB para ofrecer redundancia con tecnología RAID
	Un tarjeta de red <i>Fast Ethernet</i> 10/100/1000 Mbps
	Sistema Operativo Red Hat Linux 9.0
Servidor DNS Esclavo:	Procesador de 500 Mhz compatible con Pentium III o superior
	512 MB de memoria
	Un disco duro de 40GB
	Un tarjeta de red <i>Fast Ethernet</i> 10/100/1000 Mbps Sistema Operativo Red Hat Linux 9.0
Servidor Web Cache	Buena respuesta en un ambiente de 2172 usuarios
	Compatibilidad con los protocolos HTTP, HTTPS y FTP.
	Soporte para herramientas de control de contenido.
	Sistema Operativo Red Hat Linux 9.0
	Servidor <i>Web-cache</i> Squid.
	Procesador de 500 MHz compatible con Pentium III o superior
	512 MB de memoria RAM
	Un disco duro de 40 GB
Dos tarjetas de red <i>Fast Ethernet</i> 10/100 Mbps	
Correo Electrónico	Procesador de 500 Mhz compatible con Pentium III o superior.
	512 MB de memoria.
	Seis discos duros de 400 GB para ofrecer redundancia con tecnología RAID-5.
	Una tarjeta de red <i>Fast Ethernet</i> 10/100 Mbps. Sistema Operativo Red Hat Linux 9.0
Autenticación	Sistema Operativo: Linux Red Hat 9.0
	Disco Duro: capacidad de 40 GB.
	Memoria Ram: 512 MB
	Tarjeta de Red 10/100 <i>Fast Ethernet</i>
	Procesador: Pentium IV, con velocidad mínima de 2.7 GHz

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
Administración	Sistema Operativo: Linux, Windows XP, Windows 2000, Windows 2003 Server.
	Disco Duro: mínimo 150 MB más 2 GB para la base de datos.
	Memoria: 256 MB mínimo.
	Procesador: mínimo Pentium III de 450 MHz de procesador.
	1 Tarjeta de Red 10/100 <i>Fast Ethernet</i> .
	1 Monitor 17" con resolución de 1024x 768 píxeles.
	Hardware básico utilizado para el funcionamiento del PC (Mouse, teclado, etc.).
	Software de administración: Symantec (ON/Comand).
Estaciones de Monitoreo	Sistema Operativo: Windows XP.
	Disco Duro: 40 GB.
	Memoria: 256 MB mínimo.
	Procesador: mínimo Pentium III de 450 MHz de procesador.
	1 Tarjeta de Red 10/100 <i>Fast Ethernet</i> .
	Hardware básico utilizado para el funcionamiento del PC (Mouse, teclado, etc.).
	Software de monitoreo: ASCOM.
Firewall	Capacidad: 674 Mbps
	Total Sesiones: 43763
	Sistema de Detección de Intrusos incorporado
	Firewall de Inspección de capas superiores
	Administrable para 4 zonas mínimo
	Provea funciones para ambientes redundantes
	Cantidad: 2
Controlador Ancho de Banda	Throughput hasta de 1Gbps (según licencia)
	Soporte para 5000 perfiles
	Dos interfaces 10/100/1000 de cobre o fibra
	Dos ranuras de expansión para interfaces 10/100/1000 de cobre o fibra.
	Análisis profundo a nivel de capa 7
	Cantidad: 2
Switch NOC	14 interfaces 100BaseT
	13 interfaces 1000BaseT
	Administrable
	Capacidad de conmutación multicapa
	Cantidad: 2
Switch POP	7 interfaces 1000BaseT
	Administrable
	Capacidad de conmutación multicapa
	Cantidad: 2

Tabla 4-15: Requerimientos generales de equipos en el NOC y POP.

4.5 EQUIPAMIENTO DEL ISP ^[14]

Es necesario contar con infraestructura de base que soporte las operaciones en el NOC, los componentes principales son el sistema de suministro eléctrico, sistema de comunicaciones, sistema de control de acceso, sistema de aire acondicionado, y sistema de recuperación ante catástrofes.

Para que el ISP pueda ofrecer satisfactoriamente los servicios ofrecidos requiere contar con un conjunto de equipos que cumplan con los requerimientos ya mencionados, y que provean el soporte para los equipos activos y servidores ya detallados.

4.5.1 SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

En la Subestación Norte se considera la utilización de un sistema de UPS para evitar que la supresión repentina de la energía eléctrica cause el apagado inesperado de los servidores, con el riesgo de pérdida o daño de datos de los usuarios o del sistema informático.

El UPS debe ser capaz de soportar toda la carga del NOC por un período de 30 minutos. Se ha estimado un valor aproximado de la carga total en la Tabla 4-16, de donde se concluye que se requerirá una capacidad total de 7,7KVA.

Cantidad	Ítem	Potencia Máxima [vatios]	Total de Potencia Máxima [vatios]
2	Firewalls	220	440
2	Switches Cisco	160	320
2	PacketShaper	250	500
7	Servidores	700	4900
3	Computadores para el monitoreo de la red	500	1500
Carga total del UPS en el NOC (vatios):			7660

Tabla 4-16: Carga total en el sistema eléctrico del NOC

De forma referencial se ha seleccionado una solución de FIRMESA (Ver anexo A), el UPS POWERWARE 9155, de 8KVA expandible a 10KVA con capacidad de regulación de voltaje.

En la subestación Norte se considera la instalación de una toma eléctrica por cada ambiente de trabajo, se ha definido 10 ambientes de trabajo (uno por cada servidor y por cada estación de control), adicionalmente se instalará dos tomas eléctricas para dar servicio al *rack* de comunicaciones, y tres tomas eléctricas sin respaldo de UPS para trabajos varios en el NOC.

En las subestaciones Ñaquito y Carolina se considera la instalación de una toma eléctrica por cada nodo S y una toma adicional para servir al *rack* de comunicaciones, en la Tabla 4-17 se muestra un resumen de las instalaciones necesarias.

Ítem	Cantidad
Tomas eléctricas subestación Norte	15
Tomas eléctricas subestación Carolina	7
Tomas eléctricas subestación Ñaquito	5
Tomas eléctricas requeridas	27

Tabla 4-17: Tomas eléctricas requeridas en el ISP

4.5.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES

Se ha previsto la instalación de un sistema de cableado estructurado que cumpla con los estándares ANSI/EIA/TIA²⁶ 568B, 569 y 606 con categoría 6.

En la subestación Norte se instalará un área de trabajo por cada servidor y por cada estación de control, teniéndose en total 10 áreas de trabajo. Cada área de trabajo contará con dos puntos de cableado.

²⁶ ANSI/EIA/TIA 568B: Estándares de cableado para telecomunicaciones en edificios comerciales.

ANSI/EIA/TIA 569: Estándares para instalación y dimensionamiento de cableado de telecomunicaciones en edificios comerciales.

ANSI/EIA/TIA 606: Estándares de administración para infraestructura de telecomunicaciones en edificios comerciales.

En las subestaciones Iñaquito y Carolina se instalará un área de trabajo en cada nodo S, adicionalmente se requerirá un enlace entre el sistema de comunicación del proyecto SCADA y el del ISP para poder acceder a la infraestructura de fibra óptica del proyecto SCADA. Cada área de trabajo contará con dos puntos de cableado, de forma similar el enlace entre el sistema SCADA y el sistema del ISP se realizará con doble acometida.

De esta manera, considerando que la subestación Carolina tendrá 6 nodos S y la subestación Iñaquito 4 nodos S se ha determinado la cantidad de puntos de cableado estructurado que se requiere instalar tal como se muestra en la Tabla 4-18.

Ítem	Cantidad
Puntos de cableado estructurado subestación Norte	20
Puntos de cableado estructurado subestación Carolina	14
Puntos de cableado estructurado subestación Iñaquito	10
Total puntos de cableado estructurado:	44

Tabla 4-18: Puntos de cableado estructurado requeridos en la red del ISP

4.5.3 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

Para mantener una temperatura estable y una humedad adecuada para evitar el daño físico por la dilatación de los componentes, el sobrecalentamiento de los mismos, la acumulación de energía estática y la condensación de las partículas de agua. Se requiere mantener el cuarto de comunicaciones a una temperatura entre 17°C y 20°C, y la humedad entre un 40% y 60%. Para enfriar un vatio de energía convertido en calor se requiere 3.412 BTU/hr^[3], por tanto para enfriar una carga de 7660 vatios se requeriría un sistema con capacidad de 26136 BTU/hr. El sistema de enfriamiento tiene varios componentes, para la elección del mismo se ha solicitado colaboración a la empresa MEGAFRIO, especialistas en el tema

de ambientación de centros de cómputo, quienes han elaborado una oferta que se adjunta en el anexo D.

4.5.4 SISTEMA DE SUPRESIÓN DE INCENDIOS

Se debe detectar y suprimir un eventual incendio en caso de que éste ocurra, para ello se debe instalar sensores en ubicaciones adecuadas, un método para supresión del fuego y para alertar al personal.

Para este efecto en la estación central (subestación Norte) se ha considerado la instalación de un sistema de monitoreo basada en sensores, y alerta basada en alarma auditiva y reporte automático a una central de monitoreo. Se ha solicitado a la empresa LAARCOM, especialistas en el tema, su colaboración para cumplir con este requisito (Ver anexo D).

4.5.5 CONTROL DE ACCESO

Como equipamiento para el control de acceso en la subestación Norte se ha considerado la utilización de un sistema de control de acceso mediante autenticación con tarjeta magnética y registro en sistema, y la utilización de sensores de movimiento en puertas y ventanas. Para ello se solicitó la colaboración de la empresa LAARCOM, especialistas en el tema, quienes han elaborado una oferta que cubra esta necesidad (Ver anexo D).

Para las subestaciones Iñaquito y Carolina se considera únicamente la utilización de *racks* de comunicaciones cerrados, pues el espacio para las instalaciones es limitado, y el valor del equipamiento que se puede proteger es mínimo.

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 4

Obras Consultadas

1. PAREDES MORALEDA Rodrigo Andrés, "**Diseño e Implementación de Experiencias Docentes para un Sitio Proveedor de Servicios internet**", Proyecto de titulación, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Eléctrica – Universidad de Chile, 2000
2. Pablo Hidalgo, "XVIII Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica", "**Diseño Matemático de un ISP**", Junio del 2000; Quito – Ecuador.
3. IBM, "**Linux Network Administration I: TCP/IP Services**", Copyright IBM Corp., 2003.
4. Uniplex, "**Configuración básica de routers Cisco**", 2000.
5. SMITH Philip, "**Cisco® ISP Essentials**", Cisco Press, 2002, ISBN: 1-58705-041-2.
6. ODLYZKO Andrew, "**Internet traffic growth: Sources and implications**", Universidad de Minnesota, 2003.
7. FOMENKOV Marina, "**Longitudinal study of Internet traffic in 1988 - 2003**", 2004.
8. ODLYZKO Andrew, "**Privacy, Economics, and Price Discrimination on the Internet**", Digital Technology Center, 2003.

9. CLARK David, "*Provisioning for Burst Internet Traffic: Implications for Industry and Internet Structure*", Mit Wisq, 1999.
10. Eric Girard, Nathan Sheldon, Seth Borg, "**The Effect of Latency on Performance in Warcraft III**", WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, 2003.
11. Thomas P. Beigbeder, Rory J. Coughlan, Corey C. Lusher, John J. Plunkett, "**The Effects of Packet Loss and Latency on Player Performance in Unreal Tournament 2003**", WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, 2004.
12. Haishu Zhang, "**The effect of delay on network Games**", Umea University - Department of Computing Science, Suiza 2006.

Páginas Web

13. Cisco Systems Inc., "Internetworking Design Basics", <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/idg4/nd2002.htm> , 21 de Febrero de 2000.
14. http://www.newyork.bbb.org/en_espanol/pub/isp.html, Diseño de un ISP
15. http://www.zator.com/Internet/A7_1.htm, Proveedor de Servicio de Internet.
16. www.dcc.uchile.cl. Factores a Considerar para el Diseño de un ISP.
17. <https://www.juniper.net/techpubs/software/junos/junos55/swconfig55-routing/html/routing-generíc-config11.html>. Seguridad en Redes.
18. <http://www.net.cmu.edu/docs/arch/qospe-pre.html>, Comparación técnica de Packeteer PacketShaper y Allot NetEnforcer

19. <http://www.net.cmu.edu/docs/arch/qospe-public.html>, Comparación técnica de Packeteer PacketShaper y Allot NetEnforcer
20. <http://www.more.net/services/bandwidth/documentation/qos-ced/index.html>, Información técnica sobre controladores de ancho de banda
21. <http://www.informit.com/articles/article.asp?p=433759&rl=1>, planeamiento de redes para voz sobre IP.

Otras Fuentes de Consulta

22. Características técnicas de los equipos facilitada por los diferentes proveedores de soluciones de sistemas de comunicación.
23. Información facilitada por la Empresa Eléctrica Quito S.A.
24. Información facilitada por PORTA y TRANSELECTRIC
25. Información facilitada por ReadyNet.
26. Tomasi, Wayne. "**Sistemas de Comunicaciones Electrónicas**", Pearson Educación, cuarta edición, México 2003, ISBN:970-26-0316-1.
27. ISO/IEC, "**Information technology — Code of practice for information security management**", Primera Edición, 2000, Referencia: ISO/IEC 17799:2000

CAPÍTULO 5

FACTIBILIDAD FINANCIERA

5.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS FINANCIERO DE PROYECTOS ^[1] ^[2]

5.1.1 DEFINICIÓN DE PROYECTO

La introducción al análisis financiero de un proyecto no estaría completa si en un inicio no se define, en forma clara, la idea de un proyecto, y los pasos a realizar para que éste cumpla con las expectativas planteadas.

Según el Banco Mundial, proyecto se define como una actividad de inversión a la que se destinan recursos financieros para crear bienes de capital que producen beneficios durante un período prolongado, y una actividad en la que se invertirá dinero, con la esperanza de obtener un rendimiento, que desde un punto de vista lógico, parece prestarse a su planificación, financiamiento y ejecución como una unidad.

Un proyecto facilita el proceso de toma de decisiones, especialmente cuando se va a realizar una inversión, pues ayuda a determinar si ésta es conveniente o no. Toda inversión (privada, pública, económica y/o social) requiere de estudios previos como: verificar la viabilidad técnica, comercial, económica, legal y financiera, todo ello dentro de un contexto donde se cumplan parámetros que ayuden a establecer si el proyecto debe ejecutarse.

Al preparar un proyecto, se deben formular preguntas a los especialistas y técnicos que participan en la elaboración del mismo, de manera que se puedan cubrir todos los aspectos pertinentes, a fin de garantizar buenos resultados.

Para que un proyecto se encamine por un futuro próspero, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos.

- *Aspectos Técnicos.* El análisis técnico de un proyecto hace referencia a los insumos requeridos y a la producción de bienes y servicios. Éstos se deben definir con claridad, para alcanzar mayor precisión en el estudio, en virtud de que, de este examen, se derivarán el análisis y resultados de los demás aspectos de un proyecto.
- *Aspectos Comerciales.* Comprenden las medidas adoptadas para la comercialización de los productos obtenidos y el suministro de los insumos necesario para ejecutar y operar el proyecto.

Es necesario analizar con cuidado las tendencias del mercado, estableciendo si el bien o servicio a producir presenta una demanda atractiva para el fabricante, además, se debe realizar un estudio del lugar en el que se venderán los productos, si los precios son rentables y estables, examinar la competencia, sistemas de distribución, posibilidades de exportación, etc.

- *Aspectos Sociales:* Se deben tener presentes las consideraciones sobre el impacto que tendrá el proyecto en las comunidades y el ambiente. Hay que examinar si los resultados a obtener son compatibles con los objetivos nacionales, si afectará los niveles de ingresos, si con el proyecto se aliviarán problemas de viviendas, de centros de enseñanzas, etc. Por otra parte se deben considerar las incidencias de carácter ambiental. Esto constituye un aspecto importante, sobretodo cuando se incluye el tema de sustentabilidad y sostenibilidad.
- *Aspectos Institucionales.* La preparación de un proyecto, usualmente se encuentra ligada a una institución bien de carácter público como la Empresa Eléctrica Quito S.A., o privado. La organización debe tener claro cómo se va a realizar el manejo administrativo del proyecto, modalidades de financiamiento, la estructura organizativa, etc. Hay que tomar en cuenta programas de desarrollo previstos y la vinculación con el proyecto,

organismos responsables de los planes que se ejecutan, y qué acciones se llevan a cabo.

- *Aspectos Financieros:* En el análisis financiero se plantea como objetivo determinar el monto de recursos del proyecto, facilitando el conocimiento de las condiciones de financiamiento: plazos, tasas de interés, períodos de gracia, etc. Por otra parte, el proyecto en si mismo requerirá de recursos, en este sentido, es conveniente precisar el monto de los mismos, y si tendrá las asignaciones presupuestarias necesarias, de donde o quienes ofrecerán los fondos requeridos.

5.1.2 ETAPAS DE UN PROYECTO

Un proyecto, para su ejecución, debe cumplir varios pasos, los mismos que son definidos en la Figura 5-1. Como se puede observar, el ciclo del proyecto se retroalimenta con la finalidad de realizar próximos proyectos en base a experiencias obtenidas con el proyecto en ejecución. Para el presente proyecto debido a que es un diseño solo se aplicarán los tres primeros pasos del ciclo en mención.

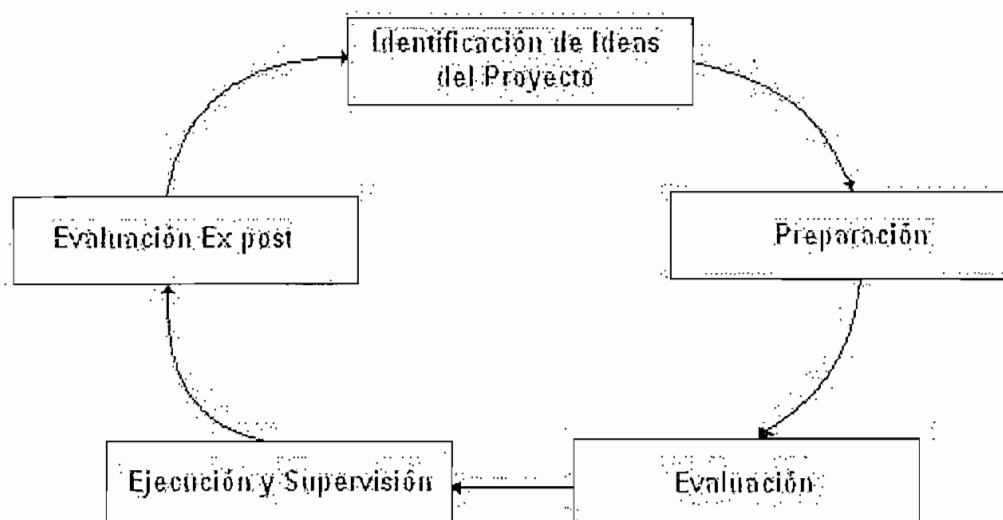


Figura 5-1 Ciclo de Proyectos

5.1.2.1 Identificación de Ideas del Proyecto

Es la primera aproximación al proyecto, que incluye el análisis de la participación, de los problemas, objetivos y alternativas, así como la elaboración, consensuada entre todas las partes afectadas, de una lógica de intervención expresada globalmente en objetivos, resultados y actividades.

5.1.2.2 Preparación

En esta fase se determinan todos los aspectos necesarios para un proyecto, que además de la información recogida en la identificación, debe incluir al menos, los indicadores del logro de los objetivos y resultados, las fuentes de verificación de esos indicadores, los factores externos que pueden afectar al proyecto, los estudios de viabilidad económica, social, medioambiental, los cronogramas y presupuestos, etc.

La etapa de preparación ayuda a identificar y comparar las distintas opciones técnicas e institucionales disponibles para alcanzar los objetivos del proyecto.

5.1.2.3 Evaluación

La evaluación permite realizar un examen de todos los aspectos tomados en cuenta en la preparación del proyecto y sentar las bases para la ejecución del mismo, en este proceso se analizan aspectos técnicos, institucionales, económicos, financieros y políticos de ser necesario.

5.1.2.4 Ejecución y Supervisión

La ejecución es la realización del proyecto con el fin de alcanzar paulatinamente los resultados especificados en la fase de preparación, y con ello el objetivo esperado.

Paralelamente a la ejecución, se lleva a cabo la supervisión, que es el estudio y la valoración del proyecto, que compara el trabajo realizado frente al planificado, y en el caso de que haya diferencias importantes, aplica medidas correctivas, bien en el procedimiento de ejecución, o bien en la formulación del proyecto.

5.1.2.5 Evaluación *Ex Post*

La fase de evaluación *ex post* contempla la elaboración de un informe de terminación del proyecto, al concluir el período de desembolso de los fondos del préstamo o crédito. El informe se realiza por lo menos cinco años después de realizar el último desembolso, y debe contemplar la repercusión que ha tenido el proyecto en la ciudad en la que se ejecuta el mismo.

5.1.3 HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO, EJECUCIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS

El diseño, ejecución y evaluación se puede realizar de dos maneras, utilizando el marco lógico o la planificación estratégica.

5.1.3.1 Matriz de Marco Lógico

La Matriz de Marco Lógico, es la metodología usada por la mayoría de las instituciones internacionales que trabajan en desarrollo de proyectos. Sigue la "lógica" de causa - efecto o medios - fines para relacionar todos los elementos de una intervención. Esta metodología cubre varias áreas:

5.1.3.1.1 *Identificación de la Situación Problemática*

Se identifica cuál es la necesidad de la empresa, y las acciones que se pueden tomar para cubrir dichas necesidades.

5.1.3.1.2 *Análisis de Involucrados*

Indica los cambios de prácticas o actitudes que son requeridos, deseados y factibles desde el punto de vista del grupo meta, así como también los mandatos, capacidades y recursos que tienen los diferentes grupos involucrados en relación con la problemática.

5.1.3.1.3 *Análisis de Problemas*

Se identifican los problemas percibidos por cada grupo con la realización del proyecto, éstos se deben definir como una condición negativa, y se debe especificar solo aquellos existentes, más no los posibles o potenciales, ordenados por medio de una relación causa - efecto. Una vez definidos los problemas, se debe realizar un "árbol de problemas" que es un esquema de la realidad negativa actual que se quiere cambiar con el proyecto, cabe recalcar que la ubicación del problema en el árbol, no indica el nivel de importancia del mismo.

Una vez realizado el árbol de problemas, el siguiente paso es el análisis de objetivos, en el cual se transforma el mismo en un "árbol de objetivos", donde los objetivos a conseguir se interconectan según la relación medios-fines. El árbol de objetivos es un dibujo de la realidad positiva futura que se quiere conseguir con el proyecto, y en éste es importante no confundir los objetivos o estados positivos que deben ser duraderos, con las acciones necesarias para alcanzarlos.

5.1.3.1.4 *Análisis de Alternativas:*

En algunos casos, para lograr un mismo objetivo se pueden llevar a cabo distintas intervenciones. En el árbol de objetivos, las diferentes alternativas aparecen en las "raíces" que conducen al objetivo principal. Con el análisis de alternativas se comparan las distintas opciones para elegir la estrategia del proyecto más ventajosa.

5.1.3.1.5 *Matriz de Marco Lógico:*

La Matriz de Marco Lógico es un sistema estructurado que se realiza para planificar y comunicar la información más importante del proyecto al inversionista en un solo cuadro. Para realizar la matriz de marco lógico se deben tomar las siguientes consideraciones:

- *Fin:* El fin del proyecto se encontrará tomando en consideración los objetivos planteados en el árbol de objetivos, y observando las necesidades de la población de la ciudad de Quito, llegando a ser un objetivo sectorial.
- *Propósito:* El propósito se encontrará observando los requerimientos de Internet en la ciudad de Quito, y los requerimientos de la Empresa Eléctrica Quito S.A.
- *Componentes:* Los componentes especificados son los objetivos que se deben realizar para cumplir el propósito planteado anteriormente, y representan los bienes y servicios del proyecto:
- *Actividades:* Las actividades especificadas en la matriz de marco lógico fueron seleccionadas para cumplir los componentes del proyecto, se especificó las actividades necesarias para la implementación del proyecto.
- *Indicadores de Logro:* Los indicadores proporcionan la base para el monitoreo que será realizado por la institución y la evaluación que será realizada por el gerente del proyecto. Se realizarán tomando en consideración que todo lo que se puede medir se puede controlar, los indicadores se deben expresar en términos de cantidad, calidad y tiempo.

El indicador de fin mide el impacto después de 5 años de terminado el proyecto, el indicador de propósito mide el impacto al terminar la ejecución

del proyecto, los indicadores de componente miden el avance del mismo los cuales son las actividades del componente.

- *Medios de verificación:* Los medios de verificación que se indican en la matriz de marco lógico, se colocan para comprobar el cumplimiento de los indicadores de logro especificados en la matriz de marco lógico, los cuales son prácticos y económicos.

5.1.3.2 Planificación Estratégica

Antes de definir en un término conceptual planificación estratégica, es necesario indicar el concepto de estrategia. Una estrategia es el medio por el cual se establece propósitos de la organización en términos de objetivos de largo plazo, respondiendo a oportunidades y amenazas externas, a fortalezas y debilidades internas, pero siempre con la intención de conseguir ventaja competitiva y adaptarse a los cambios del entorno.

La Planificación Estratégica indica que es lo que se tiene que hacer a mediano y largo plazo, para lograr cierto rendimiento en un tiempo determinado. Para realizar un proyecto por medio de la planificación estratégica, se deben seguir los siguientes pasos:

- *Exploración ambiental:* Incluye una exploración externa e interna de la institución. La exploración externa sondea las actividades de otras instituciones, y el estado económico, social, tecnológico y político de la sociedad, estos resultados corresponden a las oportunidades y amenazas de la organización. La exploración interna sondea la estructura, recursos, valores y actitudes de la organización, correspondiendo las fortalezas y debilidades de la misma.
- *Formulación de la estrategia:* Se identifica cual es la visión, misión objetivos, estrategias y políticas de la organización.

- *Implementación de la Estrategia:* En este componente se realizan los programas a seguir, se define el presupuesto y los procedimientos del proyecto.
- *Evaluación y Control:* Consiste en la elaboración de indicadores, y del informe de control del proyecto.

5.1.4 GESTIÓN DE PROYECTOS

Para planificar un proyecto adecuadamente, es necesario contar con la colaboración de personal calificado, con experiencia en ejecución de proyectos en esa área, y que disponga de conocimientos actualizados sobre las actividades necesarias para conseguir los resultados, sus plazos y costes.

Un proyecto se puede planificar con distintos grados de detalle. En la fase de formulación, es necesario hacer un cronograma indicativo de las actividades, que permita presupuestar el proyecto con un margen de error pequeño. También es conveniente definir el reparto de responsabilidades y concretar el plan de seguimiento.

Una vez aprobado el financiamiento de un proyecto, y antes de iniciar la ejecución, se realiza una planificación más detallada, que incluye planes de trabajo detallados de cada uno de los trabajadores a contratar, planos de las obras, formatos de informes de seguimiento, etc. Todos estos documentos tienen que ser coherentes con los elaborados en la fase de formulación.

5.1.4.1 Cronograma de Actividades

En un cronograma se detallan las actividades a realizar, y los períodos en que se llevarán a cabo. El diagrama más utilizado por su sencillez es el denominado Diagrama de Gantt. En la primera columna se colocan las actividades a realizar y en las siguientes, los periodos de tiempo a emplear, utilizando la unidad de

medida temporal más apropiada (días, semanas, meses...). Para cada actividad se marca el período o períodos en que se ejecutará.

Al realizar este cronograma de actividades, se tendrá una idea más clara del tiempo mínimo necesario para la ejecución del proyecto, las actividades que serán críticas para el mismo, y si se retrasan estas actividades, el todo tendrá un retraso, las actividades que pueden realizarse de forma simultánea, y los recursos necesarios para cada actividad.

5.1.4.2 Recursos y Costos de las Actividades

Se puede definir a un recurso como un factor productivo necesario para realizar una actividad, el cual no se consume con su uso, ni se incorpora al producto resultante, debido a que al término de la misma, el recurso queda disponible para ser asignado a otra actividad o proyecto.

En un proyecto se incurre en varios desembolsos de capital, un factor primordial para el desembolso de capital es el costo de las actividades del proyecto. A continuación se detallan todos los costos incurridos en el proyecto de diseño.

- *Costos de Gerencia:* Es un costo fijo del proyecto, que abarca el sueldo del personal contratado, dichos sueldos fueron tomados de la ley de remuneraciones sectoriales correspondientes al año 2006. Los costos de gerencia incluyen además gastos administrativos que conlleva el trabajo del personal, como movilización, papelería, viáticos, etc. Todos los valores en los que se incurre, se basan en experiencias de diferentes empresas con similares características operacionales.
- *Costos de los recursos:* Corresponde a los costos necesarios para que una actividad se realice, se toman en cuenta los sueldos de personal contratado específicamente para realizar una actividad.

- *Costos fijos*: Es el costo de insumos y servicios, utilizado por el personal contratado. Este tipo de recurso se llama fijo, porque no varía con la duración de la actividad

El costo de los recursos, y los costos fijos corresponden al costo de las actividades planteadas en la formulación del proyecto. Los valores correspondientes a los diferentes rubros de costos y gastos se detallan a lo largo del presente capítulo.

5.1.4.3 Control de la Ejecución del Proyecto

Durante la ejecución del proyecto es necesario hacer el seguimiento de lo que se va avanzando, y compararlo con lo planificado inicialmente, para que, en caso de que haya desviaciones negativas, se introduzcan medidas correctivas o, en su caso, se reformule el proyecto.

El seguimiento se debe hacer día a día, por todas las personas que participan en el proyecto. No obstante, periódicamente se hacen informes escritos, donde se recoge, para cada período, la descripción del proyecto, la descripción general de la marcha del mismo en relación con los objetivos y resultados previstos, las actividades realizadas, el presupuesto ejecutado, la actualización del cronograma, si es necesaria, la relación de gastos realizados, la actualización de las previsiones presupuestarias, la valoración del seguimiento y las recomendaciones.

Un control para la Ejecución de un Proyecto se lo puede realizar en base a cuatro variables: Cronología, Costos, Cantidad y Calidad.

- *Cronología*: Indicador de tiempo, informa sobre el avance de las actividades, y por ende ayuda a llevar el control de la cantidad de obra realizada sobre lo planificado en un instante de tiempo determinado. Ante un retraso de la obra, es deber del gerente del proyecto reprogramar el retraso y/o evitar posibles futuros retrasos en la obra.

- *Control de Costos*: Mide el presupuesto utilizado en un momento, sobre el presupuesto inicial de la obra, ayuda al gerente a verificar el correcto desembolso de capital para las actividades. El límite de este indicador es 1; si el valor es mayor a uno existe sobre ejecución del presupuesto inicial.
- *Cantidad*: Es un control cuantitativo sobre las actividades realizadas, mide cuanto se ha realizado de una actividad de lo planificado en un inicio.
- *Calidad*: Basado en parámetros y especificaciones técnicas claras y precisas. Ayuda al gerente a verificar que todas las actividades se realicen con el nivel de calidad requerido para que el proyecto siga adelante.

5.1.5 VIABILIDAD DEL PROYECTO

Un proyecto es viable cuando puede beneficiar al grupo destinatario durante un largo período, aún cuando haya finalizado.

La viabilidad es una condición indispensable para cualquier proyecto de desarrollo, ya que si no se mantienen los logros, no se puede avanzar a un estadio superior de desarrollo. Dependerá, en gran medida, de si el impacto positivo justifica las inversiones necesarias, y si la comunidad local valora el proyecto lo suficiente como para desear dedicar sus escasos recursos a continuarlo.

Los factores que dan lugar a la viabilidad de un proyecto son: las políticas de apoyo, la capacidad institucional y de gestión, los factores económicos y financieros, la tecnología apropiada, los aspectos socioculturales, y el medio ambiente.

La viabilidad política indica si el proyecto cumple con leyes y políticas de la empresa, de la ciudad o país donde se realice el mismo.

La viabilidad financiera indica desde el punto de vista del inversionista o un participante en el proyecto, los ingresos y egresos atribuibles a la realización del mismo y en consecuencia su rentabilidad general.

La viabilidad técnica es la condición que hace posible el funcionamiento del sistema, proyecto o idea al que califica, atendiendo a sus características tecnológicas, y a las leyes de la naturaleza involucradas.

La viabilidad técnica se evalúa ante un determinado requerimiento o idea para determinar si es posible llevarlo a cabo satisfactoriamente y en condiciones de seguridad, con la tecnología disponible, verificando factores diversos como resistencia estructural, durabilidad, operatividad, implicaciones energéticas, mecanismos de control, según el campo del que se trate.

5.1.5.1 Flujo de Fondos

El flujo de fondos identifica los ingresos y egresos de dinero mensuales; y básicamente permite analizar si la compañía tendrá suficientes fondos para hacer frente a sus compromisos, en general en base anual.

En el flujo de fondos se deben especificar aspectos como ingresos, costos, depreciación, amortización de activos, participación de los trabajadores, impuestos, etc. A continuación se describen los principales elementos del flujo de fondos a tomar en cuenta para el análisis financiero.

- *Ingresos*: Son el resultado de la venta de servicios del proyecto, y deben ser registrados en el periodo en el que se realizó.
- *Costos*: Existen varios tipos de costos, los mismos que se pueden clasificar en dos grandes grupos: Costos de Inversión, y Costos de Operación.

Los Costos de Inversión corresponden a todos los gastos que realiza la empresa para que el proyecto salga adelante, estos son: la adquisición de

archivos fijos, como edificios o terrenos, activos nominales, como licencias y el capital de trabajo, etc.

Los costos de Operación reflejan el desembolso por insumos y otros rubros para el ciclo productivo del proyecto; dentro de los costos operacionales se pueden ubicar a los costos administrativos, costos de producción, costos de venta del producto.

En un proyecto existen otros tipos de costos, como los costos muertos que son aquellos desembolsos ya realizados, los costos de oportunidad que corresponden al valor o beneficio que genera un recurso en su mejor uso alternativo.

- *Depreciación y Amortización:* La depreciación es la reducción en el valor de un activo a lo largo del proyecto, la amortización es la compensación en dinero del valor de los medios fundamentales de trabajo (máquinas, instalaciones, edificios).

En el proceso de producción, los medios fundamentales de trabajo no sólo se desgastan materialmente, sino también en el valor que transfieren de manera gradual al producto. También existe un desgaste de valor como consecuencia del desgaste moral de los medios fundamentales, el cual se debe, por una parte, al abaratamiento de la fabricación de medios de producción análogos, como consecuencia del aumento de la productividad del trabajo y, por otra, al envejecimiento técnico, como consecuencia del progreso de la ciencia y de la técnica.

- *Valor de Salvamento:* Es el valor estimado de intercambio o de mercado al final de la vida útil del activo.

5.1.5.2 Indicadores de Rentabilidad

La rentabilidad de un proyecto se lo puede obtener en base a una comparación con diferentes alternativas de inversión, es decir, comparar al proyecto con el beneficio que el dinero pudo generar al ser invertido en el mejor uso alternativo.

Se puede medir si un proyecto es rentable o no bajo los siguientes indicadores de rentabilidad:

- *Valor Presente Neto*: El método del Valor Presente Neto es muy utilizado por dos razones, la primera porque es de muy fácil aplicación, y la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman al valor actual de la moneda, y así puede verse fácilmente si los ingresos son mayores que los egresos. Cuando el VPN es menor que cero implica que hay una pérdida a una cierta tasa de interés o, por el contrario, si el VPN es mayor que cero se presenta una ganancia. Cuando el VPN es igual a cero se dice que el proyecto es indiferente.
- *Tasa Interna de Retorno*: La tasa interna de retorno (TIR) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto (VAN) es igual a cero. La TIR es una herramienta de toma de decisiones, utilizada para comparar la factibilidad de diferentes opciones de inversión. Generalmente, la opción de inversión con la TIR más alta es la preferida.

El método TIR consiste en encontrar una tasa de interés en la cual se cumplen las condiciones buscadas en el momento de iniciar o aceptar un proyecto de inversión. Tiene como ventaja frente a otras metodologías como la del Valor Presente Neto (VPN) o el Valor Presente Neto Incremental (VPNI), por que en ésta se elimina el cálculo de la Tasa de Interés de Oportunidad (TIO), esto le da una característica favorable en su utilización por parte de los administradores financieros.

- *Relación Costo / Beneficio.*- El Análisis Costo / Beneficio es el proceso de colocar cifras en dólares en los diferentes costos y beneficios de una actividad. Al utilizarlo, se puede estimar el impacto financiero acumulado de lo que se quiere lograr. Si la relación costo beneficio da como resultado un valor mayor a 1, indica que el proyecto es rentable, si el valor es menor a 1 el proyecto no es rentable, y si es cero es indiferente la inversión o no en el proyecto.

5.2 FLUJO DE FONDOS [1] [2] [3] [4]

Para el presente proyecto, como herramienta para el diseño, ejecución y evaluación del proyecto se ha seleccionado la Matriz de Marco Lógico, debido a que abarca de una manera más específica los diferentes aspectos a tomar en cuenta para la ejecución del mismo. Por tal motivo, a continuación se presentan los diferentes componentes a seguir para la creación de la matriz de marco lógico.

5.2.1 CUADRO DE INVOLUCRADOS

En el cuadro de involucrados, tal como se indicó anteriormente, se definen los grupos que de una u otra forma tienen que ver con el proyecto, se definen cuáles son los intereses del grupo en el mismo, cuáles son sus mandatos, y los problemas actuales del grupo en mención.

Para el proyecto se han definido cuatro grupos: la Empresa Eléctrica Quito S.A., los proveedores de servicio de Internet que operan en la actualidad, los usuarios del servicio, y el prestamista, que será el banco, a una tasa de interés especificada más adelante en el análisis financiero.

Para visualizar de mejor manera los problemas, intereses y mandatos de los diferentes grupos se presenta a continuación la Tabla 5-1.

ID	Grupo de Involucrados	Intereses	Recursos y Mandatos	Problemas
EEQ	Empresa Eléctrica Quito S.A.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aumentar la rentabilidad de la organización. 2. Mejorar el Sistema de Telecomunicaciones en la ciudad de Quito. 3. Dar un uso alternativo a la red eléctrica ya instalada. 4. proveer tecnología de punta a los usuarios 	<ol style="list-style-type: none"> R1. Infraestructura eléctrica instalada. R2. Red de Fibra óptica del proyecto SCADA. R3. Personal calificado para brindar soporte al actual sistema de comunicaciones interno de la empresa. 	<input checked="" type="checkbox"/> Falta de Personal calificado para trabajar con BPLC
ISPs	Proveedores de Servicio de Internet	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aumentar la rentabilidad de su organización. 2. Utilizar la red eléctrica como red de Distribución. 3. Proveer acceso al Internet a la EEQ S.A. 4. Aumentar el Numero de usuarios 	<ol style="list-style-type: none"> R1. Experiencia en el Medio. R2. Posicionamiento en el mercado. R3. Enlace al Internet. R4. Ofrecer servicios de acceso al Internet. R5. Cartera de Usuarios. 	<input checked="" type="checkbox"/> Pocos Recursos Económicos para ampliar su red <input checked="" type="checkbox"/> Baja Disponibilidad de los servicios del ISP <input checked="" type="checkbox"/> Poca Competencia local <input checked="" type="checkbox"/> Poca cobertura de la red de acceso de banda ancha
USR	Usuarios	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tener acceso al Internet con mayor velocidad y cobertura. 2. Obtener un servicio de buena calidad. 3. Que el servicio ofrecido sea asequible. 4. Seguridad en la Red. 	<ol style="list-style-type: none"> R1. Dinero R2. Interes por las tecnologías de punta 	<input checked="" type="checkbox"/> Falta de Cobertura de los servicios de internet de banda ancha <input checked="" type="checkbox"/> Baja calidad de servicio de los servicios de internet <input checked="" type="checkbox"/> Falta de servicios asequibles por su costo <input checked="" type="checkbox"/> Falta de alternativas de servicios de acceso al internet de banda ancha de buena calidad <input checked="" type="checkbox"/> Limitaciones de acceso a Internet de Banda Ancha
BCO	Prestamista	<ol style="list-style-type: none"> 1. Otorgar créditos rentables 2. Obtener Utilidades 	<ol style="list-style-type: none"> R1. Recursos de capital 	<input type="checkbox"/>

Tabla 5-1 Cuadro de Involucrados

5.2.2 ÁRBOL DE PROBLEMAS

El árbol de problemas se obtuvo a partir del cuadro de involucrados, se tomó como referencia los problemas percibidos por diferentes grupos. Éste se puede visualizar en la Figura 5-2.

El orden de los objetivos no indica la importancia que tengan en el proyecto, los problemas se ordenaron obedeciendo a la relación causa – efecto. A partir del orden especificado, se indica cuál va a ser el problema a resolver con el proyecto, el cumplimiento llegará a ser el objetivo principal del proyecto en diseño.

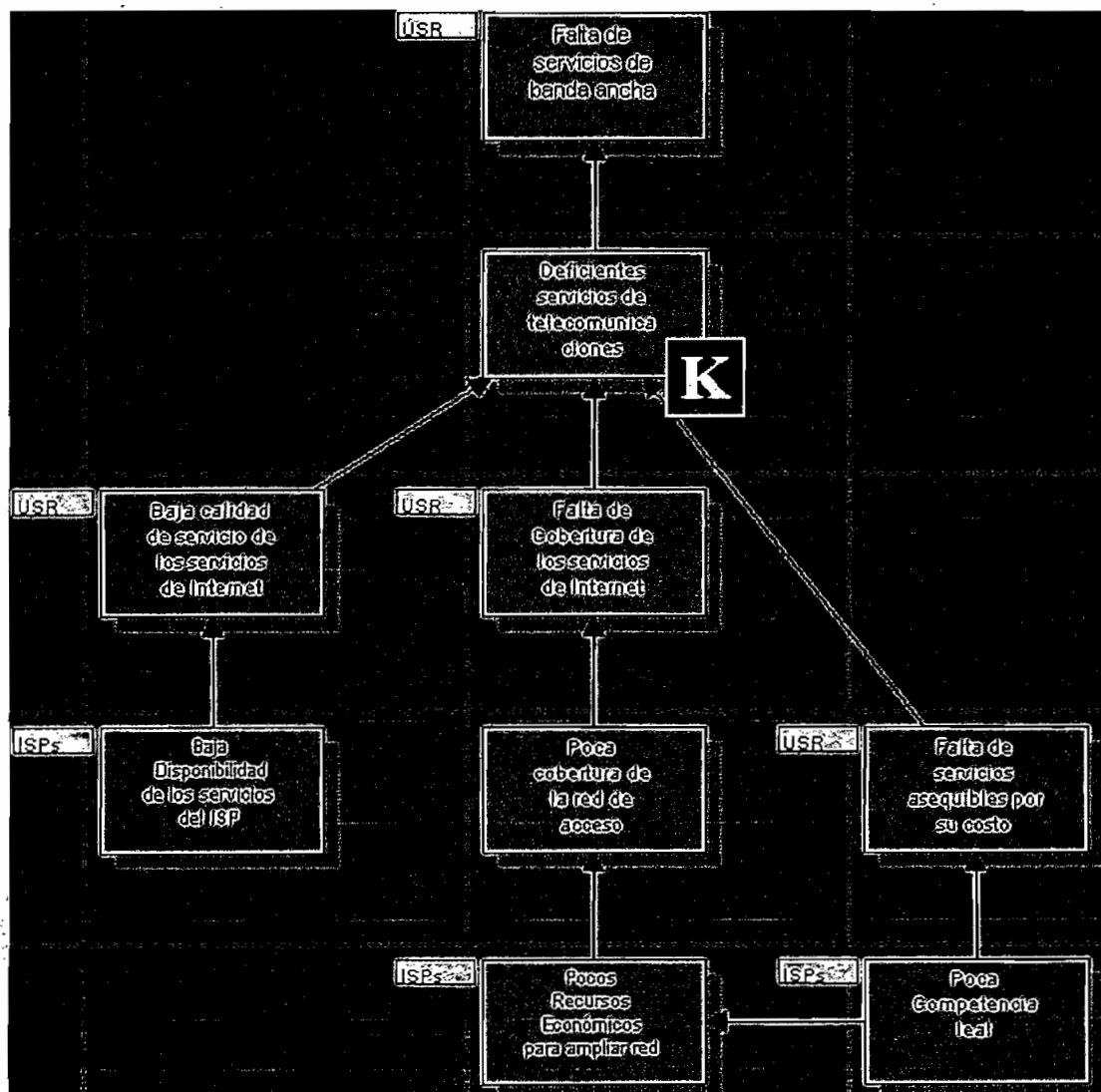


Figura 5-2: Árbol de Problemas

5.2.3 ÁRBOL DE OBJETIVOS

El árbol de objetivos ayuda a visualizar de mejor manera a donde va el proyecto, a partir de este esquema se puede definir el fin, propósito y componentes del marco lógico, como se puede observar en la Figura 5-3.

El árbol de objetivos se obtuvo a partir del árbol de problemas especificado anteriormente, buscando soluciones a cada uno de los elementos del mismo y ordenándolos por medio de una relación medio – fin.

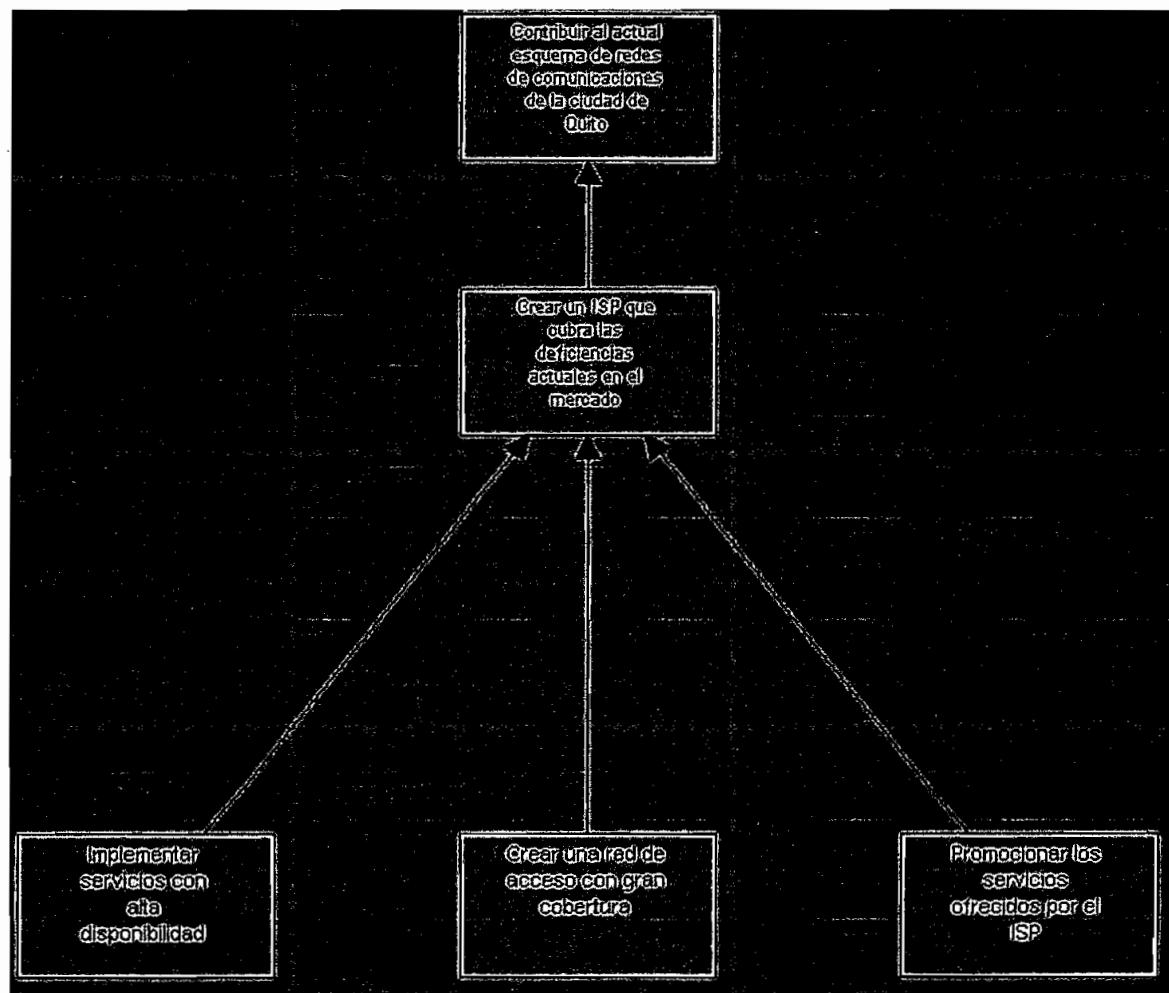


Figura 5-3: Árbol de objetivos

5.2.4 MATRIZ DE MARCO LÓGICO

Para el proyecto en diseño, la matriz de marco lógico se presenta en la Tabla 5-2, donde se puede observar los indicadores de logro, objetivos, actividades, componentes y demás elementos especificados anteriormente en este capítulo.

Concepto		Indicador		Verificadores	
Fin					
1	Contribuir al actual esquema de redes de comunicaciones de la ciudad de Quito	1.1	A cinco años de iniciado el proyecto contar con 2172 usuarios, esperando un nivel de satisfacción del servicio del 80%	1.1.1	Encuestas realizadas a una muestra de los usuarios.
				1.1.2	El registro de usuarios en las bases de datos.
Propósito					
	Crear un ISP que cubra las necesidades del mercado Quiteño	1.1	A seis meses del inicio del proyecto tener un ISP que cubra las necesidades de los usuarios.	1.1.1	Pruebas de campo en la red de acceso
				1.1.2	Pruebas de disponibilidad de los servicios.
				1.1.3	Auditoría externa de la seguridad del sistema.
Componentes					
1	Implementar servicios con un 97% como mínimo de disponibilidad y confiabilidad	1.1	Instalar los equipos del ISP con un mínimo de 97 % de disponibilidad y seguridad en la red en el Japso esperado de dos meses.	1.1.1	Sobrecarga de la red con la finalidad de evaluar la disponibilidad del ISP.
2	Crear una red de acceso con gran cobertura	2.1	Realizar el equipamiento del 90% de la red de acceso con sus respectivas pruebas de transmisión en un lapso de cuatro meses.	2.1.1	Inspección física de la red instalada
				2.1.2	Informes de las pruebas de transmisión.
				3.1.2	Encuestas para determinar el nivel de recordación del producto.
3	Adecuación de oficinas centrales del ISP	4.1	Implementar, las oficinas centrales del ISP en el lapso de dos meses de iniciado el proyecto, creando un ambiente acogedor al usuario y al personal del ISP.	4.1	Inspección física de las oficinas

Tabla 5-2: Matriz de Marco Lógico.

Los valores indicados en el marco lógico son de diseño y se espera cumplirlos a lo largo y al final del proyecto para decir que el mismo tuvo un resultado positivo en la sociedad.

El nivel de satisfacción del servicio que se desea cumplir se encuentra referenciado a los resultados obtenidos en la encuesta descrita en el capítulo 2 en especial en la Figura 2-10.

El número de usuarios deseables al final del proyecto se encuentran referenciados al número total de usuarios para el final del proyecto especificados en la Tabla 2-33.

Como se puede observar, el objetivo principal del proyecto es "Contribuir al esquema actual de redes de comunicaciones de la ciudad de Quito"; con la finalidad de cumplir con este objetivo, se plantea "Crear un ISP que cubra las deficiencias actuales en el mercado", el mismo que llega a ser el propósito del proyecto en diseño.

Para cumplir con el propósito del proyecto se han definido cuatro componentes, cada uno de ellos corresponde a una etapa del proyecto, por tal motivo, el éxito del proyecto dependerá de la correcta ejecución de los componentes especificados en la matriz de marco lógico.

Los indicadores de logro del marco lógico cumplen con los tres parámetros especificados en el marco teórico del presente capítulo que son: cantidad, calidad y tiempo.

A continuación se detallan todas las actividades y recursos, especificando claramente en que consiste cada una y se describe aquellas que tienen costos fijos.

5.2.4.1 Actividades de los componentes

Uno de los objetivos principales de todo diseño es cuantificar los recursos disponibles como el tiempo y la mano de obra, por tal motivo las actividades y componentes resultantes del marco lógico se diseñaron con la finalidad de realizarlas en el menor tiempo posible y con la cantidad de recursos necesarios para cada actividad. La cuantificación del tiempo y recursos se puede observar con más detenimiento en el diagrama de actividades localizado en el anexo D.

Cada componente especificado en la matriz de marco lógico tendrá éxito siempre y cuando se cumpla con eficiencia las actividades que conlleva cada uno. A continuación, se especifican las actividades que se deben realizar para cumplir a cabalidad los componentes y por ende el proyecto de diseño. El desglose de los valores referentes a las actividades se encuentra especificado en el anexo D.

Cabe recalcar que todos los valores especificados para cada uno de los componentes fueron obtenidos a partir de cotizaciones, páginas Web y consulta a expertos en los diferentes campos a tomar en cuenta en lo largo de la implementación del servicio, los mismos que se encuentran con mayor detenimiento en el anexo D.

5.2.4.1.1 *Componente 1: Implementar servicios con alta disponibilidad*

A) Realizar la adecuación del cuarto de comunicaciones

- *Verificar el estado actual de la subestación.*

En la subestación Norte va a funcionar la estación central del ISP, por tal motivo el jefe de componente debe visitar las instalaciones de esta subestación para verificar el estado físico de los mismos y ordenar las adecuaciones necesarias para el funcionamiento del ISP.

- *Realizar las instalaciones eléctricas necesarias*

Se realizan instalaciones eléctricas extras necesarias para el funcionamiento de la estación central del ISP, en base a los requerimientos

especificados en el capítulo 4. Los costos en los que se incurrirá se presentan en la Tabla 5-3.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
12	Puntos de instalación eléctrica	10,00	120,00
1	Instalación de puesta a tierra tipo malla.	800,00	800,00
		TOTAL	920,00

Tabla 5-3 Cotización Instalaciones Eléctricas

- *Instalación del cielo raso*

Se contrata a una empresa especializada en la instalación completa de cielo raso, incluyendo materiales. Los costos en los que se incurrirá se presentan en la Tabla 5-4.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
150 m2	Cielo raso 2"x4"x1-2" amstrong (4 láminas por metro cuadrado)	\$ 1,72	1.032,00
		TOTAL	1.032,00

Tabla 5-4 Cotización Instalación Cielo Raso

- *Instalación de piso falso*

Se evaluaron los tipos de piso disponibles en el mercado, para esto, se solicitaron proformas a diferentes proveedores. Los costos en los que se incurrirá se presentan en la Tabla 5-5.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
150 m2	Metros cuadrados de piso falso a instalar.	14,00	2.100,00
		TOTAL	2.100,00

Tabla 5-5 Cotización Instalación piso falso

- *Adecuación física del cuarto de comunicaciones*

Con la finalidad de crear un ambiente más agradable en el cuarto de comunicaciones, se deben realizar adecuaciones como arreglo y pintura de paredes, e instalación de los mobiliarios donde se encontrarán ubicados los servidores del ISP. Los costos en los que se incurrirá se presentan en la Tabla 5-6

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
1	Pintada de cuarto de Comunicaciones	600,00	600,00
4	Instalación de Ambientes de trabajo	1.100,00	4.400,00
TOTAL			5.000,00

Tabla 5-6 Cotización Adecuación Cuarto de comunicaciones

B) Gestionar la adecuación del centro de operaciones de red y subestaciones.

El cuarto de monitoreo del sistema se encontrará ubicado en un cuarto conjunto al cuarto de equipos desde el cual se monitoreará los servidores del ISP y la red de acceso.

- *Verificar el estado actual de las oficinas en la subestación Norte y Subestaciones*

El jefe de componente debe verificar el estado actual del cuarto asignado al monitoreo del sistema y de las subestaciones Iñaquito y Carolina, para ordenar las adecuaciones pertinentes.

- *Realizar instalaciones eléctricas necesarias*

Se realizan instalaciones eléctricas necesarias para el monitoreo de los servicios de la red de acceso del ISP y el funcionamiento de los equipos instalados en las subestaciones, requerimientos especificados en el

capítulo anterior. Los costos en los que se incurrirá se presentan en la Tabla 5-7.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
15	Puntos de instalación eléctrica	10,00	150,00
		TOTAL	150,00

Tabla 5-7 Cotización Instalación puntos Eléctricos

- *Adecuación física del lugar de trabajo*

Se debe instalar mobiliarios para el trabajo del personal encargado del monitoreo. Los costos en los que se incurrirá se presentan en la Tabla 5-8.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
3	Instalación de Ambientes de trabajo	1.100,00	3.300,00
		TOTAL	3.300,00

Tabla 5-8 Cotización de las Adecuaciones de la estación central del ISP

- *Instalar líneas telefónicas*

El jefe de componente realiza todas las actividades necesarias para la instalación de dos líneas telefónicas para comunicación con las oficinas centrales. Los costos en los que se incurrirá se presentan en la Tabla 5-9.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
2	Líneas Telefónicas	68,00	136,00
2	Instalación Líneas	20,00	40,00
1	Teléfono manos libres	48,00	48,00
1	Teléfono sencillo	21,00	21,00
		TOTAL	245,00

Tabla 5-9 Cotización instalación Línea Telefónicas

C) *Gestionar la instalación del cableado estructurado de la red interna del ISP y subestaciones*

- *Realizar las bases para la instalación del cableado estructurado*

Los ingenieros contratados deben realizar las bases técnicas para llamar a concurso a las empresas para la instalación del cableado estructurado de la red interna del ISP.

- *Llamar a concurso para la instalación del cableado estructurado y adquisición de equipos del componente.*

Una vez establecidas las bases para el concurso, se realiza el llamado por medio de prensa a concurso a las diferentes empresas proveedoras, para que presenten sus ofertas conforme a los requisitos indicados en el capítulo 4. Los costos en los que se incurrirá se presentan en la Tabla 5-10.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
<i>1</i>	<i>¼ de página en prensa</i>	<i>1.890,00</i>	<i>1.890,00</i>
		TOTAL	1.890,00

Tabla 5-10 Cotización de Publicación en Prensa escrita.

- *Seleccionar a la empresa encargada para la instalación del cableado estructurado*

Se selecciona la empresa encargada de realizar la instalación del cableado estructurado en la estación central del ISP (subestación Norte) y en los puntos de presencia (subestación Ñaquito y Carolina). Los costos en los que se incurrirá se presentan en la Tabla 5-11.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
20	Área de trabajo de cableado estructurado Subestación Norte	100,00	2.000,00
24	Área de trabajo de cableado estructurado subestación Carolina e Iñaquito	100,00	2.400,00
		TOTAL	4.400,00

Tabla 5-11 Precio referencial de la Instalación de Puntos de Red en las 3 Subestaciones

D) Gestionar la adquisición de equipos de red del ISP y subestaciones

- *Seleccionar proveedores y adquirir los equipos a las empresas ganadoras del concurso*

Una vez realizado el concurso se seleccionan tres tipos de proveedores, uno para proveer los servidores, el segundo para proveer los *switch* y convertidores de medio, y el tercer proveedor para proveer los *firewalls* y sistema de detección de Intrusos. Los costos en los que se incurrirá se presentan en la Tabla 5-12.

- *Supervisar la entrega de equipos*

Contratados los proveedores el jefe de componente supervisa la entrega de los equipos cotizados verificando su estado físico al momento de la entrega.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
2	CISCO PIX 535 Firewall Security Appliance	6.995,00	13.990,00
2	Cisco Catalyst 3560G-48TS-E, 48 Ethernet 10/100/1000 ports	9.444,95	18.889,90
2	PacketShaper 10000, Copper GigE, up to 1 Gbps, shaping, 2000 classes	51.350,00	102.700,00
8	Cisco 1000BASE-SX SFP	374,99	2.999,92
1	Switch 3COM de 24 puertos para las Oficinas Centrales	375,00	375,00
2	Cisco Catalyst 3560G-24TS-E, 24 Ethernet 10/100/1000 ports para Subestaciones	3.777,95	7.555,90
1	Servidor de correo electrónico	2.950,00	2.950,00
1	Servidor de autenticación	880,00	880,00
1	Servidores DNS Primario	1.793,00	1.793,00
1	Servidores DNS Secundario	850,00	850,00
1	Servidor de administración	840,00	840,00
1	Software de Administración Symantec	425,00	425,00
3	Computadores para el monitoreo de la red	1.133,00	3.399,00
2	KVM Keyboard Video & Mouse, 8 puertos	125,00	250,00
		TOTAL	157.897,72

Tabla 5-12 Cotización Servidores y equipo de computación para el ISP

E) Configurar equipos activos del ISP.

Con los equipos adquiridos, se configuran los equipos activos del ISP para iniciar el funcionamiento del mismo.

F) Instalación de acometida para enlace a la Internet

El jefe de componente supervisa la instalación de la acometida del enlace de Internet contratado al proveedor con salida a la red.

G) Realizar pruebas de disponibilidad de la red.

Instalados los equipos activos del ISP, los ingenieros encargados realizan pruebas de disponibilidad de la red de la red.

H) *Instalar sistema de aire acondicionado*

El jefe de componente contrata el sistema de aire acondicionado instalado en el cuarto de equipos, a partir de dos proformas como mínimo de diferentes empresas proveedoras, las mismas que deberán cumplir con los requerimientos especificados en el capítulo 4. Los costos en los que se incurrirá se presentan en la Tabla 5-13.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
1	Equipo Aire acondicionado tipo <i>split</i> consola piso techo. Marca: LG. Capacidad: 60,000 BTU/h, 220V, 60Hz, 1Ph	1.500,00	1.500,00
1	Kit de instalación que consta de tubería de cobre, aislamiento <i>rubatex</i> , base metálica, refrigerante, soldadura de plata y elementos de sujeción (para una distancia entre evaporadora y condensador de 25m), no incluye bomba de condensado	310,00	310,00
1	Refrigerante R22 15 lb	48,00	48,00
1	Calibración de equipos y puesta en normal funcionamiento	180,00	180,00
		TOTAL	2.038,00

Tabla 5-13 Cotización Sistema de Aire Acondicionado

I) *Contratar el sistema de seguridad para la subestación norte*

El jefe de componente contrata un sistema de seguridad de por lo menos dos proformas presentadas por empresas encargadas al negocio y que cumplan con las especificaciones indicadas en el capítulo 4. Los costos en los que se incurrirá se presentan en la Tabla 5-14.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
1	Sistema de Seguridad de subestación Norte	1.500,00	1.500,00
		TOTAL	1.500,00

Tabla 5-14 Cotización Sistema de seguridad del ISP

J) *Realizar informe de componente*

Una vez terminado el *COMPONENTE*, el jefe elabora un informe de las actividades realizadas, el cual será entregado al gerente del proyecto.

5.2.4.1.2 *Componente 2: Crear una red de acceso con gran cobertura*

A) *Gestionar la adquisición de equipos de prueba de la tecnología*

En esta actividad se realiza el proceso de adquisición de los equipos de prueba de la tecnología.

- *Diseñar proceso de pruebas*

Aquí se define el proceso que se seguirá para la realización de las pruebas de transmisión, se define los parámetros a medir y los valores aceptables.

- *Crear las bases para la adquisición de equipos de prueba y equipos de comunicación Broadband PLC.*

Las bases para la adquisición de equipos de prueba deben cumplir con el marco legal vigente en la organización, así mismo debe garantizar que el equipamiento adecuado y garantías de cumplimiento del contrato.

- *Llamar a concurso para la provisión de los equipos de prueba y equipos de comunicación Broadband PLC*

Se invita a la participación para la provisión de los equipos a varias organizaciones por un medio de comunicación adecuado, facilitando información relevante como las bases del concurso.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
1	¼ de página en prensa	1.890,00	1.890,00
		TOTAL	1.890,00

Tabla 5-15: Costos de comunicación para licitación

- *Seleccionar proveedor*

Se selecciona una oferta adecuada que cumpla con los requisitos establecidos en las bases del concurso.

- *Adquirir equipos*

Se concreta la transacción para la adquisición de los equipos, se debe cumplir con los procesos legales de rigor, supervisar la entrega de equipos y el ingreso al inventario.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
1	<i>Powerline Lab Trial Kit ASCOM</i>	4.671,57	4.671,57
<i>Incluye:</i>			
<i>1xAPI-2000-GW (Head-End)</i>			
<i>1x API-2000-GW (Repeater mode)</i>			
<i>4x APC-2000-VB (Voice/Data CPE)</i>			
<i>2x APA-2000-DB (Data Wallplug-Adapter)</i>			
<i>1x Laboratory Coupling unit</i>			
<i>CD containing presentations, tutorials, tools and technology documentation</i>			
<i>2 hours of technical remote support (e-mail or phone)</i>			
<i>Evaluation EMS</i>			
		TOTAL	4.671,57

Tabla 5-16: Costo de los equipos para pruebas de la tecnología *Broadband PLC*.

- *Elaborar informe de la adquisición de equipos de prueba*

Se elabora un informe para el registro de la actividad, para facilitar el control de la ejecución del proyecto.

B) Realizar pruebas de campo

En esta actividad se desarrollan las pruebas de campo para verificar la operación de la red *Broadband PLC*.

- *Instalación de los equipos de pruebas Broadband PLC, equipos y software de monitoreo*

En esta tarea se incluye la instalación de los equipos de pruebas de campo en la red eléctrica, la instalación de equipos de monitoreo y su respectivo software de monitoreo.

- *Medición de parámetros*

Aquí se toman medidas para determinar la calidad de la transmisión en varios puntos de la red, para ello se utilizan varias configuraciones de los equipos de prueba.

- *Elaboración de informe de pruebas*

Se elabora un informe que detalla los resultados de las pruebas de transmisión y la factibilidad de continuar con el proyecto.

C) Gestionar la adquisición de los equipos de comunicación Broadband PLC

En base al informe de las pruebas de transmisión se procede a la adquisición del equipamiento necesario.

- *Seleccionar proveedores*

Se selecciona una oferta adecuada que cumpla con los requisitos establecidos en las bases del concurso.

- *Adquisición de equipos Broadband PLC*

Se concreta la transacción para la adquisición de los equipos *Broadband PLC*, supervisar la entrega de equipos y el ingreso al inventario. Para esta tarea, se requiere el desembolso por el costo de los equipos a adquirir.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
42	API-2000-GW	457,0488	19.196,05
424	API-2000-LV	1.298,98	550.767,52
476	API-2000-MV	1.298,98	618.314,48
10	API-2000-MV (Master)	1.298,98	12.989,80
2378	APA-2000-DB	150,345	357.520,41
476	Cajas Sujetadoras de Equipos	10,00	4.760,00
		TOTAL	1'188.278,05

Tabla 5-17: Costo del Equipamiento *Broadband PLC* requerido.

- *Elaborar informe de adquisición de equipos de comunicación Broadband PLC*

Se elabora un informe para el control de la ejecución del proyecto.

D) Gestionar la instalación de los equipos de comunicación Broadband PLC.

Se realiza la instalación de los equipos de comunicación *Broadband PLC* en las zonas de cobertura establecidas, en base al diseño previamente realizado.

- *Adquisición de equipamiento para la instalación de equipos.*

Se procede a la adquisición de los equipos y herramientas necesarias para la instalación de la red de acceso, para ello se establece las herramientas necesarias, se realizan cotizaciones, se concreta la compra y se registra en el inventario.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO</i>	
		<i>UNITARIO</i>	<i>P. TOTAL</i>
		<i>ESTIMADO</i>	
3	Escaleras metálicas retractiles	120,00	360,00
6	Pares de trepadoras	80,00	480,00
9	Kit de herramienta menor	80,00	720,00
9	Equipo de seguridad industrial personal para trabajo en alturas	100,00	900,00
9	Equipo de seguridad industrial personal para trabajo en media tensión.	100,00	900,00
139	Kit de instalación para equipos <i>Broadband PLC</i> trifásicos en poste.	4,00	556,00
42	Kit de instalación para equipos <i>Broadband PLC</i> monofásicos en poste.	4,00	168,00
385	Kit de instalación para equipos <i>Broadband PLC</i> trifásicos en cámara de transformación.	4,00	1540,00
181	Kit de herraje de seguridad para equipos <i>Broadband PLC</i> en poste	14,00	2534,00
		TOTAL	8.158,00

Tabla 5-18: Costo de equipo personal para la instalación de la red de acceso *Broadband PLC*.

- *Instalación del equipamiento Broadband PLC en el tendido eléctrico*

Se instalan los equipos *Broadband PLC* en el tendido eléctrico incluyendo la instalación física de los mismos con herrajes, la conexión a la red eléctrica y la instalación de los herrajes de seguridad. Para la instalación se contratará al grupo de "Electrificados" de la empresa Eléctrica Quito S.A. debido a que los costos que implica el desconectar la red eléctrica en un sector son muy grandes en comparación a la contratación de dicho grupo, los cuales instalarían los equipos de la red de acceso con carga en los primarios. Los valores a cancelar a este grupo se presentan en la Tabla 5-19.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
15	Personal del Grupo de "Electrificados" de la Empresa Eléctrica Quito S.A.	5.000,00	75.000,00
TOTAL			75.000,00

Tabla 5-19 Costo de personal para la instalación de la Red de Acceso

- *Configuración de los equipos de la red Broadband PLC.*

Se procede a la configuración del equipamiento de la red de acceso, se realizan diagnósticos para conocer el estado de los dispositivos en la red.

- *Elaborar informe de la gestión de la instalación de equipos de comunicación.*

Se elabora un informe detallando los resultados de la instalación, configuración y diagnóstico del equipamiento en la red de acceso.

E) Elaborar informe de componente.

Se elabora un informe de las actividades y tareas desarrolladas en el componente y de los resultados obtenidos.

5.2.4.1.3 Componente 3: Adecuación de oficinas centrales del ISP

A) Gestionar adquisición de oficinas

- *Determinar los requerimientos para las oficinas centrales del ISP y bodega.*

Se determinan los requerimientos de ubicación, espacio, servicios, duración del contrato y garantías necesarias para las oficinas centrales del ISP.

- *Cotizar oficinas disponibles*

Se solicitan ofertas de oficinas que cumplan con el perfil requerido (Oficina con capacidad para 15 ambientes de trabajo, sala de reuniones, 2 estacionamientos, en buen estado físico, adecuadamente localizado para dar servicio a los usuarios), además el jefe de componente inspecciona las mismas para verificar el estado de las instalaciones.

- *Concretar la compra de oficinas*

Se selecciona una oferta que reúna los requerimientos, cumpliendo con el marco legal de la organización. Se efectúa la compra y el desembolso correspondiente.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
1	Oficina con capacidad para 15 ambientes de trabajo, sala de reuniones, 2 estacionamientos, en buen estado físico, adecuadamente localizado para dar servicio a los usuarios.	150.000,00	150.000,00
		TOTAL	150.000,00

Tabla 5-20: Costo de las oficinas del ISP

- *Informe de adquisición de oficina*

Se elabora un informe en el que se detalla los pormenores de la adquisición de la oficina, incluyendo el estado en el que se encuentra y el cumplimiento de requerimientos.

B) *Adecuación de las oficinas*

- *Realizar las instalaciones eléctricas necesarias*

Se debe establecer los requisitos de las instalaciones eléctricas adicionales necesarias para la operación de las oficinas principales del ISP, incluyendo la iluminación, las tomas de fuerza, sistema de puesta a tierra y el sistema de UPS. El desembolso necesario para esta tarea se detalla en la Tabla 5-21.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
14	Punto eléctrico	10,00	1.400,00
1	Sistema de puesta a tierra	400,00	400,00
1	UPS marca POWERWARE MODELO 9155 DE 8KVA. EXPANDIBLE A 10KVA. ON LINE DOBLE CONVERSIÓN, BIFÁSICO 208/120VAC VAC 60 HZ. CON BATERIAS INTERNAS SELLADAS LIBRE, MANTENIMIENTO PARA 15 MINUTOS DE RESPALDO	6.650,00	6.650,00
		TOTAL	8.450,00

Tabla 5-21: Costo de las adecuaciones a realizarse en las oficinas del ISP

- *Realizar las instalaciones de cableado estructurado necesarias.*

Para cumplir con los requisitos de comunicación de la organización, es necesario contar con un sistema que lo soporte, aquí se considera el diseño, la contratación y la ejecución de la instalación del sistema de cableado estructurado. Se requerirían 14 áreas de trabajo, cada una con dos puntos de cableado estructurado cat6.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
14	Área de trabajo de cableado estructurado	100,00	1.400,00
TOTAL			1.400,00

Tabla 5-22: Costo de la instalación del sistema de cableado estructurado en las oficinas centrales del ISP.

- *Decoración de las oficinas*

Aquí se incluye la adquisición e instalación de implementos de decoración varios que incluyen cortinas, cuadros, plantas. Para la ejecución de esta tarea se ha asignado un rubro fijo.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
1	Decoración de oficinas	12.000,00	12.000,00
TOTAL			12.000,00

Tabla 5-23: Costo de la decoración de las oficinas principales del ISP

C) *Gestionar adquisición de mobiliario*

- *Establecer bases para la adquisición del mobiliario para las oficinas centrales del ISP*

Se determinan los requerimientos del mobiliario de oficina, para las oficinas principales del ISP, esto incluye un sistema modular para el efecto. En base a estos requerimientos, se preparan las bases para llamar a concurso de ofertas.

- *Llamar a concurso para la adquisición del mobiliario*

Se invita a otras organizaciones a presentar ofertas para la provisión del mobiliario para las oficinas centrales del ISP.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
1	¼ de página en prensa	1.890,00	1.890,00
TOTAL			1.890,00

Tabla 5-24 Publicación de Cotización en Prensa

- *Seleccionar proveedores y contratar la adquisición de mobiliario.*

Se selecciona una oferta que cumpla con las bases del concurso para la adquisición de mobiliario, y concretar la adquisición del mismo, este mobiliario servirá al personal en las oficinas centrales; se ha considerado la instalación de 15 ambientes de trabajo modulares, un *counter* de información, y una sala de reuniones.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
15	Ambiente de trabajo	1.100.00	16.500,00
1	Sala de Reuniones	2.000.00	2.000,00
1	<i>Counter</i> de Información	2.000.00	2.000,00
TOTAL			20.500,00

Tabla 5-25: Costos del mobiliario a instalar en las oficinas del ISP.

- *Supervisión de la instalación*

Se supervisará la instalación del mobiliario para las oficinas del ISP para asegurar la calidad de la instalación y la interacción con los sistemas de cableado estructurado y eléctrico.

- *Elaborar informe de la adquisición del mobiliario.*

Se elabora un informe de los resultados de la instalación del mobiliario para el control de la ejecución del proyecto.

D) *Gestionar instalación de sistema de cómputo y comunicaciones.*

- *Adquirir equipos de cómputo de oficina*

Se cotiza y se contratan 11 equipos de cómputo para los funcionarios de la oficina del ISP en horario permanente, y 3 equipos de cómputo para el personal de ventas, así como equipamiento vario necesario para el trabajo de oficina. Dichos costos se ven reflejados en la Tabla 5-26.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
14	Equipo de cómputo de escritorio: Procesador P4 2.4GHz HD 40GB Memoria 256MB, Lector de CD Disquetera Ratón Teclado Pantalla plana de 17". Software Requerido: Windows XP PRO Office XP PRO	800,00	11.200,00
1	Impresora HP Laserjet 1100	225,00	225,00
1	Impresora Multifunción HP Laserjet 3030	280,00	280,00
		TOTAL	11.705,00

Tabla 5-26: Costo de los equipos de cómputo para la oficina central del ISP.

- *Adquirir líneas telefónicas*

Se realiza el diseño del proyecto de la red telefónica, y se contrata la instalación de las líneas telefónicas necesarias que para el presente

proyecto se ha estimado en cuatro. El costo del diseño y la acometida telefónica se muestra en la Tabla 5-27.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
1	Elaboración del proyecto de red telefónica	250,00	250,00
4	Par de acometida telefónica	68,00	272,00
4	Instalación Líneas	20,00	80,00
	TOTAL		602,00

Tabla 5-27 Valor Instalación Líneas Telefónicas

- *Adquirir sistema de telefonía*

Se cõtiza y se contrata el equipamiento de telefonía necesario de acuerdo al proyecto de la red telefónica, se instalará una central telefónica, sistema de buzón de mensajes, un teléfono por cada ambiente de trabajo, dos faxes y un teléfono para la sala de reuniones, el costo de este equipamiento se muestra en la Tabla 5-28.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
1	Central Telefónica con capacidad para 6 líneas troncales	350,00	350,00
1	Sistema de buzón de mensajes	120,00	120,00
16	Teléfono sencillo	21,00	315,00
2	Equipos de Fax	60,00	120,00
	TOTAL		905,00

Tabla 5-28 Costos Sistema Telefónico

- *Adecuación del Call Center*

En las oficinas centrales se adecua tres ambientes de trabajo con la finalidad de colocar al personal que trabajará en atención a usuarios del ISP. Los costos de la implementación de estas estaciones de trabajo se encuentran especificadas en la Tabla 5-29.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
3	Estaciones de Trabajo	1.100,00	3.300,00
3	Teléfono sencillo	21,00	63,00
		TOTAL	3.363,00

Tabla 5-29 Costos Adecuación Call Center

E) *Gestionar instalación de sistema de seguridad*

- *Determinar los requerimientos de seguridad de las oficinas del ISP*

Se determina los requisitos que debe cumplir el sistema de seguridad para robos e incendios a instalar en las oficinas del ISP.

- *Cotizar sistemas de seguridad*

Se invita a varias organizaciones afines a ofertar un sistema de seguridad que cumpla con los requerimientos del sistema de seguridad definidos.

- *Seleccionar proveedores y contratar la adquisición del sistema de seguridad.*

Se selecciona un sistema de seguridad que cumpla con los requisitos establecidos, el costo estimado del sistema de seguridad se muestra en la Tabla 5-30.

<i>Cantidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>PRECIO UNITARIO ESTIMADO</i>	<i>P. TOTAL</i>
1	Sistema de seguridad de robos e incendios para las oficinas centrales del ISP.	1.500,00	1.500,00
		TOTAL	1.500,00

Tabla 5-30: Costo del sistema de seguridad para las oficinas del ISP

- *Informe de instalación del sistema de seguridad*

Se elabora un informe de la instalación del sistema de seguridad para el control de la ejecución del proyecto.

F) Elaborar informe de componente

Se elabora el informe de fin de componente.

5.2.4.2 Descripción de los Recursos

Los recursos a continuación descritos corresponden al personal necesario para realizar las diferentes actividades expuestas anteriormente.

- *Jefe de Componente 1:* Persona con conocimientos netamente técnicos en el área de redes. A su cargo se encontrará la instalación de la red Interna del ISP, configuración de servidores y demás elementos especificados en el capítulo 4.
- *Jefe de Componente 2:* A su cargo se encuentra la instalación de la red de acceso del ISP, por tal motivo debe ser una persona con conocimientos netamente técnicos en el área de Eléctrica de Alta Potencia.

- *Jefe de Componente 3*: Encargado de la implementación de las oficinas centrales del ISP, *Call Center*, y demás elementos especificados en las actividades del componente.
- *Electricista*: Persona con sólidos conocimientos en la parte eléctrica, que se encarga de la parte de infraestructura en los aspectos de instalaciones de acuerdo a los requerimientos previamente planificados.
- *Obrero*: Persona que estará bajo el mando, tanto del encargado de la parte de instalaciones eléctricas, como del encargado de la parte del alfombrado y vinil, en general será una persona que cumpla órdenes y con disposición de trabajo en varias ramas en las cuales se lo necesite.
- *Especialistas en Redes*: Persona con conocimientos en el campo de la interconectividad, que se encargará del diseño de la red tanto en su aspecto físico como en su aspecto lógico, así como de las pruebas de campo y posibles correcciones necesarias para el correcto desempeño de la red y cada uno de sus componentes.

5.2.5 ESTUDIO ORGANIZACIONAL

La empresa está organizada en base a una estructura por proyectos, en la cual se asigna simultáneamente tareas específicas a cada una de las áreas funcionales.

La estructura de la empresa se ha creado observando cada una de las áreas necesarias para su funcionamiento, como el departamento contable, departamento técnico, departamento de recursos humanos, bodega, departamento comercial y el departamento de adquisiciones. Cada uno trabajará de forma independiente, pero relacionados entre sí con la finalidad de ubicar a la empresa como una de las más rentables a nivel nacional. La estructura organizacional de la empresa se puede observar en la Figura 5-4.

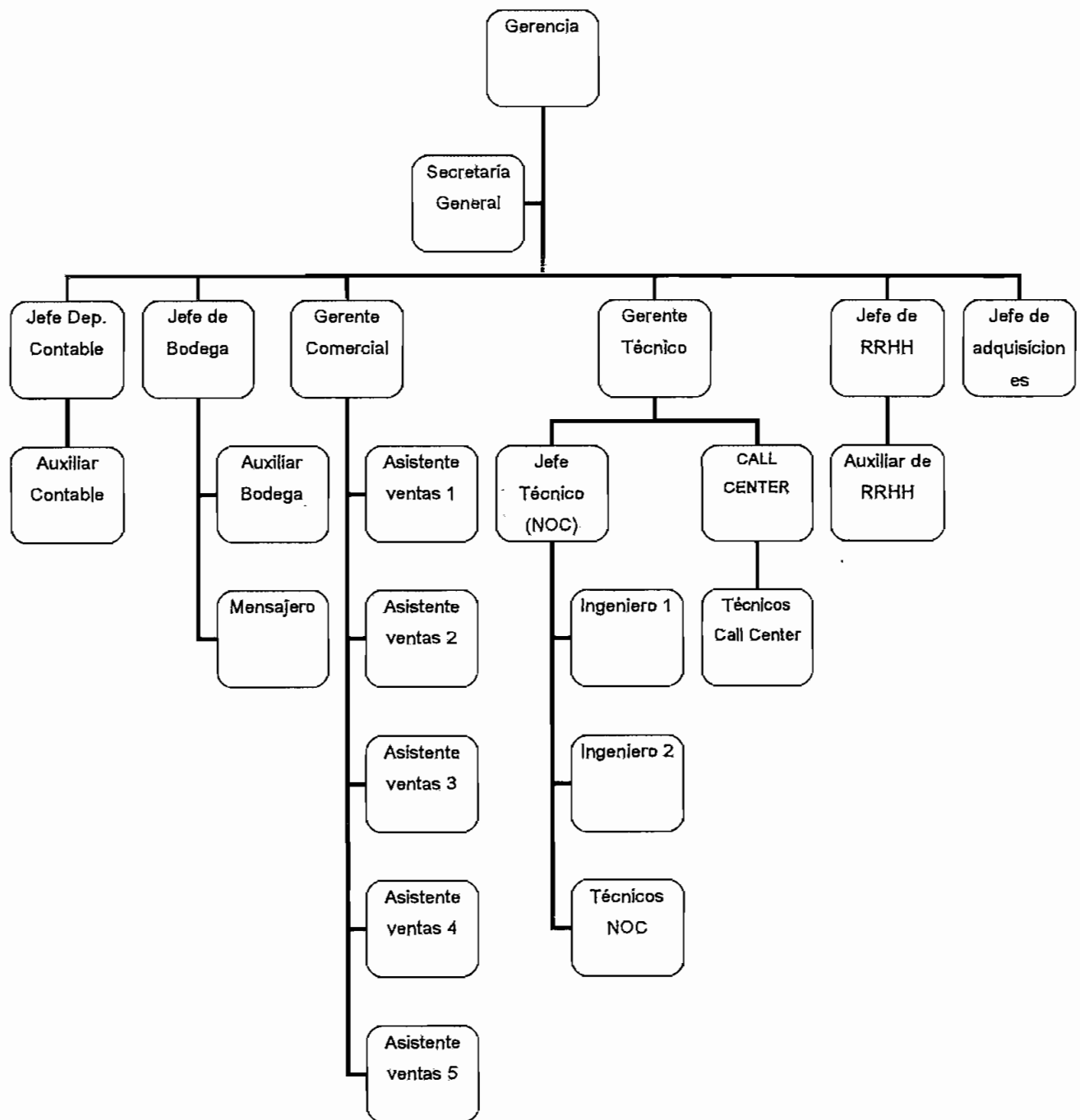


Figura 5-4 Estructura Organizacional del ISP

A continuación se describen las principales características que deben cumplir cada uno de los departamentos y el personal para cumplir las tareas asignadas dentro de la organización.

- *Gerencia General:* Se encargará de la administración del proyecto, evaluando el cumplimiento de cada actividad, su perfil debe contener un fuerte componente en carreras administrativas, además es deseable conocimientos de idiomas y conocimientos técnicos en el área de comunicaciones.
- *Secretaría General:* Se encargará de la gestión de trámites menores de la empresa, recepción, y colaborar con la asistencia a la gerencia.
- *Departamento Contable:* Este departamento es el responsable de auditar los procesos internos en base a los ingresos y egresos de la empresa, el desembolso de valores según los requerimientos del resto de departamentos. El perfil del jefe de este departamento debe incluir bastos conocimientos certificables en el área contable, contará con la ayuda de un auxiliar.
- *Departamento de Bodega:* Es responsable de suministrar a los diferentes departamentos, equipos y materiales según sus requerimientos. El jefe de departamento debe tener experiencia comprobada en cargos similares, y conocimientos de sistemas informáticos para administración de bodegas, contará con un auxiliar que se encargará principalmente del despacho de material.
- *Departamento Comercial:* Este departamento comercializará los servicios ofrecidos por la empresa, el perfil del jefe de este departamento debe incluir fuertes conocimientos comerciales y en *marketing*, contará con la colaboración de cinco asistentes para la comercialización de los servicios. Se ha previsto el trabajo paralelo con una agencia publicitaria para informar y publicitar los servicios de la empresa al mercado meta.
- *Departamento Técnico:* Este departamento se encargará de la administración y gestión del componente técnico del ISP, la cual incluye a la red de acceso, los servidores, y la red interna del ISP. Para realizar esta labor se contará con un Jefe de Comunicaciones que laborará principalmente en las oficinas

centrales del ISP, su perfil debe incluir fuertes conocimientos en redes de comunicaciones.

En el Centro de Operaciones de Red (NOC) se ubicará a tres ingenieros en carreras afines a los sistemas de comunicaciones utilizados, a su cargo se encontrará el soporte a la red de acceso y a los servidores del ISP. Para realizar mantenimiento en el campo se contará con tres cuadrillas técnicas, cada una con tres técnicos que serán capacitados por el ISP.

El *Call Center* se ubicará en las oficinas centrales, el mismo que contará con tres personas capacitadas en atención al cliente, y en los sistemas de comunicaciones utilizados por la organización. Este personal será el encargado de receptor todo reclamo por parte de los clientes y manifestar cualquier falla en la red no captada por el personal del NOC.

- *Departamento de Recursos Humanos:* La función primaria de este departamento es la gestión del personal y situaciones contractuales de personal. Los requerimientos de personal de los departamentos se manejan a través del personal de recursos humanos. El perfil del jefe de personal debe poseer una vasta experiencia en manejo de recursos humanos. Contará con la colaboración de un asistente
- *Departamento de Adquisiciones:* Este departamento se encargará de realizar la compra de equipos y suministros solicitados por los diferentes departamentos. A su cargo se encontrará una persona conocedora de procedimientos de compra a gran escala, con experiencia en carpos similares.
- *Mensajero:* Encargado de realizar cualquier entrega o trámite en diferentes organizaciones, dependiendo el requerimiento de los diferentes departamentos de la organización.

5.2.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación se presenta el diagrama de actividades a realizar para la implementación del proyecto, el mismo que fue realizado por el método del diagrama de Gantt con el software Microsoft Project.

En el diagrama de Gantt presentado en el Anexo D, se puede visualizar la ruta crítica del proyecto, las tareas que forman parte de ésta no pueden retrasarse, caso contrario todo el proyecto se desplaza en el tiempo. En cada actividad a realizar se puede observar los recursos que se encuentran asignados a cada actividad y el porcentaje de su capacidad, utilizada en una actividad específica.

5.2.7 COSTOS DE INVERSIÓN

El costo de inversión es aquel desembolso que debe realizar la empresa para implementar el proyecto en diseño.

Para encontrar el costo de inversión se toman en cuenta los costos de las actividades antes descritas, los costos administrativos del Gerente General, Secretaria, Jefe de Bodega, Auxiliar de Bodega y Mensajero, personal necesario en el área administrativa para implementar el proyecto, y los costos de cada uno de los recursos utilizados en las actividades.

A partir de los parámetros ya descritos, se puede indicar que para implementar el proyecto en diseño se necesita como inversión 1'704,695.15 dólares, este valor se puede observar con mayor detenimiento en la Tabla 5-31, donde se presenta el costo que tiene el proyecto por actividad realizada.

5.2.8 FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Para financiar los costos de inversión del proyecto se espera conseguir un crédito bancario, para ello se deberá reunir un conjunto de requisitos mínimos solicitados

por la entidad, y se ha realizado la tabla de amortización según los intereses actuales, para lo que se ha consultado como referencia al Banco del Pichincha.

Los requisitos para el préstamo son los siguientes:

- Bālances de los últimos 3 años de la empresa
- Flujo de caja actual y proyectado al periodo del préstamo (mínimo 1 año)
- RUC
- Estatutos
- Nombramientos actualizados
- Certificación de cumplimiento con Superintendencia de Compañías
- Certificación de cumplimiento de IESS
- Cédula de identidad del representante legal de la empresa
- Garantía hipotecaria (descripción del bien a hipotecarse)
- Avalúo comercial de bien a hipotecar
- Certificación de que no pesa gravamen sobre bien
- (Certificación del Registro de la Propiedad)
- Escritura pública del bien a hipotecarse

El valor a financiar fue encontrado a partir del costo del proyecto, se añadió el 1% para cubrir el impuesto a favor de SOLCA que es retenido al momento del desembolso por parte del Banco del Pichincha. Con la finalidad de obtener el valor a cancelar mensualmente a la entidad financiera, se ha realizado la tabla de amortización, donde se tiene el valor mensual a depositar por parte de la empresa o dividendo, la cancelación mensual de intereses y capital del préstamo a realizar por parte del ISP.

Se ha tomado como referencia la tasa de interés activa actual del Banco del Pichincha de 12.05% capitalizado, mensualmente, y el período del préstamo es de 5 años, para observar con mas detalle los valores a cancelar por el ISP, a continuación se presenta el cuadro de amortizaciones en la Tabla 5-32.

ACTIVIDAD	Costo Fijo	Costo de los recursos	Costo Total	Duración actividad	Recursos
PROYECTO ISP CON TECNOLOGIA Broadband PLC	\$ 1,715,785,34	\$ 13,626,93	\$ 1,729,412,27	83 días	Gerencia General,Secretaría General,Jefe de Bodega,Auxiliar Bodega,Mensajero
IMPLEMENTAR SERVICIOS DE ALTA DISPONIBILIDAD	\$ 180,472,72	3,865,33	\$ 185,138,05	57 días	
Realizar la adecuación del cuarto de comunicaciones	\$ 9,052,00	\$ 442,00	\$ 9,494,00	15 días	
Verificar el estado actual de la subestación	\$ 0,00	\$ 45,00	\$ 45,00	2 días	Jefe de Componente 1(50%)
Realizar las instalaciones eléctricas necesarias	\$ 920,00	\$ 80,00	\$ 1,000,00	2 días	Electricista 3,Electricista 4
Instalación del cielo raso	\$ 1,032,00	\$ 13,50	\$ 1,045,50	3 días	Jefe de Componente 1(10%)
Instalación del piso falso	\$ 2,100,00	\$ 13,50	\$ 2,113,50	3 días	Jefe de Componente 1(10%)
Adecuación física del cuarto de comunicaciones	\$ 5,000,00	\$ 290,00	\$ 5,290,00	5 días	Jefe de Componente 1(40%),Obrero 1,Obrero 2
Gestionar la adecuación del centro de operaciones de red y subestaciones.	\$ 3,695,00	\$ 410,50	\$ 4,105,50	11 días	
Verificar el estado actual de las oficinas en la subestación Norte y Subestaciones	\$ 0,00	\$ 45,00	\$ 45,00	2 días	Jefe de Componente 1(50%)
Realizar instalaciones eléctricas necesarias	\$ 150,00	\$ 80,00	\$ 230,00	2 días	Electricista 1,Electricista 2
Adecuación física del lugar de trabajo	\$ 3,300,00	\$ 267,50	\$ 3,567,50	5 días	Jefe de Componente 1(30%),Obrero 1,Obrero 2
Instalar Líneas telefónicas	\$ 245,00	\$ 18,00	\$ 263,00	2 días	Jefe de Componente 1(20%)
Gestionar la instalación del cableado estructurado de la red interna del ISP y subestaciones	\$ 6,290,00	\$ 305,00	\$ 6,595,00	5 días	
Realizar las bases para la instalación del cableado estructurado	\$ 0,00	\$ 170,00	\$ 170,00	2 días	Jefe de Componente 1,Ingeniero en Electrónica y Redes de la Información
Llamar a concurso para la instalación del cableado estructurado y adquisición de equipos del componente.	\$ 1,890,00	\$ 45,00	\$ 1,935,00	1 día	Jefe de Componente 1
Seleccionar a la empresa encargada para la instalación del cableado estructurado	\$ 4,400,00	\$ 90,00	\$ 4,490,00	2 días	Jefe de Componente 1
Gestionar la adquisición de equipos de red del ISP y subestaciones	\$ 157,897,72	\$ 1,142,83	\$ 159,040,55	11 días	
Realizar bases técnicas del concurso	\$ 0,00	\$ 133,33	\$ 133,33	4 días	Ingeniero en Electrónica y Redes de la Información
Llamar a concurso para la adquisición de los equipos	\$ 0,00	\$ 13,50	\$ 13,50	1 día	Jefe de Componente 1(30%)
Seleccionar proveedores y adquirir los equipos a las empresas ganadoras del concurso	\$ 157,897,72	\$ 160,00	\$ 158,057,72	4 días	Ingeniero en Electrónica y Redes de la Información
Supervisar la entrega de equipos	\$ 0,00	\$ 36,00	\$ 36,00	2 días	Jefe de Componente 1(40%)
Configurar equipos activos y pasivos del ISP.	\$ 0,00	\$ 800,00	\$ 800,00	10 días	Ingeniero en Electrónica y Redes de la Información,Ingeniero en Electrónica y Redes de la Información 2
Instalación de acometida para Entace al Internet	\$ 0,00	\$ 225,00	\$ 225,00	5 días	Jefe de Componente 1
Realizar pruebas de disponibilidad de la red.	\$ 0,00	\$ 800,00	\$ 800,00	10 días	Ingeniero en Electrónica y Redes de la Información,Ingeniero en Electrónica y Redes de la Información 2
Instalar sistema de Aire Acondicionado	\$ 2,038,00	\$ 180,00	\$ 2,218,00	4 días	Jefe de Componente 1
Contratar el sistema de seguridad para las Subestaciones	\$ 1,500,00	\$ 135,00	\$ 1,635,00	3 días	Jefe de Componente 1
Realizar Informe de Componente	\$ 0,00	\$ 225,00	\$ 225,00	5 días	Jefe de Componente 1
CREAR UNA RED DE ACCESO CON GRAN COBERTURA	\$ 1,277,997,62	\$ 7,415,00	\$ 1,285,292,62	28 días	
Gestionar la adquisición de equipos de prueba de la tecnología	\$ 6,561,57	\$ 380,00	\$ 6,941,57	27,5 días	
Diseñar proceso de pruebas	\$ 0,00	\$ 80,00	\$ 80,00	2 días	Jefe Componente 2
Crear las bases para la adquisición de equipos de prueba	\$ 0,00	\$ 80,00	\$ 80,00	2 días	Jefe Componente 2
Llamar a concurso para la provisión de los equipos de prueba y equipos de comunicación Broadband PLC	\$ 1,890,00	\$ 40,00	\$ 1,930,00	1 día	Jefe Componente 2
Seleccionar proveedor	\$ 0,00	\$ 80,00	\$ 80,00	2 días	Jefe Componente 2
Adquirir equipos	\$ 4,671,57	\$ 80,00	\$ 4,751,57	2 días	Jefe Componente 2
Elaborar informe de la adquisición de equipos de prueba	\$ 0,00	\$ 20,00	\$ 20,00	0,5 días	Jefe Componente 2
Realizar pruebas de campo	\$ 0,00	\$ 705,00	\$ 705,00	6 días	
Instalación de los equipos de pruebas Broadband PLC, equipos y software de monitoreo	\$ 0,00	\$ 405,00	\$ 405,00	3 días	Jefe Componente 2,Ingeniero en Redes 1,Técnico en redes de acceso 1,Técnico en redes de acceso 2,Vehículo con chofer 1

Medición de parámetros	\$ 0,00	\$ 230,00	\$ 230,00	2 días	Jefe Componente 2, Ingeniero en Redes 1, Técnico en redes de acceso 1, Vehículo con chofer 1
Elaboración de informe de pruebas	\$ 0,00	\$ 70,00	\$ 70,00	1 día	Jefe Componente 2, Ingeniero en Redes 1
<i>Gestionar la adquisición de los equipos de comunicación Broadband PLC</i>	\$ 1.188.278,05	\$ 500,00	\$ 1.188.778,05	11 días	
Crear las bases para la adquisición de equipos de comunicación Broadband PLC.	\$ 0,00	\$ 140,00	\$ 140,00	2 días	Jefe Componente 2, Ingeniero en Redes 1
Llamar a concurso para la provisión de los equipos de comunicación Broadband PLC	\$ 0,00	\$ 40,00	\$ 40,00	1 día	Jefe Componente 2
Seleccionar proveedores	\$ 0,00	\$ 80,00	\$ 80,00	2 días	Jefe Componente 2
Adquisición de equipos Broadband PLC	\$ 1.188.278,05	\$ 200,00	\$ 1.188.478,05	5 días	Jefe Componente 2
Elaborar informe de adquisición de equipos de comunicación Broadband PLC	\$ 0,00	\$ 40,00	\$ 40,00	1 día	Jefe Componente 2
<i>Gestionar la instalación de los equipos de comunicación Broadband PLC.</i>	\$ 83.158,00	\$ 5.710,00	\$ 88.868,00	22 días	
Adquisición de equipamiento para la instalación de equipos.	\$ 8.158,00	\$ 80,00	\$ 8.238,00	2 días	Jefe Componente 2
Instalación del equipamiento Broadband PLC en el tendido eléctrico	\$ 75.000,00	\$ 4.875,00	\$ 79.875,00	15 días	Jefe Componente 2, Ingeniero en Redes 1, Ingeniero en Redes 2, Ingeniero en Redes 3, Técnico en redes de acceso 1, Técnico en redes de acceso 2, Técnico en redes de acceso 3, Técnico en redes de acceso 4, Técnico en redes de acceso 5, Técnico en redes de acceso...
Configuración de los equipos de la red Broadband PLC.	\$ 0,00	\$ 495,00	\$ 495,00	3 días	Jefe Componente 2, Ingeniero en Redes 1, Ingeniero en Redes 2, Técnico en redes de acceso 1, Técnico en redes de acceso 2, Vehículo con chofer 1
Elaborar informe de la gestión de la instalación de equipos de comunicación.	\$ 0,00	\$ 140,00	\$ 140,00	2 días	Jefe Componente 2, Ingeniero en Redes 1
Elaborar Informe de Componente.	\$ 0,00	\$ 120,00	\$ 120,00	3 días	Jefe Componente 2
ADECUACIÓN DE OFICINAS CENTRALES DEL ISP					
	\$ 212.315,00	\$ 1.609,90	\$ 213.981,60	43 días	
<i>Gestionar adquisición de oficinas</i>	\$ 150.000,00	\$ 360,00	\$ 150.360,00	9 días	
Determinar los requerimientos para las oficinas centrales del ISP y bodega.	\$ 0,00	\$ 80,00	\$ 80,00	2 días	Jefe Componente 3
Colocar oficinas disponibles	\$ 0,00	\$ 200,00	\$ 200,00	5 días	Jefe Componente 3
Concretar la compra de oficinas	\$ 150.000,00	\$ 40,00	\$ 150.040,00	1 día	Jefe Componente 3
Informe de adquisición de oficina	\$ 0,00	\$ 40,00	\$ 40,00	1 día	Jefe Componente 3
<i>Gestionar adquisición de mobiliario</i>	\$ 22.390,00	\$ 400,00	\$ 22.790,00	10 días	
Establecer bases para la adquisición del mobiliario para las oficinas centrales del ISP	\$ 0,00	\$ 40,00	\$ 40,00	1 día	Jefe Componente 3
Llamar a concurso para la adquisición del mobiliario	\$ 1.890,00	\$ 40,00	\$ 1.930,00	1 día	Jefe Componente 3
Seleccionar proveedores y contratar la adquisición de mobiliario.	\$ 20.500,00	\$ 80,00	\$ 20.580,00	2 días	Jefe Componente 3
Supervisión de la instalación	\$ 0,00	\$ 200,00	\$ 200,00	5 días	Jefe Componente 3
Elaborar Informe de la adquisición del mobiliario.	\$ 0,00	\$ 40,00	\$ 40,00	1 día	Jefe Componente 3
<i>Adecuación de las oficinas</i>	\$ 21.850,00	\$ 392,00	\$ 22.242,00	14 días	
Realizar las instalaciones eléctricas necesarias	\$ 8.450,00	\$ 182,50	\$ 8.632,50	5 días	Técnico Electricista 1, Técnico Electricista 2, Ingeniero Electronico 1(33%)
Realizar las instalaciones de cableado estructurado necesarias.	\$ 1.400,00	\$ 49,50	\$ 1.449,50	5 días	Ingeniero Electronico 1(33%)
Decoración de las oficinas	\$ 12.000,00	\$ 160,00	\$ 12.160,00	4 días	Jefe Componente 3
<i>Gestionar instalación de sistema de seguridad</i>	\$ 1.500,00	\$ 56,70	\$ 1.556,70	6 días	
Determinar los requerimientos de seguridad de las oficinas del ISP	\$ 0,00	\$ 9,90	\$ 9,90	1 día	Ingeniero Electronico 1(33%)
Colocar sistemas de seguridad	\$ 0,00	\$ 27,00	\$ 27,00	3 días	Ingeniero Electronico 1(30%)
Seleccionar proveedores y contratar la adquisición del sistema de seguridad.	\$ 1.500,00	\$ 9,90	\$ 1.509,90	1 día	Ingeniero Electronico 1(33%)
Informe de instalación del sistema de seguridad	\$ 0,00	\$ 9,90	\$ 9,90	1 día	Ingeniero Electronico 1(33%)
<i>Gestionar instalación de sistema de cómputo y comunicaciones.</i>	\$ 16.575,00	\$ 457,90	\$ 17.032,90	27 días	
Adquirir equipos de cómputo de oficina	\$ 11.705,00	\$ 69,30	\$ 11.774,30	7 días	Ingeniero Electronico 1(33%)
Instalación y configuración del sistema informático.	\$ 0,00	\$ 90,00	\$ 90,00	3 días	Ingeniero Electronico 1
Adquirir líneas telefónicas	\$ 602,00	\$ 69,30	\$ 671,30	7 días	Ingeniero Electronico 1(33%)
Adquirir sistema de telefonía	\$ 905,00	\$ 69,30	\$ 974,30	7 días	Ingeniero Electronico 1(33%)
Adecuación del Call Center	\$ 3.363,00	\$ 120,00	\$ 3.483,00	3 días	Jefe Componente 3
Elaborar Informe de componente	\$ 0,00	\$ 40,00	\$ 40,00	1 día	Jefe Componente 3
Adquisición de Camionetas para Cuadrillas	\$ 45.000,00	\$ 0,00	\$ 45.000,00		

Tabla 5-31 Costos de Inversión del ISP

NUMERO DE PERIODO	SALDO INICIAL	PAGO DE CAPITAL	PAGO DE INTERES	PAGO TOTAL	SALDO FINAL
1	\$ 1,730,512.27	\$ 21,160.80	\$ 17,377.23	\$ 38,538.03	\$ 1,709,351.47
2	\$ 1,709,351.47	\$ 21,373.29	\$ 17,164.74	\$ 38,538.03	\$ 1,687,978.18
3	\$ 1,687,978.18	\$ 21,587.91	\$ 16,950.11	\$ 38,538.03	\$ 1,666,390.27
4	\$ 1,666,390.27	\$ 21,804.69	\$ 16,733.34	\$ 38,538.03	\$ 1,644,585.57
5	\$ 1,644,585.57	\$ 22,023.65	\$ 16,514.38	\$ 38,538.03	\$ 1,622,561.93
6	\$ 1,622,561.93	\$ 22,244.80	\$ 16,293.23	\$ 38,538.03	\$ 1,600,317.12
7	\$ 1,600,317.12	\$ 22,468.18	\$ 16,069.85	\$ 38,538.03	\$ 1,577,848.95
8	\$ 1,577,848.95	\$ 22,693.80	\$ 15,844.23	\$ 38,538.03	\$ 1,555,155.15
9	\$ 1,555,155.15	\$ 22,921.68	\$ 15,616.35	\$ 38,538.03	\$ 1,532,233.47
10	\$ 1,532,233.47	\$ 23,151.85	\$ 15,386.18	\$ 38,538.03	\$ 1,509,081.62
11	\$ 1,509,081.62	\$ 23,384.33	\$ 15,153.69	\$ 38,538.03	\$ 1,485,697.29
12	\$ 1,485,697.29	\$ 23,619.15	\$ 14,918.88	\$ 38,538.03	\$ 1,462,078.14
Año 2007	\$ 19,321,713.31	\$ 268,434.13	\$ 194,022.20	\$ 462,456.34	\$ 1,462,078.14
13	\$ 1,462,078.14	\$ 23,856.33	\$ 14,681.70	\$ 38,538.03	\$ 1,438,221.81
14	\$ 1,438,221.81	\$ 24,095.88	\$ 14,442.14	\$ 38,538.03	\$ 1,414,125.93
15	\$ 1,414,125.93	\$ 24,337.85	\$ 14,200.18	\$ 38,538.03	\$ 1,389,788.08
16	\$ 1,389,788.08	\$ 24,582.24	\$ 13,955.79	\$ 38,538.03	\$ 1,365,205.84
17	\$ 1,365,205.84	\$ 24,829.09	\$ 13,708.94	\$ 38,538.03	\$ 1,340,376.75
18	\$ 1,340,376.75	\$ 25,078.41	\$ 13,459.62	\$ 38,538.03	\$ 1,315,298.34
19	\$ 1,315,298.34	\$ 25,330.24	\$ 13,207.79	\$ 38,538.03	\$ 1,289,968.10
20	\$ 1,289,968.10	\$ 25,584.60	\$ 12,953.43	\$ 38,538.03	\$ 1,264,383.50
21	\$ 1,264,383.50	\$ 25,841.51	\$ 12,696.52	\$ 38,538.03	\$ 1,238,541.99
22	\$ 1,238,541.99	\$ 26,101.00	\$ 12,437.03	\$ 38,538.03	\$ 1,212,440.99
23	\$ 1,212,440.99	\$ 26,363.10	\$ 12,174.93	\$ 38,538.03	\$ 1,186,077.89
24	\$ 1,186,077.89	\$ 26,627.83	\$ 11,910.20	\$ 38,538.03	\$ 1,159,450.06
Año 2008	\$ 15,916,507.38	\$ 302,628.08	\$ 159,828.26	\$ 462,456.34	\$ 1,159,450.06
25	\$ 1,159,450.06	\$ 26,895.22	\$ 11,642.81	\$ 38,538.03	\$ 1,132,554.84
26	\$ 1,132,554.84	\$ 27,165.29	\$ 11,372.74	\$ 38,538.03	\$ 1,105,389.55
27	\$ 1,105,389.55	\$ 27,438.07	\$ 11,099.95	\$ 38,538.03	\$ 1,077,951.48
28	\$ 1,077,951.48	\$ 27,713.60	\$ 10,824.43	\$ 38,538.03	\$ 1,050,237.88
29	\$ 1,050,237.88	\$ 27,991.89	\$ 10,546.14	\$ 38,538.03	\$ 1,022,245.99
30	\$ 1,022,245.99	\$ 28,272.97	\$ 10,265.05	\$ 38,538.03	\$ 993,973.02
31	\$ 993,973.02	\$ 28,556.88	\$ 9,981.15	\$ 38,538.03	\$ 965,416.13
32	\$ 965,416.13	\$ 28,843.64	\$ 9,694.39	\$ 38,538.03	\$ 936,572.49
33	\$ 936,572.49	\$ 29,133.28	\$ 9,404.75	\$ 38,538.03	\$ 907,439.21
34	\$ 907,439.21	\$ 29,425.83	\$ 9,112.20	\$ 38,538.03	\$ 878,013.39
35	\$ 878,013.39	\$ 29,721.31	\$ 8,816.72	\$ 38,538.03	\$ 848,292.08
36	\$ 848,292.08	\$ 30,019.76	\$ 8,518.27	\$ 38,538.03	\$ 818,272.31
Año 2009	\$ 12,077,536.13	\$ 341,177.75	\$ 121,278.59	\$ 462,456.34	\$ 818,272.31
37	\$ 818,272.31	\$ 30,321.21	\$ 8,216.82	\$ 38,538.03	\$ 787,951.10

NUMERO DE PERIODO	SALDO INICIAL	PAGO DE CAPITAL	PAGO DE INTERES	PAGO TOTAL	SALDO FINAL
38	\$ 787,951.10	\$ 30,625.69	\$ 7,912.34	\$ 38,538.03	\$ 757,325.42
39	\$ 757,325.42	\$ 30,933.22	\$ 7,604.81	\$ 38,538.03	\$ 726,392.20
40	\$ 726,392.20	\$ 31,243.84	\$ 7,294.19	\$ 38,538.03	\$ 695,148.36
41	\$ 695,148.36	\$ 31,557.58	\$ 6,980.45	\$ 38,538.03	\$ 663,590.78
42	\$ 663,590.78	\$ 31,874.47	\$ 6,663.56	\$ 38,538.03	\$ 631,716.31
43	\$ 631,716.31	\$ 32,194.54	\$ 6,343.48	\$ 38,538.03	\$ 599,521.77
44	\$ 599,521.77	\$ 32,517.83	\$ 6,020.20	\$ 38,538.03	\$ 567,003.93
45	\$ 567,003.93	\$ 32,844.36	\$ 5,693.66	\$ 38,538.03	\$ 534,159.57
46	\$ 534,159.57	\$ 33,174.18	\$ 5,363.85	\$ 38,538.03	\$ 500,985.39
47	\$ 500,985.39	\$ 33,507.30	\$ 5,030.73	\$ 38,538.03	\$ 467,478.10
48	\$ 467,478.10	\$ 33,843.77	\$ 4,694.26	\$ 38,538.03	\$ 433,634.33
Año 2010	\$ 7,749,545.24	\$ 384,637.99	\$ 77,818.35	\$ 462,456.34	\$ 433,634.33
49	\$ 433,634.33	\$ 34,183.62	\$ 4,354.41	\$ 38,538.03	\$ 399,450.71
50	\$ 399,450.71	\$ 34,526.88	\$ 4,011.15	\$ 38,538.03	\$ 364,923.83
51	\$ 364,923.83	\$ 34,873.58	\$ 3,664.44	\$ 38,538.03	\$ 330,050.25
52	\$ 330,050.25	\$ 35,223.77	\$ 3,314.25	\$ 38,538.03	\$ 294,826.47
53	\$ 294,826.47	\$ 35,577.48	\$ 2,960.55	\$ 38,538.03	\$ 259,248.99
54	\$ 259,248.99	\$ 35,934.74	\$ 2,603.29	\$ 38,538.03	\$ 223,314.26
55	\$ 223,314.26	\$ 36,295.58	\$ 2,242.45	\$ 38,538.03	\$ 187,018.68
56	\$ 187,018.68	\$ 36,660.05	\$ 1,877.98	\$ 38,538.03	\$ 150,358.63
57	\$ 150,358.63	\$ 37,028.18	\$ 1,509.85	\$ 38,538.03	\$ 113,330.45
58	\$ 113,330.45	\$ 37,400.00	\$ 1,138.03	\$ 38,538.03	\$ 75,930.45
59	\$ 75,930.45	\$ 37,775.56	\$ 762.47	\$ 38,538.03	\$ 38,154.89
60	\$ 38,154.89	\$ 38,154.89	\$ 383.14	\$ 38,538.03	\$ 0.00
Año 2011	\$ 2,870,241.94	\$ 433,634.33	\$ 28,822.01	\$ 462,456.34	

Tabla 5-32 Tabla de Amortizaciones

5.2.9 COSTOS DE OPERACIÓN DEL ISP

Para definir los costos de operación del ISP, se tienen a los rubros cancelados por el ISP en tres grandes grupos: costos de producción, ventas y administración.

Dentro de los costos de producción, se especifica el costo del enlace a Internet a cancelar mensualmente por parte del ISP, el rubro que representa mantener un departamento de comunicaciones con un gerente técnico, jefe de comunicaciones, tres ingenieros y 12 técnicos encargados del mantenimiento de

la red de acceso y red interna del ISP. Adicional al rubro mensual del departamento de comunicaciones, en los costos de producción, se especifica el rubro mensual cancelado por el ISP al personal que trabaja en bodega, el rubro a cancelar a la Empresa Eléctrica Quito S.A. por el consumo de energía por parte de los equipos activos de la red de acceso y de la red interna, el costo mensual asignado a mantenimiento de los equipos activos del ISP y el costo de monitoreo del sistema de seguridad en el NOC.

Dentro de los costos de ventas se especifica, el rubro a cancelar mensual y anualmente al personal de área comercial del ISP, y el costo a cancelar anualmente a la empresa publicitaria que se encargará de promocionar los servicios a los usuarios por diferentes medios de comunicación.

Los costos administrativos abarcan el valor mensual y anual cancelado al Gerente General, secretaria, contador, auxiliar contable, jefe de recursos humanos, el rubro cancelado anualmente a las diferentes empresas estatales por luz y agua, el consumo anual de las líneas telefónicas en las oficinas del ISP, el rubro anual necesario para capacitar al personal con la tecnología y adelantos de la misma, y demás costos necesarios para el funcionamiento de las oficinas centrales del ISP. Para visualizar los costos operacionales del ISP a continuación se presenta la Tabla 5-33.

5.2.10 INGRESOS ANUALES DEL ISP

Para obtener los ingresos anuales del ISP como primer paso se debe encontrar cual es el valor mínimo a cancelar por parte de los usuarios para que se pueda ofrecer el servicio sin tener un margen de pérdida.

El valor a cancelar por parte de los usuarios se lo encontrará a partir de los costos operacionales y los costos de inversión. Debido a que en el proyecto se tiene cuatro tipo de usuarios del servicio, se ha tomado como factor de diseño el consumo de ancho de banda para dividir los costos antes expuestos, obteniendo de esta manera los porcentajes de cada tipo de usuario en los años durante el tiempo en el que el proyecto esté en funcionamiento, los mismos que se pueden observar con mayor detenimiento en la Tabla 5-34.

COSTOS OPERATIVOS		SALARIO MENSUAL	AÑO										
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Costos de producción	Enlaces al Internet		\$ 3,292,740.00	\$ 3,269,880.00	\$ 3,303,540.00	\$ 3,337,740.00	\$ 3,374,100.00	\$ 3,408,840.00	\$ 3,442,860.00	\$ 3,475,080.00	\$ 3,502,620.00	\$ 3,529,260.00	
	Departamento de Comunicaciones	Gerente Técnico	\$ 1,600.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00
		Jefe de Comunicaciones	\$ 1,200.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00
		Ingeniero 1	\$ 900.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00
		Ingeniero 2	\$ 900.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00
		Ingeniero 3	\$ 900.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00	\$ 10,800.00
		Técnico 1	\$ 600.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00
		Técnico 2	\$ 600.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00
		Técnico 3	\$ 600.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00
		Técnico 4	\$ 600.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00
		Técnico 5	\$ 600.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00
		Técnico 6	\$ 600.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00
		Técnico 7	\$ 600.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00
	Técnico 8	\$ 600.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	
	Técnico 9	\$ 600.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	
	Técnico 10 Call Center	\$ 400.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	
	Técnico 11 Call Center	\$ 400.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	
	Técnico 12 Call Center	\$ 400.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	
	Personal del área de bodega	Jefe de bodega	\$ 700.00	\$ 8,400.00	\$ 8,400.00	\$ 8,400.00	\$ 8,400.00	\$ 8,400.00	\$ 8,400.00	\$ 8,400.00	\$ 8,400.00	\$ 8,400.00	\$ 8,400.00
		Auxiliar Bodega	\$ 400.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00
		Mensajero	\$ 300.00	\$ 3,600.00	\$ 3,600.00	\$ 3,600.00	\$ 3,600.00	\$ 3,600.00	\$ 3,600.00	\$ 3,600.00	\$ 3,600.00	\$ 3,600.00	\$ 3,600.00
	Mantenimiento de los equipos		\$ 120,000.00	\$ 120,000.00	\$ 120,000.00	\$ 120,000.00	\$ 120,000.00	\$ 120,000.00	\$ 120,000.00	\$ 120,000.00	\$ 120,000.00	\$ 120,000.00	
	Compra Modems Usuarios		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 3,269.18	\$ 3,306.30	\$ 3,519.32	\$ 3,362.52	\$ 3,292.25	\$ 3,121.50	\$ 2,681.57	\$ 2,577.54	
Compra de dos licencias PacketShaper 10000		\$ 17,459.00	\$ 17,459.00	\$ 17,459.00	\$ 17,459.00	\$ 17,459.00	\$ 17,459.00	\$ 17,459.00	\$ 17,459.00	\$ 17,459.00	\$ 17,459.00		
Consumo de energía Eléctrica en el NOC		\$ 1,320.00	\$ 1,320.00	\$ 1,320.00	\$ 1,320.00	\$ 1,320.00	\$ 1,320.00	\$ 1,320.00	\$ 1,320.00	\$ 1,320.00	\$ 1,320.00		
Consumo de energía Eléctrica en la red		\$ 19,491.84	\$ 19,491.84	\$ 19,491.84	\$ 19,491.84	\$ 19,491.84	\$ 19,491.84	\$ 19,491.84	\$ 19,491.84	\$ 19,491.84	\$ 19,491.84		
Consumo de líneas telefónicas en el NOC		\$ 960.00	\$ 960.00	\$ 960.00	\$ 960.00	\$ 960.00	\$ 960.00	\$ 960.00	\$ 960.00	\$ 960.00	\$ 960.00		
Costo monitoreo sistema de seguridad en el NOC		\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00		
Costos de Ventas	Gerente Comercial	\$ 1,600.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	\$ 19,200.00	
	Personal del área comercial	Asistente de ventas 1	\$ 600.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	
		Asistente de ventas 2	\$ 600.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	
		Asistente de ventas 3	\$ 600.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	
		Asistente de ventas 4	\$ 600.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	
		Asistente de ventas 5	\$ 600.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	
Costos de las campañas de marketing		\$ 100,000.00	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00	\$ 100,001.00	\$ 100,002.00	\$ 100,003.00	\$ 100,004.00	\$ 100,005.00		
Costos administrativos	Gerente General	\$ 2,200.00	\$ 26,400.00	\$ 26,400.00	\$ 26,400.00	\$ 26,400.00	\$ 26,400.00	\$ 26,400.00	\$ 26,400.00	\$ 26,400.00	\$ 26,400.00	\$ 26,400.00	
	Personal del área administrativa	Secretaría General	\$ 600.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	\$ 7,200.00	
		Contador	\$ 1,200.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	
		Auxiliar Contable	\$ 550.00	\$ 6,600.00	\$ 6,600.00	\$ 6,500.00	\$ 6,600.00	\$ 6,600.00	\$ 6,600.00	\$ 6,600.00	\$ 6,600.00	\$ 6,600.00	
		Jefe de RRHH	\$ 1,200.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	\$ 14,400.00	
	Consumo de servicios básicos		\$ 1,080.00	\$ 1,080.00	\$ 1,080.00	\$ 1,080.00	\$ 1,080.00	\$ 1,080.00	\$ 1,080.00	\$ 1,080.00	\$ 1,080.00		
	Consumo de líneas telefónicas en oficinas		\$ 2,400.00	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00	\$ 2,400.00		
	Materia de papelería		\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00		
	Costo monitoreo sistema de seguridad en oficinas		\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00		
	Capacitación del personal		\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00	\$ 30,000.00		
Limpieza y mantenimiento de oficina		\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00			
TOTAL DE COSTOS OPERATIVOS		\$ 3,883,050.84	\$ 3,860,190.84	\$ 3,897,111.02	\$ 3,931,357.14	\$ 3,967,930.16	\$ 4,002,514.36	\$ 4,036,465.09	\$ 4,068,515.44	\$ 4,095,596.41	\$ 4,122,153.38		

Tabla 5-33 Costos Operacionales del ISP

Año	Capacidad			Semi	
	Total en E1	Residenciales	VIE	Empresarial	Empresarial
2007	182.93	6.2717%	17.955%	65.156%	10.618%
2008	181.66	6.2717%	17.955%	65.156%	10.618%
2009	183.53	6.2717%	17.955%	65.156%	10.618%
2010	185.43	6.2717%	17.955%	65.156%	10.618%
2011	187.45	6.2717%	17.955%	65.156%	10.618%
2012	189.38	6.2717%	17.955%	65.156%	10.618%
2013	191.27	6.2717%	17.955%	65.156%	10.618%
2014	193.06	6.2717%	17.955%	65.156%	10.618%
2015	194.59	6.2717%	17.955%	65.156%	10.618%
2016	196.07	6.2717%	17.955%	65.156%	10.618%

Tabla 5-34: Factor de utilización del canal por tipo de usuarios

Con la finalidad de tener un valor exacto del número de usuarios mínimos para que el negocio sea rentable, los costos se han dividido en dos grandes grupos: Costos Fijos y Costos Variables.

Los costos fijos son aquellos que no dependen del número de usuarios y los costos variables son aquellos que dependen del número de usuarios de cada servicio.

Siguiendo los parámetros antes expuestos se ha encontrado el costo anual por cada tipo de grupo de usuarios, los costos fijos corresponden a los costos de inversión y los costos operacionales fijos, los mismos que se pueden observar clasificados por grupos en la Tabla 5-35 y en la Tabla 5-36, mientras que los costos variables corresponden al valor anual a cancelar por el enlace a la Internet que depende del número de usuarios proyectados en el capítulo 2, los mismos que se pueden visualizar en la Tabla 5-37.

Año	Costos de Inversión	Residenciales	VIE	Empresariales	Semi Empresarial
2007	\$ 173,051.23	\$ 10,853.24	\$ 1,071.27	\$ 112,752.84	\$ 18,373.87
2008	\$ 173,051.23	\$ 10,853.24	\$ 31,071.27	\$ 112,752.84	\$ 18,373.87
2009	\$ 173,051.23	\$ 10,853.24	\$ 31,071.27	\$ 112,752.84	\$ 18,373.87
2010	\$ 173,051.23	\$ 10,853.24	\$ 31,071.27	\$ 112,752.84	\$ 18,373.87
2011	\$ 173,051.23	\$ 10,853.24	\$ 31,071.27	\$ 112,752.84	\$ 18,373.87
2012	\$ 173,051.23	\$ 10,853.24	\$ 31,071.27	\$ 112,752.84	\$ 18,373.87
2013	\$ 173,051.23	\$ 10,853.24	\$ 31,071.27	\$ 112,752.84	\$ 18,373.87
2014	\$ 173,051.23	\$ 10,853.24	\$ 31,071.27	\$ 112,752.84	\$ 18,373.87
2015	\$ 173,051.23	\$ 10,853.24	\$ 31,071.27	\$ 112,752.84	\$ 18,373.87
2016	\$ 173,051.23	\$ 10,853.24	\$ 31,071.27	\$ 112,752.84	\$ 18,373.87

Tabla 5-35: Costos de Inversión por grupo de usuarios

Año	Costos Operacionales Fijos + Pago de Interés	Residenciales	VIE	Empresariales	Semi Empresarial
2007	\$ 784,333.04	\$ 49,190.97	\$ 140,826.63	\$ 511,038.16	\$ 83,277.28
2008	\$ 750,139.10	\$ 47,046.43	\$ 134,687.12	\$ 488,758.84	\$ 79,646.71
2009	\$ 714,849.61	\$ 44,833.18	\$ 128,350.91	\$ 465,765.70	\$ 75,899.82
2010	\$ 671,435.49	\$ 42,110.38	\$ 120,555.92	\$ 437,478.90	\$ 71,290.28
2011	\$ 622,652.18	\$ 39,050.84	\$ 111,796.90	\$ 405,693.76	\$ 66,110.67
2012	\$ 626,717.41	\$ 39,305.80	\$ 112,526.81	\$ 408,342.50	\$ 66,542.30
2013	\$ 626,648.14	\$ 39,301.46	\$ 112,514.38	\$ 408,297.36	\$ 66,534.94
2014	\$ 626,478.49	\$ 39,290.82	\$ 112,483.92	\$ 408,186.83	\$ 66,516.93
2015	\$ 626,019.46	\$ 39,262.03	\$ 112,401.50	\$ 407,887.74	\$ 66,468.19
2016	\$ 625,936.43	\$ 39,256.82	\$ 112,386.59	\$ 407,833.65	\$ 66,459.38

Tabla 5-36: Costos de Operación fijos por grupos de usuarios

Año	Costos				Semi Empresarial
	Operacionales Variables	Residenciales	VIE	Empresariales	
2007	\$ 3,292,740.00	\$ 206,510.59	\$ 591,209.91	\$ 2,145,409.80	\$ 349,609.71
2008	\$ 3,269,880.00	\$ 205,076.88	\$ 587,105.41	\$ 2,130,515.19	\$ 347,182.52
2009	\$ 3,303,540.00	\$ 207,187.93	\$ 593,149.04	\$ 2,152,446.62	\$ 350,756.40
2010	\$ 3,337,740.00	\$ 209,332.85	\$ 599,289.64	\$ 2,174,729.89	\$ 354,387.62
2011	\$ 3,374,100.00	\$ 211,613.24	\$ 605,818.06	\$ 2,198,420.53	\$ 358,248.18
2012	\$ 3,408,840.00	\$ 213,792.02	\$ 612,055.61	\$ 2,221,055.64	\$ 361,936.73
2013	\$ 3,442,860.00	\$ 215,925.66	\$ 618,163.88	\$ 2,243,221.63	\$ 365,548.83
2014	\$ 3,475,080.00	\$ 217,946.40	\$ 623,948.97	\$ 2,264,214.81	\$ 368,969.82
2015	\$ 3,502,620.00	\$ 219,673.62	\$ 628,893.76	\$ 2,282,158.71	\$ 371,893.91
2016	\$ 3,529,260.00	\$ 221,344.40	\$ 633,676.96	\$ 2,299,516.21	\$ 374,722.43

Tabla 5-37: Costos operacionales variables por grupos de usuarios

Para encontrar el costo que representa cada tipo de usuario mensualmente al ISP se ha sumado los valores expuestos en las tres tablas anteriores; los resultados se han dividido para el número de usuarios por año proyectado en el capítulo 2 y para doce meses, los valores se pueden visualizar en la Tabla 5-38.

Año	Residenciales	VIE	Empresariales	Semi Empresarial
2007	\$ 22.11	\$ 968.08	\$ 363.03	\$ 90.76
2008	\$ 21.97	\$ 961.73	\$ 360.65	\$ 90.16
2009	\$ 21.74	\$ 951.56	\$ 356.84	\$ 89.21
2010	\$ 21.47	\$ 939.75	\$ 352.41	\$ 88.10
2011	\$ 21.17	\$ 926.87	\$ 347.58	\$ 86.89
2012	\$ 21.15	\$ 925.96	\$ 347.24	\$ 86.81
2013	\$ 21.11	\$ 924.21	\$ 346.58	\$ 86.64
2014	\$ 21.07	\$ 922.55	\$ 345.96	\$ 86.49
2015	\$ 21.04	\$ 921.11	\$ 345.42	\$ 86.35
2016	\$ 21.01	\$ 919.80	\$ 344.93	\$ 86.23

Tabla 5-38: Costos Mensuales unitarios

De las encuestas realizadas al mercado meta en la ciudad de Quito, la gran mayoría de los usuarios residenciales estarían dispuestos a cancelar un valor menor a \$30 dólares, y como requerimiento indispensable, la velocidad de la conexión debe ser alta. Observando esta tendencia el ISP en mención ofrecerá a los usuarios residenciales un servicio de 128 Kbps de bajada y 128 Kbps de subida a \$ 30 dólares, este valor se obtuvo en base a los precios ofrecidos en la actualidad en la ciudad de Quito por diferentes ISP y tomando en cuenta que el costo que representa cada usuario residencial al ISP es de \$22 dólares en el año más crítico, obteniendo una utilidad del 26.29%.

A diferencia de los usuarios residenciales, los usuarios comerciales se preocupan más por la velocidad y la calidad del servicio ofrecido, en consecuencia los usuarios que se encuentren dentro del grupo semiempresarial podrán disfrutar de un enlace a una velocidad de 256 Kbps de bajada y 128 kbps de Subida a un costo de \$100 dólares mensuales, las organizaciones que se encuentren en el grupo comercial tendrán una velocidad de 512/256 kbps, por un costo mensual de \$450 dólares mensuales, y las organizaciones que se encuentren en el grupo comercial VIE podrán adquirir un *clear channel* de 512 kbps por \$ 1200 dólares mensuales, al igual que los usuarios residenciales los valores se tomaron en base al costo mensual que representa cada tipo de usuarios al ISP, a los valores ofrecidos por diferentes ISP y a los valores que se encuentran dispuestos a cancelar las diferentes organizaciones encuestadas. En el caso de los usuarios semi empresariales para el caso más crítico se tendrá una utilidad del 24.7%, para usuarios empresariales del 19.33% y para usuarios VIE del 19.32%.

Para calcular los ingresos anuales del ISP en diseño se tomará en cuenta el número de usuarios proyectados en la Tabla 2.32. El ISP inicia su operación en el año 2007, para esta fecha, el número de usuarios residenciales iniciales será 1005, los usuarios empresariales VIE iniciales serán 66, los usuarios empresariales serán 636, y el número de usuarios semi empresariales será 414, adicionalmente como ingresos del ISP se toma en cuenta el valor a recaudar por la venta de módems a los usuarios de la red. Los ingresos totales del ISP durante los 10 años de proyección se presentan en la Tabla 5-39.

AÑO	Usuarios Residenciales	Ingresos Anuales	Usuarios Empresarial VIE	Ingresos Anuales	Usuarios Empresarial	Ingresos Anuales	Usuarios Semi Empresarial	Ingresos Anuales	Venta Modems	Ingresos totales por Año
2007	1005	\$ 361,634	66	\$ 945,924	636	\$ 3,432,614	414	\$ 96,660	\$ 18,768	\$ 5,655,600
2008	998	\$ 359,133	65	\$ 939,383	631	\$ 3,408,875	411	\$592,534	\$ 0	\$ 5,299,925
2009	1008	\$ 362,832	66	\$ 949,057	638	\$ 3,443,982	416	\$598,636	\$ 3,260	\$ 5,357,767
2010	1018	\$ 366,583	67	\$ 958,868	644	\$ 3,479,585	420	\$604,825	\$ 3,306	\$ 5,413,167
2011	1029	\$ 370,575	67	\$ 969,312	651	\$ 3,517,483	425	\$611,412	\$ 3,519	\$ 5,472,301
2012	1040	\$ 374,390	68	\$ 979,290	658	\$ 3,553,692	429	\$617,706	\$ 3,363	\$ 5,528,440
2013	1050	\$ 378,125	69	\$ 989,059	665	\$ 3,589,144	433	\$623,868	\$ 3,292	\$ 5,583,488
2014	1060	\$ 381,666	69	\$ 998,322	671	\$ 3,622,758	437	\$629,711	\$ 3,122	\$ 5,635,580
2015	1069	\$ 384,686	70	\$ 1,006,220	676	\$ 3,651,419	441	\$634,693	\$ 2,662	\$ 5,679,680
2016	1077	\$ 387,610	70	\$ 1,013,869	681	\$ 3,679,175	444	\$639,517	\$ 2,578	\$ 5,722,749

Tabla 5-39 Ingresos Anuales del ISP en mención

Una vez localizado el costo anual que representa cada tipo de usuario al ISP, es importante encontrar el número mínimo de usuarios necesarios para que sea factible financieramente el negocio.

Para determinar el número de usuarios mínimos necesarios se toma en cuenta dos curvas, la curva de costos anuales que se basa en una variable única que es el número de usuarios y siguen la forma $Y=a+bX$; donde "a" representa los costos fijos por año, y "b" representan los costos variables en ese año, y la curva de ingresos anuales; llegando a la conclusión que en el año más crítico se necesitarán 385 usuarios residenciales, 32 usuarios VIE, 308 usuarios Empresariales, y 170 usuarios Semiempresariales, los datos antes mencionados se pueden visualizar con mayor facilidad en la Figura 5-5, la Figura 5-6, la Figura 5-7, y la Figura 5-8.

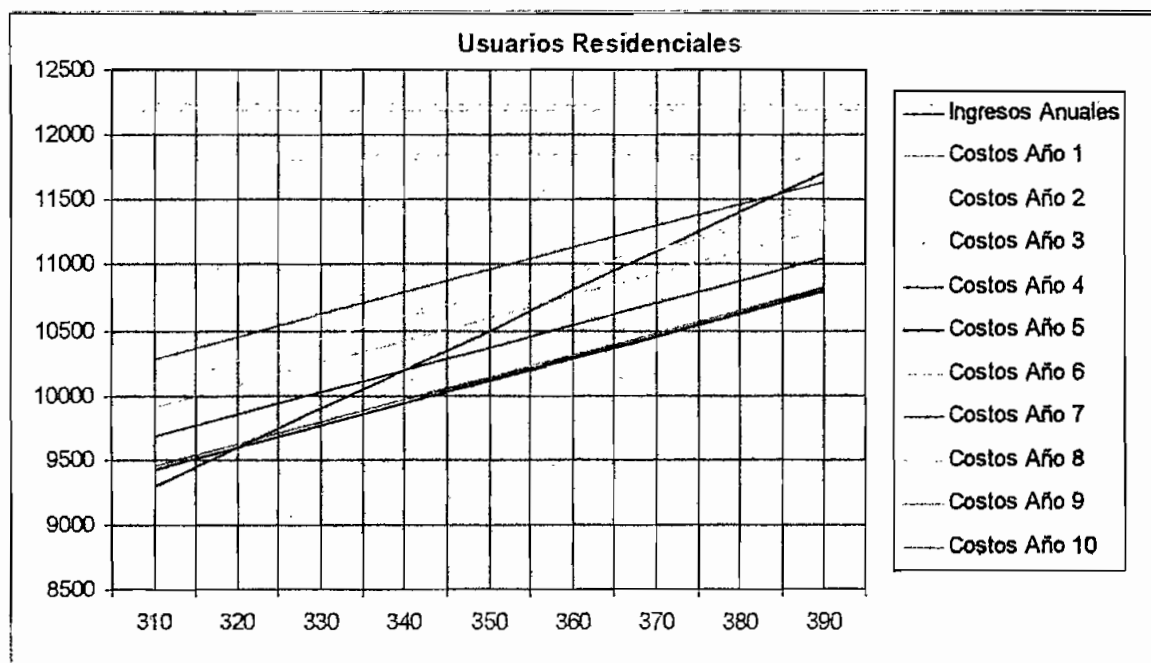


Figura 5-5: Usuarios Residenciales mínimos por Año

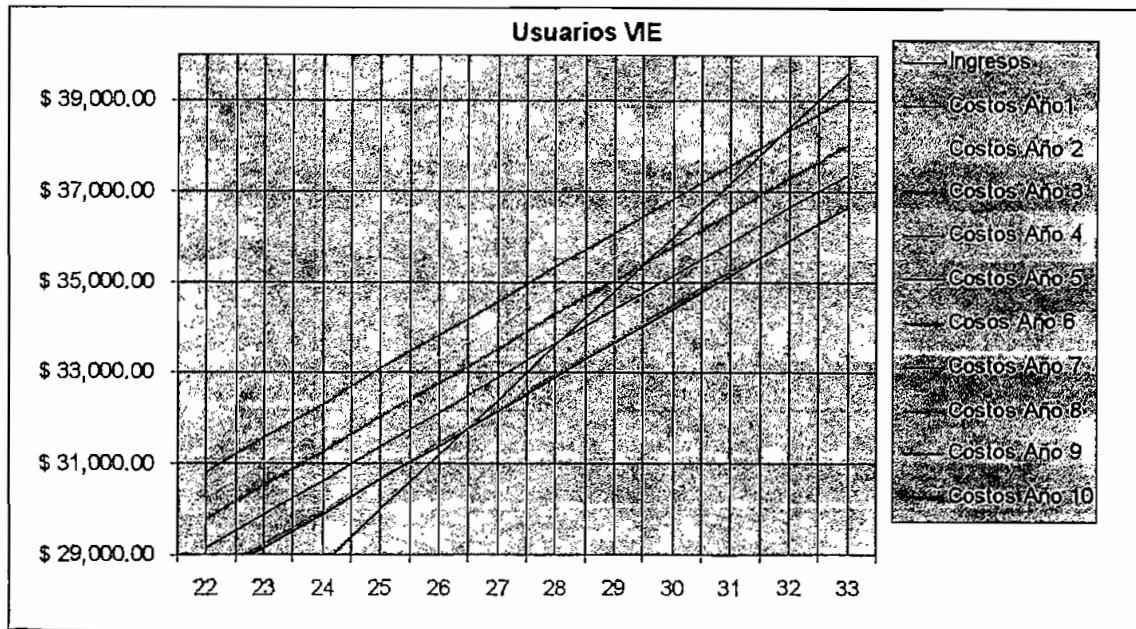


Figura 5-6: Usuarios VIE mínimos por Año

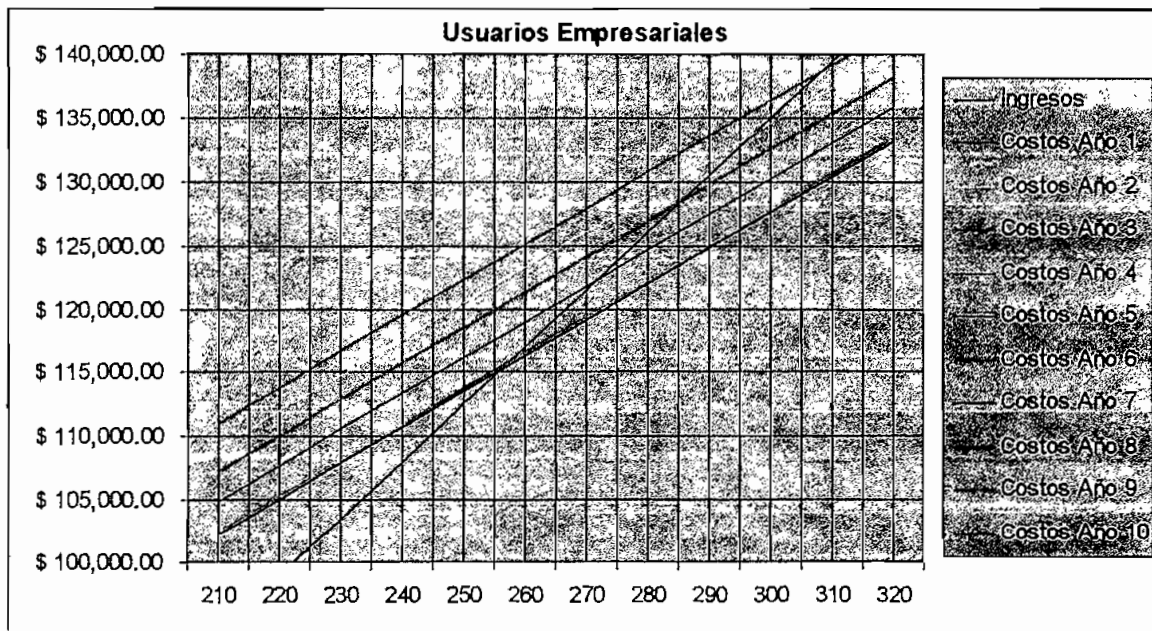


Figura 5-7: Usuarios Empresariales mínimos por Año

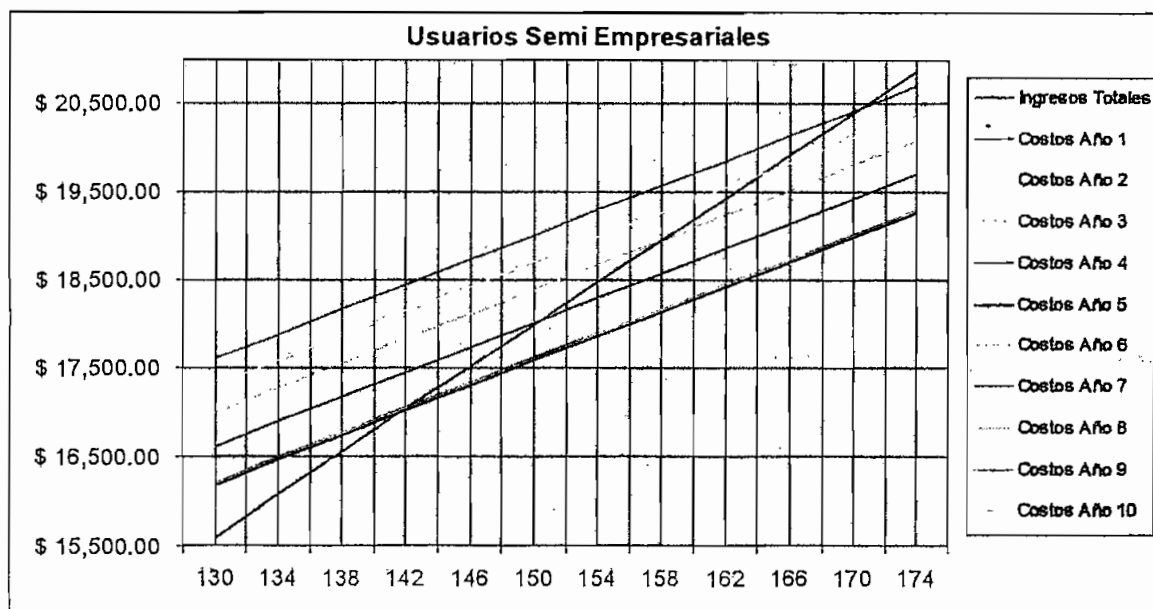


Figura 5-8: Usuarios Semiempresariales mínimos por año

5.2.11 DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN DE LOS ACTIVOS

La depreciación se calcula de acuerdo con el método de línea recta, tomando como base la vida útil contable estimada de los activos de la empresa, lo que se puede visualizar de mejor manera en la Tabla 5-40.

Activos	Tasas
Edificios (29 años)	5%
Maquinaria y equipo (10 años)	10%
Muebles y enseres (10 años)	10%
Instalaciones (20 años)	5%
Equipos de computación (3 años)	33%
Vehículos (5 años)	20%

Tabla 5-40 Porcentajes de Depreciación y Vida Útil de activos fijos

Todos los activos depreciados son vendidos en el quinto año del proyecto, a excepción de los equipos colocados en la red de acceso, con la finalidad de mantener al personal de la empresa trabajando con tecnología de punta y en un ambiente agradable. Las oficinas tienen 20 años de vida útil, y las camionetas

adquiridas tienen 5 años de vida útil, por tal motivo la oficina se deprecia a 20 años y las camionetas a 5 años de iniciado el proyecto. El valor de la depreciación total al año se presenta en la Tabla 5-41.

Los valores de la venta de activos a los 5 años del proyecto, el valor de compra de los activos en el quinto año del proyecto y el valor de venta de los activos al final del proyecto se puede visualizar en la Tabla 5-43.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	DEPRECIACIÓN UNITARIA ANUAL	DEPRECIACIÓN TOTAL ANUAL
25	Ambientes de trabajo	\$ 110.00	\$ 2,750.00
1	Teléfono manos libres	\$ 4.80	\$ 4.80
20	Teléfono sencillo	\$ 2.10	\$ 42.00
2	CISCO PIX 535 Firewall Security Appliance	\$ 2,331.67	\$ 4,663.33
2	Cisco Catalyst 3560G-24TS-E	\$ 1,259.32	\$ 2,518.63
2	Cisco Catalyst 3560G-48TS-E	\$ 3,148.32	\$ 6,296.63
2	PacketShaper 10000, Copper GigE	\$ 17,116.67	\$ 34,233.33
8	Cisco 1000BASE-SX SFP	\$ 61.67	\$ 493.33
1	Switch para las Oficinas Centrales	\$ 125.00	\$ 125.00
1	Servidor de correo electrónico	\$ 34.12	\$ 34.12
1	Servidor de autenticación	\$ 983.33	\$ 983.33
1	Servidores DNS Primario	\$ 293.33	\$ 293.33
1	Servidores DNS Secundario	\$ 597.67	\$ 597.67
1	Servidor de administración	\$ 283.33	\$ 283.33
1	UPS marca POWERWARE MODELO 9155 DE 10KVA.	\$ 2,283.33	\$ 2,283.33
3	Computadores para el monitoreo de la red	\$ 377.67	\$ 1,133.00
2	KVM Keyboard Video & Mouse, 8 puertos	\$ 41.67	\$ 83.33
1	Equipo Aire acondicionado tipo split consola piso techo.	\$ 500.00	\$ 500.00
42	API-2000-GW	\$ 152.35	\$ 6,398.68
424	API-2000-LV	\$ 152.35	\$ 64,596.23
476	API-2000-MV	\$ 432.99	\$ 206,104.83
10	API-2000-MV (Master)	\$ 432.99	\$ 4,329.93
476	Cajas Sujetadoras de Equipos	\$ 129.90	\$ 61,831.45
3	Escaleras metálicas retráctiles	\$ 12.00	\$ 36.00
6	Pares de trepadoras	\$ 8.00	\$ 48.00
9	Kit de herramienta menor	\$ 8.00	\$ 72.00
9	Equipo de seguridad industrial personal para trabajo en alturas	\$ 10.00	\$ 90.00
9	Equipo de seguridad industrial personal para trabajo en media tensión.	\$ 10.00	\$ 90.00
139	Kit de instalación para equipos BPLC trifásicos en poste.	\$ 0.40	\$ 55.60

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	DEPRECIACIÓN UNITARIA ANUAL	DEPRECIACIÓN TOTAL ANUAL
42	Kit de instalación para equipos BPLC monofásicos en poste.	\$ 0.40	\$ 16.80
385	Kit de instalación para equipos BPLC trifásicos en cámara de transformación.	\$ 0.40	\$ 154.00
181	Kit de herraje de seguridad para equipos BPLC en poste	\$ 1.40	\$ 253.40
1	Oficina con capacidad para 14 ambientes de trabajo	\$ 7,500.00	\$ 7,500.00
1	UPS marca POWERWARE MODELO 9155 DE 8KVA	\$ 2,216.67	\$ 2,216.67
1	Sala de Reuniones	\$ 200.00	\$ 200.00
1	Counter de Información	\$ 200.00	\$ 200.00
14	Equipos de Cómputo para personal	\$ 266.67	\$ 3,733.33
1	Impresora HP Laserjet 1100	\$ 75.00	\$ 75.00
1	Impresora Multifunción HP Laserjet 3030	\$ 93.33	\$ 93.33
1	Central Telefónica SIEMENS	\$ 116.67	\$ 116.67
2	Equipos de Fax	\$ 6.00	\$ 12.00
3	Camionetas Doble Cabina	\$ 3,000.00	\$ 9,000.00
		TOTAL	\$ 424,542.44

Tabla 5-41 Depreciación de los Activos del ISP

La amortización se la realizó de licencias y demás software utilizado en el ISP de diseño, a continuación se puede observar los valores anuales de amortización en la Tabla 5-42.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	DEPRECIACIÓN UNITARIA ANUAL	DEPRECIACIÓN TOTAL ANUAL
20	PacketShaper 10000, Copper GigE, up to 1 Gbps, shaping, 2000 classes, Customer Support Program for 1 Yr.	\$ 8,729.50	\$ 174,590.00
1	Software de Administración Symantec	\$ 141.67	\$ 141.67
4	Licencia de Windows 2003 Server, para 5 estaciones de trabajo.	\$ 250.00	\$ 1,000.00
18	Licencia de office XP	\$ 116.67	\$ 2,100.00
		TOTAL	\$ 177,831.67

Tabla 5-42 Tabla de amortizaciones del ISP

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO DE ADQUISICIÓN DE ACTIVOS	VALOR DEPRECIACIÓN UNITARIA ANUAL	VALOR EN LIBROS DE LOS ACTIVOS AL QUINTO AÑO	VALOR DE VENTA DE ACTIVOS AL QUINTO AÑO	UTILIDAD EN VENTA DE ACTIVOS	COSTO DE ADQUISICIÓN DE ACTIVOS AL QUINTO AÑO	VALOR DE LA DEPRECIACIÓN AL DÉCIMO AÑO	VALOR DE ACTIVOS AL DÉCIMO AÑO	VALOR DE VENTA DE ACTIVOS AL DÉCIMO AÑO	UTILIDAD EN VENTA DE ACTIVOS
25	Ambientes de trabajo	\$ 27.500,00	\$ 110,00	\$ 13.750,00	\$ 13.750,00	\$ 0,00	\$ 28.699,00	\$ 14.349,50	\$ 14.349,50	14.779,99	\$ 430,49
1	Teléfono manos libres	\$ 48,00	\$ 4,80	\$ 24,00	\$ 24,00	\$ 0,00	\$ 50,09	\$ 25,05	\$ 25,05	25,80	\$ 0,75
20	Teléfono sencillo	\$ 420,00	\$ 2,10	\$ 210,00	\$ 210,00	\$ 0,00	\$ 438,31	\$ 219,16	\$ 219,16	225,73	\$ 6,57
1	Counter	\$ 450,00	\$ 45,00	\$ 225,00	\$ 225,00	\$ 0,00	\$ 469,62	\$ 234,81	\$ 234,81	241,85	\$ 7,04
2	CISCO PIX 535 Firewall Security Appliance	\$ 13.990,00	\$ 2.331,67	\$ 1,00	\$ 6.995,00	\$ 6.994,00	\$ 14.599,96	\$ 14.599,96	\$ 1,00	7.299,98	\$ 7.298,98
2	Cisco Catalyst 3560G-4BTS	\$ 37.779,80	\$ 6.296,63	\$ 1,00	\$ 18.889,90	\$ 18.888,90	\$ 39.427,00	\$ 39.427,00	\$ 1,00	19.713,50	\$ 19.712,50
2	Cisco Catalyst 3560G-24TS	\$ 7.555,90	\$ 1.259,32	\$ 1,00	\$ 3.777,95	\$ 3.776,95	\$ 7.885,34	\$ 7.885,34	\$ 1,00	3.942,67	\$ 3.941,67
2	PacketShaper 10000, Copper GigE	\$ 102.700,00	\$ 17.116,67	\$ 1,00	\$ 51.350,00	\$ 51.349,00	\$ 107.177,72	\$ 107.177,72	\$ 1,00	53.588,86	\$ 53.587,86
8	Cisco 1000BASE-SX SFP	\$ 1.480,00	\$ 61,67	\$ 1,00	\$ 740,00	\$ 739,00	\$ 1.544,53	\$ 1.544,53	\$ 1,00	772,26	\$ 771,26
1	Switch para las Oficinas Centrales	\$ 375,00	\$ 125,00	\$ 1,00	\$ 187,50	\$ 186,50	\$ 391,35	\$ 391,35	\$ 1,00	195,68	\$ 194,68
1	Servidor de correo electrónico	\$ 102,35	\$ 34,12	\$ 1,00	\$ 51,18	\$ 50,18	\$ 106,81	\$ 106,81	\$ 1,00	53,41	\$ 52,41
1	Servidor de autenticación	\$ 2.950,00	\$ 983,33	\$ 1,00	\$ 1.475,00	\$ 1.474,00	\$ 3.078,62	\$ 3.078,62	\$ 1,00	1.539,31	\$ 1.538,31
1	Servidores DNS Primario	\$ 880,00	\$ 293,33	\$ 1,00	\$ 440,00	\$ 439,00	\$ 918,37	\$ 918,37	\$ 1,00	459,18	\$ 458,18
1	Servidores DNS Secundario	\$ 1.793,00	\$ 597,67	\$ 1,00	\$ 896,50	\$ 895,50	\$ 1.871,17	\$ 1.871,17	\$ 1,00	935,59	\$ 934,59
1	Servidor de administración	\$ 850,00	\$ 283,33	\$ 1,00	\$ 425,00	\$ 424,00	\$ 887,06	\$ 887,06	\$ 1,00	443,53	\$ 442,53
1	UPS marca POWERWARE MODELO 9155 DE 10KVA.	\$ 6.850,00	\$ 2.283,33	\$ 1,00	\$ 3.425,00	\$ 3.424,00	\$ 7.148,66	\$ 7.148,66	\$ 1,00	3.574,33	\$ 3.573,33
3	Computadores para el monitoreo de la red	\$ 3.399,00	\$ 377,67	\$ 1,00	\$ 1.699,50	\$ 1.698,50	\$ 3.547,20	\$ 3.547,20	\$ 1,00	1.773,60	\$ 1.772,60
2	KVM Keyboard Video & Mouse, 8 puertos	\$ 250,00	\$ 41,67	\$ 1,00	\$ 125,00	\$ 124,00	\$ 260,90	\$ 260,90	\$ 1,00	130,45	\$ 129,45
1	Equipo Aire acondicionado tipo split consola piso techo.	\$ 1.500,00	\$ 150,00	\$ 750,00	\$ 750,00	\$ 0,00	\$ 1.565,40	\$ 782,70	\$ 782,70	806,18	\$ 23,48
1	Oficina con capacidad para 14 ambientes de trabajo	\$ 150.000,00	\$ 7.500,00	\$ 112.500,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 75.000,00	\$ 1,00	125.000,00	\$ 124.999,00
1	UPS marca POWERWARE MODELO 9155 DE 8KVA	\$ 6.650,00	\$ 2.216,67	\$ 1,00	\$ 6.649,00	\$ 6.648,00	\$ 6.939,94	\$ 6.939,94	\$ 1,00	3.469,97	\$ 3.468,97
1	Sala de Reuniones	\$ 2.000,00	\$ 200,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 0,00	\$ 2.087,20	\$ 1.043,60	\$ 1.043,60	1.074,91	\$ 31,31
1	Counter de Información	\$ 2.000,00	\$ 200,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 0,00	\$ 2.087,20	\$ 1.043,60	\$ 1.043,60	1.074,91	\$ 31,31
14	Equipos de Computo para personal	\$ 11.200,00	\$ 266,67	\$ 1,00	\$ 5.600,00	\$ 5.599,00	\$ 11.688,32	\$ 11.688,32	\$ 1,00	5.844,16	\$ 5.843,16
1	Impresora HP laserjet 1100	\$ 225,00	\$ 75,00	\$ 1,00	\$ 112,50	\$ 111,50	\$ 234,81	\$ 234,81	\$ 1,00	117,41	\$ 116,41
1	Impresora Multifunción HP Laserjet 3030	\$ 280,00	\$ 93,33	\$ 1,00	\$ 140,00	\$ 139,00	\$ 292,21	\$ 292,21	\$ 1,00	146,10	\$ 145,10
1	Central Telefónica SIEMENS	\$ 350,00	\$ 116,67	\$ 1,00	\$ 175,00	\$ 174,00	\$ 365,26	\$ 365,26	\$ 1,00	182,63	\$ 181,63
2	Equipos de Fax	\$ 120,00	\$ 6,00	\$ 60,00	\$ 60,00	\$ 0,00	\$ 125,23	\$ 62,62	\$ 62,62	64,49	\$ 1,88
3	Camionetas Doble Cabina	\$ 45.000,00	\$ 3.000,00	\$ 1,00	\$ 22.500,00	\$ 22.499,00	\$ 46.962,00	\$ 46.962,00	\$ 1,00	23.481,00	\$ 23.480,00
	TOTAL	\$ 428.698,05	\$ 46.071,63	\$ 129.539,00	\$ 142.673,03	\$ 125.634,03	\$ 290.849,28	\$ 348.088,26	\$ 17.782,03	270.957,47	253.175,44

Tabla 5-43 Venta de Activos al Quinto y al Final del Proyecto

5.2.12 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En la realización del flujo de fondos expuesto en la Tabla 5-44 se tomaron en cuenta todos los factores antes expuestos en el presente capítulo, como ingresos anuales del ISP, costos de operación, costos de inversión, interés cancelado anualmente al banco, pago de capital, amortización y depreciación de los activos y demás términos ya explicados.

Anteriormente se indicó que la mayoría de los activos de la empresa se venderían en el quinto año de ejecución del proyecto, especialmente los equipos de cómputo y comunicaciones de la red interna del ISP que necesitan ser renovados, debido a que éstos dependen directamente del avance tecnológico.

Para la venta de los activos se consideró el valor de la depreciación, en el caso de los activos completamente depreciados al tercer año, como equipos de cómputo y telecomunicaciones, se ha estipulado por motivo de diseño un precio de venta equivalente al 50% del valor de adquisición. Para los activos con vida útil mayor o igual cinco años, el precio de venta será el valor en libros.

La inversión para la compra de nuevos activos, toma en cuenta la tasa de inflación anual, para efectos de cálculo, se toma como referencia la tasa correspondiente a los primeros meses del año 2006, que es de 4,36%.

En el último año de ejecución del proyecto, se venderán todos los activos de la empresa, el precio de venta será igual al valor en libros más el tres por ciento, en el caso de los activos que tienen más de cinco años de vida útil. Para los equipos de cómputo y telecomunicaciones el precio de venta se establece de la misma forma que en el quinto año.

FLUJO DE FONDOS CON FINANCIAMIENTO

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
+ Ingresos de operación	\$ 5.655.600,36	\$ 5.299.924,77	\$ 5.357.767,00	\$ 5.413.167,30	\$ 5.472.301,02	\$ 5.528.439,60	\$ 5.583.488,28	\$ 5.635.579,64	\$ 5.679.679,66	\$ 5.722.748,95
- Costos de Operación	\$ 3.883.050,84	\$ 3.860.190,84	\$ 3.897.111,02	\$ 3.831.357,14	\$ 3.967.830,16	\$ 4.002.514,36	\$ 4.036.465,09	\$ 4.068.515,44	\$ 4.095.596,41	\$ 4.122.153,38
- Depreciación	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44
- Amortización de activos diferidos	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67
- Pago de Interés por lo créditos										
- Recibidos	\$ 193.898,87	\$ 159.726,67	\$ 121.201,50	\$ 77.768,88	\$ 28.803,69	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Utilidad antes de participación e impuestos	\$ 976.276,54	\$ 677.633,16	\$ 737.080,37	\$ 801.667,17	\$ 873.193,06	\$ 923.551,14	\$ 944.649,09	\$ 964.690,09	\$ 981.709,15	\$ 998.221,46
Participación a trabajadores (15% de la utilidad)	\$ 146.441,48	\$ 101.644,97	\$ 110.562,06	\$ 120.250,08	\$ 130.978,96	\$ 138.532,67	\$ 141.697,36	\$ 144.703,51	\$ 147.256,37	\$ 149.733,22
Utilidad antes de impuestos	\$ 829.835,06	\$ 575.988,19	\$ 626.518,32	\$ 681.417,10	\$ 742.214,10	\$ 785.018,47	\$ 802.951,72	\$ 819.986,58	\$ 834.452,77	\$ 848.488,24
Impuesto a la circulación de capitales (0,8% de los Ingresos totales)	\$ 45.244,80	\$ 42.399,40	\$ 42.862,14	\$ 43.305,34	\$ 43.778,41	\$ 44.227,52	\$ 44.667,91	\$ 45.084,64	\$ 45.437,44	\$ 45.781,99
Utilidad antes del impuesto a la renta	\$ 784.590,26	\$ 533.588,79	\$ 583.656,18	\$ 638.111,76	\$ 698.435,69	\$ 740.790,95	\$ 758.283,82	\$ 774.901,94	\$ 789.015,34	\$ 802.706,25
- Impuesto a la renta (25%)	\$ 196.147,56	\$ 133.397,20	\$ 145.914,05	\$ 159.527,94	\$ 174.608,92	\$ 185.197,74	\$ 189.570,95	\$ 193.725,48	\$ 197.253,83	\$ 200.676,56
Utilidad Neta	\$ 588.442,69	\$ 400.191,59	\$ 437.742,14	\$ 478.583,82	\$ 523.826,77	\$ 555.593,21	\$ 568.712,86	\$ 581.176,45	\$ 591.761,50	\$ 602.029,69
Utilidad en venta de activos (Valor de venta-Valor en libros)					\$ 125.634,03					\$ 253.175,44
Impuesto a la utilidad en venta de libros (25%)					\$ 31.408,51					\$ 63.293,86
+ Ingresos por venta de activos					\$ 142.673,03					\$ 142.673,03
+ Depreciación	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44	\$ 424.542,44
+ Amortización de activos diferidos	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67	\$ 177.831,67
- Costo de Inversión	\$ 1.729.412,27				\$ 290.849,28					
- Capital de trabajo	\$ 17.794,12									
+ Crédito Recibido	\$ 1.729.412,27									
- Pago De Capital	\$ 268.263,50	\$ 302.435,71	\$ 340.960,88	\$ 384.393,49	\$ 433.358,69	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
+ Recuperación de capital de trabajo										
FLUJO DE FONDOS CON FINANCIAMIENTO	\$ 904.759,17	\$ 700.129,98	\$ 699.155,36	\$ 696.564,43	\$ 638.891,44	\$ 1.157.967,32	\$ 1.171.086,97	\$ 1.183.559,56	\$ 1.194.135,61	\$ 1.536.958,40

Tabla 5-44 Flujo de Fondos del Proyecto en Diseño

5.3 ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO

La viabilidad de un proyecto se la puede obtener de diferentes formas, las mismas que se encuentran especificadas en secciones anteriores del presente capítulo.

Para medir la viabilidad del proyecto en diseño se ha tomado como primer indicador de rentabilidad al Valor Presente Neto, relacionado con la tasa de interés pasiva para el mes de marzo del 2006 de 4.61%, dato obtenido de la página Web del Banco Central del Ecuador.

El indicador de valor presente neto se encuentra especificado en la Tabla 5-45

AÑO	FLUJO DE FONDOS CON FINANCIAMIENTO	VALOR PRESENTE NETO DE CADA PERIODO	VALOR PRESENTE NETO
2007	\$ 904.759,17	\$ 864.887,84	\$ 7.545.470,61
2008	\$ 700.129,98	\$ 639.782,38	
2009	\$ 699.155,36	\$ 610.736,80	
2010	\$ 696.564,43	\$ 581.659,04	
2011	\$ 638.891,44	\$ 509.989,30	
2012	\$ 1.157.967,32	\$ 883.602,81	
2013	\$ 1.171.086,97	\$ 854.233,76	
2014	\$ 1.183.550,56	\$ 825.279,77	
2015	\$ 1.194.135,61	\$ 795.966,57	
2016	\$ 1.536.958,40	\$ 979.332,33	

Tabla 5-45 Valor Presente Neto

El segundo factor para verificar la factibilidad financiera de un proyecto es la tasa interna de retorno, que es la tasa de interés a la cual el valor presente neto es cero.

Como se indicó anteriormente para que el proyecto sea atractivo para los inversionistas el TIR debe ser mayor a la tasa de interés con el que se realizó el

cálculo del valor presente neto. La tasa interna de retorno del proyecto se puede visualizar en la Tabla 5-46.

Año	Flujo de Fondos	TIR
Inversión	-\$ 1,729,412.27	47%
2007	\$ 904,759.17	
2008	\$ 700,129.98	
2009	\$ 699,155.36	
2010	\$ 696,564.43	
2011	\$ 787,067.70	
2012	\$ 1,009,791.06	
2013	\$ 1,171,086.97	
2014	\$ 1,183,550.56	
2015	\$ 1,194,135.61	
2016	\$ 1,536,958.40	

Tabla 5-46: Tasa Interna de Retorno

El valor del TIR obtenido del 47% es mucho mayor al 4.61% del interés pasivo utilizado para el cálculo del valor presente neto de \$ 7.545.470,61, este valor del TIR indica que en un año se recupera el 47% de la inversión, por lo cual el capital invertido se recupera en un lapso de 25 meses,

Un proyecto para que se lo considere rentable debe tener un retorno de capital en un período corto, cuando el tiempo de recuperación es menor a los tres años se puede considerar que el proyecto es óptimo y muy llamativo para los inversionistas; observando los datos antes expuestos se puede indicar que el proyecto es muy rentable financieramente y por ende muy atractivo para inversionistas.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Luego de realizar el estudio sobre la tecnología se puede indicar que la misma tiene gran futuro en las telecomunicaciones a nivel mundial, en especial por que utiliza una de las infraestructuras con mayor nivel de penetración como es la red eléctrica, logrando una cobertura mayor a las ofrecidas en la actualidad por diferentes tecnologías, eliminando la necesidad de realizar costosas instalaciones de nuevas redes de acceso.

La tecnología *Broadband PLC* puede alcanzar una penetración muy alta en zonas urbanas, los últimos avances realizados en la tecnología ofrecen altas prestaciones en términos de velocidad de transmisión, retardos, confiabilidad y pérdida de paquetes. Permiten por tanto el uso de aplicaciones exigentes como VoIP, Videoconferencia, juegos en línea, entre otras.

Una vez revisado el proceso de estandarización de la tecnología *Broadband PLC*, se ha encontrado que en los últimos años ha experimentado un gran avance, gracias al impulso de varios organismos incluyendo la Unión Europea, con lo que promete convertirse en uno de los pilares del desarrollo de la sociedad de la información.

Al haber estudiado la difusión que ha tenido la tecnología *PLC* en el Ecuador , la difusión internacional de *Broadband PLC* y los programas de desarrollo en la región con relación a ésta tecnología se puede concluir que el desarrollo de esta sociedad de la información requiere del empuje de los gobiernos, para generar políticas que promuevan la explotación de los recursos de comunicaciones, lo cual traería beneficios a los usuarios y a los proveedores, pues justificaría la implementación de infraestructuras de comunicación con mayores prestaciones.

Una vez estudiado el estado actual de la red de la Empresa Eléctrica Quito S.A. se puede concluir que la red eléctrica actualmente instalada en las subestaciones Iñaquito y Carolina es propicia para la instalación de esta tecnología, pues cumplen con prácticas de instalación estándar, son de edad bastante reciente y cuentan con una alta densidad de usuarios por transformador.

La Empresa Eléctrica Quito S.A. tiene un potencial muy grande al utilizar la infraestructura de la cual ya dispone, la cual incluye la red eléctrica de media y de baja tensión como red de acceso, y, la red de fibra óptica del proyecto SCADA, que permite la conexión a altas velocidades entre las distintas subestaciones de transformación a lo largo de la ciudad de Quito. La combinación de estas dos redes permitiría la provisión de servicios de banda ancha en toda la ciudad de Quito y sus alrededores, con un costo de inversión relativamente bajo por la infraestructura existente, y que permitiría la prestación de nuevos servicios a pequeñas, medianas y grandes organizaciones como los servicios LAN-TO-LAN, telefonía IP, video bajo demanda, entre otros.

El diseño de la red de acceso *Broadband PLC* demuestra la factibilidad técnica para su operación, las altas velocidades alcanzadas en las implementaciones actuales demuestran que se puede ofrecer grandes prestaciones, su limitación principal es la falta de estándares globalmente aceptados y la necesidad de un marco regulatorio.

A partir del estudio de mercado desarrollado se puede concluir que el mercado residencial y comercial en el área de cobertura es muy atractivo principalmente por la alta densidad de usuarios residenciales y comerciales, la inconformidad con la calidad de los servicios actualmente disponibles y la predisposición de los usuarios a aceptar esta tecnología. También se establece las prioridades de los usuarios respecto al servicio; para usuarios residenciales la alta velocidad y el bajo costo, y para usuarios comerciales la alta velocidad, la seguridad de la información y el bajo costo.

A partir del estudio de mercado realizado en el capítulo dos se puede concluir que una parte muy considerable de usuarios que utilizan Internet en el hogar no se encuentran conformes con el servicio ofrecido por su proveedor actual; que el mercado que existe en el área de cobertura es muy atractivo, debido a que casi el 50 % de las empresas registradas en la Superintendencia de Compañías tienen oficinas en dichos sectores y la densidad de población es muy alta; que la tendencia de los usuarios residenciales es contratar un servicio de alta velocidad pero a un bajo costo y de los usuarios comerciales es contratar un servicio que ofrezca alta velocidad, alto nivel de seguridad de sus datos y con precios bajos; que existen un alto porcentaje de personas interesadas en saber más del servicio e incluso contratar el mismo.

La puesta en marcha y operación del presente proyecto presentaría beneficios financieros positivos para la Empresa Eléctrica Quito S.A., se requiere una inversión inicial de \$ 1'729.412,27 y se espera una Tasa Interna de Retorno del 47%, por tanto recuperación de la inversión se realizaría en un plazo de 25 meses. La decisión de la Empresa Eléctrica Quito S.A. de invertir en este proyecto dependerá los réditos que pueda obtener con otras oportunidades de negocio que estén a su alcance.

Con la tecnología *Broadband PLC* puede aportar de forma muy significativa a incrementar la cobertura del servicio de Internet de banda ancha, con un costo razonable que fomentaría el desarrollo de la sociedad de la información en el país.

6.2 RECOMENDACIONES

Una vez estudiadas las diferentes experiencias al implementar la tecnología *Broadband PLC* en otros países, y observar los problemas presentados en la coexistencia con otros servicios que operan en la misma banda de frecuencia, se

ve de mucha importancia que el gobierno a través de los entes reguladores intervenga, para asegurar que los intereses de los nuevos operadores de *Broadband PLC* y los operadores de sistemas afectados sean respetados.

La creación de un ISP con una red de acceso con estas prestaciones permitiría tener aplicaciones de comunicaciones que incrementarían la rentabilidad del proyecto, al explotar con mayor eficiencia los recursos instalados. Se recomienda el estudio de algunas de estas aplicaciones como servicios de telefonía IP, servicios *Lan-to-Lan*, radios por Internet, medición remota del consumo de energía a los usuarios finales, y aplicaciones con sistemas embebidos como sistemas de seguridad y cámaras de vídeo.

Como alternativa para disminuir los altos costos de los enlaces de *uplink* se recomienda realizar estudios que tomen en cuenta acuerdos de conectividad con otros ISPs locales de forma directa o aprovechando infraestructura existente como el NAP de Ecuador, evitando transmitir fuera el tráfico local. Con el crecimiento de la infraestructura de red en Latinoamérica sería inclusive deseable el posicionamiento de las redes de los ISPs ecuatorianos como generadores de contenido para la Internet.

El estudio de la demanda de tráfico de los usuarios residenciales y comerciales es de mucha importancia para el diseño de los enlaces y de los servicios que se pueden ofertar. En este campo hay mucho por incursionar, se recomienda realizar estudios en el tema una vez implementado el ISP, tomando en cuenta un análisis histórico del tráfico con el fin de permitir proyectar a futuro la demanda de los usuarios del servicio.

De forma similar se considera importante estudiar el comportamiento de los usuarios ecuatorianos respecto al Internet y del tráfico que éstos generan, con el fin de contar con información sobre las necesidades de estos usuarios y poder desarrollar aplicaciones y servicios que las satisfagan.

El control de uso de la capacidad del enlace tiene mucha importancia en ambientes de ISPs, pues ayuda a forzar la calidad de servicio ofrecida a los usuarios evitando que algunos de estos usuarios saturen el enlace por períodos prolongados de tiempo. Sin embargo los costos para implementar estos servicios pueden ser prohibitivos, por ello el estudio de distintas alternativas para la implementación de este servicio en nuestro medio sería deseable, por ejemplo basándose en tecnologías *Open Source*.

Se recomienda profundizar en el estudio de las distintas posibilidades que se pueden generar para tener Acuerdos de Nivel de Servicio operador-operador y operador-usuario específicos para las distintas necesidades que en cada caso se pueden presentar y sobre estrategias para determinar costos en función del Nivel de Servicio seleccionado.

En el campo de los Acuerdos de Nivel de Servicio es también importante estudiar las técnicas que se pueden utilizar para que los entes supervisores y los usuarios finales efectúen un control real sobre el cumplimiento de dichos acuerdos limitando la competencia desleal.

En sistemas grandes es deseable contar con métodos probabilísticos más exactos para determinar la calidad de servicio que se puede ofrecer, para ello se recomienda estudiar las alternativas para realizar estos estudios incluyendo herramientas de software que permitan de forma práctica y sencilla considerar los efectos de otros agentes que afectan los parámetros de QoS.

Sería muy deseable realizar un estudio para la implementación de la tecnología *Broadband PLC* de forma masiva a lo largo de toda la ciudad de Quito, en este caso se podría utilizar la subestación Diez Nueva como un segundo centro de operación de red agregando redundancia a la operación de la red.

Se recomienda realizar proyectos que puedan ofrecer cobertura en zonas rurales y en ciudades pequeñas donde otros servicios de banda ancha no están disponibles, considerando las diferencias en las características de las redes eléctricas como el tiempo de vida de las instalaciones, las distancias típicas, la densidad de usuarios y la posibilidad de interferencia con otros servicios.