

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE MATRIZ CUENCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Tesis previa a la obtención del**

**Título de Ingeniero Eléctrico**

*"ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE BANDA ANCHA  
MEDIANTE UNA RED BPL PARA EL CANTÓN LOJA PARROQUIA VILCABAMBA".*

**AUTOR:**

Diego Fernando Guerrero García.

**DIRECTOR:**

Ing. Arturo Peralta S.

Cuenca - Ecuador

2009 - 2010

**El Ing. Arturo G. Peralta Sevilla**

CERTIFICA:

Haber dirigido y revisado adecuadamente cada uno de los capítulos de la Tesis realizada por el estudiante Diego Fernando Guerrero García, y por cumplir con los requisitos necesarios, autorizo su presentación

Cuenca, Junio de 2010

---

Ing. Arturo Peralta Sevilla

# RESPONSABILIDAD

La presente Tesis ha sido desarrollada bajo la absoluta responsabilidad de su autor:

---

Diego Fernando Guerrero García

Cuenca, Junio de 2010

# DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico con mucho cariño a mis familiares y a todas las personas que de una u otra forma me han ayudado a culminar una etapa más de mi formación humana y profesional.

En especial a mis padres, hermanos: Alfredo, Beatriz, Jorge Alfredo, Jack Alberto y Juan Carlos, que siempre me han apoyado y aconsejado. Y a mi novia Elizabeth que ha estado junto a mí en esta etapa tan importante de mi vida.

# AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios, por la vida que me ha dado. A todas las personas que hicieron posible el desarrollo de este trabajo: familiares, amigos, profesores, personal de la EERRSA, quienes con su ayuda y apoyo me permitieron culminar mis estudios.

De igual manera quiero extender mi agradecimiento al Ing. Arturo Peralta, Director de Tesis de mi proyecto ya que con su conocimiento me permitió realizar el presente trabajo de manera acertada hasta su culminación.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

## CAPITULO I: "FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA RED BPL"

1.1 Introducción.....	1
1.2 Definición de la Tecnología BPL.....	5
1.3 Historia.....	6
1.4 Experiencias de Empresas en la Aplicación de la Red BPL.....	10
1.4.1 Endesa.....	10
1.4.1.1 Prueba Piloto de Barcelona.....	11
1.4.1.2 Prueba Piloto de Sevilla.....	11
1.4.1.3 Prueba Tecnológica Masiva en Zaragoza.....	11
1.4.1.4 Prueba Piloto de Santiago de Chile.....	12
1.4.2 Iberdrola.....	12
1.4.2.1 Proyecto Alas.....	13
1.4.2.2 Despliegue Comercial.....	15
1.4.3 Experiencias en Ecuador.....	19
1.4.3.1 Primera Prueba Realizada.....	19
1.4.3.2 Empresa Eléctrica Quito.....	21
1.5 Aplicaciones de la Red BPL y Comparación con Otras Tecnologías.....	22
1.5.1 Aplicaciones de la red BPL.....	23
1.5.1.1 Aplicaciones Internas.....	23
1.5.1.2 Aplicaciones Externas.....	26
1.5.1.3 Aplicaciones Según el Ancho de Banda.....	27
1.5.1.3.1 Banda Angosta.....	27
1.5.1.3.2 Banda Ancha.....	27
1.5.2 Comparación de BPL con Otras Tecnologías.....	28
1.5.2.1 Tecnologías de Acceso.....	28
1.5.2.1.1 Acceso Discado (Dial Up).....	29
1.5.2.1.2 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).....	29
1.5.2.1.3 HFC (Hybrid Fiber/Coax).....	30
1.5.2.1.4 WLL (Wireless Local Loop).....	32

1.5.2.1.5 FTTH (Fiber to the Home)	33
1.5.2.1.6 Comparación de las Tecnologías de Acceso	33
1.5.2.2 Tecnologías Para LAN (Tecnología Dentro De Casa)	34
1.5.2.2.1 Redes Ethernet (IEEE 802.3)	35
1.5.2.2.2 Redes HomePNA	35
1.5.2.2.3 Redes Wireless LAN (IEEE 802.11)	36
1.5.2.2.4 Comparación de las tecnologías para LAN	37

## **CAPITULO II: "CARACTERÍSTICAS DE LA RED"**

2.1 Introducción	40
2.2 Topología De La Red	41
2.2.1 Posición de la Estación Base	44
2.2.2 BPL Sobre Múltiples Redes de Bajo Voltaje	44
2.2.3 Redes con Repetidor y Técnica de Pasarela de Red	45
2.2.4 Estructura de las Redes BPL dentro del Hogar o Negocio	46
2.3 Características De La Red Eléctrica	47
2.3.1 Red De Distribución	48
2.3.2 Nivel de Alto Voltaje	51
2.3.3 Niveles De Medio Y Bajo Voltaje	52
2.3.4 Características Que Presenta La EERSSA	53
2.3.4.1 Control de Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución	54
2.4 Funcionamiento de la Red BPL	58
2.4.1 Funcionamiento de los Equipos BPL en Vilcabamba	60
2.4.1.1 Red de Acceso a Internet	60
2.4.1.2 Funcionamiento desde Media Tensión	61
2.4.2 Internet de Alta Velocidad	63
2.4.2.1 Resultados Obtenidos en las Hosterías	63
2.4.2.2 Resultados Obtenidos en los Cyber	67
2.4.3 Análisis de Resultados	69
2.4.4 Dimensionamiento del Ancho de Banda	71
2.4.4.1 Método por Capacidad del Enlace Contratada	71
2.4.4.2 Método por Historial promedio de Consumo Diario	73
2.5 Equipos	74

2.5.1 Equipo de Cabecera Corinex Medium Voltage Access Gateways.....	75
2.5.2 Repetidores.....	77
2.5.3 Acopladores.....	79
2.5.3.1 Acoplador Capacitivo.....	80
2.5.3.2 Acoplador Inductivo.....	81
2.5.4 Módem de Usuario.....	82
2.5.4.1 Corinex AV 2000 Powerline Ethernet Adapter.....	82
2.5.4.2 Corinex AV 200 Powerline Ethernet Wall Mount.....	84
2.5.5 Instalación en Media Tensión de los Equipos BPL.....	86

### **CAPITULO III: "ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA RED BPL EN LA PARROQUIA VILCABAMBA"**

3.1 Estudio Económico.....	92
3.1.1 Introducción.....	92
3.1.2 Modelos de Servicio.....	93
3.1.2.1 Modelo A: Operador Global BPL.....	93
3.1.2.2 Modelo B: Sociedad de Servicios Compartida.....	94
3.1.2.3 Modelo C: Portador Independiente.....	95
3.1.3 Proyección del Proyecto.....	96
3.1.3.1 Recopilación de Información.....	97
3.1.3.1.1 Densidad de Internet en el Ecuador.....	97
3.1.3.1.2 Estimación de Locales.....	99
3.1.3.2 Modelo Matemático Para la Proyección.....	101
3.1.4 Costos e Ingresos del Proyecto.....	102
3.1.4.1 Costos del Proyecto.....	104
3.1.4.1.1 Costos de Equipos para la Red BPL.....	104
3.1.4.1.2 Costos de Operación.....	105
3.1.4.1.3 Costos de Instalación y Mantenimiento.....	107
3.1.4.1.4 Costos de Logística e Imprevistos.....	108
3.1.4.1.5 Resumen de Costos y Proyección.....	108
3.1.4.2 Ingresos del Proyecto.....	110

3.1.4.2.1 Tarifa Mensual del Proyecto .....	111
3.2 Factores Económicos .....	114
3.2.1 Flujo de Fondos, Beneficio o Utilidad Neta (BN) .....	115
3.2.2 Valor Presente Neto (VPN) .....	115
3.2.3 Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	116
3.2.4 Período de Recuperación del Capital (PRC) .....	117
3.2.5 Rentabilidad .....	118
3.2.6 Evaluación Económica .....	118
3.2.6.1 Modelo A: Operador Global .....	119
3.2.6.2 Modelo B: Sociedad de Servicios Compartida .....	120
3.3 Análisis Regulatorio .....	122
3.3.1 Ley Especial de Telecomunicaciones .....	123
3.3.2 Reglamento para la Ley Especial de Telecomunicaciones .....	124
3.3.3 Reglamento para la Prestación de Servicios de Valor Agregado .....	127
3.4 Interferencias que Ocasiona la Red BPL .....	128

#### **CAPITULO IV: "CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES"**

4.1 Sobre la Tecnología BPL .....	131
4.2 Características y Estado de la Red Eléctrica .....	133
4.3 Equipos a Utilizarse para la Red BPL .....	135
4.4 Conveniencia en Cuanto a Costos .....	137

<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	139
---------------------------	-----

#### **ANEXOS**

Anexo A .....	141
Anexo B .....	142
Anexo C .....	152
Anexo D .....	155



# CAPITULO I

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA RED BPL

### 1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es cada vez más crítica la necesidad de contar con un acceso rápido y conveniente a la información. Tanto las empresas como centros turísticos esperan y exigen contar con capacidades de comunicación de datos y acceso a Internet de alta velocidad y es latente la necesidad de disponer de este servicio en los lugares más lejanos de nuestro territorio.

Las políticas económicas basadas en la oferta y la demanda para cubrir las diferentes necesidades de las personas provocan que se de una amplia brecha digital en la sociedad. La ausencia directa o indirecta de este servicio ha causado efectos positivos y negativos tanto en la concentración política, socio-económica local y mundial, razón por la cual garantizar el acceso universal a las Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones (TICs) adquiere una gran importancia estratégica, y además justifica que cada vez se busquen nuevas alternativas para competir en este complejo y variado sector de las telecomunicaciones.

Una alternativa por la que se está optando es la tecnología de Broadband Power Line (BPL) o Power Line Communication (PLC), la cual utiliza las líneas de energía eléctrica para la transmisión de datos en banda ancha para ambientes tanto locales como comerciales.



Lo interesante de esta nueva tecnología es que no se necesita cablear nuevamente el hogar o negocio que se desee proveer con el servicio ya que los equipos diseñados para este propósito permiten mediante la instalación de un módem en el medidor de energía eléctrica que todo enchufe sea una entrada potencial para el acceso a la información, estos puntos serán especificados en el desarrollo de este proyecto.

Al utilizar las líneas de energía eléctrica para la transmisión de datos se presenta otra gran ventaja ya que el tendido de la red se ha dado en gran magnitud y cubre lugares muy remotos de las diferentes regiones del país, para el caso de nuestro estudio lugares lejanos del sector céntrico de la parroquia Vilcabamba. Lo que permitiría llegar a un mayor número de usuarios, en donde las empresas proveedoras del servicio de banda ancha se ven limitadas por los altos costos de tendido de cable e instalación de sus equipos, y el precio por cobrar al usuario final sería elevado.

Actualmente, la capacidad del canal de una red de distribución típica de niveles de medio y bajo voltaje permite tasas de transmisión de cientos de Mbps, con un rango de frecuencias cercanas a los 20 MHz, lo cual permite una reducción de costos considerable a los usuarios para acceder al servicio de banda ancha.

Las principales beneficiadas con este proyecto serían las empresas tanto generadoras como distribuidoras de energía eléctrica ya que les pertenecen las redes de energía eléctrica, y con la cantidad de abonados que poseen, es lógico pensar que pueden introducirse en el ámbito de las telecomunicaciones de una manera preponderante. Podríamos decir que, en un futuro muy cercano pueden convertir al servicio de banda ancha en un servicio básico más, como en la actualidad varios países lo tienen, por citar algunos Estados Unidos, España, Francia, Alemania, entre otros.

En nuestro país, BPL cada vez es acogida con mayor fuerza y ya se han realizado estudios sobre dicha tecnología y en la actualidad la Empresa Eléctrica Quito ya está brindando el servicio de banda ancha a través de sus líneas, como veremos más adelante. De igual manera, la CentroSur en Azuay se encuentra realizando pruebas de dicha



tecnología para luego poder brindar el servicio masivo residencial en su área de concesión.

A pesar de los puntos positivos que presenta esta tecnología debemos rescatar algunas desventajas, como por ejemplo la frecuencia que utilizan los equipos pueden interferir en las emisoras de radio de onda corta, media y larga que se conocen como bandas de radio amateur ya que estas ocupan un rango desde 9 KHz hasta 20 Mhz. Este sería un gran obstáculo a vencer para poder realizar una implementación ya que se debería procurar que no existan radiaciones electromagnéticas inadmisibles que perturben las comunicaciones mencionadas anteriormente. Otra desventaja es que aún existen problemas en el desarrollo de estándares adecuados y regulaciones globales que permitan un mejor control de las prestaciones que puede ofrecer esta tecnología.

Para enfocarnos directamente en lo que se pretende conseguir con el presente trabajo vamos a poner en consideración las zonas consideradas para el estudio, que en este caso es el sector de la parroquia Vilcabamba, en donde nos enfocaremos exclusivamente en las Hosterías del sector cuyos nombres ponemos en consideración: Hostería Las Lagunas, Hostería de Vilcabamba, El Descanso del Ramses, Agua de Hierro, Ishcayluma, Jardín Escondido, Madre Tierra, El Paraíso, Mandango; también hemos considerado conveniente anexar a este estudio el Parador Turístico de Vilcabamba.

La razón por la que se ha considerado estos puntos de estudio es que los establecimientos se encuentran ubicados en diferentes zonas de la parroquia, con lo cual se obtendrá una cobertura de gran parte de la parroquia, el objetivo de esto es realizar un análisis de los equipos que tendrían que utilizarse a lo largo de toda la red para poder brindar el servicio de banda ancha y obtener algunas conclusiones y sugerencias para una posible expansión de usuarios.

Desafortunadamente en cuanto a bibliografía sobre esta tecnología es escasa, las publicaciones existentes sobre el tema están divididas en documentos científicos o papers y artículos de prensa que hacen referencia al tema. También existen grupos de



trabajo y foros como el PLCforum, el cual apoya la regularización e implementación de esta tecnología. Podemos resaltar otros grupos importantes dedicados a la investigación y desarrollo del PLC como: Universal Powerline Association (UPA), PLC Utilities Alliance (PUA) y HomePlug Alliance.

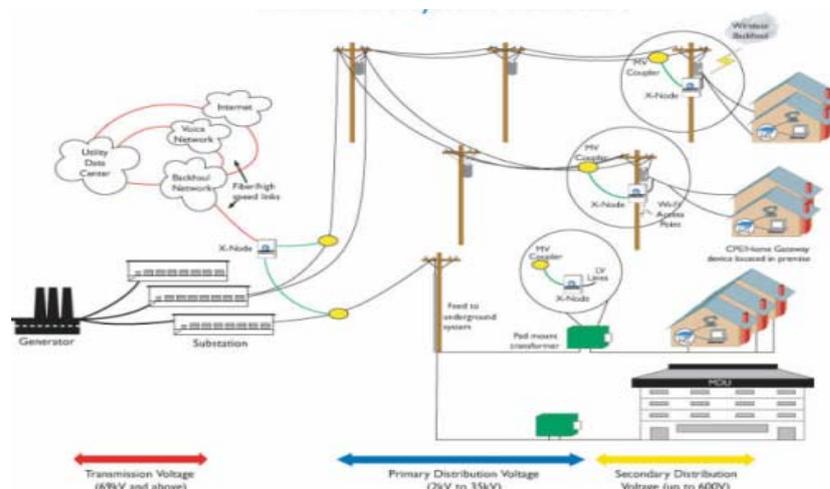
Otro de los objetivos que se quiere alcanzar con este trabajo es el de recopilar la mayor cantidad de información teórica sobre esta tecnología, y a la vez, enfocarla a un proyecto específico analizando en base a la red existente todas las consideraciones pertinentes para su funcionamiento, de forma que se pueda establecer un documento con una considerable fundamentación tanto teórica como técnica, un análisis de costos, que pueda ser dirigido a personas interesadas en el tema o al público en general y brindar un aporte a la Empresa Eléctrica Regional Del Sur S.A. (EERSSA).

## 1.2 DEFINICIÓN DE LA TECNOLOGÍA BPL

El término BPL (Broadband Power Line) es utilizado con mayor frecuencia en Estados Unidos que traducido al español sería Banda Ancha por las Líneas de Poder<sup>1</sup> y es un sinónimo de las siglas PLC (Power Line Communication), "Comunicaciones por la Línea Eléctrica", o también conocido como PLT (Power Line Transmission/ Telecommunications) y DPL (Digital Power Line) como fue nombrada en sus inicios.

La idea en la que se basa esta tecnología es la de utilizar las líneas eléctricas existentes de media y baja tensión para brindar servicios de telecomunicaciones de banda ancha tanto a viviendas como a negocios, pero esta se las realiza a una frecuencia modulada aproximadamente entre 1.6 y 80 MHz, para separar la potencia con los datos. En donde, si conectáramos un PLC módem, que convierte la señal modulada en datos reales, a cualquier tomacorriente de nuestro hogar tendríamos acceso a banda ancha y sus diferentes aplicaciones como son Telefonía, Internet de Alta velocidad, Audio, Video, Domótica, etc. La velocidad asimétrica de transmisión del módem varía en función del fabricante va generalmente desde 256 Kbit/s a 2.7 Mbit/s.

**Gráfico 1.1** Esquema General De Una Red BPL



<sup>1</sup> De aquí en adelante para referirnos a la tecnología utilizada se hará referencia a sus siglas PLC o BPL.



### 1.3 HISTORIA

La transmisión de voz usando una frecuencia portadora inició aproximadamente en 1920, esto debido a que tenían una completa cobertura de la región. Resultaba atractiva la idea de transmitir datos tanto para el monitoreo, y localización de fallas en las redes de alta y media tensión en lugares remotos y de difícil acceso. Las empresas generadoras, distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica han optado por implementar esta tecnología<sup>2</sup>. Ya con esta iniciativa aparecen dos patentes sobre esta patente llamada Power Line.

En 1922 empezó a operar el primer sistema de frecuencia en la portadora (CFS) en las líneas de alta tensión, con un rango de frecuencias de 15 hasta 1500 KHz. En redes de alta tensión se llegaron a distancias de hasta 500 Km usando 10 W de potencia. Primero se realizó pruebas en la aplicación de transmisión de voz, usando modulación digital y decodificación como la que utiliza la tecnología ADSL en servicios de Internet. Y a su vez, era la encargada de realizar operaciones de monitoreo (mediciones de potencia, voltaje, corriente, frecuencia) y control (traslado y aislamiento de fallas), en definitiva, mantener la operatividad de las redes de suministro de potencia. Esta tecnología también tuvo aplicaciones internas como automatizaciones de luces, temperatura, seguridad, entre otros.

Ya en 1930 los sistemas de frecuencia portadora (CFS) operaban tanto para el nivel de media y baja tensión mediante la Señalización de Onda Portadora (RCS). En este punto la transmisión de datos empezó a darse en los rangos de frecuencia de 125 Hz y 3 KHz. Como era de esperarse tenían un ancho de banda limitado de muy pocos bits por segundo y los equipos para la implementación eran relativamente escasos y por ende los existentes en el mercado eran muy costosos.

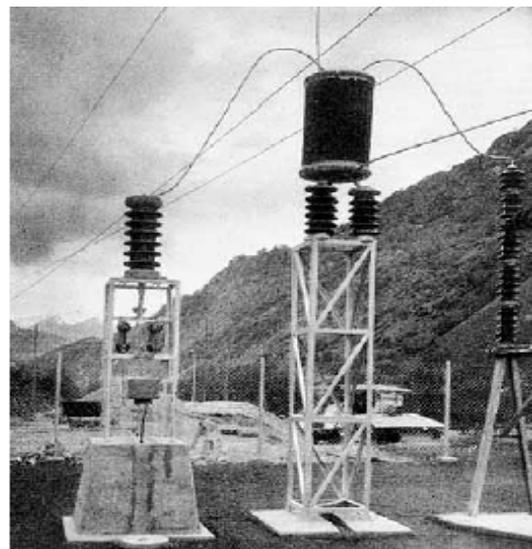
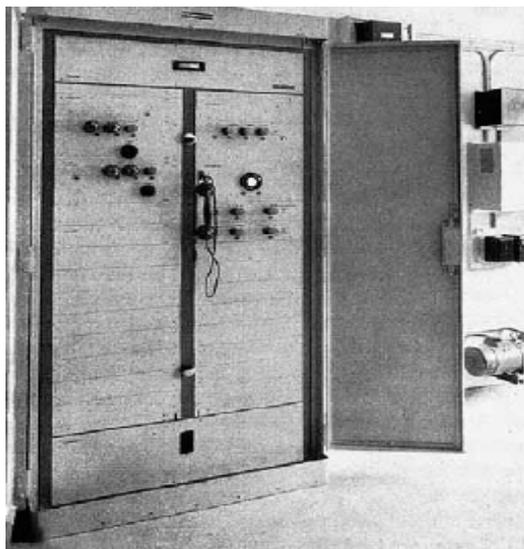
---

<sup>2</sup> En Ecuador existe un enlace PLC entre la central Molino (Guarumales) y el SENASE (Quito)



En 1942 entró en funcionamiento el primer enlace PLC de ABB<sup>3</sup>. Durante los últimos 64 años se han instalado miles de enlaces en más de 120 países, con niveles de tensión de hasta 1.100 kV CA y 500 kV CC, cubriendo una longitud total de más de un millón de kilómetros. Los primeros sistemas PLC usaban válvulas y la información se transmitía en gran medida como en los actuales sistemas de radiotransmisión AM: las formas de onda analógicas (no señales ni bits digitales) se modulan a la frecuencia deseada (por ejemplo, entre 40 y 500 KHz.). La señal sobre las líneas de energía eléctrica aparece dos veces, ya que aparece una copia duplicada de la señal original (doble banda lateral). A principios de los años cincuenta, la banda requerida de frecuencias se redujo a la mitad, eliminando la señal duplicada (banda lateral única, SSB). Esta tecnología SSB se sigue utilizando en los sistemas actuales y en los sistemas de radio de onda corta. A mediados de los años cincuenta, las válvulas fueron sustituidas por transistores de germanio, que fueron reemplazados más tarde, a principios de los sesenta, por transistores de silicio y éstos, a mediados de los setenta, por circuitos integrados<sup>3</sup>.

**Gráfico 1.2** Una de las primeras instalaciones PLC de ABB, hacia 1944, publicada en Brown Boveri Mitteilungen, predecesora de Revista ABB, en enero/febrero de 1944 (figuras 169 y 170)



<sup>3</sup> Fuente: El canto de las líneas eléctricas "La comunicación mantiene el flujo de energía" Stefan Ramseier, Hermann Spiess



El primer intento para transportar datos a través de la energía eléctrica se realizó en 1950, en donde desarrollaron una técnica llamada Ripple Control, su función y objetivo primordial era transportar mensajes de control. Esta técnica consistía en utilizar bajas frecuencias del orden de 100 a 900 Hz, con lo cual se lograba conseguir bajas tasas de bits con varias decenas de Kilowatts. Las circunstancias por las que se tuvo los parámetros anteriormente señalados fueron debido a que no existía una completa cobertura de red telefónica, y además era inapropiado su uso porque una breve interrupción del servicio podría ser peligrosa y resultaba económica solo en cortas distancias. Este sistema dio resultados favorables pero poseía otro inconveniente y era que solo proveía comunicaciones en una sola vía (Unidireccional). Las aplicaciones que tenía esta tecnología era la administración del alumbrado público, control de cargas de voltaje y tarifación.

A inicios de la década de los 80 se obtuvo un ligero aumento en la tasa de bits. En cambio a mediados de esta misma década se empezaron otras investigaciones con el fin de analizar características y propiedades de la red eléctrica como medio de transmisión de datos, razón por la cual las frecuencias de 5 a 500 KHz fueron estudiadas con más detalle. La prioridad a analizarse en ese entonces era los niveles de la relación señal-ruido (SNR) y la atenuación en la red eléctrica.

Basados en estos estudios se logra un amplio desarrollo de tecnologías como es el SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). Este sistema que ya permite la comunicación en dos vías, es decir, Bidireccional fue desarrollado al finalizar los 80 e inicios de los 90. La principal diferencia, fue el uso de frecuencias mucho más altas, esta característica hizo posible las comunicaciones en dos vías, lo cual permitió poseer una mejor idea para lograr una transmisión efectiva mediante las líneas de energía eléctrica.

En 1997, las compañías United Utilities de Canadá y Northern Telecom de Inglaterra, presentaron en el mercado una tecnología llamada Digital Power Line que lograba el acceso a Internet desde la red eléctrica, surgiendo el PLC que a partir de aquí sería comercial.



Para el siguiente año, y gracias a la liberación de los mercados de las telecomunicaciones y de energía, se producen grandes avances en los campos de modulación, codificación y detección de errores. Las compañías Siemens y ENBW logran desarrollar la tecnología PLC usando técnicas de modulación como OFDM, llegando a los 1.2 Mbit/s, lo que permitió el diseño de comunicación de banda ancha sobre las líneas de energía eléctrica. El uso de la tecnología BPL o PLC en la red de baja tensión para proveer el acceso a Internet surgió como una alternativa para los problemas que presentaba ADSL, el cable módem o el acceso inalámbrico.

En 2001 Alemania ofrece PLC comercial, en donde la empresa RWE ofrecía el servicio a unos 20000 abonados, en donde Siemens y Ascom en Suiza se convirtieron en los principales proveedores de esta tecnología en Europa. Lamentablemente en 2002, RWE culminó en brindar sus servicios debido a problemas regulatorios en lo referente a la utilización del espectro.

En cambio, en Estados Unidos dos años después la Federal Commission of Communications (FCC), que es el órgano regulador en dicho país para las telecomunicaciones dio vía libre para el desarrollo de PLC. Este organismo creó reglas para facilitar el uso de dicha tecnología y entregar el servicio de banda ancha tanto a usuarios residenciales como corporativos.

Ya para el 2005, la Unión Europea busca que las empresas implícitas en el campo de las comunicaciones por medio de banda ancha se unan para hacer de la tecnología PLC una alternativa real, los objetivos a alcanzar eran mejorar las prestaciones de sus equipos, y a la vez, reducir costos, de manera que puedan competir con las tecnologías de banda ancha actuales.



## **1.4 EXPERIENCIAS DE EMPRESAS EN LA APLICACIÓN DE LA RED BPL**

A lo largo del desarrollo de esta tecnología se han realizado varias pruebas y experimentado en algunos sectores del mundo como Estados Unidos y en Europa principalmente como es el caso de países como Alemania, Inglaterra, España, Portugal, entre otros, siendo los dos últimos los que mayor avance tecnológico han tenido con respecto a brindar el servicio con tecnología BPL o PLC. En esta oportunidad en lo que se quiere dar énfasis es en las formas en que fueron realizadas dichas pruebas, conclusiones obtenidas, análisis de los equipos suministrados por diferentes compañías fabricantes de los equipos, duración de las mismas, entre otros datos relevantes que se irán describiendo en el desarrollo del mismo.

### **1.4.1 ENDESA**

Esta empresa es una de las más sobresalientes en lo referente a la tecnología PLC en España. El proyecto PLC está promovido por Endesa Net Factory, que es una filial que promociona y desarrolla iniciativas en nuevas tecnologías para aprovechar al máximo las redes y otros activos existentes en la compañía.

El Proyecto de PLC ha probado con éxito dicha tecnología en las experiencias piloto a pequeña escala llevadas a cabo en Barcelona y Sevilla, y más tarde en la Prueba Tecnológica Masiva de Zaragoza, obteniendo una aceptación muy favorable por parte de los usuarios. Paralelamente al desarrollo de la Prueba Tecnológica Masiva, se llevó a cabo otra prueba técnica en Santiago de Chile de similares características a las realizadas en Barcelona y Sevilla, con una duración aproximada de dos años.



#### **1.4.1.1 Prueba Piloto de Barcelona**

Esta prueba piloto tuvo inicio en Octubre del 2000 con una duración de 18 meses, para lograr algunas referencias en su fase experimental la prueba se la realizó con 25 usuarios finales entre particulares y profesionales de Barcelona, las pruebas realizadas se hicieron en base a algunas aplicaciones que brinda la tecnología PLC como: Telefonía sobre Protocolo de Internet (IP) y Acceso a Internet de Alta velocidad. La tecnología a utilizarse fue proporcionada por la empresa Suiza ASCOM, cuyos equipos han logrado alcanzar velocidades de 2 a 3 Mb/s.

#### **1.4.1.2 Prueba Piloto de Sevilla**

Esta experiencia dio comienzo en Enero de 2001 con una duración de 12 meses, de igual manera, que la prueba piloto realizada en Barcelona tuvo como abonados a 25 usuarios de Sevilla. Entre los servicios probados se tuvo el acceso de Internet de alta velocidad y telefonía sobre protocolo de Internet. La diferencia fundamental con respecto a la realizada con anterioridad fueron los equipos a utilizarse ya que estos provenían de una empresa valenciana DS, cuyos equipos superaban en velocidad a los de la empresa Suiza ya que su margen cubría el orden de 6 a 12 Mb/s.

#### **1.4.1.3 Prueba Tecnológica Masiva en Zaragoza**

En busca de conseguir la comercialización en escala se da la prueba masiva cuyo inicio fue en Septiembre de 2001 con una duración de 24 meses, la cobertura alcanzada fue de 2100 usuarios y ofertando los mismos servicios tanto de Internet de alta velocidad llegando aproximadamente a los 20 Mb/s, como la telefonía sobre el protocolo de Internet.



En cinco meses se desplegó una red de telecomunicaciones PLC con una cobertura de 20000 hogares, ofreciendo sus servicios a más de 2100 usuarios. Se conectaron 140 centros de transformación, 85 a través de enlaces PLC de media tensión, y 330 cuartos de contadores.

#### **1.4.1.4 Prueba Piloto de Santiago de Chile**

Tras el éxito de las pruebas realizadas en Barcelona y Sevilla, el Grupo Enersis empresa filial de Endesa en Latinoamérica realizó otra prueba en Santiago de Chile con una duración de dos años, la cobertura en su fase de experimentación fue de 50 usuarios situados en la comuna de Las Condes, mas una sala de pruebas ubicada en Isidro Goyonechea, en la misma jurisdicción. Como es costumbre de la empresa ENDESA los servicios a probar fueron los señalados en las pruebas piloto anteriores. Los equipos utilizados fueron los proporcionados por las compañías valencia en el primer caso DS2, y en el segundo por ASCOM de origen Suizo

#### **1.4.2 IBERDROLA**

Este proyecto fue patrocinado por la Unión Europea con el nombre de "Banda Ancha para todos". Concretamente llamado OPERA, hace énfasis en la importancia de la tecnología PLC para el mercado de banda ancha europeo. Este proyecto consta de 2 etapas y en la primera de ellas constó con un presupuesto de 20 millones de euros. En donde un conjunto de empresas de tecnología, centros de investigación y consultores desarrollaran un estándar Europeo para la tecnología PLC. En donde una de las metas a largo plazo es desarrollar el mercado de banda ancha en Europa y establecer la tecnología PLC como un pilar adicional al ADSL y al Cablemódem.

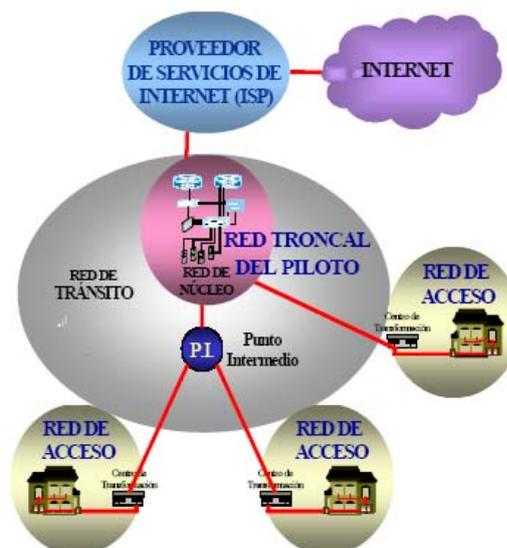
En el caso de España, tenemos que en Octubre de 2003 se realizó una serie de pruebas dirigida por la Dirección de Telecomunicaciones de IBERDROLA (primera empresa

eléctrica en España en comercializar banda ancha usando tecnología PLC) en su red eléctrica, con la colaboración de IBERINCO, previo a la comercialización a gran escala. Esta prueba fue realizada en Madrid con 150 usuarios finales en donde podemos recoger algunos datos relevantes que mencionaremos a continuación.

### 1.4.2.1 Proyecto ALAS

Este consistió en la expansión de una red global de comunicaciones para dar servicio de Internet y telefonía a un determinado número de clientes. Esta red estaba constituida por una red de acceso y una red troncal para acceso al proveedor de servicios de Internet (ISP). En lo referente a la red de acceso estaba basada en la tecnología PLC en la cual constaba la conexión desde la casa del cliente hasta el centro de transformación (CT). En algunos casos también se utilizó la tecnología PLC de MT en la red troncal, para comunicar los centros de transformación con el núcleo de dicha red central. Se experimentó con diferentes tecnologías PLC existentes en ese tiempo a nivel mundial, con el objeto de compararlas y sacar conclusiones sobre rendimiento, fiabilidad y la viabilidad, antes de pasar a una fase comercial.

**Gráfico 1.3** Esquema Red PLC Proyecto Alas.





**Red de Acceso.-** PLC en BT permite comunicar a varios clientes mediante un centro de transformación mediante velocidades superiores al ADSL convencional. En la práctica, no siempre se puede llegar a todos los enchufes como propone la tecnología BPL o PLC, ni dar servicio a todos los clientes de un determinado CT. Por esta razón en las pruebas realizadas se toman medidas previas antes de aprobar a un cliente como: Análisis de diferentes suministradores PLC, instalación, operación y mantenimiento.

De las tecnologías probadas se sacaron algunas conclusiones relativas como por ejemplo las velocidades alcanzadas, diseño de los equipos, planes de ingeniería de despliegue y detalles de instalación y mantenimiento en los CTs, en la centralización de contadores de la casa del cliente y en la vivienda del cliente.

**Red Troncal.-** Esta se encuentra formada por una red de tránsito y una red de núcleo. La red de núcleo está formada por los elementos que proporcionan todos los servicios de red que posibilitan la comunicación de los clientes de una forma segura (elementos de conmutación, firewalling, servidores), y la red de tránsito comunica cada CT con la red de núcleo.

En esta fase se probaron una serie de tecnologías para la red de tránsito como:

- PLC MT.
- Fibra óptica.
- Pares de Cobre.
- Enlaces LMDS.
- Enlaces VSAT.
- Enlaces dedicados SDH.



Sobre la red troncal se sacaron varias conclusiones en la prueba piloto en diferentes aspectos como: facilidad de instalación y puesta en servicio, rendimiento en fase de explotación, escalabilidad, problemas de mantenimiento, costo y anchos de banda necesarios por enlace.

#### **1.4.2.2 Despliegue Comercial**

Al realizar este despliegue comercial, la red de tránsito se divide en células PLC. Las células consisten en la incorporación de varios centros de transformación, por lo general de 10 a 15, conectados entre si por las líneas de media tensión cuyo tráfico se concentra en un CT con conexión a la red troncal.

Con la experiencia adquirida en el despliegue de una red PLC por el grupo IBERDROLA, podemos señalar algunos factores importantes tanto para la red de acceso (PLC BT) como de distribución (PLC MT):

##### **A. Factores que influyen en la señal PLC**

- Características físicas de las líneas eléctricas: longitud, tipo de conductor, cambios de sección, empalmes, entre otros.
- Puntos de inyección de la señal.
- Número de líneas de BT de un CT y número de inmuebles que alimenta una línea de BT.
- Número de conexiones intermedias dentro del cuarto de contadores, por ejemplo: conexiones de motores, maquinaria, ascensores, locales, etc.



- Número de elementos intermedios en la línea de baja tensión entre el CT y el CC, por ejemplo: seccionadores, interruptores, CGPs, etc.
- Contadores eléctricos.
- Distribución eléctrica de la vivienda.
- Equipos electrónicos conectados en el mismo enchufe.

### **B. Despliegue PLC en MT**

- Solicitud de descargos de las líneas de MT.
- Descargos con grupos electrógenos
- Maniobrabilidad en las celdas de MT
- Instalación óptima de los acondicionadores de las líneas eléctricas de MT (acopladores capacitivos) manteniendo distancias de seguridad mínimas entre los cables de fases y de tierra.
- Empalmes en los cables de MT.
- Determinadas combinaciones de celdas y cables de MT.
- Intensidad de los cables de MT.
- Ruidos e interferencias.
- Diferencias en los enlaces con tensión y sin tensión (en descargo).



### **C. Despliegue PLC en BT**

- Espacio disponible en los CTs.
- Documentación existente sobre los CTs y las infraestructuras eléctricas de BT.
- Identificación de líneas de BT (equipo identificador).
- Trabajos en tensión en los CTs, CGPs y, generalmente, en los CCs.
- Empalmes en los cables de BT.
- Acceso limitado (CTs privados).
- Alimentación de equipos en el CT (CTs sin BT).
- Espacio y estado de las CGPs.
- Llaves no homologadas para el acceso a los CCs.
- Cortes de tensión en las fincas implican petición de permisos y avisos previos de corte.
- Ruidos e interferencias.

### **D. Despliegue PLC en casa del cliente**

- Distribución eléctrica no uniforme.
- Equipos electrónicos conectados al mismo enchufe podrían interferir en la señal PLC. Actualmente el acoplamiento va protegido.
- Instalaciones eléctricas deterioradas en algunas viviendas antiguas.



- Enchufes en mal estado o sin conexión eléctrica.
- Ordenadores viejos o mal configurados.
- Sistema Operativo sin los drivers necesarios o cuya versión es inferior a la mínima requerida y el Cliente no dispone del CD del Sistema Operativo.

#### **E. Causas potenciales de retrasos en instalaciones**

- Escasez de documentación de la red de BT y MT.
- Dependencia del personal homologado para realizar trabajos en ciertas instalaciones.
- Escasez de herramientas específicas PLC para evaluar las calidades de las líneas.
- Permisos de las comunidades de propietarios.
- Dependencia de la disponibilidad de los clientes finales.
- Problemas derivados de la topología de la red eléctrica, que provocaban búsqueda de soluciones particulares.
- Retrasos ocasionados en la entrega de material por parte de los suministradores.

Ya en la fase comercial se ofertó esta tecnología a 30000 habitantes de los barrios madrileños de Arroyo Fresno y Ciudad de los Periodistas, y tienen planes de ampliación en función de la demanda que se produzca. Este servicio lo brindan en dos planes: el primero: a una velocidad de 600 Kbps (simétricos) por 39 euros al mes y el segundo de 100 Kbps por 24 euros, sin cuota de instalación y el primer mes gratis.



Además, se ofrecerá a los clientes de distintos barrios de las capitales de Valencia, Castellón y Alicante y a otras zonas de las poblaciones de Chelva, Segorbe y Alcoy, todas en la Comunidad Valenciana. Cumpliendo así un acuerdo firmado con la Generalitat Valenciana (Agosto 2003). Plan de actuaciones: Enero de 2004.

### **1.4.3 Experiencias En Ecuador**

#### **1.4.3.1 Primera Prueba Realizada**

La primera prueba realizada con equipos PLC en Ecuador fue realizada en la ciudad de Guayaquil el 11 de Noviembre de 2005 por un grupo de estudiantes de la ESPOL. El objetivo que se pretendía alcanzar por parte de los mismos era el de ver la factibilidad de instalar los equipos en las redes de media y baja tensión, comprobar su funcionamiento y prestaciones que eran capaces de lograr los equipos usando un proveedor de servicio de Internet (ISP).

Para el efecto, la empresa eléctrica de dicha ciudad (CATEG) les facilito las pruebas en la subestación Garzota, debido a que presentaba características óptimas para el mejor rendimiento de los equipos, en especial los acopladores capacitivos. Con la colaboración de la empresa colombiana Unión Eléctrica de la ciudad de Medellín, en lo referente a soporte técnico y equipos en los que constaban: equipo de cabecera, equipos repetidores, acoples capacitivos y MODEM para el usuario final, se pudo llevar a cabo la primera conexión mediante tecnología PLC.

En lo referente al servidor de Internet para luego inyectarlo a la línea eléctrica contaron con la colaboración de ESPOLTEL, la misma que les brindó una capacidad de 256 Kbps. Esta señal llega de manera inalámbrica desde el sector de Mapasingue a la subestación Garzota.



Se realizaron pruebas básicas para comprobar su funcionamiento entre las cuales tenemos:

- Velocidades promedio de navegación las cuales fueron proporcionadas por una de las páginas de Internet que permiten medir la velocidad de acceso al mismo mediante un test.
- En el sistema operativo DOS se ejecutó el comando ping para verificar la velocidad de respuesta (latencia) que se tenía con la red PLC al acceder al servicio de Internet, esta respuesta fue de 226 ms, este valor se encuentra alrededor del promedio que se tiene en una conexión con cable (fibra óptica) o ADSL, esto significa desde el punto de visto técnico que la red PLC no genera alguna latencia adicional por el hecho de transmitir a través la red eléctrica.
- Tiempo requerido para bajar canciones y videos (sitios que requieren normalmente de banda ancha para poder acceder sin problemas). Reproducción de canciones. En esta prueba se consiguió velocidades de reproducción de 118Kbps.
- Sintonización de emisoras de otros países. Aquí se navegó a velocidades de 64, 96 y 128 Kbps.
- Utilización de la red PLC como medio para realizar una llamada telefónica hacia Colombia. En esta prueba la llamada salió vía Internet por las redes eléctricas de la subestación de Guayaquil y llegó a Colombia a una red de voz VPN (conexión de telefonía IP) administrada por la compañía Unión Eléctrica.

De igual manera, se pudo observar que la red PLC diseñada y puesta en funcionamiento llegó en ciertos momentos a una velocidad cercana a la máxima velocidad de acceso a Internet proporcionada por ESPOLTEL, esto es 256Kbps, sin embargo también podemos observar que en otras pruebas solo se consiguió en promedio solo la mitad de



dicha velocidad; esto se debe a varios factores tales como la velocidad de la página de Internet a las que estamos ingresando, puesto que esto depende del número de usuarios que estén accediendo a la misma en todo el mundo, el número de usuarios que estén compartiendo la conexión de Internet entregada por el ISP, entre otros factores.

### **1.4.3.2 Empresa Eléctrica Quito**

En nuestro país debemos tomar en consideración el proyecto que lleva a cabo la Empresa Eléctrica Quito ya que se consiguió dar paso a esta nueva tecnología y brindar un servicio de banda ancha a través de las líneas de energía eléctrica para su área de concesión.

En sus inicios la Empresa Eléctrica Quito firma un contrato con el consorcio TGB que lo integran las compañías anónimas ecuatorianas Telconet, Gilauco y Brightcell, para que presten los servicios de telecomunicaciones con el nombre de Electronet, que incluye entre otras aplicaciones internet banda ancha, transmisión de voz sobre IP, audio y video streaming, videoconferencias y televisión de alta definición.

En el contrato se estipula que el precio de este servicio debe ser inferior de la media del mercado y que tienen mayor apertura los centros de educación, instituciones de desarrollo social y cultural, entidades de salud pública, turismo y seguridad.

El área de cobertura que posee la empresa Electronet en Pichincha y específicamente en Quito son: Al Norte: Jardines de la Pampa, Urbanización los Sauces, Urbanización La Pampa, Viñas de Pomasqui, Urbanización de la Liga, Urbanización Sol # 1 y Urbanización Sol # 2. Al Sur: Barrio La Atahualpa, Barrio Nuevo, Santa Anita 1 y 2, Los Arrayanes, Cooperativa IESS FUT, Promoción Familiar, Unión y Justicia.

**Gráfico 1.4** Áreas de Cobertura de la Empresa Electronet<sup>4</sup>.



## 1.5 APLICACIONES DE LA RED BPL Y COMPARACIÓN CON OTRAS TECNOLOGÍAS.

Como lo hemos mencionado a lo largo del desarrollo de esta tesis la principal ventaja que presenta esta tecnología es la que no se necesitaría cablear nuevamente tanto las residencias como edificios, sino más bien nos limitaríamos a la instalación de equipos en diferentes sectores de la red. Lo que hace más factible el uso de BPL en diferentes aplicaciones en las que se basa esta tecnología que es la transmisión de datos de alta velocidad.

Una forma de añadir las bondades que nos brinda BPL es su bajo costo en diferentes ámbitos en comparación con otras tecnologías, es por esto que se ha creído conveniente compararlas con otros métodos que se están utilizando actualmente en el mundo para obtener el acceso a banda ancha y que los detallaremos en el desarrollo del presente tema.

<sup>4</sup> Fuente: <http://electronet.net.ec/ServicioalCliente/Cobertura/tabid/146/Default.aspx>



### 1.5.1 Aplicaciones de la Red BPL

Con la tecnología BPL se podrá disfrutar de innovadores servicios de comunicaciones a distancia para el hogar y la oficina, esto debido a su gran ancho de banda y bajo costo. Hoy en día existen varios dispositivos que pueden ser adaptados a esta nueva red.

Para poder diferenciar las aplicaciones de esta tecnología debemos clasificarlas en tres tipos: aplicaciones internas, aplicaciones externas y aplicaciones según el ancho de banda.

#### 1.5.1.1 Aplicaciones Internas

Este tipo de aplicaciones hace referencia a las aplicaciones que se pueden dar en el hogar o negocio, donde podemos utilizar el cableado eléctrico de las mismas tanto para la transmisión de datos o Internet, o en el caso de la Domótica, lectura de contadores, entre otros que detallaremos a continuación.

#### EN LA CASA:

- **Control de hogar:** Domótica es la tecnología que permite a PLC usar el cableado eléctrico doméstico como medio de transmisión de señales. Las tecnologías INSTEON y X10 son los dos estándares de facto más populares empleados para el control del hogar. Esta es una técnica usada en la automatización de hogares para el control remoto de iluminación y de equipos sin necesidad de instalar cableado adicional.

Típicamente, los dispositivos para control de hogar funcionan mediante la modulación de una onda portadora cuya frecuencia oscila entre los 20 y 200 Khz inyectada en el cableado doméstico de energía eléctrica desde el transmisor.



Esta onda portadora es modulada por señales digitales. Cada receptor del sistema de control tiene una dirección única y es gobernado individualmente por las señales enviadas por el transmisor. Estos dispositivos pueden ser enchufados en la toma eléctrica convencional o cableada en forma permanente en su lugar de conexión.

- **Cableado de redes caseras:** La tecnología PLC también puede usarse en la interconexión en red de computadoras caseras y dispositivos periféricos, incluidos aquellos que necesitan conexiones en red, aunque al presente no existen estándares para este tipo de aplicación. Las normas o estándares existentes han sido desarrolladas por diferentes empresas dentro del marco definido por las organizaciones estadounidenses *HomePlug Powerline Alliance* y la *Universal Powerline Association*.
- **Seguridad a distancia:** Alarmas de robo e incendio que protegen la casa conectándola directamente con la central de policía y/o de los bomberos.
- **Internet avanzado:** Permite tener acceso a Internet de Alta Velocidad. Nuevos servicios estarán disponibles gracias al mayor ancho de banda.
- **Mensajería unificada:** La gran competencia reinante en la sociedad actual lleva a la necesidad de estar comunicado e informado en cualquier momento.

Normalmente, el acceso al correo electrónico, mensajes de voz y SMS está disperso, lo que nos puede llevar a situaciones en las que nos es necesario leer el correo y no disponemos de los medios necesarios. La tecnología BPL cubre esta necesidad basados en Telefonía IP. El concepto de mensajería unificada se ve completado y se permite el acceso a los correos electrónicos desde el teléfono y a los mensajes de voz y SMS desde el PC.



- **Televisión, música y radio a la carta:** Se podrá descargar video y sonido desde la Internet. Se tendrá acceso a películas, televisión, programas de radio.
- **TV digital interactiva:** Con la conexión a la televisión digital se podrá realizar comercio electrónico, reservas, entradas, juegos, entretenimiento multimedia e Internet y observar programas en alta definición en HDTV.
- **Telediagnóstico:** Los servicios técnicos de los fabricantes de los electrodomésticos pueden conocer las averías y presupuestar las reparaciones sin tener que desplazarse, ahorrando costos y molestias innecesarias.
- **Teleasistencia:** Posibilita la vigilancia de niños o enfermos a distancia.
- **Telefonía:** Se podrá disponer de un servicio de telefonía sin necesidad de conectar un terminal a la línea telefónica convencional.

### **EN LA OFICINA:**

- **Trabajo en grupo:** Compartir, ver y modificar documentos de forma simultánea por el mismo equipo de trabajo.
- **Redes privadas virtuales (VPN):** Comunicar las oficinas para transmisión privada de voz y datos.
- **PYMES:** No se necesitarán costosas instalaciones de teléfono y líneas de datos para disponer de una red local.
- **Videoconferencia:** Nos permite ver y hablar con clientes a bajo costo, en cualquier punto del planeta.

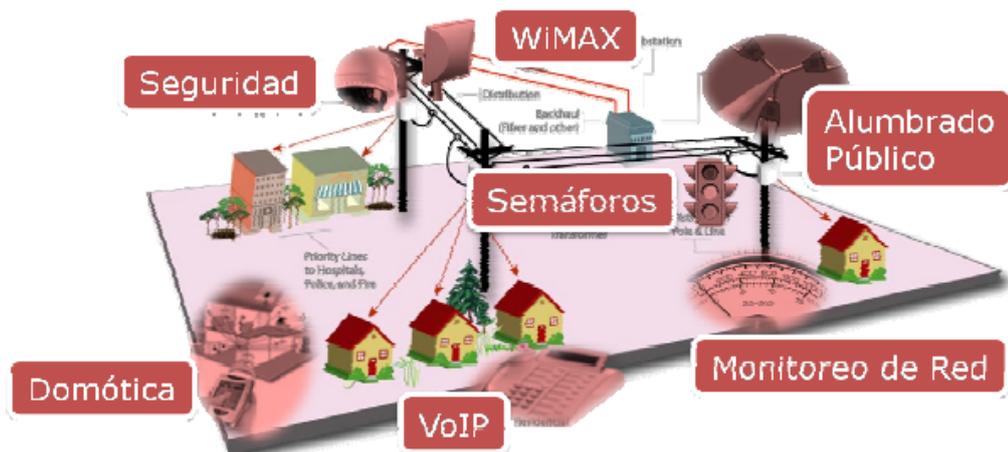


- **Teletrabajo:** Trabajar desde la casa a través de una conexión rápida, económica, segura y permanente

### 1.5.1.2 Aplicaciones Externas

Hace referencia a las comunicaciones en el sector comprendido entre la subestación eléctrica y las redes domésticas. El estándar que utiliza es el ETSI. Para lograr mejores resultados se utiliza condensadores de acoplamiento especiales para conectar transmisores de radio de baja frecuencia a los conductores de corriente alterna. El orden de frecuencias que es utilizado va de 30 a 300 Khz. La transmisión de datos se puede dar en uno o dos conductores de medio voltaje de CA. Lo que se logra con esto es que pueden acoplarse diferentes canales BPL. Lo que nos permitiría la creación de algunas redes como: LAN, MAN, WAN y VPN.

**Gráfico 1.5** Aplicaciones de la Tecnología BPL





### **1.5.1.3 Aplicaciones según el ancho de banda**

#### **1.5.1.3.1 Banda Angosta**

Una parte vital de la aplicación de BPL de banda angosta es la relacionada a la automatización de casas y edificios. Estos entran en el rango de BPL ya que no requieren la instalación de una red de telecomunicaciones adicional. Razón por la cual los costos de instalación de estos equipos en los edificios disminuirían de forma significativa. Entre las tareas que podrían realizarse en los edificios mediante este método podemos citar las siguientes:

- Control de iluminación, calefacción, aire acondicionado, ascensores, etc.
- Control centralizado de edificios como: control de persianas, lámparas, ascensores y control de puertas.
- En seguridad puede colaborar en servicio de vigilancia, interconexión de sensores de emergencia, entre otras funciones.
- Realizar la lectura remota de contadores.

#### **1.5.1.3.2 Banda Ancha**

En banda ancha en cambio, las aplicaciones a las que podemos acceder son aún mayores, esto debido a que las tasas de transmisión de bits son más altas, en la actualidad del orden de más de 2 Mbps. De igual manera, aquí se posee un mayor número de canales con lo que se brindan mayores servicios como: conexión de voz, transmisión de datos a



mayor velocidad, además podemos incluir las tareas señaladas en aplicaciones internas y las anotadas en banda angosta.

Como podemos ver la gama de aplicaciones que podemos darle a esta tecnología son diversas, el inconveniente a vencer sería la creación de equipos más fiables en los que los diferentes ruidos que se provocan en la red no afecten al sistema, y a la vez, la frecuencia a utilizarse no cause interferencia ni algún tipo de inconveniente con las usadas en el caso de los radios de onda corta o sistemas de comunicación que se encuentren dentro del rango de frecuencia.

### **1.5.2 Comparación de BPL con otras tecnologías**

BPL tiene gran aplicación como una tecnología de acceso y como una tecnología para LAN, para compararla con diversas tecnologías es necesario realizarlo por separado: primero se lo puede comparar con tecnologías de acceso y luego con diferentes tecnologías LAN.

#### **1.5.2.1 Tecnologías de Acceso**

El acceso a Internet o a la red de datos es un desafío cada vez más complejo para las diversas compañías, esto debido a que necesitan un canal de transmisión fiable en la "última milla"<sup>5</sup>, capaz de lograr grandes velocidades para poderlos aplicar a diferentes diligencias esenciales para el mejor desempeño de las funciones que realizan.

---

<sup>5</sup> Tramo comprendido desde el poste de energía eléctrica hasta el medidor de luz



En la actualidad se ocupan diversas tecnologías para la transmisión de datos como el par trenzado telefónico, cable coaxial de las redes de televisión por cable, el espacio radioeléctrico (conexiones inalámbricas) y fibra óptica.

#### **1.5.2.1.1 Acceso Discado (Dial-up)**

Es el servicio más convencional que se ha venido dando en los últimos años, el cual emplea una línea telefónica y un módem telefónico para que se dé la conexión a Internet. Esta conexión es limitada ya que se encuentra en los rangos de 56 Kbps de Down Stream y 33.6 Kbps de UpStream, por lo que no se considera un sistema de banda ancha. Aunque en la actualidad se alcanzan velocidades de hasta 16 Mbps.

El problema fundamental que enfrenta esta tecnología es que al emplear la línea telefónica, el costo a pagar por la conexión es la del servicio o proveedor y además el consumo de la línea telefónica misma, la cual se mantendría ocupada en el lapso que el cliente este ocupando el servicio de Internet, lo que no resulta conveniente en empresas y negocios.

#### **1.5.2.1.2 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)**

Esta tecnología es una de las más usadas en la actualidad, los proveedores ofrecen diferentes anchos de banda a sus clientes. Su desempeño se basa en el uso de las líneas telefónicas normales las cuales son transformadas en líneas digitales de alta velocidad aumentando considerablemente la velocidad de conexión a Internet. Con el método ADSL es necesario que se instale un dispositivo llamado splitter, esto con la finalidad de separar la línea normal en tres canales; el uno será utilizado para la conexión telefónica normal, es decir que ya no se perderán las llamadas como era el caso de la tecnología anterior; los otros dos canales serán utilizados en cambio para la transmisión de datos en la conexión a Internet.



Los dos canales de datos son asimétricos, es decir, no tienen la misma velocidad de datos. El canal de recepción de datos tiene mayor velocidad que el de envío de datos. Esto permite alcanzar una mayor velocidad en lo referente a red-usuario, ya que en muchos casos la información recibida por el usuario es mucho mayor que la enviada.

### 1.5.2.1.3 HFC (Hybrid Fiber/Coax)

Este tipo de red por cable combina la fibra óptica y el cable coaxial como soporte para la transmisión de señales. Se compone básicamente de cuatro elementos que son: cabecera, red troncal, red de distribución y bucle de abonados.

*La cabecera:* Es la encargada de gobernar todo el sistema. Su diseño depende de la aplicación en la que vaya a ser utilizada, por ejemplo en el servicio de señales unidireccionales de televisión ya sean estas analógicas o digitales dispone de equipos de recepción de televisión terrenal, vía satélite y microondas, de igual manera posee enlaces con otras cabeceras o estudios de producción.

Las señales analógicas en cambio son enviadas por medio del cable y se multiplexan<sup>6</sup> en frecuencia en una banda de 86 a 606 MHz. Las señales digitales de datos, audio y video de igual forma se multiplexan formando un solo canal llamado MPEG (Motion Picture Expert Group).

Otra función de la cabecera es la de ver el estado de la red y supervisar su correcto funcionamiento. Esto se da debido a que las redes tendidas a lo largo de las ciudades son expuestas a daños o averías, y las empresas consumidoras en cambio exigen el mayor grado de fiabilidad de su proveedor. La cabecera a la vez está encargada en algunos casos de la tarificación y el control de los servicios prestados a sus abonados.

---

<sup>6</sup> Multiplexación tiene por objeto unir varias señales para ser enviadas en un solo canal.



*La red troncal:* Este elemento presenta una red en forma de anillos redundantes de fibra óptica que une a un conjunto de nodos primarios. Esta estructura emplea generalmente tecnología PDH o SDH<sup>7</sup>, que permite construir redes basadas en ATM (Modo de Transferencia Asíncrono). Los nodos primarios alimentan a otros nodos secundarios mediante enlaces punto a punto o mediante anillos. En los nodos secundarios las señales ópticas se transforman en señales eléctricas y se distribuyen a los hogares o negocios de los abonados, es una estructura tipo bus de coaxial.

*La red de distribución:* Su principal función es multiplexar la información, la cual puede originarse de diferentes proveedores de servicios o usuarios, y debe ajustarse al sistema de transporte del bucle de abonado.

Esta red enlaza grandes nodos de conmutación con los nodos de distribución que son los encargados de recolectar o distribuir la información de los usuarios. Los nodos de distribución generalmente están ubicados en las manzanas de las ciudades, brindando la oportunidad de dar servicio a un millar de usuarios. El medio físico de transporte que acopla los nodos de conmutación con los de distribución es la fibra óptica.

El sistema de distribución también está en la capacidad de acoger centros intermedios de almacenamiento digital, los cuales sirven para descongestionar los servidores de información de los proveedores de servicios.

*El Bucle de Abonado:* La misión de este elemento está en realizar la interconexión de los dispositivos del usuario con la cabecera. Las diversas posibilidades de interconexión de los usuarios con la cabecera según la topología pueden ser topologías en estrella, bus, árbol, etc. La más utilizada es la de árbol y ramas ya que son análogas a las usadas en televisión por cable.

---

<sup>7</sup> Jerarquía Digital Plesiócrona y Jerarquía Digital Síncrona



#### 1.5.2.1.4 WLL (Wireless Local Loop)

Este sistema está basado en una central de comunicaciones local, los suscriptores se conectan utilizando tecnología de radio bases en lugar de hacerlo a través de cables. Los servicios de acceso que brinda esta tecnología son basadas en: analógicas o digitales, LMDS, y otros sistemas desarrollados para incrementar las capacidades de interconexión inalámbrica.

Los objetivos que busca cumplir WLL son cuatro:

- Llegar con servicios de telefonía a lugares muy remotos del mundo.
- Proveer servicios avanzados a las áreas de negocios.
- Reemplazar los sistemas cableados en zonas comerciales y residenciales.
- Dar otra alternativa en tecnología de bucle local para mercados nuevos o liberalizados.

De esta manera esta tecnología ofrece ventajas de una instalación y configuración rápida, eliminando así los altos costos asociados con el tendido de cables que ofrecen otras tecnologías.

Wireless Local Loop, también es usado para referirse a sistemas móviles de bajo poder. Estos están basados en microteléfonos de uso dual que son operados a través de estaciones bases de red de la oficina u hogar, las aplicaciones más frecuentes que se dan son en telefonía inalámbrica y a través de la red pública cuando los usuarios están fuera del alcance la estación base matriz.

Los costos en cuanto a infraestructura son menores que los sistemas celulares, esto a causa de que las estaciones base no son tan complejas, sin embargo la movilidad de estos sistemas es limitada ya que las celdas son más pequeñas y limitadas en una área



geográfica específica, es decir, una montaña o edificio puede ser objeto de interferencia para que la señal llegue distorsionada o en el peor de los casos no llegue al usuario final.

#### **1.5.2.1.5 FTTH (Fiber to the Home)**

Se basa en el uso de fibra óptica para la transmisión de datos y permite proporcionar el servicio de banda ancha a la velocidad de la luz. La calidad de transmisión con otras tecnologías muchas veces se ve afectada por factores externos como interferencia eléctrica, ondas electromagnéticas, radiación, entre otros.

En cambio FTTH no sufre ningún tipo de efecto en estos casos ya que los datos son transmitidos por medio de señales de luz a través de un codificador, dichas señales son enviadas a través de un cable que consta de unos pequeños hilos de vidrio y permiten que las señales de luz lleguen a su destino, al otro extremo del cable existe un decodificador encargado de recibir e interpretar la información enviada.

Esta tecnología es una segura solución que elimina los cuellos de botella en la parte de última milla. El ancho de banda, calidad de transmisión, la capacidad de crecimiento y bajo costo de instalación son las claves que ofrece FTTH.

#### **1.5.2.1.6 Comparación de las Tecnologías de Acceso**

Para poder realizar la comparación de las diferentes tecnologías de acceso con BPL se han tomado en cuenta algunas consideraciones como: tipo de línea que la soporta, velocidad de conexión, calidad, distancia máxima a la central, implantación de la tecnología y costos. Se presenta un resumen en la siguiente tabla

**Tabla 1.1** Tecnologías de Acceso

Características	Tipos de conexión					
	Dial Up	ADSL	HFC	WLL	FTTH	BPL
Tipo de línea que la soporta	Par de Cobre (línea telefónica)	Par de Cobre (línea telefónica)	Fibra Óptica - Cable Coaxial	Sin Líneas (Conexión Inalámbrica mediante antena)	Fibra Óptica	Línea Eléctrica
Velocidad de conexión	56 Kbps (subida) 33.6 Mbps (bajada)	1,5 - 2 Mbps 16 - 640 Kbps	1.5 - 4 Mbps 96 - 254 Kbps	8 - 30 Mbps 128 Kbps - 3.5 Gbps	10 – 38 Mbps 128 Kbps –10Mbps	Puede llegar hasta 45 Mbps
Calidad	Media	Alta (Digital)	Media	Media	Alta (Óptico)	Alta
Distancia Máxima la Central	Ninguna	6 Km. Ampliable	20 Km. Ampliable	30 Km. Ampliable	48.3 Km. Ampliable	No hay límite
Implantación de la Tecnología	Completa	Completa con fallos discontinuos	Completa con fallos aislados	En proceso	Completa con fallos aislados	En proceso
Costos	Más económicos	Accesible	Accesible	Accesibles y elevados	Elevados	Accesible

### 1.5.2.2 Tecnologías para LAN (Tecnología dentro de casa)

En la actualidad PLC debe competir con muchas tecnologías para LAN existentes en el mercado como las redes IEEE 802.3 (Ethernet), HomePNA (Home PhoneLine Networking Alliance) e IEEE 802.11 (Wireless LAN).



### **1.5.2.2.1 Redes Ethernet (IEEE 802.3)**

Este tipo de redes es la más común utilizada para LAN. Las variantes más conocidas son las que utilizan cable UTP (Unshielded twisted pair): la Ethernet 10Base-T (con transmisión a 10 Mbps); la Fast Ethernet 100Base-TX (con transmisión a 100 Mbps, también por cable UTP de categoría 5); y hace algunos años es utilizada la Gigabit Ethernet, con velocidades de transmisión de 1 y 10 Gbps.

Con una LAN de este tipo las computadoras necesitan estar equipadas con placas de red o NIC (Network Interface Card), y los elementos necesarios para comunicarlás pueden ser simples (único cable) en el caso de que se conecten solo dos computadoras, pero en la actualidad se requiere una cantidad mayor de computadoras conectadas en red por lo que se hacen más complejas como múltiples requiriendo equipos adicionales como hubs, switches y routers, con sus correspondientes cables y tomas de pared RJ-45 como se da en las redes corporativas.

### **1.5.2.2.2 Redes HomePNA (Home Phoneline Networking Alliance)**

Con respecto a la tecnología anterior, por cuyos cables UTP solo circulan tramas Ethernet, podemos destacar la diferencia principal con las redes HomePNA en donde se aprovecha el cableado telefónico existente para transmitir datos y voz. Para alcanzar este objetivo se emplea un FDM (frequency - division multiplexing), en donde tanto los datos como la voz son transmitidos en diferentes frecuencias por el mismo cable, logrando velocidades de transmisión de 1 Mbps en HPNA 1.0 y 10 Mbps en HPNA 2.0.

Con este tipo de red LAN, cada computadora está equipada con un adaptador que posee una ficha RJ-11, en donde puede ser conectada a la red de la misma forma con la que se conecta un teléfono.



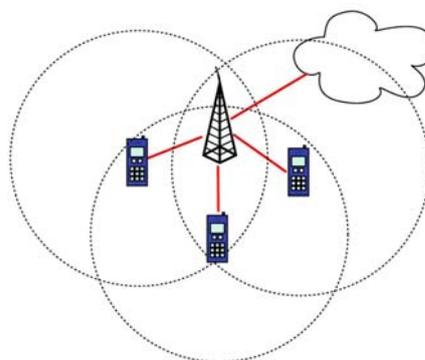
### 1.5.2.2.3 Redes Wireless LAN (IEEE 802.11)

Este tipo de red LAN es usada en el caso que no se desee usar cables para conectar las computadoras, lo más común es utilizar la tecnología inalámbrica Wireless LAN o IEEE 802.11

En este tipo de red las computadoras establecen una comunicación mediante señales de radio, para lo cual deben estar provistas de una placa de red inalámbrica, las computadoras portátiles actuales vienen con el dispositivo instalado, en el caso de ser un ordenador de escritorio existen antenas Wireless con puerto USB que pueden ser instaladas en las mismas. Las normas más usadas para este tipo de red son la IEEE 802.11b con una tasa de transmisión a 11 Mbps, la IEEE 802.11g con tasa de transmisión a 54 Mbps; y la IEEE 802.11n con tasa de transmisión de 300 Mbps. Estas normas ocupan una frecuencia de 2.5 GHz para su funcionamiento

Existen dos métodos para operar estas redes inalámbricas: Infraestructura y Ad-Hoc. El modo de infraestructura se utiliza para conectar equipos con adaptadores de red inalámbricos, también denominados clientes inalámbricos, a una red con cables existente. Se utiliza un nodo de red, denominado punto de acceso inalámbrico (PA), como puente entre las redes con cables e inalámbricas.

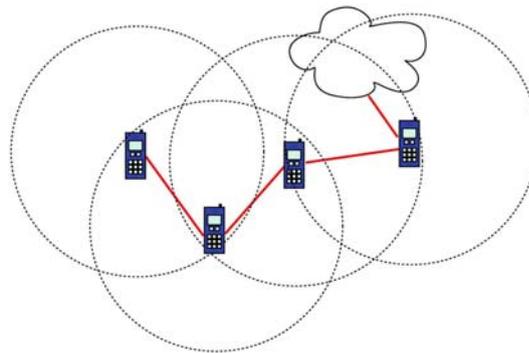
**Gráfico 1.6** Red Infraestructura





Una red Ad-Hoc en cambio, es un tipo de red formada por un grupo de nodos o hosts móviles y que forman una red temporal sin la ayuda de ninguna infraestructura externa. Para que esto se pueda llevar a la práctica es necesario que los nodos se puedan ayudar mutuamente para conseguir un objetivo común, en el que cualquier paquete llegue a su destino aunque el destinatario no sea accesible directamente desde el origen. El protocolo de encaminamiento es el responsable de descubrir las rutas entre los nodos para hacer posible la comunicación. Es decir, cada ordenador realiza las funciones de origen, destino y encaminador, adicionalmente una de estas puede ser la que provea el acceso a Internet, como lo ilustramos en el siguiente gráfico.

**Gráfico 1.7** Red Ad-Hoc



#### 1.5.2.2.4 Comparación de las tecnologías para LAN

En el siguiente cuadro se realiza una comparación de las principales características de las tecnologías para LAN mencionadas anteriormente:

**Tabla 1.2** Tecnologías para LAN

	<b>Máxima Velocidad de Transmisión</b>	<b>Ejemplo de adaptador para PC</b>	<b>Requiere Hardware Adicional para conectar más de 2 PC</b>	<b>Requiere Instalar Cableado</b>
<b>Ethernet 802.3 (10Base-T)</b>	10 Mbps	3ComEtherLink 10PCI TPC (3C900B-TPC)	Si Hub(s) o switch (es)	Si (UTP)
<b>Ethernet 802.3u (100Base-TX)</b>	100 Mbps	NetGear FA311	Si Hub(s) o switch (es)	Si (UTP categoría 5)
<b>Ethernet 802.3z (1000Base-T)</b>	1000 Mbps	Trendware TEG-PCITXR	Si Hub(s) o switch (es)	Si (UTP categoría 5)
<b>HPNA 2.0</b>	10 Mbps	EZ Connect SMC2821USB	No	No (aprovecha el cable telefónico)
<b>Wireless 802.11b</b>	11 Mbps	Intel Xterasys XN-2511B	No	No (es inalámbrica)
<b>Wireless 802.11g</b>	54 Mbps	Trendware (TEW-423PI)	No	No (es inalámbrica)
<b>HomePlug 1.0</b>	14 Mbps	NetGear Powerline XA601	No	No (aprovecha el cable de la red eléctrica)

Basándonos de la tabla anterior, Ethernet por su mayor velocidad sigue siendo una elección para una LAN corporativa principalmente la Gigabit Ethernet. En casos residenciales se plantean otro tipo de exigencias por lo que la disposición de Ethernet no es estética para ser instalada, en este caso, se recurren a otras alternativas como puede ser la tecnología BPL o conexiones inalámbricas.



La tecnología menos favorable es HPNA 2.0, debido a que tiene un reducido ancho de banda, adicional a esto es que debe disponerse una toma telefónica cercana a cada computadora de la LAN.

En cambio HomePlug 1.0 aprovecha la misma toma eléctrica donde se enchufa la computadora, mientras que la tecnología inalámbrica se encuentra limitada por la distancia entre las computadoras, y no por la existencia de tomas. Por ello la opción más recomendable sería una red inalámbrica en el caso de hogares, pero el inconveniente que presenta es que se necesita una clara línea de vista con la antena de acceso, y además los costos de implantación de esta infraestructura para ampliar la red son elevados.

Sin embargo, HomePlug 1.0 permite que haya conectados a la LAN otros dispositivos además de las computadoras, con lo que se ofrece más aplicaciones y al menor costo que cualquiera de las otras tecnologías, por lo que la implementación de la domótica es ideal en este caso.



# CAPITULO II

## CARACTERÍSTICAS DE LA RED

### 2.1 INTRODUCCIÓN

Debido a que la tecnología BPL está basada en las líneas eléctricas resulta apropiado dar una idea global sobre el sistema de distribución eléctrico, analizando su topología y características que presenta.

En este capítulo se va a dar un mayor énfasis a lo referente al estado actual de la red eléctrica de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. específicamente al sector de la parroquia de Vilcabamba objeto de estudio en este proyecto, dando especificaciones técnicas como niveles de tensión, corriente, frecuencia, número de alimentadoras dentro de la subestación eléctrica para una futura ampliación del sistema.

De igual manera, ver el enlace más conveniente a realizarse para poder brindar el servicio de banda ancha a las hosterías del sector, para el efecto y aunque aún no se encuentra actualmente instalada, se cuenta con los cables de fibra óptica en las subestaciones de Loja que podrían facilitar la implementación, estas serán objeto de estudio más adelante.

Conocida la topología de la red eléctrica y características de la misma, se puede dar una idea del funcionamiento de la red BPL en la cual consta los equipos que pueden ser instalados para lograr brindar el servicio de banda ancha, de manera que funcionen con la mayor fiabilidad y sin intervenir en la calidad del servicio de energía eléctrica.



## 2.2 TOPOLOGÍA DE LA RED<sup>1</sup>

Como hemos señalado anteriormente, el objeto de estudio del presente trabajo es la parroquia de Vilcabamba la cual posee una subestación cuyo nombre es igual al de dicha parroquia, ésta es alimentada con una línea de media tensión de 69 KV la cual se encuentra interconectada con la subestación Sur ubicada en la ciudad de Loja, es importante mencionar que en esta subestación se tiene prevista la instalación de fibra óptica, la cual puede ser ocupada para ser el "servidor" o backbone requerido por la tecnología BPL.

La subestación Vilcabamba cumple la función de servir como alimentador primario de la línea de 69 KV que pasa al sector de Palanda, Zumba y Valladolid. Además provee el servicio de energía eléctrica a las parroquias de Vilcabamba, Malacatos y Rumishitana, teniendo la mayor demanda en el sector de Vilcabamba ya que posee un mayor número de habitantes y tiene mayor actividad turística.

**Gráfico 2.1** Subestación Vilcabamba



<sup>1</sup> Ver **Anexo A**: Plano de Distribución Eléctrica de la Parroquia Vilcabamba

**Gráfico 2.2** Alimentadores provenientes de la Subestación Sur



**Gráfico 2.3** Paso de la Línea de 69 KV a Palanda, Zumba y Valladolid





Los transformadores usados en la red de distribución, son alimentados con la línea de 13.8 KV a lo largo de toda la red. La potencia utilizada en la mayoría de los casos es de 10 KVA cubriendo una demanda de hasta 10 abonados en el área rural, aunque en algunos sectores existen transformadores de 5 y 25 KVA. En el caso particular de las hosterías del sector, la mayoría cuenta con un transformador propio.

**Gráfico 2.4** Salida de la Línea de Distribución de 13.8 KV a Vilcabamba



La acometida según las normas de diseño que rigen en la EERSSA no debe sobrepasar los 100 m medidos desde el transformador hasta el medidor del usuario final.



La red de distribución en su plenitud se encuentra en óptimas condiciones y los niveles de voltaje y corriente que se manejan son óptimos para el empleo de la tecnología BPL.

La topología que se emplea comúnmente en el diseño de las redes eléctricas es la de tipo árbol<sup>2</sup>, y es semejante a la utilizada en la región americana.

### **2.2.1 Posición de la Estación Base**

Las redes de distribución de bajo voltaje están conectadas a las redes de media tensión a través de un transformador. Las redes de acceso BPL son conectadas a la red troncal de comunicaciones (WAN) a través de una estación base usualmente colocada junto a la estación de transformación (subestación).

Para lograr la cobertura total de la red de distribución de bajo voltaje, o para incluir parte de la red se realiza una segmentación de la red en la que es posible reducir el número de usuarios por sistema BPL y por longitud de red, dividiendo la red de bajo voltaje en varias partes, haciendo posible que un sistema BPL pueda trabajar solamente en una sección de la red. En este caso varios sistemas BPL pueden trabajar simultáneamente en una red de bajo voltaje. Cada sección tiene su propia estación base que brinda conectividad a los usuarios bajo su cobertura.

### **2.2.2 BPL Sobre Múltiples Redes de Bajo Voltaje**

Las redes de distribución de bajo voltaje son interconectadas frecuentemente, asegurando de esta forma redundancia en el sistema de distribución ante posibles

---

<sup>2</sup> La topología jerárquica también se denomina red vertical o red en árbol. La palabra árbol es utilizada, ya que la topología recuerda físicamente a un árbol. La raíz sería el nodo principal y las ramas los nodos secundarios.



fallas. Bajo condiciones de funcionamiento normales, no existe corriente fluyendo entre dos redes de bajo voltaje vecinas. Por otro lado, los puntos de interconexión diseñados pueden fácilmente ser equipados para asegurar transmisiones de señales de alta frecuencia usadas en comunicaciones. En consecuencia, una red BPL puede diseñarse de forma tal que incluya múltiples redes de bajo voltaje, y en este caso una estación base conecta a los suscriptores BPL de todas las redes de baja tensión interconectadas a la red troncal.

De esta forma, una red de acceso BPL puede servir una gran área con suscriptores de diferentes redes de bajo voltaje. Sin embargo, la capacidad de la red es limitada por lo que debe mantenerse un equilibrio en el número de usuarios BPL, de esa manera se logra conservar los requerimientos de calidad de servicios de la red.

### **2.2.3 Redes con Repetidor y Técnica de Pasarela de Red**

La distancia que puede ser abarcada por una red de acceso BPL asegurando una tasa de datos razonable, depende de la potencia de la señal inyectada. Por otro lado, una señal con potencia mayor produce radiación electromagnética significativa en el ambiente de red BPL. Por lo tanto, redes BPL que cubren grandes distancias pueden ofrecer tasas de datos reducidas; sin embargo, es posible diseñar y construir redes BPL que cubran grandes distancias y aseguren tasas de transmisión de datos altas usando repetidores estratégicamente ubicados.

Partes lejanas de las redes de comunicaciones son conectadas a la estación base a través de dispositivos de regeneración (repetidores) de la señal que permiten alcanzar otros segmentos de red conservando las prestaciones de velocidad y fiabilidad. Los repetidores operan de forma bidireccional y utilizan diferentes frecuencias o diferentes espacios de tiempo en segmentos de red cercanos. Si es necesario, los suscriptores pueden estar conectados a la estación base a través de múltiples repetidores. Debido al hecho de que los repetidores únicamente pasan la señal



regenerada hacia adelante, sin realizar ningún otro tipo de función como por ejemplo de enrutamiento, la topología de la red no se ve afectada.

En conformidad con lo anterior, una red de acceso BPL puede ser dividida en subredes utilizando pasarelas de red (gateways). En este caso, cada gateway controla una red BPL y se encarga de la conexión con la estación base. Por lo tanto, a diferencia de los repetidores, los gateways no solamente pasan la señal regenerada hacia adelante, sino que también controla la gestión de las subredes.

Generalmente, el número de repetidores y gateways en una red BPL puede ser arbitrario y está en función del diseño; sin embargo un factor limitante para la realización de numerosos segmentos de red dentro de la red de acceso BPL es la interferencia entre segmentos vecinos. Por lo tanto, un espectro mayor de frecuencia debe ser usado y dividido entre cada segmento de red, lo cual conlleva a la reducción de la capacidad común de la red, y como es obvio a reducir las tasas de transferencia de datos entre los usuarios de la red troncal.

#### **2.2.4 Estructura de las Redes BPL Dentro del Hogar o Negocio**

Existen tres posibilidades de diseño de redes BPL dentro del hogar o negocio:

- La instalación eléctrica dentro del hogar es usada como una extensión simple dentro del medio de transmisión BPL provisto por la red de distribución de baja tensión
- Una red BPL dentro del hogar o negocio es conectada a través de un gateway (pasarela de red) a una red de acceso, que no necesariamente puede ser BPL, sino cualquier otra tecnología como xDSL.
- Una red BPL dentro del hogar o negocio funciona de forma independiente.

En el primer caso, la señal transmitida a través de la red de distribución no termina en el contador de energía (medidor) y se distribuye a través de todo el inmueble. Las redes BPL del inmueble pueden ser también conectadas a través de un gateway a



cualquier red de acceso, por lo que en este caso el gateway actúa como usuario para la red de acceso principal y como estación base para la red BPL interna. Las redes internas independientes incluyen una estación base que incorpora las funciones necesarias para la gestión de toda la red BPL.

### **2.3 CARACTERÍSTICAS DE LA RED ELÉCTRICA**

Como es conocido, la energía eléctrica llega a los usuarios en forma de corriente alterna de baja frecuencia a 60 Hz, las portadoras que emplea BPL se encuentran en la banda de 1 hasta 34 MHz. La técnica en modulación que emplea la tecnología BPL es similar a ADSL, ya que ambas usan OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) para la transmisión de datos, siendo este tipo de modulación más inmune a diferentes interferencias que presentan las líneas eléctricas, logrando así un mayor rendimiento y eficiencia espectral.

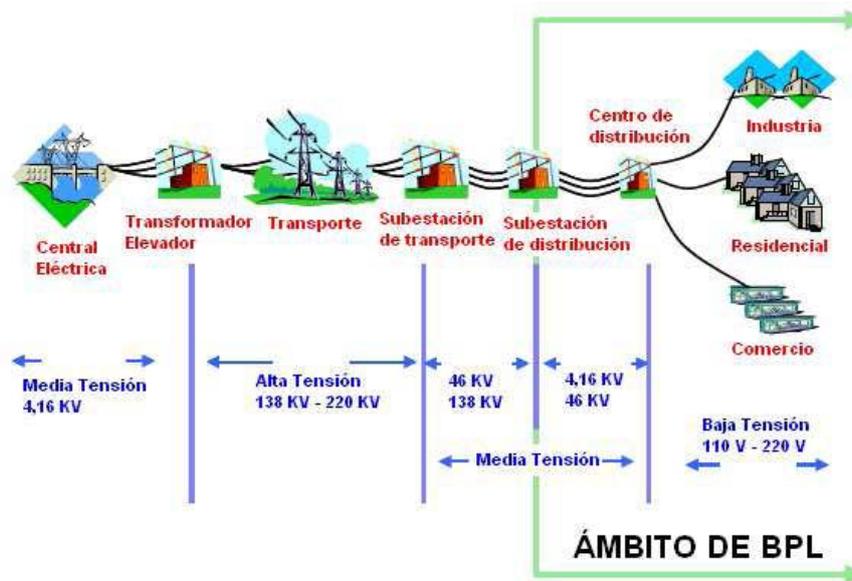
La red eléctrica puede dividirse en algunos tramos, desde la generación hasta el usuario final, como lo detallamos a continuación:

- El primer tramo de media tensión (4.16 KV), que va desde la central generadora de energía hasta el primer transformador elevador.
- El segundo tramo de alta tensión (138 KV a 220 KV), conduce la energía hasta la subestación de transporte, se maneja elevados voltajes para disminuir las pérdidas de energía.
- Continúa la red con otro tramo de media tensión (46 KV a 138 KV), la cual va desde la subestación de transporte hasta la subestación de distribución.
- Tenemos un último tramo de media tensión (4.16 KV a 46 KV), comprendido entre la subestación de distribución hasta el centro de distribución.



- Tramo de baja tensión (110 V a 220 V), el cual es distribuido dentro de los centros urbanos para uso doméstico, industrial o comercial.

**Gráfico 2.5** Red Eléctrica y BPL<sup>3</sup>



### 2.3.1 Red De Distribución

Esta red interconecta múltiples redes o usuarios dispersos con la red de backbone, en el caso de BPL, la red de distribución interconectará el equipo cabecera que brindará el servicio a la red de baja tensión.

En cambio, la red de media tensión para la transmisión de datos es una opción que ofrece BPL a los actuales anillos metropolitanos, con esto se da un mayor alcance para brindar el servicio a los usuarios que se encuentren en lugares más alejados de la zona urbana o en donde no sea rentable instalar fibra óptica para poder llegar a los transformadores de baja tensión.

La alternativa BPL en media tensión tiene como principales ventajas:

- No requiere obra civil para su implementación

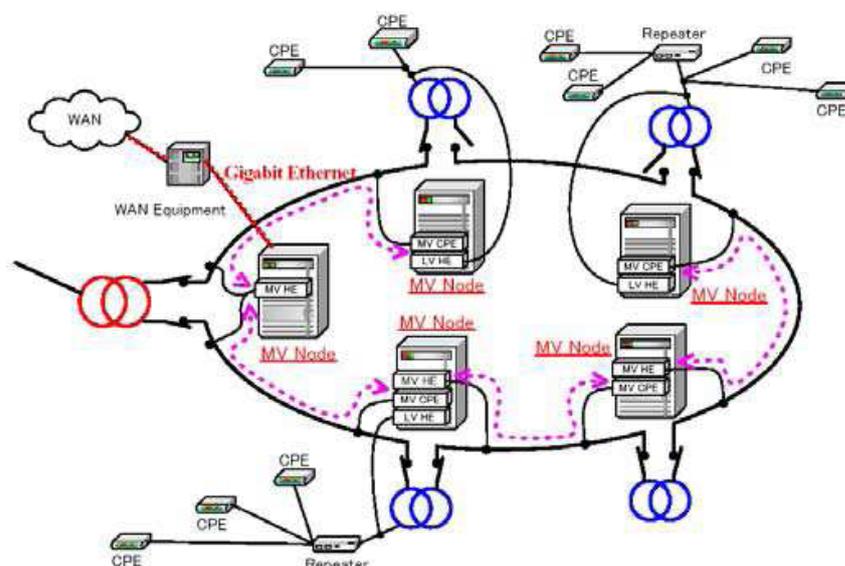
<sup>3</sup> Fuente: [www.tecnocom.biz/docs/plctecnocom.pdf](http://www.tecnocom.biz/docs/plctecnocom.pdf)



- Rápida instalación y bajos costos en la misma.
- Alta escalabilidad.

Para media tensión, los equipos a utilizarse para la tecnología BPL son los mismos que en baja tensión, solo que estos son adaptados para mejorar su rendimiento, fiabilidad y latencia.

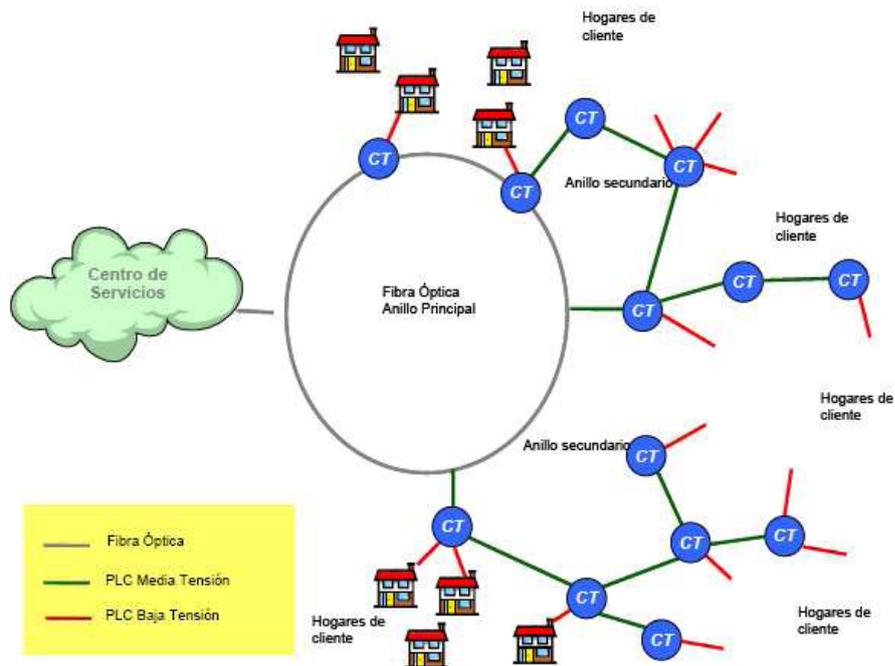
**Gráfico 2.6** Red De Distribución De Media Tensión.



Dependiendo de la situación de la red, un nodo de media tensión puede ejecutar diferentes funciones, tales como de cabecera, de repetidor o de equipo final para la red de media tensión y tener o no derivaciones actuando como equipo de cabecera de la misma.

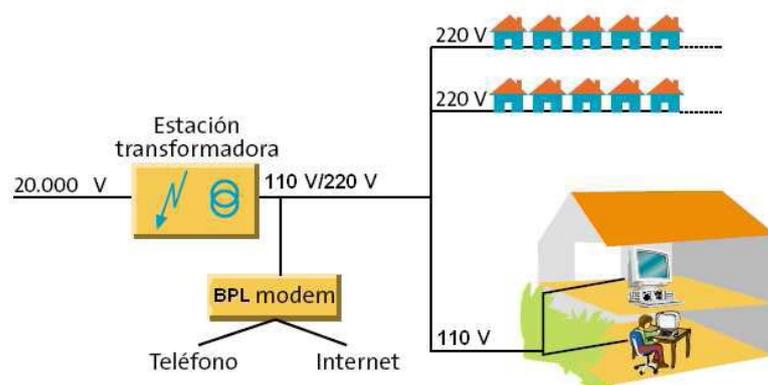
El diseño de la red de distribución normalmente será una combinación de la tecnología BPL de media tensión con otras tecnologías usadas comúnmente en anillos metropolitanos como SDH (Synchronous Digital Hierarchy - Jerarquía Digital Sincrónica) y DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing - Multiplexación por División de Onda Densa).

**Gráfico 2.7** Red De Distribución con BPL de Media Tensión y Fibra Óptica.



En la red de bajo voltaje los datos son introducidos en la estación del transformador, y ésta a su vez es distribuida a los usuarios conectados al mismo, tiene por función procesar los datos, es decir, es la estación base destino. El alcance de transmisión de estos equipos es de 300 a 500 metros, por lo que resulta necesaria la instalación de repetidores para cubrir mayores distancias.

**Gráfico 2.8** Red De Distribución de Baja Tensión.



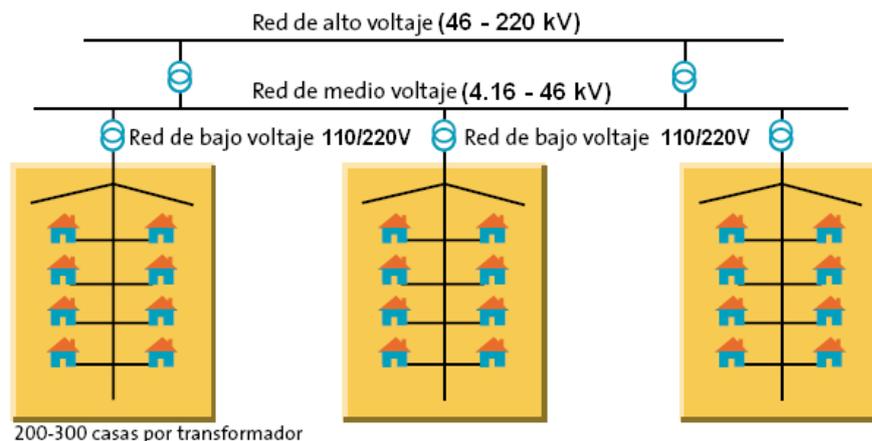


En un sistema BPL podemos diferenciar tres niveles de energía:

- Nivel de alto voltaje, de 46 KV y 220 KV.
- Nivel de medio voltaje, de 4.16 KV y 46 KV.
- Nivel de bajo voltaje, con valores menores a 0.4 KV.

Los distintos niveles de voltaje se encuentran interconectados por transformadores, diseñados de tal manera que las pérdidas sean lo más bajas posibles y trabajen a una frecuencia de 50 o 60 Hz.

**Gráfico 2.9** Niveles de Voltaje



### 2.3.2 Nivel de Alto Voltaje

El nivel de alto voltaje es utilizado para transportar la energía eléctrica a grandes distancias, desde la estación de generación hasta el consumidor.

La topología típica utilizada en la red de alto voltaje es implementada en tres fases, por lo que se emplea de forma óptima los conductores, con un bajo costo de inversión. La construcción de estos sistemas es de tres fases simétrica, es decir:



- Emplean tres voltajes a la misma amplitud, pero desfasados  $120^\circ$  el uno con el otro.
- Se pueden construir las líneas simétricamente, usando el mismo material, con la misma forma geométrica y colocando los conductores en un triángulo equilátero a la misma distancia desde tierra.
- Se intentará colocar la misma carga en los tres conductores.

Si en el nivel de alto voltaje se logra tener un sistema simétrico, no existe mayor diferencia entre la transmisión de datos a altas frecuencias y la transmisión de energía de alto voltaje a 50 o 60 Hz, las consideraciones que se deben tomar muy en cuenta en cambio, serían las propiedades de las líneas a diferentes frecuencias, como las pérdidas a lo largo de las líneas, ya que estas se incrementan de manera que las frecuencias son altas.

### **2.3.3 Niveles De Medio Y Bajo Voltaje**

Las redes de medio y bajo voltaje son construidas con líneas aéreas o líneas subterráneas, dependiendo de la zona en donde se encuentre el tendido eléctrico. Como por ejemplo en zonas céntricas de la ciudad se opta por realizar tendido subterráneo, esto se lo realiza más por estética. En cambio, las líneas aéreas son comúnmente las más utilizadas debido a que sus costos de instalación son menores que las subterráneas.

El nivel de medio voltaje en líneas aéreas tiene voltajes nominales de 110 KV, y los valores típicos oscilan de 10 KV - 20 KV. Dichas redes de medio voltaje sobre líneas aéreas son las encargadas de prestar el servicio en zonas rurales, pequeños pueblos e industrias individuales o plantas. La longitud de estas líneas está entre 5 y 25 Km.



Los conductores de medio voltaje ocupan una sección pequeña de máximo 95 mm<sup>2</sup> en aluminio y 15 mm<sup>2</sup> en acero.

Para los niveles de bajo voltaje, las líneas aéreas se aplican a pequeños pueblos y a zonas con construcciones antiguas, en donde la instalación subterránea es complicada debido a los costos que provocaría esta implementación.

### 2.3.4 Características Que Presenta La EERSSA<sup>4</sup>

En el sistema de distribución eléctrica se dan tres distintos niveles para transportar electricidad entre los cuales tenemos: el nivel de alto voltaje que va de 110 - 380 KV, el nivel de medio voltaje comprendido entre 10 - 30 KV, y por último el nivel de bajo voltaje que es menor a 0.6 KV, cada uno de estos está adaptado para cubrir determinadas distancias.

Los diferentes niveles de voltaje son interconectados a través de transformadores, diseñados de manera que se produzca la menor cantidad de pérdida de energía a una frecuencia de 60 Hz. Dichos transformadores son obstáculos naturales en lo referente a la transmisión de datos.

Las características generales que presenta la EERSSA son las siguientes en el nivel de alta tensión mantiene toda su área de concesión en un nivel de tensión de 69 KV, destinados específicamente al sistema de subtransmisión.

Para el nivel de media tensión se tiene dos niveles de tensión los cuales están definidos en dos zonas:

- **Zona de Loja:** La cual corresponde a toda la provincia de Loja en la cual el sistema de distribución opera a una tensión de 13.8/7.962 KV.

---

<sup>4</sup> Fuente: "Normas Técnicas Para El Diseño De Redes Eléctricas Urbanas Y Rurales", EERSSA, Julio 2006.



- **Zona Oriental:** En este sector corresponde la provincia de Zamora Chinchipe y el cantón Gualaquiza, en esta zona la tensión que brinda la empresa en el sistema de distribución es de 22/12.7 KV.

Para el nivel de baja tensión se dan tres servicios monofásico, monofásico a tres hilos o trifásico.

- Sistemas Monofásicos de distribución 240/120 V.
- Sistemas trifásicos de distribución 220/127 V ó 208/120 V.
- Otras tensiones solicitadas en sistemas industriales serán servidas desde el secundario del transformador a instalar, según el requerimiento.

#### 2.3.4.1 Control de Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución

Con el propósito de cumplir con los niveles de calidad del servicio eléctrico de distribución emitido por el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A (EERSSA) realiza mediciones en su red en tres diferentes ramos: el primero se lo realiza en la subestación, el segundo en el transformador y una tercera medición en una vivienda escogida al azar que use el servicio.

**Gráfico 2.10** Puntos de Medición



La empresa para obtener datos en estos tres bloques realiza la instalación de sus equipos en el mismo día, de manera que por el período de siete días, en el intervalo de cada 10 minutos, dichos equipos recogen la información simultáneamente. Cabe resaltar, que las mediciones tomadas en el transcurso del 2009 en el sector de Vilcabamba fueron realizadas una sola vez debido a que se tarda una año



aproximadamente en tomar las medidas en todas las subestaciones del área de concesión de la EERSSA.

Toda la información que se muestra a continuación se encuentra de manera ampliada en el [Anexo C](#). De la información facilitada por la Empresa Eléctrica podemos resaltar los siguientes datos tomados en el sector de estudio:

**Barra:**

- *Código de Barra de la subestación Vilcabamba:* B2111
- *Voltaje Nominal (f – n) [kV]:* 7967,433
- *Energía total suministrada[kWh]:* 459452,13

**Tabla 2.1** Mediciones en la Barra de la Subestación Vilcabamba

Nº de Barra	Registro de Mediciones (por fase)	DESVIACIÓN DEL NIVEL DE VOLTAJE [%]								
		$5 < \Delta V < 6$	$6 \leq \Delta V < 7$	$7 \leq \Delta V < 8$	$8 \leq \Delta V < 9$	$9 \leq \Delta V < 10$	$10 \leq \Delta V < 11$	$11 \leq \Delta V < 12$	$12 \leq \Delta V < 13$	$13 \leq \Delta V < 14$
B2111	A	983	22	3	0	0	0	0	0	0
	B	997	7	4	0	0	0	0	0	0
	C	1005	2	1	0	0	0	0	0	0

Con respecto a los límites de caída de tensión está regulado que para la red primaria se permite un 7% en el área rural y 3.5% en el área urbana. En cambio, para la red secundaria se permite una caída de tensión del 5.5 % en el área rural y del 5.5 % en el área urbana, información adicional se encuentra en el [Anexo B](#).



En lo referente a la perturbación rápida de voltaje o flicker<sup>5</sup>, el límite que se da es la unidad, es decir,  $P_{st}=1$ . Para los armónicos se consideran unos cálculos relacionados con valores eficaces de voltaje y THD expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición. Para el factor de potencia se tiene un valor mínimo de 0.92. Las mediciones referentes a armónicos se encuentran detalladas en el Anexo C

**Tabla 2.2** Transformadores

Número de transformador	Alimentador:	Voltaje Nominal (f-f) [V]	Voltaje Nominal (f-n) [V]	En la fase C Voltaje [%]	Flicker PST	VTHD [%]	Energía Suministrada[kWh]	Observaciones
8877	2111	240	120	100 %	0%	100 %	2495,56	Transformador Monofásico. Fase C irrelevante (armónicos).
6887	2111	240	120	100 %	0%	100 %	1357,75	Transformador Monofásico. Fase C irrelevante (armónicos).
14584	2111	240	120	100 %	0%	42.96%	2147,13	Transformador Monofásico. Fase C irrelevante (armónicos).
9027	2111	240	120	100 %	0%	100%	1672,88	Transformador Monofásico. Fase C irrelevante (armónicos).

En el transformador señalado en la tabla anterior, podemos decir que si cumple con la normativa debido a que el límite implantado debe ser menor o igual a la unidad o al 100%.

<sup>5</sup> Flicker: Es aquel fenómeno en el cual el voltaje cambia en una amplitud moderada, generalmente menos del 10 % del voltaje nominal, pero que puede repetirse varias veces por segundo. Este fenómeno causa una fluctuación en la luminosidad de las lámparas.

**Tabla 2.3** Mediciones en Transformadores de Distribución

N° de Transformador	Registro de Mediciones (por fase)	DESVIACIÓN DEL NIVEL DE VOLTAJE [%]								
		$5 < \Delta V < 6$	$6 \leq \Delta V < 7$	$7 \leq \Delta V < 8$	$8 \leq \Delta V < 9$	$9 \leq \Delta V < 10$	$10 \leq \Delta V < 11$	$11 \leq \Delta V < 12$	$12 \leq \Delta V < 18$	$\Delta V \geq 18$
8877	A	353	307	206	127	13	2	0	0	0
	B	432	296	155	113	11	1	0	0	0
	C									
6867	A	574	270	128	33	2	0	0	0	1
	B	676	188	112	29	2	0	0	0	1
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	1008
14584	A	1008	0	0	0	0	0	0	0	0
	B	1008	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	1008
9027	A	1007	1	0	0	0	0	0	0	0
	B	1008	0	0	0	0	0	0	0	0
	C	0	0	0	0	0	0	0	0	1008

Como podemos observar en las mediciones realizadas, el nivel de desviación porcentual de voltaje no se encuentra fuera del límite reglamentado, es decir, está dentro del 7 % permitido con un voltaje nominal de los transformadores de 240 V entre fases y de 120 entre fase y neutro.

Para los usuarios de bajo voltaje de igual manera se tiene un voltaje nominal de 240 (f-f) y de 120 (f-n), en la siguiente tabla se especifica el número de transformador y el número del medidor en el que fue instalado, otro dato interesante es la potencia suministrada por cada transformador ya que nos da el índice de consumo que poseen los transformadores.

En la fase C como se ha señalado en la tabla anterior no se han tomado mediciones debido a que los transformadores son monofásicos, por lo tanto, dicha medición es irrelevante.

**Tabla 2.4** Usuarios de Bajo Voltaje

Número de suministro	Número de transformador	Voltaje Nominal (f - f) [V]	Voltaje Nominal (f - n) [V]	En la fase C Voltaje [%]	Flicker PST	VTHD [%]	Energía Suministrada[kWh]
111602359	8877	240	120	100 %	0%	100 %	18,20
111602342	6887	240	120	100 %	0%	100 %	12,34
111602287	14584	240	120	100 %	0%	42.96%	65,18
111602413	9027	240	120	100 %	0%	100%	6,35

De igual manera las mediciones realizadas nos indican la normalidad de la red para el usuario final, teniendo variaciones pequeñas en el transcurso del tiempo como podemos ver a continuación:

**Tabla 2.5** Medición en Usuarios de Bajo Voltaje

DESVIACIÓN DEL NIVEL DE VOLTAJE [%]															
Número de suministro	Registro de Mediciones (por fase)	$5 < \Delta V < 6$	$6 \leq \Delta V < 7$	$7 < \Delta V < 8$	$8 \leq \Delta V < 9$	$9 \leq \Delta V < 10$	$10 \leq \Delta V < 11$	$11 \leq \Delta V < 12$	$12 \leq \Delta V < 13$	$13 \leq \Delta V < 14$	$14 \leq \Delta V < 15$	$15 \leq \Delta V < 16$	$16 \leq \Delta V < 17$	$17 \leq \Delta V < 18$	$\Delta V \geq 18$
111602359	B	226	206	208	221	124	22	1	0	0	0	0	0	0	0
111602342	A	346	252	245	132	31	2	0	0	0	0	0	0	0	0
111602287	A	1008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
111602413	B	957	42	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## 2.4 FUNCIONAMIENTO DE LA RED BPL

La tecnología BPL emplea para su funcionamiento sólo una parte de la red eléctrica y la misma depende del ámbito de aplicación en que se requiera. El punto de integración del sistema eléctrico y de comunicación ocurre en el transformador o en la subestación de distribución, respectivamente.



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

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

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

La técnica empleada se basa en la transmisión de dos señales: energía e información, usando para ello el mismo medio simultáneamente. Esto es posible debido a que las señales son diferentes. Mientras la energía eléctrica llega a los usuarios en forma de corriente alterna de baja frecuencia (50 ó 60 Hz), para la señal de datos se emplean frecuencias que normalmente no se utilizan y corresponde al rango de alta frecuencia es decir entre 3 y 30 MHz.

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

El objetivo de estos equipos es conseguir la máxima transmisión con el mínimo consumo. El diseño, la modulación y la asignación de frecuencias empleadas en el



sistema está basada en una cuidadosa planificación, para así evitar la interferencia con otros servicios.

## **2.4.1 Funcionamiento de los equipos BPL en Vilcabamba**

### **2.4.1.1 Red De Acceso A Internet**

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

La conexión por medio de líneas alquiladas es la solución más simple, pero involucra un alto número de enlaces por lo que es potencialmente costoso. Un sistema inalámbrico, en cambio, permite reducir costos por servicio pero incrementa los costos de hardware.

El despliegue de líneas de banda ancha paralelas a las líneas eléctricas y que integren las subestaciones de distribución sería el caso ideal. Estas líneas pueden ser fibra óptica, ATM o cable coaxial de banda ancha. Esta opción evita los gastos de servicio pero incrementa los costos por equipos.

En efecto, en la provincia de Loja se está dando el tendido de un anillo de fibra óptica que en su etapa inicial comprende la ciudad de Loja, este tramo también comprende la subestación Sur, por la cual alimenta mediante una línea de 69 KV a la subestación Vilcabamba de donde parte nuestro estudio para proveer el servicio de banda ancha a las hosterías del sector.

También se hará un análisis de costos de la empresa Telconet para que sean los proveedores del servicio o sirvan de backbone para el enlace con la tecnología BPL.



La tecnología utilizada por la empresa Telconet en la ciudad de Loja, en la actualidad es por medio de radio enlace o tecnología inalámbrica, para establecer un nodo de conexión en la ciudad de Vilcabamba, desde la antena que se encuentra en el sector se realiza un tendido de fibra óptica hasta el usuario final.

Por lo general, en Ecuador y específicamente en Vilcabamba la red de media tensión concentra a los usuarios en subestaciones de transformación de alto o medio voltaje por medio de un sin número de transformadores de baja potencia. Es por esto que vamos a tomar a consideración esta red para nuestro estudio ya que permite emplear de una manera más efectiva los puntos de acceso al proveedor de Internet, que en nuestro caso sería la subestación Vilcabamba.

#### **2.4.1.2 Funcionamiento Desde Media Tensión**

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

- Acceso a Internet a velocidades de banda ancha
- Telefonía IP
- Transmisión simultánea de voz y datos
- Conexión permanente
- Velocidad de usuario para acceso a Internet: 256 kbps a 2 Mbps
- Velocidad de usuario para entornos LAN: 4 Mbps

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

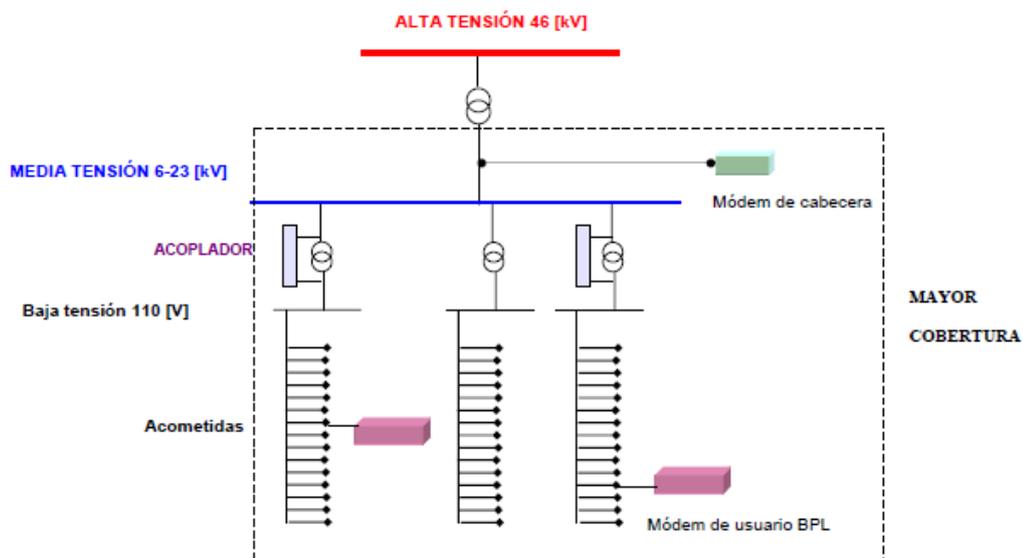
Todo esto se lo realizará en el sistema de media tensión debido a que los equipos BPL en este tramo ofrecen velocidades superiores, y una mayor capacidad en lo referente a la transmisión de datos.



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

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

**Gráfico 2.11** Ubicación del Equipo de Cabecera en el Sistema BPL de Media Tensión



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



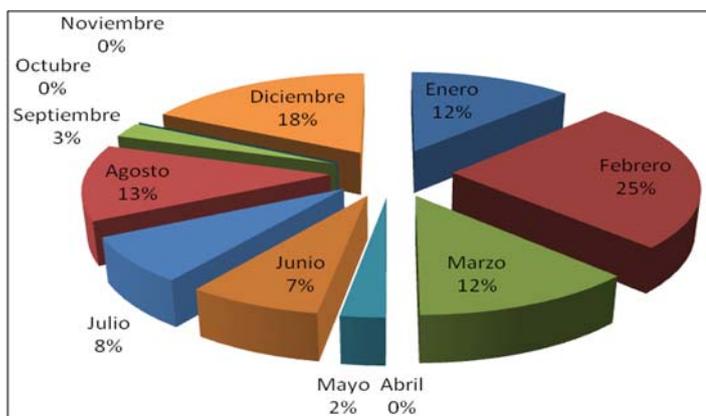
## 2.4.2 Internet de Alta Velocidad

Con este punto el objetivo que se busca es dimensionar la banda ancha requerida para las hosterías del sector, basados en la afluencia de personas que van a dichos establecimientos en una estimación anual. El formato de la encuesta se encuentra en el Anexo D.

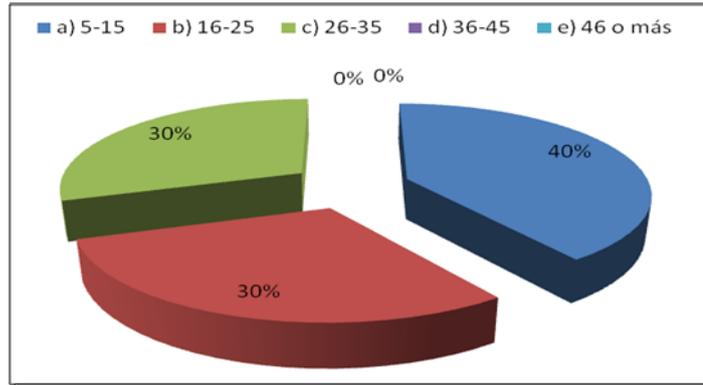
En total se realizaron veinte encuestas entre las cuales 10 fueron dirigidas a las Hosterías y las 10 faltantes a los Cyber del sector, en las cuales obtuvimos los siguientes resultados.

### 2.4.2.1 Resultados Obtenidos en las Hosterías

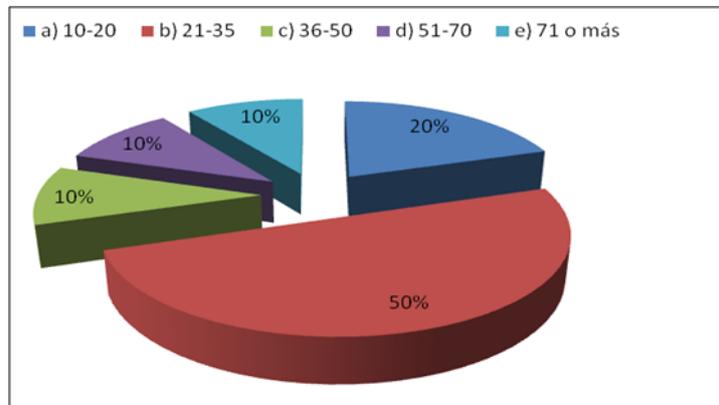
1. ¿Cuáles son los meses donde existe mayor afluencia de público?



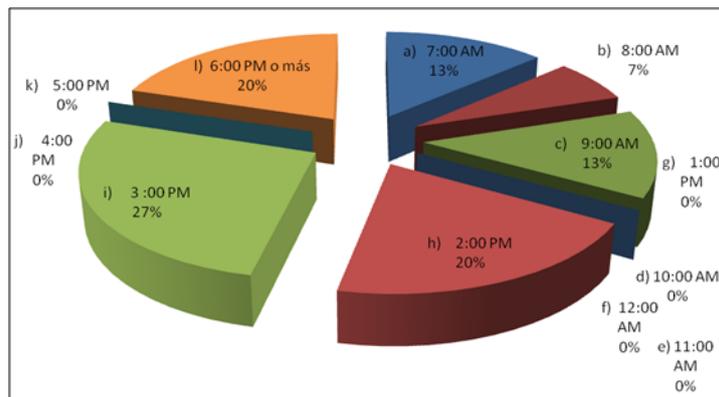
2. ¿Cuántas personas considera Ud. que en promedio visitan la hostería diariamente? (Lunes - Viernes)



3. ¿Cuántas personas considera Ud. que en promedio visitan la hostería los fines de semana? (Sábado - Domingo)

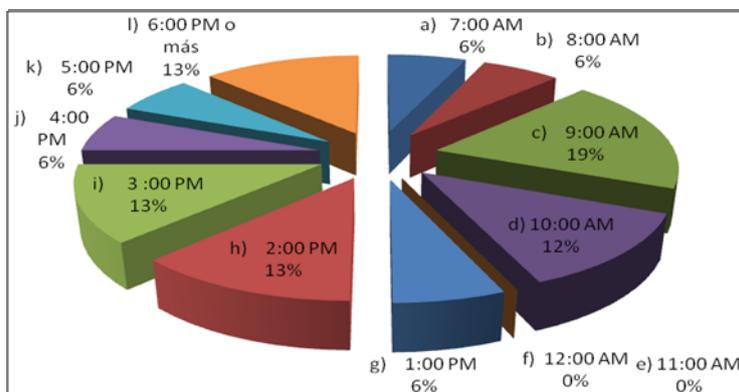


4. ¿A qué hora estima Ud. que tienen la mayor afluencia de personas diariamente? (Lunes - Viernes)

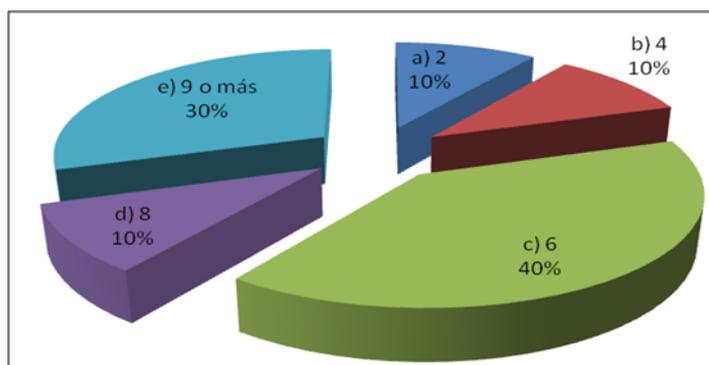




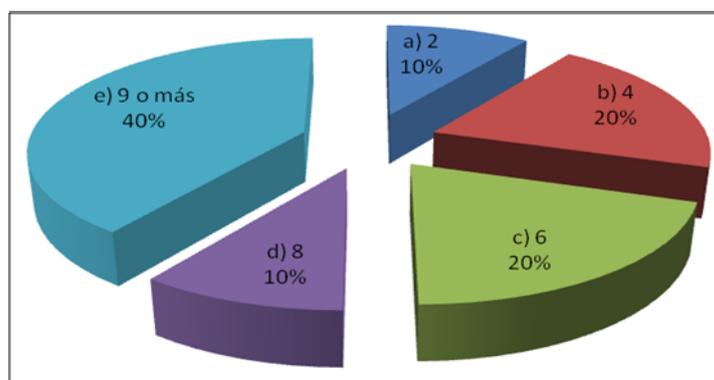
5. ¿A qué hora estima Ud. que tienen la mayor afluencia de personas los fines de semana? (Sábado - Domingo)



6. En promedio, ¿cuántas horas ocupan sus instalaciones los visitantes diariamente? (Lunes - Viernes)

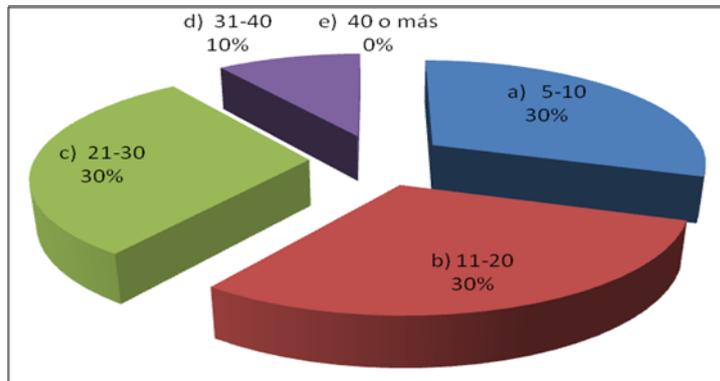


7. En promedio, ¿cuántas horas ocupan sus instalaciones los visitantes los fines de semana? (Sábado - Domingo)

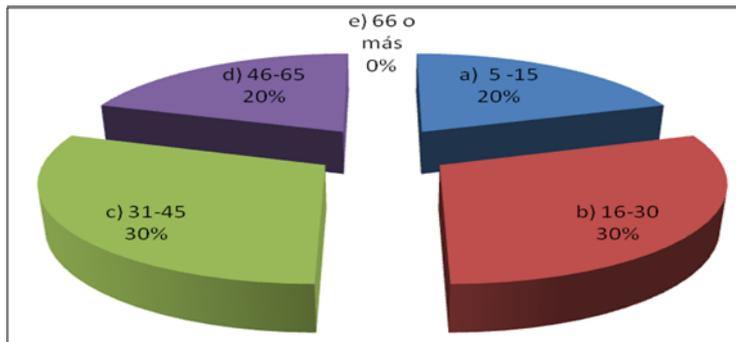




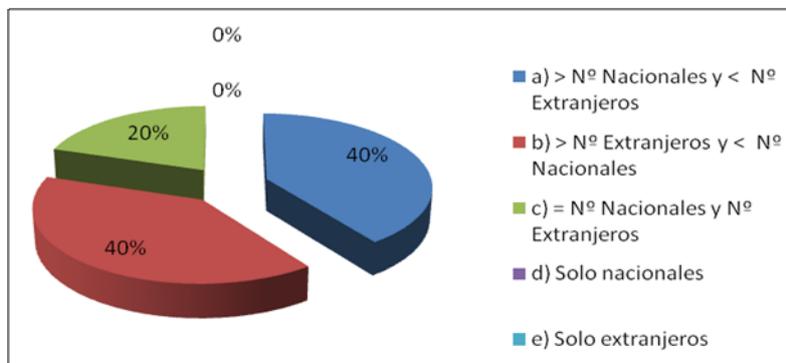
8. En el caso de proveer Internet, ¿cuántas personas considera Ud. que utilizarían el servicio diariamente? (Lunes – Viernes)



9. En el caso de proveer Internet, ¿cuántas personas considera Ud. que utilizarían el servicio los fines de semana? (Sábado - Domingo)



10. ¿De qué origen son las personas que visitan su hostería?

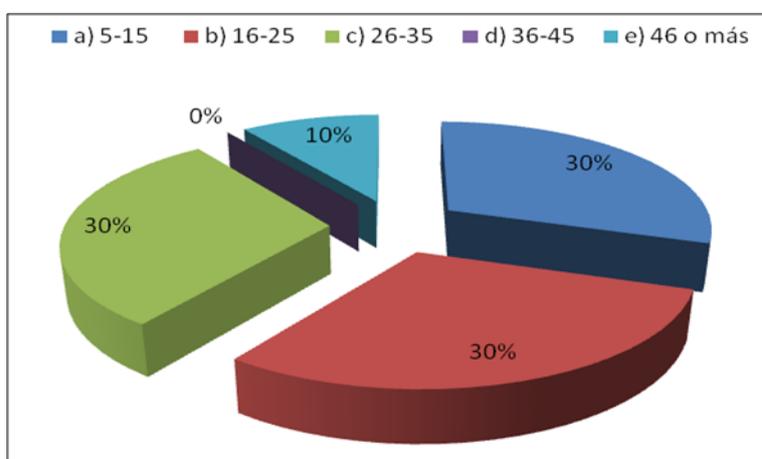




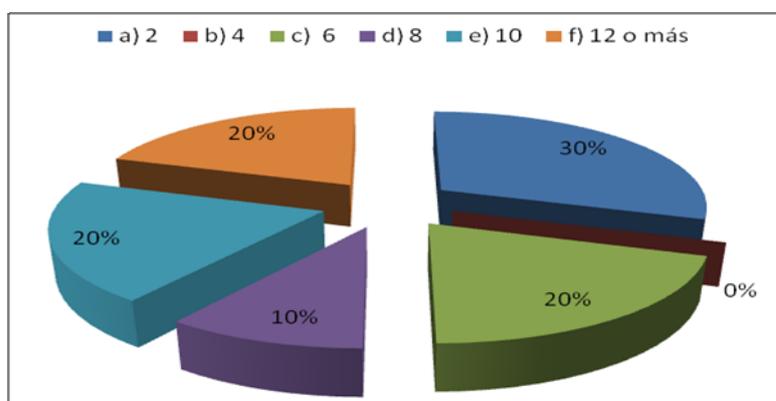
### 2.4.2.2 Resultados obtenidos en los Cyber

Cabe resaltar que al existir 5 locales se consideró algunos establecimientos de la ciudad de Loja para lograr un dato más específico. El objetivo de esta encuesta en cambio, es la de determinar el uso de Internet por parte de los clientes y el ancho de banda que se necesita para cubrir esa demanda.

1. En promedio, ¿cuántas personas considera Ud. que acuden a su local diariamente?

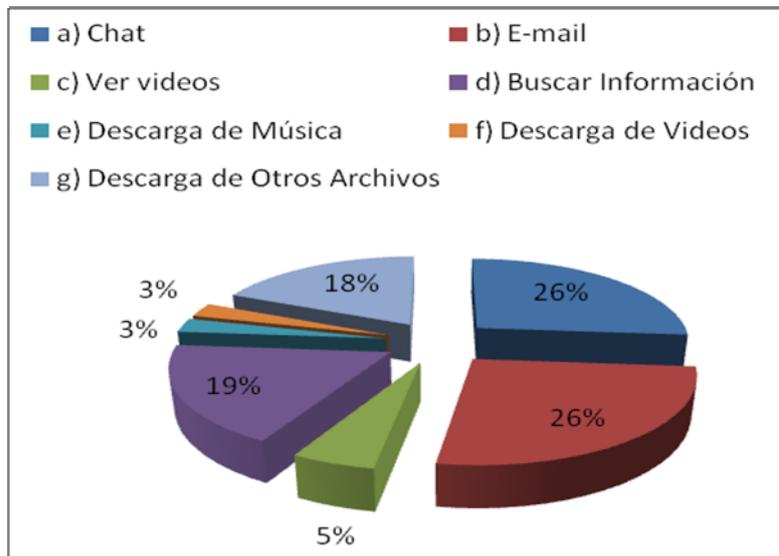


2. En promedio, ¿cuántas horas al día ocupan el servicio de Internet los clientes?

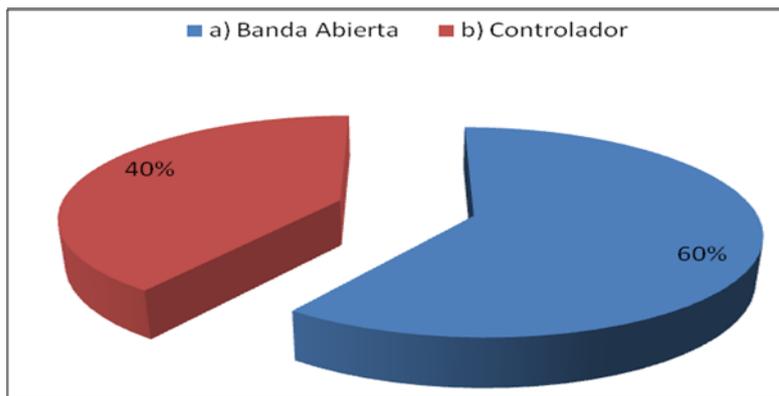




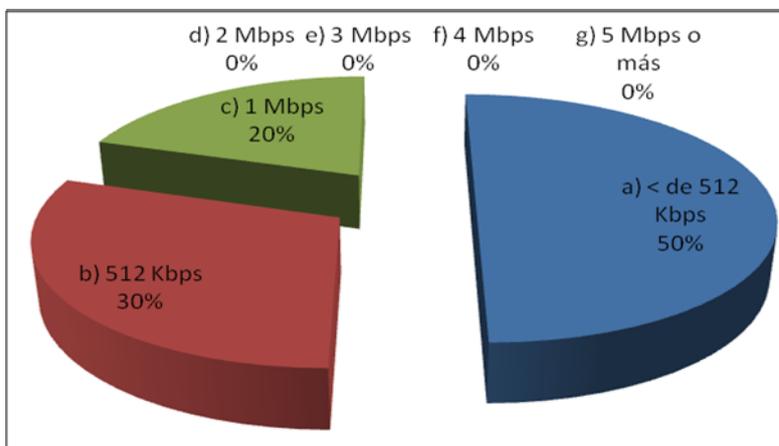
3. ¿Qué páginas son las más utilizadas por sus clientes?



4. ¿Qué restricciones tienen a los usuarios?

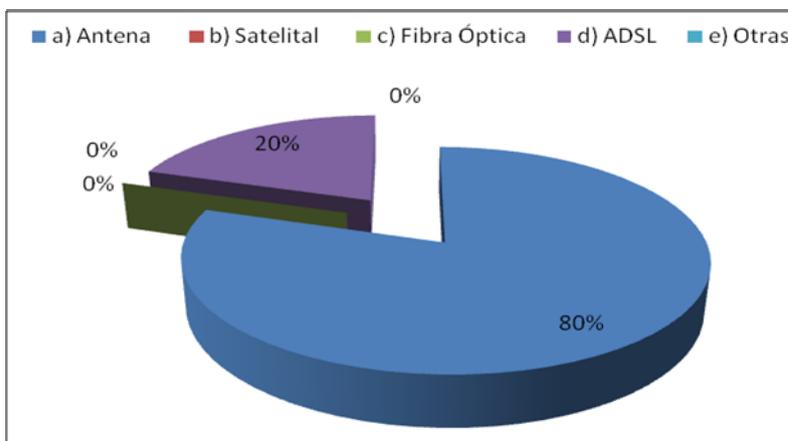


5. ¿Qué ancho de banda utiliza en su local?

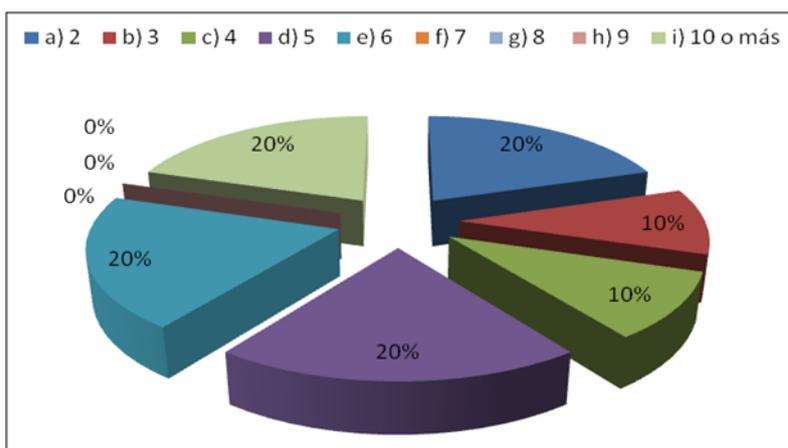




6. ¿Su proveedor de Internet que tipo de tecnología utiliza para brindarle el servicio?



7. ¿Cuántas máquinas prestan el servicio de Internet en su local?



### 2.4.3 Análisis de Resultados

Como podemos observar en las gráficas los meses de mayor afluencia de público se dan a finales y comienzos de año, semana santa, vacaciones del año lectivo y carnaval, siendo este último el más importante ya que en esta temporada se recibe la mayor cantidad de personas en el año.

Sin tomar en consideración las temporadas altas las personas que acuden a los locales de lunes a viernes se encuentran en un rango de 5 a 15 personas en cuatro de las Hosterías aunque podemos mencionar que en casos particulares, de tres hosterías reciben un



promedio de 26 a 35 personas. De igual manera, los fines de semana acude mayor cantidad de personas teniendo el rango más importante y que representa el mayor caso de las hosterías de 21 a 35 personas en promedio.

Otro punto que se presenta en estos establecimientos es el horario en el que llegan los visitantes ya que la clientela llega a las instalaciones en la tarde a partir de las dos de la tarde, tanto de lunes a viernes como los fines de semana, lo que obligaría a garantizar el ancho de banda especialmente en este horario, aunque podemos resaltar que de la información obtenida los clientes se quedan por varios días (como mínimo dos) y la mayoría de las personas pasan conectadas todo el día ya sea por razones de trabajo o para estar comunicados con sus familiares.

Debemos tomar en consideración también que de la información tabulada el 90% de las personas que asisten a las Hosterías ocupan Internet, unos asisten a Cyber cercanos al local y otros que brindan el servicio lo hacen mediante Wi-Fi, poseen un solo proveedor llamado Vilcanet, el cual no pudo facilitarnos el ancho de banda que les da a los locales pero se tiene una estimación de menos de 512 Kbps en cada hostería.

Con estos datos obtenidos podemos decir que, debido a la gran afluencia de público que se da especialmente en los meses señalados que prácticamente se duplicaría de los días normales según los datos de nuestra encuesta, está garantizado el uso del Internet por parte de las personas y sería factible la implementación de los equipos BPL para en primer lugar establecer una competencia con el único proveedor actual, y en segundo término que el resto de hosterías tengan la posibilidad de brindar un servicio adicional.

En el caso de los Cyber tenemos que señalar que el proveedor en Vilcabamba es Vilcanet, la tecnología utilizada la realiza mediante antena o inalámbrica y es el ISP<sup>6</sup> de 5 locales que prestan el servicio, de igual manera se estima un rango de ancho de banda menor o igual a 512 kbps en el mejor de los casos ya que en promedio cuentan con cuatro o cinco computadoras en su establecimiento.

---

<sup>6</sup> Proveedor de Servicios de Internet



El tiempo de uso por cada usuario en los cyber es de dos horas, pero cabe señalar que es una estimación ya que existen personas que utilizan el menor tiempo posible en algunos casos de quince a 30 minutos.

Las páginas más utilizadas son las relacionadas con E-mail, Chat, búsqueda de información, descarga de otros archivos como archivos de Word, Excel, Acrobat en el caso de las personas de negocios. La descarga de música y videos se da por lo general en las hosterías ya que brindan el servicio inalámbrico mediante Wi-Fi gratis a las personas que se hospeden en sus establecimientos

También se pudo determinar que en el caso de las hosterías mantienen su banda abierta es decir no existe ningún controlador que brinde determinado ancho de banda a los usuarios. En cambio, en el caso de los cyber si existe controlador y está distribuido equitativamente entre los equipos que tienen para proveer el servicio de Internet.

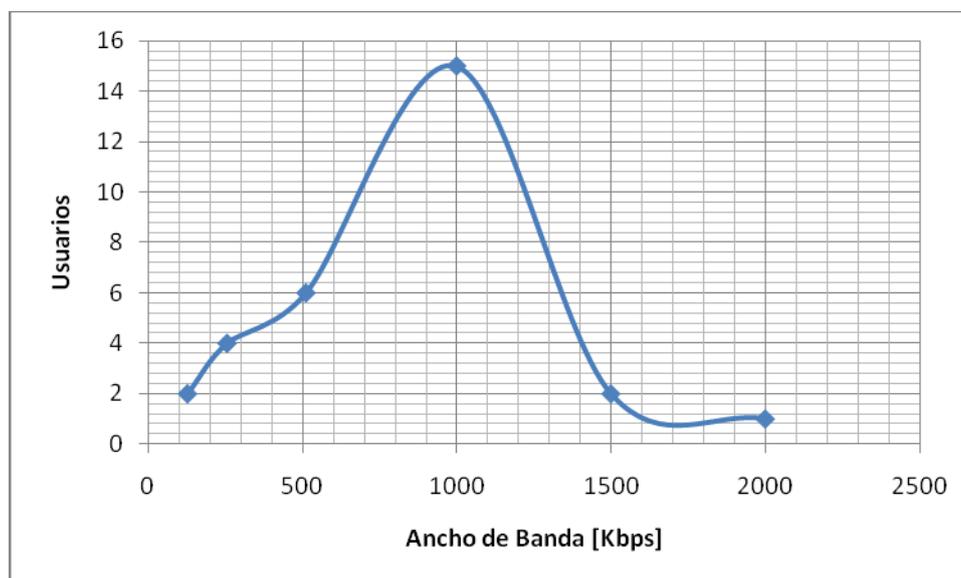
#### **2.4.4 Dimensionamiento del Ancho de Banda**

Con la determinación del ancho de banda requerido podemos obtener los equipos necesarios para garantizar el servicio a los usuarios, pero esto únicamente no depende de un gran ancho de banda, sino también de obtener controladores, que permitan distribuir la capacidad de la red para todas las hosterías de forma equitativa.

El cálculo del ancho de banda para las hosterías de Vilcabamba se realizó mediante dos métodos que los ponemos a continuación.

##### **2.4.4.1 Método por Capacidad del Enlace Contratada**

Este cálculo se lo realizó en base a las encuestas realizadas en los Cyber, en donde pudimos obtener que la mayoría ocupa un ancho de banda de 1 Mbps pero se mantiene la compresión 1:2 y 1:4 que sería compartido por lo que oscilan valores de 256 y 512 Kbps , para obtener una mejor ilustración se presenta el siguiente grafico:

**Gráfico 2.12** Curva del Ancho de Banda Obtenida

Tomamos en consideración los diez centros que hemos puesto en nuestro estudio para el ítem de número de usuarios corporativos (n). Para obtener el valor de ancho de banda nos basamos en la siguiente fórmula, en donde se realiza un manejo dinámico del ancho de banda.

$$\omega = \beta * n * C * FU$$

Se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 2.6** Cálculo del Ancho de Banda

<b>Kbps Contratados (<math>\beta</math>)</b>	<b>Nº Usuarios Corporativos (n)</b>	<b>Compresión*</b>	<b>Factor Utilización (FU)**</b>	<b>Ancho Banda Mbps (<math>\omega</math>)</b>
512	10	1,000	0,700	3,584
1000	10	0,500	0,800	4,000
2000	10	0,250	0,875	4,375



En donde:

- \* El factor de compresión 'C', se da para manejo de ancho de banda dinámico, se garantiza en hora pico la fracción de compresión.
- \*\* El factor de utilización 'FU', está dado en base de la compresión.

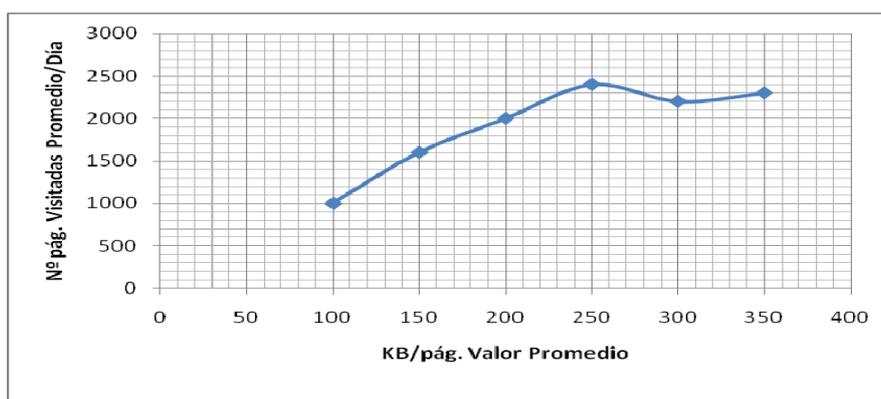
Debemos señalar que la regla nos indica que a mayor compresión se da una mejor utilización del ancho de banda de un canal para servicio de internet compartido.

#### 2.4.4.2 Método por Historial Promedio de Consumo Diario

Este método en cambio se basa en los Kilobytes utilizados por páginas y este valor también puede ser estimado gracias a las encuestas ya que se tabuló un promedio de las páginas más utilizadas.

Debemos resaltar que en algunos casos varía los KB utilizados debido a que estas estadísticas son en base a un estudio dinámico, por ejemplo se puede tener tan solo una página abierta y la misma puede estar descargando un video, lo que conlleva a que se ocupe gran cantidad de ancho de banda y eso compense el espacio que sería utilizado para abrir otras páginas, es por esto que se realiza una estimación en promedio tanto de las páginas utilizadas como en los KB que se necesitarían. Como se muestra en la siguiente gráfica.

**Gráfico 2.13** Páginas Visitadas/ día Vs. KB Utilizados/ página.





De igual manera, basados en la ecuación anterior obtuvimos los siguientes resultados:

**Tabla 2.7** Cálculo del Ancho de Banda

<b>KB/pág. Valor Promedio</b>	<b>N° pág. Visitadas Promedio/Día</b>	<b>N° PC/Hostería</b>	<b>Factor Coincidencia *</b>	<b>Capacidad Enlace Kbps/ Hostería</b>	<b>Ancho Banda Mbps (<math>\omega</math>) **</b>
250	2400	10	0,700	388,889	3,306
250	2400	10	0,850	472,222	4,014
250	2400	10	1,000	555,556	4,722

En donde:

\* El factor de coincidencia es la cantidad de PC's que funcionarían simultáneamente.

\*\* Para el cálculo del ancho de banda ' $\omega$ ', también se ha considerado un manejo dinámico del ancho de banda.

Con los resultados obtenidos en las tablas 2.6 y 2.7 podemos comprobar que para cubrir la demanda del servicio de banda ancha y garantizar la fiabilidad del sistema a las hosterías del sector de Vilcabamba requeriríamos de 4 Mbps, una vez analizado este punto podemos determinar los equipos necesarios para aplicar a tecnología BPL.

## 2.5 EQUIPOS

En esta sección se va hacer referencia de los equipos BPL que requiere el proyecto en los diferentes tramos de la distribución de red eléctrica. La empresa que hemos creído conveniente para basarnos en dichos equipos es la empresa Corinex, debido a que su tecnología es utilizada actualmente en la ciudad de Quito con la compañía Electronet y que fue mencionada en el primer capítulo.



De igual manera, se encuentran realizando una prueba piloto en la ciudad de Cuenca con la empresa Centrosur. Debido a que las características de la red eléctrica son similares en el territorio ecuatoriano podemos tener un mayor índice de confianza en el correcto funcionamiento de los equipos en Vilcabamba, lugar de estudio de nuestro proyecto. Los equipos que nos ofrece esta empresa en media tensión son:

### 2.5.1 Equipo de Cabecera Corinex Medium Voltage Access Gateways

Cada MV Gateway contiene tres módulos de banda ancha de Powerline de 200Mbps (BPL), que permiten comunicaciones en líneas de media tensión y la inyección simultánea en las líneas de bajo voltaje (desviando el transformador).

Este equipo puede funcionar como equipo cabecera de una red, con distancias de hasta 2 kilómetros entre los servicios. Dentro de los usos de redes inteligentes, la tecnología permite incluso que se salten los transformadores, usando así menos dispositivos y mejorando el retorno de la inversión.

La inyección de la red de retorno (backhaul), implica el uso de cualquier tipo de medios de comunicación: inalámbrica, DSL o cable coaxial para conectar con el primer nodo Gateway MV. Se puede extender desde la subestación o desde cualquier punto de presencia disponible para el primer nodo de media tensión. En el Gateway MV es un simple puente layer2 por función y que necesita un servidor DHCP para proporcionar direcciones IP.

**Gráfico 2.14** Equipo de Cabecera y Repetidor<sup>7</sup>



---

<sup>7</sup> Fuente: [www.corinex.com](http://www.corinex.com)

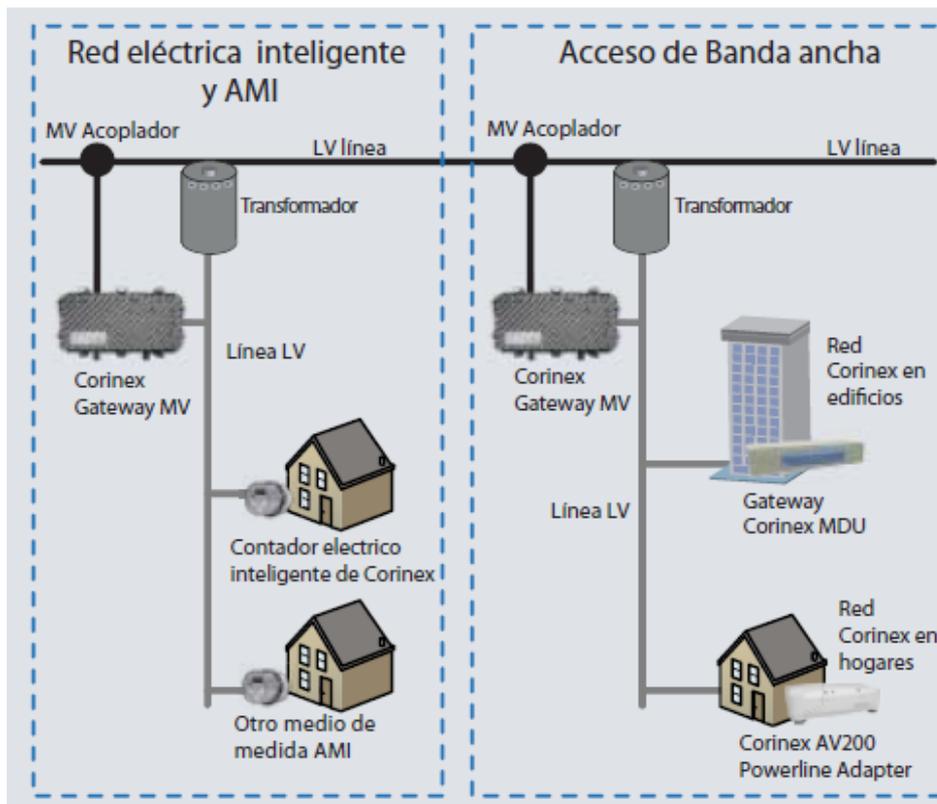


Estos equipos emplean una sola línea de transmisión. En media tensión necesariamente necesitan emplear un acoplador por cada Gateway. Poseen una buena señal de propagación, y de igual manera resistencia al ruido.

El filtro interno RF es opcional y nos sirve en casos de que el ruido causado en la línea sea mayor, que sería el mismo caso que el filtro de selección automática es opcional y este se lo ocuparía para dar prioridad a ciertos sectores en los que se ocuparía el servicio de banda ancha. También posee un filtro de frecuencia estándar que nos permite que el modulo funcione a la frecuencia empleada en nuestro sistema que en nuestro caso es el de 60 Hz.

Por último, nos dan la opción de añadirle entre las características del equipo filtros de frecuencias aeronáuticos optimizados/FCC y también una batería con una duración de dos horas, con su respectivo indicador de estado.

Cada MV Gateway se fabrica de manera estándar, con un puerto de Ethernet integrado para permitir conexiones a otros dispositivos. Los filtros de frecuencia internos automatizados son opcionales en las unidades y permiten que las redes de MV Gateway configuren automáticamente sus bandas de frecuencia, asegurando completa evolución de la red. Una batería de reserva de 2 horas es opcional para asegurar que la red de los BPL es operacional durante interrupciones. Cada dispositivo es también completamente compatible con los puntos finales, incluyendo las series de AV200 de Corinex de equipo de CPE y metro contadores.

**Gráfico 2.15** Modo de Conexión

Como hemos señalado anteriormente los equipos dan la posibilidad de proveer el servicio de banda ancha a los sectores de la región y a su vez nos permiten darles una aplicación adicional que son las de crear redes eléctricas inteligentes, como contadores eléctricos, u alguna otra aplicación o medio de medida AMI, como se ilustra en el Gráfico 2.15.

### 2.5.2 Repetidores

Debemos señalar que debido a la evolución de esta tecnología nos permite el uso del mismo equipo de cabecera como repetidor, el cual nos da un rango de cobertura de 2 Km, entre los servicios entre las principales características de estos equipos tenemos:

- Unidad de todo en uno para ambos MV repetidor y LV acoplado con Molex e interfaces de coaxiales.



- Velocidad de Transferencia de datos de backbone de 200 Mbps con alcance hasta de 2 km.
- Seguridad superior con ponderosa encriptación DES/3DES.
- Capacidades de control, con soporte del protocolo SNMP.
- Soporte Bridging para 2048 direcciones MAC.
- 802.1Q VLAN & Optimized VLANs
- Tecnología OFMD y un poderoso sistema de corrección de errores, brindando un fuerte desempeño aún bajo severas condiciones en el Powerline de MV o LV.
- Puente Ethernet 802.1 D integrado con el protocolo optimizado (Optimized Spanning Tree).
- 8 niveles de colas de prioridad, con prioridad programable.
- Clasificación de Prioridades de acuerdo a la etiqueta 802.1 P, la codificación IP (IPv4 o IPv6) o el puerto Origen/Destino TCP.
- Filtración MAC - puede descartar estructuras de Ethernet que provengan de una dirección MAC no presente en la lista de direcciones.
- MAC permitidas
- Frecuencia configurable, con muesqueo en las bandas de frecuencia, incluyendo un radio Amateur y bandas de frecuencia restringidas.

**Tabla 2.8** Especificaciones Técnicas

<b>Estándares</b>	IEEE 802.3u, 802.Ip, 802.IQ, OPERA FCC Parte 15 G
<b>EMC</b>	EN 55022 Clase B, EN 55024, EN 50412
<b>Seguridad Eléctrica</b>	EN 60950-I:2001 IEC 60950-I:2001
<b>Velocidad de Backbone</b>	Hasta 200 Mbps (TDD) Hasta 85 Mbps (FDD)
<b>MV/LV Powerline Tipo</b>	Elevado Soterrado



<b>Interfaz</b>	MV: F-Conector tipo coaxial (TNC) LV: Interfase del cliente RJ45 10/100 BASE-T puerto serial RS485 (serial port)
<b>Rango de Frecuencia</b>	2 – 34 MHz
<b>Alimentación</b>	85 hasta 265 V AC, 50/60 Hz.
<b>Peso</b>	7 Kg
<b>Dimensiones</b>	Largo: 400 mm Ancho: 230 mm Alto: 170 mm
<b>Densidad espectral transmitida</b>	-50 dBm/Hz
<b>Consumo</b>	35 W
<b>Temperatura de Operación</b>	-20° hasta 50° C
<b>Humedad de Operación</b>	5% hasta 95% no condensado
<b>Management</b>	MIB SNMP
<b>Modulación</b>	OFDM con 1536 carriers uplink / downlink
<b>Direcciones MAC soportadas</b>	2048
<b>Ambiente</b>	IP68

### 2.5.3 Acopladores

Son aquellos, a través de los cuales los equipos BPL se "conectan" a la red de media o baja tensión para inyectar y tomar señales IP. Básicamente, el acoplador es un dispositivo que mediante un filtro pasa-alto y otro pasa-bajo, permite la separación de la información y el potencial eléctrico en cualquier cable de la red BPL.

Normalmente hay dos tipos de acopladores en media tensión utilizados en el despliegue de acceso BPL; estos son: acopladores capacitivos e inductivos.



### 2.5.3.1 Acoplador Capacitivo

Requiere un contacto físico con el alambre, este puede trabajar a la intemperie, ya que tiene un aislamiento en silicona y unidades de alimentación para los equipos de comunicaciones. Por lo tanto, es aplicable a todas las líneas aéreas de media tensión. El acoplador de media tensión tendrá componentes y características adecuadas para la línea. No puede ser utilizado en el otro tipo (inductivo).

**Gráfico 2.16** Acoplador Capacitivo<sup>8</sup>



Entre las principales características de este tipo de acopladores están:

- Dimensiones reducidas.
- Instalación rápida, sencilla y segura.
- Aseguran calidad, fiabilidad, y seguridad en el trabajo.
- Bajas pérdidas de inserción  $< 2\text{dB}$  en todo el rango de frecuencias (2 a 40 MHz).
- Sometido a completa serie de ensayos eléctricos y mecánicos para garantizar la máxima seguridad.
- Dispone de 2 niveles de aislamiento: 17 KV y 25 KV.

---

<sup>8</sup> Fuente:

[http://www.artech.com/web/frontoffice/verProductosCategoria.aspx?idioma=1&id\\_categoria=83](http://www.artech.com/web/frontoffice/verProductosCategoria.aspx?idioma=1&id_categoria=83)



### 2.5.3.2 Acoplador Inductivo

Los acopladores inductivos efectúan el acoplamiento mediante la generación de un campo magnético alrededor del cable con el cual inyectan la señal. Este acoplamiento no requiere un contacto físico y su aplicación resulta adecuada cuando la red de distribución es de tipo subterráneo, esto debido a que siempre viene con un grueso aislamiento y blindaje metálico. Si bien tienen un nivel mayor de pérdida que los capacitivos, este hecho suele ser despreciable frente a la ventaja de poder manipular su instalación sin necesidad de interrumpir la corriente.

**Gráfico 2.17** Acoplador Inductivo<sup>9</sup>



Entre las principales características de este tipo de acoplador tenemos:

- Fácil y sencilla instalación.
- Bajas pérdidas de inserción  $< 3\text{dB}$  en todo el rango de frecuencias (2 a 40 MHz).
- Equipo compacto. Conector BNC (Bayonet Neill-Concelman)<sup>10</sup> incorporado en el propio acoplador.
- Máxima calidad, fiabilidad y eficiencia garantizadas.
- Mayor seguridad eléctrica: aislamiento 5 KV.

<sup>9</sup>Fuente: [http://www.edgb2b.es/DESETECH\\_Group-836-noprofil-2004114-0-0-1-1-fr\\_societe.html](http://www.edgb2b.es/DESETECH_Group-836-noprofil-2004114-0-0-1-1-fr_societe.html)

<sup>10</sup> Es un tipo de conector para uso con el cable coaxial.



## 2.5.4 Módem de Usuario

### 2.5.4.1 Corinex AV 2000 Powerline Ethernet Adapter

**Gráfico 2.18** Módem AV 2000



Este módem es una interface de red capaz de usar el cableado eléctrico existente como medio de comunicación, este puede ser usado como una LAN tradicional con una velocidad de transmisión de hasta 200 Mbps. Tiene un bajo costo de mantenimiento. Las especificaciones técnicas las mostramos a continuación:

**Tabla 2.9** Especificaciones Técnicas

<b>Estándar</b>	IEEE 802.3u
<b>Velocidad</b>	200 Mbps en nivel físico
<b>AC Enchufe de corriente</b>	USA, EU, UK y Australia
<b>LED Señal de Luz</b>	Power, Enlace/Actividad PLC, Enlace Ethernet
<b>Interfase</b>	10/100 BaseT Fast Ethernet, Powerline
<b>Rango de Alcance</b>	2 – 34 MHz
<b>Entrada de poder</b>	85 a 265 V AC, 50/60 Hz
<b>Dimensiones</b>	Largo: 148 mm Ancho: 106 mm Alto: 47 mm
<b>Densidad espectral de la energía transmitida</b>	-56 dBm/Hz
<b>Consumo de energía</b>	5 W
<b>Seguridad y EMI</b>	UL/EN 60950, FCC Parte 15, límites EN 55022 EMC



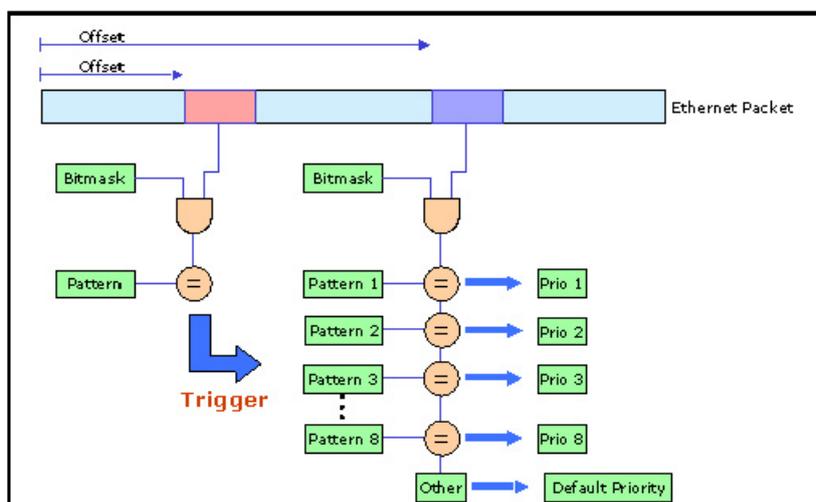
Para que el equipo funcione correctamente en las diferentes computadoras se debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- IBM compatible PC o a Macintosh
- Puerto Ethernet 10/100 Mbps disponible
- Windows 98/ME/2000/NT/XP, Mac OS X o sistema operativo Linux
- Javascript compatible con el navegador de Internet (Netscape, Internet Explorer, Opera,...).

El software que contiene este equipo también permite realizar una configuración de prioridades cuando hay muchas corrientes de tráfico en la misma red, por lo que se necesitará establecer niveles de prioridad para garantizar que aplicaciones sensibles de banda ancha como vídeo, o el teléfono mantengan un buen funcionamiento cuando exista congestión en la red.

El clasificador de tráfico es un inspector capaz de distinguir varios patrones dentro de una estructura Ethernet, y asignar diferentes niveles de prioridad a cada uno de ellos. Para asegurarse que la clasificación está hecha para el tipo correcto de packet, hay un mecanismo Trigger que realiza la clasificación. El mecanismo está basado en patrones de reconocimiento de los packets de Ethernet. El siguiente grafico describe el mecanismo de clasificación de packets.

**Gráfico 2.19** Clasificador de Tráfico





Hay un offset, un bitmask y un patrón en el condicionamiento Trigger. El Trigger puede ser usado para asegurarse que el Frame de Ethernet por ejemplo contiene un frame IP.

Existe un conjunto de criterios predefinidos para clasificar el tráfico basados en el campo 802.1p del packet de Ethernet o el campo TOS del packet IP.

Otra característica importante que presentan estos equipos es su capacidad para poder crear redes dentro de casa, ya que estos equipos requieren un canal de acceso y los otros módems instalados pueden prestar su servicio como puntos terminales y así permiten crear varios tipos de configuración de red.

#### 2.5.4.2 Corinex AV200 Powerline Ethernet Wall Mount

**Gráfico 2.20** Módem AV 200



Este dispositivo es el que en la actualidad está manejando la empresa Electronet en la ciudad de Quito ya que sus prestaciones son similares al equipo anteriormente mencionado.

Este dispositivo es capaz de soportar la distribución de video como HDTV, voz, acceso a banda ancha. Los productos AV200 consisten en un adaptador, un router, un ADSL2 más Wireless Gateway, un adaptador CableLAN y un Router CableLAN en aplicaciones de red coaxial.

Los niveles de prioridades son conservados, asegurando así que las aplicaciones con requisitos en tiempo real, tales como VoIP, video y juegos en línea no experimenten interferencia, pérdida de imágenes o demoras en el envío y recepción de datos. De igual manera presenta la posibilidad de crear redes locales sin necesidad de cables adicionales. Las principales características de este equipo son las siguientes:



- Interfaz Ethernet 10/100BaseT Fast.
- Velocidad de transmisión de hasta 200 Mbps con alcance de 300 m.
- Sistema de repetición incorporado para ampliar la cobertura.
- Protocolos CSMA/CARP.
- Bridge Forwarding Table para 64 direcciones MAC.
- 802.1Q VLAN y VLAN optimizados.
- Encriptación DES/3DES.
- Tecnología OFDM con sistema de corrección de errores para un fuerte desempeño aún bajo severas condiciones en la red eléctrica.
- 802.1D integrado.
- 8-niveles de colas de espera, con prioridad programable.
- Clasificación de prioridades según la etiqueta 802.1P, codificación IP (IPv4 o IPv6) o puerto de origen/destino TCP.
- Soporte optimizado para transmisión y tráfico de difusión múltiple
- Filtración MAC - pueden descartar estructuras de Ethernet que provengan de una dirección MAC no presente en la lista de direcciones MAC permitidas.
- Configuración usando una interfaz web

**Tabla 2.10** Especificaciones Técnicas

Estándares de Compatibilidad	IEEE 802.3u 802.1 P 802.1 Q
Velocidad	Hasta 200 Mbps en capa física
Tipo de Enchufe AC	USA, Unión Europea, Reino Unido y Australia
Indicadores Luminosos LED	Encendido, Conectado PLC/Actividad Conectado Ethernet
Interfase	10/100 BaseT Fast Ethernet, Powerline
Rango de Frecuencia utilizada	2 – 34 MHz
Fuente de Poder	85 a 265 V AC, 50/60 Hz



Dimensiones	Largo: 107 mm Ancho: 72 mm Alto: 79 mm
Densidad espectral de la energía transmitida	-58 dBm/Hz
Consumo de Energía	4 W
Seguridad & EMI	FCC Parte 15, EN 55022 EMC limits
Temperatura de Operación	0° a 40° C
Humedad de Operación	10% a 80% no condensado

### 2.5.5 Instalación en Media Tensión de los Equipos BPL

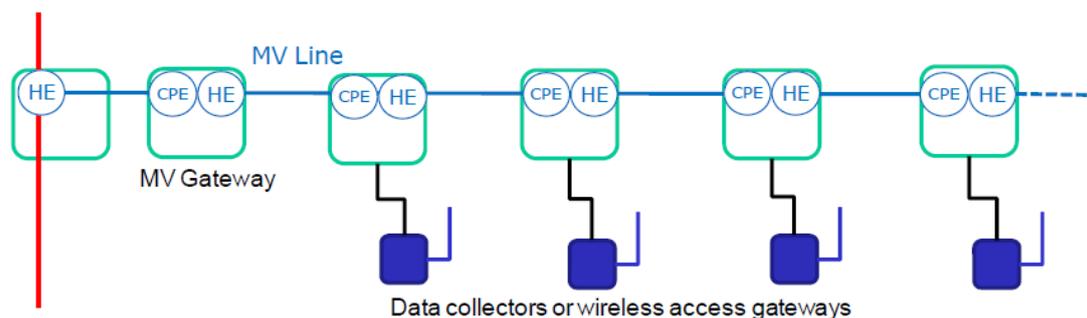
El despliegue del Gateway MV consta de dos partes. La primera parte es la instalación física de los acopladores, cables de señal, cables de conexión a tierra, física de montaje del Gateway MV en el polo, en la bornera de los transformadores, en la puesta a tierra. La segunda parte es la configuración y los parámetros de configuración necesarios para configurar el Gateway MV.

En caso de que un sistema inalámbrico esté diseñado para el último tramo de acceso a los dispositivos de punto final, el Gateway MV puede ser utilizado para construir una red troncal BPL que amplía el acceso Ethernet de la red básica existente a las puertas de acceso inalámbrico. Esta puerta de acceso inalámbrico puede ser una típica Wi-Fi-router para el servicio de Internet o de los recolectores de datos en una aplicación de Smart Grid.

Bajo esta arquitectura, dos módulos de un Gateway MV están proporcionando la conexión de BPL a los nodos anterior y siguiente, como se muestra como HE y CPE en el círculo de abajo. El portal cuenta con un puerto Ethernet local, donde el dispositivo de puerta de enlace IP se puede conectar directamente para el acceso a la red.

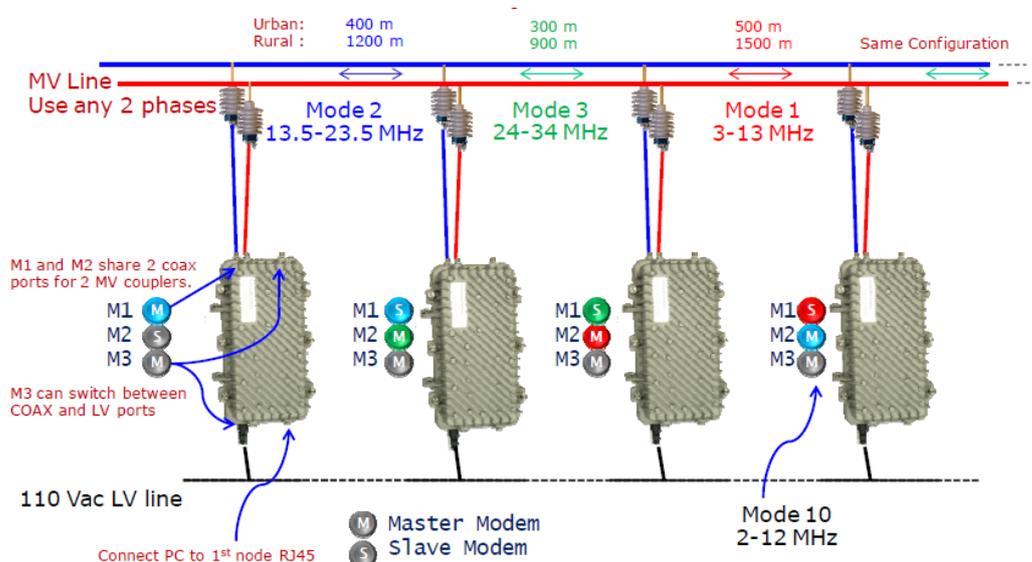


**Gráfico 2.21** BPL como Red Troncal para Acceso Inalámbrico



De igual manera debemos tomar en cuenta la distancia estimada por los proveedores para su correcto funcionamiento, esto es independiente del ruido y las interferencias, como podemos ver en la Gráfica 2.22. Debemos tomar en cuenta que en la conexión del segundo módulo se pide una reducción de casi la mitad para que se establezca un mayor rendimiento en la transmisión de datos, para el tercer módulo establecemos nuevamente una distancia en el sector rural de 1.5 Km.

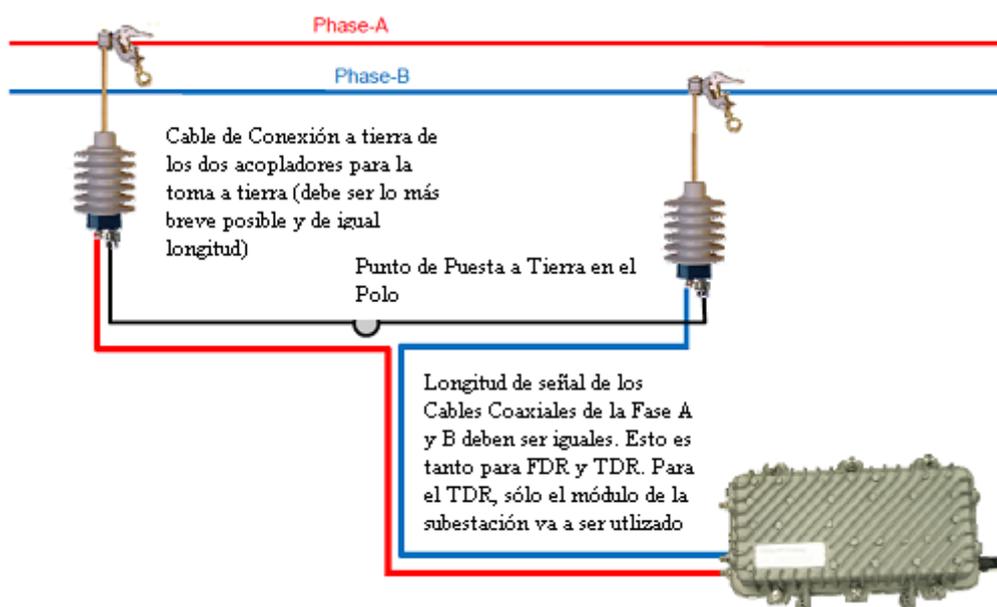
**Gráfico 2.22** Distancia entre Gateways MV





Para los acopladores debemos tomar en cuenta que se requiere la instalación de dos acopladores en cualquiera de las dos líneas de fase y esta debe ser utilizada a lo largo de todo el circuito BPL. La señal que se inyecta en la línea de media tensión es de fase diferencial. Aunque también se da el caso de que puede utilizarse un solo acoplador en una sola fase, esto en el caso de que el ruido en la línea sea casi nulo. A continuación se muestra la forma de instalación a fin de obtener unos resultados óptimos en la comunicación BPL.

**Gráfico 2.23** Instalación de Dos Acopladores de Media Tensión



**Gráfico 2.24** Instalación Real de Dos Acopladores en Media Tensión





La Gráfica 2.25 muestra tres conectores en el Gateway MV. TNC-A y TNC-B son principalmente para el uso con los acopladores de media tensión. Si se trata de dos acopladores de instalación o la señal de fase diferencial, tanto TNC-A y TNC-B se aplicarán. Si se trata de una instalación o una señal de enganche solo una fase, sólo el TNC-A se aplicará y TNC-B se deja abierta. En algún tipo de instalación, TNC-C puede ser utilizado, sin embargo, la señal en este acceso es una sola señal de fase única. La fase diferencial no está disponible. El módulo 1 y el módulo 2 se pueden acceder a través de TNC-A y TNC-B. Módulo 3 se puede acceder a través de TNC-C o la entrada de energía.

**Gráfico 2.25** Conectores del Gateway MV



Si es necesario, el Gateway MV proporcionará el servicio de comunicaciones a través de las líneas de baja tensión a los usuarios finales o puntos finales. A continuación se muestra la instalación completa de los acopladores, equipo de cabecera y repetidores, tanto para dos fases, como para una sola fase, debemos tomar en cuenta ocho aspectos en la instalación:

- Fase de Selección: Las mismas fases o fase en media tensión debe garantizarse en toda la red BPL. Se recomienda coger cualquiera de las dos fases que se encuentren cerca una de la otra en la mayoría de la ruta. La señal de fase diferencial se puede ejecutar en una sola fase.
- Los cables de Señal en el Acoplador de Media Tensión: Dos cables de señal entre los acopladores de MV y el bloque de tierra deben ser idénticas. Se da un código de colores para cada fase rojo y azul.

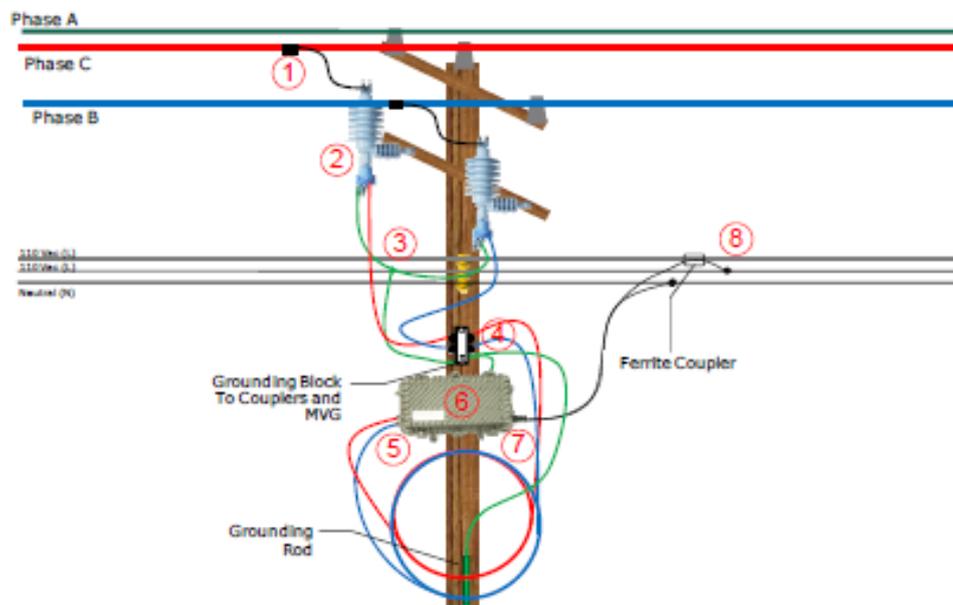


- Cable a Tierra: En la fase de la señal diferencial, la conexión a tierra es muy importante para el receptor, por lo que es necesario que los acopladores de media tensión se conecten con el cable más corto a tierra y la distancia de los cables entre los acopladores sea igual para que desciendan a la puesta a tierra de forma perpendicular para equilibrar la señal entre las dos fases.
- Cables de Señal en el Bloque de Conexión a Tierra: Los cables de señal desde el bloque de tierra a TNC-A y TNC- B del Gateway MV deben estar en la misma longitud. Un cable más largo o más corto puede ser utilizado para compensar la distancia del cable cuando la línea de media tensión se encuentre en una esquina. Esta compensación puede ayudar a una conexión débil a hacerse más fuerte. La justificación de la longitud de la indemnización depende de la diferencia de línea y de manera experimental.
- Cables de Señal en el Gateway: El cable de señal debe estar conectado al mismo puerto TNC del Gateway MV. Si el cable rojo se utiliza para TNC-A, debe seguir utilizando rojo y TNC-A para todos los nodos.
- Gateway MV: Debe estar debidamente fundamentado. Cualquier conexión a tierra práctica puede ser realizada de acuerdo con el código de seguridad local. El equipo sin conexión a tierra puede llevar el caso de diferencia de potencial y de tensión, que no es seguro para las terminales de acceso local. La instalación del gateway en el poste con la línea de bajo voltaje es preferible, a fin de obtener la energía directamente de la línea y poder acoplar la señal.
- Toma de Corriente para el Gateway MV: Este equipo viene con un enchufe hembra, con conexión a prueba de agua para la entrada de energía. Este equipo normalmente consume menos de 35 Watts. Se utiliza un pequeño calibre que va del # 18 al # 22, se puede utilizar el tipo de cable en función de la regulación local.

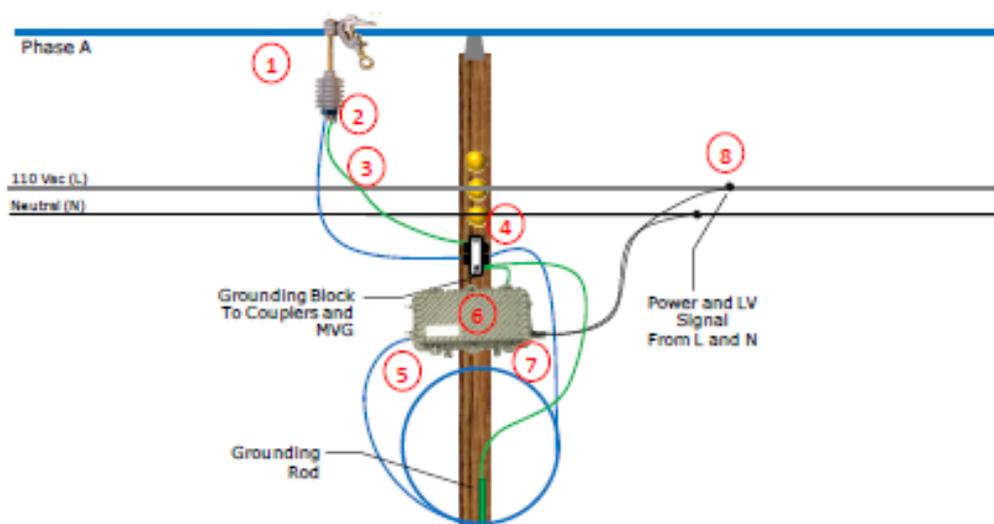


- Cable de Alimentación: La señal puede ser inyectada directamente en la fase elegida y las líneas de neutro. Con el fin de acoplar la señal en las otras fases, así, el acoplador de ferrita adicional pueden ser utilizado por sujeción en el cable de alimentación y la línea de otra fase, como se muestra en la figura. Esta conexión puede requerir fusibles, interruptor o disyuntor; esto depende de la decisión del proveedor de electricidad.

**Gráfico 2.26** Conexión de los Equipos en Dos Fases



**Gráfico 2.27** Conexión de los Equipos en Una Fase





# CAPITULO III

## ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA RED BPL EN LA PARROQUIA VILCABAMBA

### 3.1 ESTUDIO ECONÓMICO

#### 3.1.1 Introducción

Basándonos en el capítulo anterior en donde se obtuvo los requerimientos técnicos para el funcionamiento de la red BPL, es importante realizar un análisis económico que nos permita obtener una estimación de los costos totales de la implementación del proyecto, tomando en cuenta parámetros como: costos del proveedor de Internet (ISP), costos de equipos instalación, operación y mantenimiento de la red de comunicaciones BPL, entre otros que serán detallados en el desarrollo del presente Capítulo.

Para el presente análisis hemos considerado un solo proveedor de Internet, que será la empresa Telconet, ya que cuentan con un nodo en el sector de Vilcabamba. Para los equipos, en cambio se han considerado los equipos de la empresa Corinex, debido a que su tecnología es la que actualmente se está utilizando en el mercado ecuatoriano como son los casos de la Empresa Eléctrica Quito, donde ya se está brindando el servicio de banda ancha a los usuarios mediante la empresa Electronet y la Empresa Regional Centrosur en la ciudad de Cuenca, que se encuentran realizando pruebas para una posterior distribución del servicio de Internet.



### 3.1.2 Modelos de Servicio

La empresa distribuidora del servicio eléctrico, en este caso la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA), está en la capacidad de optar por tres tipos de mercado para incursionar en el mercado BPL, la primera es asumiendo todos los gastos de la implementación de forma directa. La segunda, es realizarlo en mutua cooperación con una empresa de telecomunicaciones, y la tercera opción a tomar sería el rentar su red de distribución eléctrica para que las empresas de telecomunicaciones conecten los equipos y brinden el servicio.

Varios estudios se han realizado sobre el mercado BPL, de los cuales se destaca el de la Asociación Española de Usuarios de Telecomunicaciones (AUTELSI) realizado en el 2001 y el desarrollado para la consultora norteamericana “The Shpigler Group”, en los cuales señalan los posibles modelos de negocio para la aplicación de servicios BPL.

De esta información podemos resaltar los siguientes modelos:

- Modelo A: Operador Global BPL
- Modelo B: Sociedad Compartida
- Modelo C: Portador Independiente

#### 3.1.2.1 Modelo A: Operador Global BPL

Este modelo establece la oportunidad de proporcionar el servicio final al usuario sobre la infraestructura propia, en donde la empresa de distribución eléctrica asume el control total de costos tanto de inversión como de operación, y administra también los ingresos que genere el proyecto.

Las compañías eléctricas son responsables de la implementación de todas las etapas que involucra el proyecto, incluyendo: equipamiento e instalación del ISP BPL, equipos de



cabecera y control de la red BPL, terminales de usuario y la contratación del portador internacional hacia el “backbone” de Internet.

Para la operación en el mercado, la empresa eléctrica deberá crear un departamento adicional encargado del servicio de telecomunicaciones, este departamento debe funcionar como empresa subsidiaria, de tal manera que permita la rentabilidad del nuevo servicio sin afectar el desarrollo actual del suministro eléctrico.

Para la operación comercial bajo este modelo, se requieren dos títulos habilitantes, un permiso para proveer el servicio de valor agregado y una concesión para el servicio portador. Ello debido a que los proveedores del servicio de Internet (ISP) pueden acceder a sus usuarios a través de servicios portadores y/o finales, requiriendo para ello del título de habilitante respectivo para cada servicio. El marco regulatorio se encuentra especificado en la sección 3.3 del presente Capítulo.

La ventaja que presenta este modelo es la administración de la tecnología de manera independiente, y además brinda la posibilidad de extender su aplicación en otros servicios como el monitoreo de las líneas y la tarificación del servicio eléctrico. En cambio, el inconveniente que presenta es la falta de experiencia de la Empresa Eléctrica en prestar el servicio de telecomunicaciones tanto en la parte técnica, como en la parte comercial lo que generaría un escenario riesgoso, ya que se requeriría la contratación de personal calificado para este objetivo, una fuerte inversión y altos costos de operación.

### **3.1.2.2 Modelo B: Sociedad de Servicios Compartida**

Este modelo resulta el más aplicable en los despliegues comerciales internacionales porque brinda un escenario potencialmente lucrativo. Esto debido a que se basa en la participación de dos empresas: la de distribución eléctrica, y otra propietaria de la infraestructura de comunicaciones requerida para el backbone, dichas empresas con sus conocimientos y experiencias aportan en el desarrollo del proyecto, obteniendo mejores resultados en un tiempo más corto.



Establecida la sociedad las empresas se definen los porcentajes de participación, las responsabilidades de cada uno de los miembros en la instalación, mantenimiento y control de operación del sistema, interacción con los clientes y participación de los ingresos generados.

Se pueden distribuir los recursos como en el caso de la Empresa Eléctrica, asumiría la infraestructura de la red BPL, instalación de acopladores y equipos necesarios para la transmisión de datos. La otra empresa asumiría los servicios de acceso a Internet, comercialización de la tecnología, atención al cliente y mantenimiento de los equipos.

Para obtener el permiso de operación debemos tomar en cuenta que depende de los términos en los que se establezca la sociedad, ya que si se forma una nueva empresa será necesario un título habilitante de servicio portador y de valor agregado. En cambio, si la Empresa Eléctrica ingresa como socio de una empresa de comunicaciones ya establecida no se requerirá la adquisición de nuevos permisos de operación.

Sin duda, este escenario sería el más adecuado para la Empresa Eléctrica ya que afrontaría el riesgo y los gastos de inversión para la tecnología BPL de manera equitativa con la empresa de telecomunicaciones, y con la experiencia de ambas empresas en su actividad principal, se puede lograr mejores resultados en un tiempo reducido, ampliar el mercado y ser competitivos frente a otros proveedores del servicio de banda ancha. También se evitaría el costo del portador internacional para el servicio de Internet.

### **3.1.2.3 Modelo C: Portador Independiente**

Este modelo, nos señala que las compañías eléctricas se limitarían al alquiler de su infraestructura a alguna empresa de comunicaciones interesada en aplicar la tecnología BPL y por ello determinan un porcentaje o tarifa de alquiler. Con lo cual la Empresa Eléctrica se mantendría al margen de correr algún riesgo en la aplicación del presente proyecto.



En este escenario la empresa de comunicaciones afronta en su totalidad el riesgo de incursionar en la tecnología BPL y maneja de forma directa todo el sistema, interactúa con los clientes, se encarga de instalar, mantener y comercializar el servicio de Internet. El permiso de operación en este modelo que debería afrontar la empresa de distribución eléctrica sería el de obtener un permiso como servicio portador.

Esta es la solución más fácil para la Empresa Eléctrica, porque la empresa de comunicaciones o el proveedor que desee rentar las líneas de distribución eléctrica deben afrontar toda la logística del proyecto. La desventaja sería que la empresa no puede incursionar en las aplicaciones adicionales que se puede brindar como tarifación, además el porcentaje recibido por el alquiler de las líneas será menor, que si se estableciera una sociedad compartida. Otro inconveniente que presentaría es que en la actualidad las empresas de comunicaciones no se encuentran en la posibilidad de asumir de forma independiente los costos de inversión para la tecnología BPL.

### **3.1.3 Proyección del Proyecto**

Es necesario realizar una proyección a futuro del proyecto la cual nos permita obtener una base de resultados para determinar la tendencia que tiene dicho proyecto, tanto en precisión como en fiabilidad, con lo que se espera obtener un valor real con respecto al estimado. Para poder realizar este proceso de estimación se utiliza habitualmente información objetiva y subjetiva.

La planificación de las redes de telecomunicaciones se basa directamente en la distribución de abonados prevista para el futuro. Las partes de la red más dependientes del tráfico no se pueden proyectar ni dimensionar adecuadamente sin contar con previsiones confiables.

En nuestro caso en particular se va a realizar una proyección en la cual en su parte inicial comprenda las hosterías del sector de Vilcabamba, y luego se vaya incorporando



otros establecimientos de alojamiento de turistas, es decir, otros establecimientos que tengan una afluencia de público considerable y se puedan estimar como usuarios corporativos para la red BPL.

La fuente en la que nos vamos a basar para el desarrollo de esta proyección son las estadísticas dadas por el SENATEL en donde podemos obtener índices de la evolución del Internet, como la tasa de crecimiento de población.

### 3.1.3.1 Recopilación de Información

#### 3.1.3.1.1 Densidad de Internet en el Ecuador

En base a las estadísticas dadas por la Secretaria Nacional de Telecomunicaciones tenemos una densidad del número de abonados de Internet hasta Diciembre de 2009 del 4.01 % a nivel nacional. Con lo cual podemos estimar un porcentaje promedio en base al incremento de usuarios que en este caso sería del 2.36%.

**Tabla 3.1** Densidad de Internet (Abonados)<sup>1</sup>

<b>Año</b>	<b>Total Cuentas/Abonados</b>	<b>Población</b>	<b>Densidad</b>
2005	137.326	13.215.089	1.04%
2006	207.277	13.408.270	1.55%
2007	276.714	13.605.485	2.03%
2008	328.571	13.805.095	2.38%
Mar – 2009	340.808	13.854.913	2.46%
Jun – 2009	273.621	13.904.911	1.97%
Sep – 2009	481.402	13.955.090	3.45%
Dic – 2009	562.088	14.005.449	4.01%

<sup>1</sup> Fuente: SENATEL – DGGST, diciembre 2009



Notas:

- Incluye líneas activas de datos de los operadores del Servicio Móvil Avanzado
- Densidad de Internet: Número de Abonados existentes por cada 100 habitantes.

También obtenemos los datos del número de usuarios y abonados específicamente en la provincia de Loja obteniendo como resultado los siguientes datos:

**Tabla 3.2** Número de Abonados y Usuarios de Loja<sup>2</sup>

	<b>Provincia de Loja</b>	<b>Cantón Loja</b>
Total N° de Cuentas Conmutados	10182	-----
Total N° de Usuarios por Cuentas Conmutados	40728	7824
Total N° de Cuentas Dedicados	2390	-----
Total N° de Usuarios por Cuentas Dedicados	20780	19591
Total de N° de Cuentas	12572	4023
Totales de Usuarios Por Cuenta	61508	27415
Población 2009	442001	190976
Densidad 2009 Cuentas	2.84%	2.11%
Densidad 2009 Usuarios	13.92%	14.36%
Promedio Densidad Cuentas	2.00 %	-----
Promedio Densidad Usuarios	8.30%	-----

Como podemos ver en la tabla 3.2 tenemos una densidad en el 2009 del 14.36 % en el cantón de Loja, en donde está incluida la parroquia Vilcabamba, por ende vamos a tomar el porcentaje resaltado para realizar nuestro cálculo.

<sup>2</sup> Fuente: SENATEL – DGGST, diciembre 2009



### 3.1.3.1.2 Estimación de Locales

Esto se va a realizar en base a los datos proporcionados por el Ministerio de Turismo en Loja, de los cuales vamos a tomar los locales que creamos requieran el servicio y serán presentados en la siguiente tabla:

**Tabla 3.3** Establecimientos de Vilcabamba<sup>3</sup>

<b>Alojamiento</b>	<b>Nombre</b>
Cabañas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecoalbergues Rumi Huilco</li> <li>• Rio Yambala</li> </ul>
Hostales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mandando</li> </ul>
Hostal Residencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valle Sagrado</li> <li>• Taranza</li> </ul>
Pensión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le Rendez Vous</li> <li>• Las Margaritas</li> </ul>
Refugio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gavilán</li> <li>• Solomaco</li> </ul>
<b>Alimentación y Bebidas</b>	<b>Nombre</b>
Cafetería	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Layseca's</li> <li>• Yogurt Natural</li> </ul>
Restaurantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La Capiatta</li> <li>• Restaurant Bar Café Shantas</li> <li>• Huilcopamba</li> <li>• Las Orquídeas</li> <li>• La Terraza</li> <li>• Campary</li> <li>• La Esquina</li> </ul>
Bar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Timothy's</li> </ul>

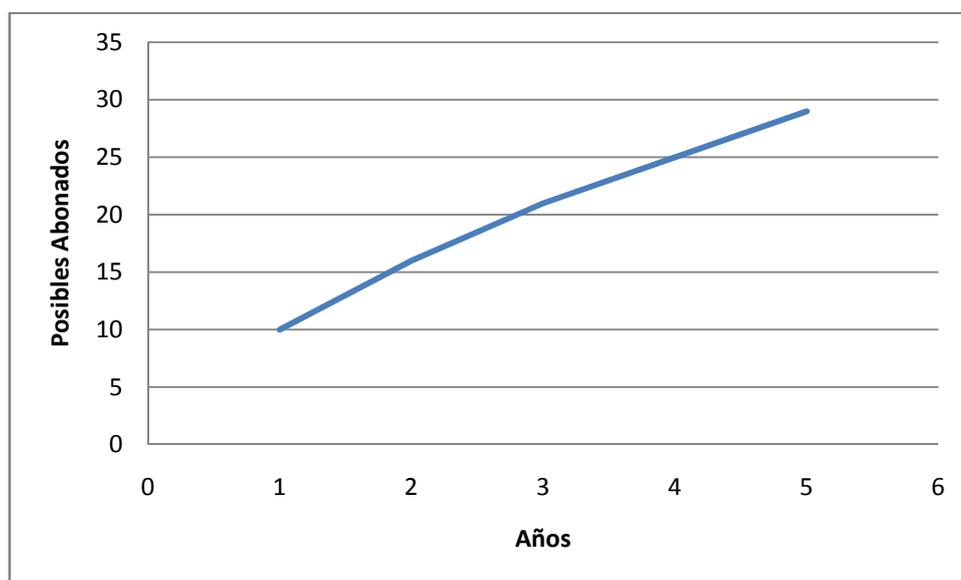
Para el presente proyecto se va a realizar una estimación porcentual en la cual se vayan incluyendo cada año los locales señalados anteriormente, es así que se ha considerado el siguiente porcentaje:

<sup>3</sup> Fuente: Ministerio de Turismo (Loja)



Primer Año:	32 %	(6 locales)
Segundo Año:	26%	(5 locales)
Tercer Año:	21%	(4 locales)
Cuarto Año:	21%	(4 locales)

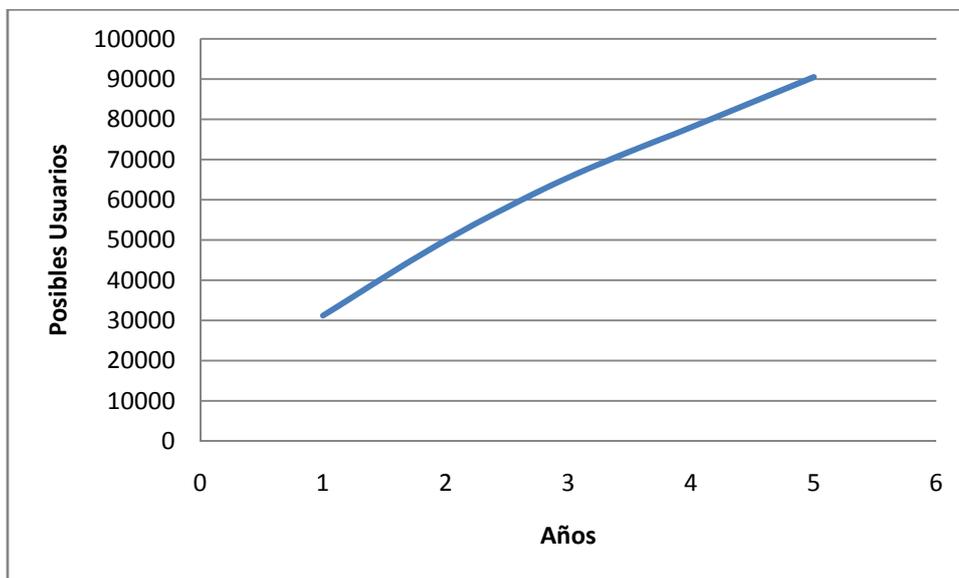
**Gráfica 3.1** Posible Crecimiento de Abonados



Para obtener un promedio aproximado de los usuarios que visitan los establecimientos considerados para la proyección, nos vamos a basar en las encuestas realizadas de la afluencia de personas, obteniendo los siguientes resultados:

En base a las encuestas realizadas tenemos un promedio anual de 31200 personas que visitan las diez hosterías, para la proyección vamos a añadir a los posibles usuarios que asistirían anualmente a los otros establecimientos obteniendo los siguientes resultados:

Fase Introductoria:	31200 (10 locales)
Primer año:	18720 (6 locales)
Segundo Año:	15600 (5 locales)
Tercer Año:	12480 (4 locales)
Cuarto Año:	12480 (4 locales)

**Gráfica 3.2** Posible Crecimiento de Usuarios

### 3.1.3.2 Modelo Matemático Para la Proyección

Para poder realizar el cálculo matemático de la proyección de la demanda se utilizará el método de la tasa de crecimiento exponencial, la cual está basada en la siguiente fórmula:

$$P_t = P_0 * (1+C)^t$$

En donde:

$P_t$ : Cantidad de usuarios potenciales luego de  $t$  años

$P_0$ : Cantidad de usuarios potenciales

%  $C$ : Tasa de crecimiento promedio acumulativa anual

$t$ : Número de años



Basándonos en el modelo matemático tenemos en la fase introductoria 10 hosterías con una tasa de crecimiento del 14.36 % con lo que obtenemos los siguientes resultados:

**Tabla 3.4** Cálculo Matemático

<b>Año</b>	<b>Abonados Totales</b>
1	11.44
2	13.08
3	14.96
4	17.10

Como podemos ver este cálculo no nos ofrece un mayor índice de crecimiento de abonados en los cuatro años que se piensa realizar la proyección, por lo que se tendrá en consideración los porcentajes anteriormente establecidos.

### **3.1.4 Costos e Ingresos del Proyecto**

En esta sección se estiman los costos que involucra el proyecto en cada una de sus etapas y por rubros. En base a esta información podemos realizar una proyección del mismo; también debemos considerar los modelos de mercado a escoger como en este caso lo haremos en la fase que involucre a la Empresa Eléctrica de forma más activa como son el Modelo A y B señalados en la sección 3.1.2.

Antes de estimar una valoración de los costos e ingresos del proyecto, es necesario establecer los rubros que deben ser considerados en el presupuesto y en la estimación de los ingresos.



Tanto los costos, como los beneficios analizados en este proyecto incluyen rubros directos, estos serían los que proveen las condiciones necesarias para la implementación del proyecto; en cambio los rubros indirectos, son los que no interfieren con el proceso productivo y son recuperables a largo plazo. A continuación resumimos en la siguiente tabla los tipos de costos y beneficios agrupados en rubros:

**Tabla 3.5** Identificación de Costos e Ingresos

<b>COSTOS</b>	<b>INGRESOS</b>
<u><i>Costos Directos</i></u>	<u><i>Ingresos Directos</i></u>
<u>Costos de Inversión Inicial:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos para la red BPL</li> <li>• Módems de usuario</li> <li>• Acopladores</li> <li>• Equipos de control y servidores ISP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarifa Mensual por el servicio de Internet</li> </ul>
<u>Costos de Operación:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alquiler del canal de datos hacia Internet</li> <li>• Mano de Obra</li> </ul>	
<u>Costos de Mantenimiento:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reposición y mantenimiento de los equipos</li> </ul>	
<u>Costos de Logística:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salarios del Personal y Servicios Básicos</li> </ul>	
<u><i>Costos Indirectos</i></u>	<u><i>Ingresos Indirectos</i></u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos por Imprevistos</li> <li>• Adquisición de equipos para usuarios futuros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento de usuarios del servicio</li> </ul>



### 3.1.4.1 Costos del Proyecto

#### 3.1.4.1.1 Costos de Equipos para la Red BPL

Antes de realizar una estimación de los costos unitarios, vamos a realizar un resumen de la totalidad de equipos que se requerirían para el presente proyecto y se los presenta a continuación:

**Tabla 3.6** Resumen de Equipos

<b>EQUIPOS</b>	<b>CANTIDAD</b>
Equipo de Cabecera Corinex Medium Voltage Access Gateways	1
Repetidores Corinex Medium Voltage Access Gateways	5
Acopladores Capacitivos	10
Módems de Usuario Corinex AV200	10

Los costos que se encuentran en la siguiente tabla son en base a una cotización facilitada directamente por la empresa proveedora, con su agente de ventas para Latinoamérica.

**Tabla 3.7** Costos de Equipos BPL

<b>Descripción</b>	<b>Costo Unitario (USD)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total (USD)</b>
Equipo de Cabecera	1000	1	1000
Repetidores	1000	5	5000
Acopladores	700	10	7000
Módems	80	10	800
<b>TOTAL (USD)</b>			<b>13800</b>



En la siguiente tabla se presenta una consideración de equipos que se requeriría según la proyección estimada.

**Tabla 3.8** Costos de la Proyección de Equipos

Años	Abonados		Cabecera		Repetidores		Acoplador		Módems		Total (USD)
	Incremento	Total Abonados	Nº	Costo total (USD)	Nº	Costo total (USD)	Nº	Costo total (USD)	Nº	Costo total (USD)	
1ero.	10		1	1000	5	5000	10	7000	10	800	13800
2do.	6	16	0	0	0	0	0	0	6	480	480
3ero.	5	21							5	400	400
4to.	4	25							4	320	320
5to.	4	29							4	320	320

En la tabla 3.8 debemos resaltar que no se requiere la instalación de nuevos equipos de cabecera, acopladores o repetidores debido a que en la fase inicial se cubre gran parte del sector, especialmente el centro parroquial en donde se encuentran ubicados la mayoría de establecimientos considerados en la proyección. Además los equipos designados están en la capacidad de cubrir la posible demanda a futuro.

#### 3.1.4.1.2 Costos de Operación

Para poder realizar una estimación de los costos de operación, y en especial del servidor de Internet hemos puesto en consideración el valor que tendría la contratación y el pago mensual al proveedor. Este rubro se constituye en un factor crítico porque la viabilidad del proyecto tiene una dependencia directa con este costo. La empresa de telecomunicaciones para poder brindar el ancho de banda calculado en este proyecto que son los 4 Mbps nos da la siguiente información:



- La empresa llega a Vilcabamba mediante microondas, en donde el nodo en esa parroquia se encuentra ubicado en el Parque Central.
- La última milla se la realiza mediante tendido de fibra óptica desde el nodo hasta el sitio donde se desee el servicio de acceso a Internet o transmisión, que en este caso sería la subestación Vilcabamba.
- En el rubro del costo de instalación se hace constar también la configuración de una máquina o CPU para que cumpla las funciones de servidor de tráfico. Este servidor tendrá una IP pública, tendrá un Firewall y un servidor Proxy.
- El equipo contendrá dos tarjetas de red Ethernet, de preferencia una de ellas con chip Realtek.
- El servicio que se va a prestar es del tipo dedicado, es decir que es de uso exclusivo de la persona o empresa que lo contrata.

**Tabla 3.9** Costos de Operación

<b>Descripción</b>	<b>Costo (USD)</b>
Ancho de banda 4096/4096 Kbps	2016
Costo de Instalación	392
<b>TOTAL (USD)</b>	2408

Debemos poner en consideración que este precio tiende a disminuir debido a que se está realizando la interconexión con la ciudad de Machala por medio de fibra óptica, lo que disminuiría considerablemente el costo anterior.

Además debemos resaltar que en un futuro, cuando el proyecto de tendido de fibra óptica entre las subestaciones culmine, puede ser un servidor ideal para el presente proyecto ya que los costos disminuirían drásticamente, lo que permitiría una masificación del servicio mediante la tecnología BPL, logrando cubrir una mayor región de la parroquia Vilcabamba, en un tiempo relativamente corto.



De igual manera vamos a tomar en consideración el ancho de banda que se requeriría para cubrir la demanda en base a la proyección.

**Tabla 3.10** Incremento y Costos del Servidor

Años	Ancho de Banda (Mbps)	Costo Total (USD)
1ero.	4	2016
2do.	6	3024
3ero.	9	4536
4to.	11	5544
5to.		

Los valores obtenidos del ancho de banda están basados en el cálculo realizado en el Capítulo 2 sección 2.4.4, en donde se realiza una estimación de los posibles usuarios que ocupen la red, este dato obtenido es resultado de una análisis dinámico en donde se considera el tráfico de personas que ocupan el servicio y las páginas que habitualmente son las más visitadas.

#### 3.1.4.1.3 Costos de Instalación y Mantenimiento

Este tipo de costo se lo designa a los egresos referentes a la instalación de los equipos BPL en la red eléctrica y los acopladores necesarios para su funcionamiento. Después de varios años, a este rubro se le asignará también los costos de mantenimiento continuo de las red. Para lo cual se ha estimado un equivalente al 20% del costo total de la instalación de los equipos BPL.



### 3.1.4.1.4 Costos de Logística e Imprevistos

Estos costos son referidos a los valores necesarios para el pago de salarios del personal y servicios básicos. Para lo cual se va a desglosar el personal que se requeriría en su etapa introductoria y en la proyección establecida.

**Tabla 3.11** Posibles Salarios

Años	Personal Calificado	Salario/ Persona (USD)	Personal No Calificado	Salario/ Persona (USD)	Costo Total (USD)
1ero.	1	700	2	350	1400
2do.					
3ero.	2	800	4	380	3120
4to.					
5to.					

Los costos referidos a imprevistos o gastos inesperados en la implementación del servicio, generalmente se le asigna un equivalente al 5% del costo total del equipamiento BPL.

### 3.1.4.1.5 Resumen de Costos y Proyección

En esta sección se va a enfocar los costos que debería afrontar la EERSSA según los modelos de mercado que se planteó con anterioridad.



- Modelo A: La empresa es la encargada de todo el proceso de la tecnología BPL obtenemos los siguientes resultados:

**Tabla 3.12** Costos Modelo A

Años	N° Abonados	Costo Equipos [USD]	Costo Operación [USD]	Costos de Instalación y Mantenimiento (20% A) [USD]	Costos de Logística e Imprevistos [USD]	Total [USD]
1ero.	10	13800	2016	2760	2090	20666
2do.	16	480	3024	96	1424	5024
3ero.	21	400	4536	80	3140	8156
4to.	25	320	5544	64	3136	9064
5to.	29	320	5544	64	3136	9064

Para el primer año de la proyección se considera los costos de logística e imprevistos para cubrir los costos que se tendría que asumir por concepto de permisos de operación y los otros rubros mencionados en la sección 3.1.4.1.4.

- Modelo B: Para este tipo de mercado en el cual dos empresas (Eléctrica y Telecomunicaciones) se unen para brindar el servicio, se considera que la Empresa de Telecomunicaciones asume los costos de operación (instalación y costo mensual) y permisos de operación.

**Tabla 3.13** Costos Modelo B

<b>Años</b>	<b>N° Abonados</b>	<b>Costo Equipos [USD]</b>	<b>Costos de Instalación y Mantenimiento (20% A) [USD]</b>	<b>Costos de Logística e Imprevistos [USD]</b>	<b>Total [USD]</b>
1ero.	10	13800	2760	2090	18650
2do.	16	480	96	1424	2000
3ero.	21	400	80	3140	3620
4to.	25	320	64	3136	3520
5to.	29	320	64	3136	3520

### 3.1.4.2 Ingresos del Proyecto

Los ingresos estimados en un proyecto se derivan de la capacidad de servicio establecida y de los precios por el servicio. Con el incremento de la capacidad de la red, el ingreso varía proporcionalmente a dicho aprovechamiento de la capacidad.

Para poder definir los ingresos que ha de proporcionar el presente proyecto se requiere definir los beneficios que se generan. En el caso particular de este estudio, la única fuente de ingresos que se presenta es el valor pagado por los usuarios por concepto de contratación e inscripción y la tarifa mensual que se debe pagar por el servicio de banda ancha, este valor debe establecerse de tal forma que resulte atractiva a los usuarios finales para lograr ser competitivos en el mercado actual.



### 3.1.4.2.1 Tarifa Mensual por el Proyecto

Debido al crecimiento del uso de Internet a nivel mundial como local, ha dado lugar a una considerable reducción de costos por el servicio de acceso y transmisión de información sobre la red. Es por esto que en los países que ya se está aplicando esta tecnología se busca establecer un precio competitivo, frente a otras tecnologías que brindan las mismas prestaciones.

La idea fundamental de este proyecto es establecer un cuarto de información en cada hostería con promedio de diez computadoras para cada establecimiento, por lo que, el servicio brindado para cada hostería no debe ser considerado como usuario residencial, sino más bien como usuario corporativo ya que se necesita una disponibilidad aceptable en el servicio de Internet, y obviamente cubrir la demanda de banda ancha que requieran lo que conlleva recaudar un valor superior a las tarifas residenciales.

Para estimar un valor de las tarifas a cobrar se ha realizado un estudio de campo previo, obteniendo las tarifas que actualmente cobran las empresas proveedoras del servicio de Internet en el caso corporativo, y en base a estos datos hemos estimado un precio que resulte competitivo en el mercado. Los costos ofertados por las empresas son los siguientes:

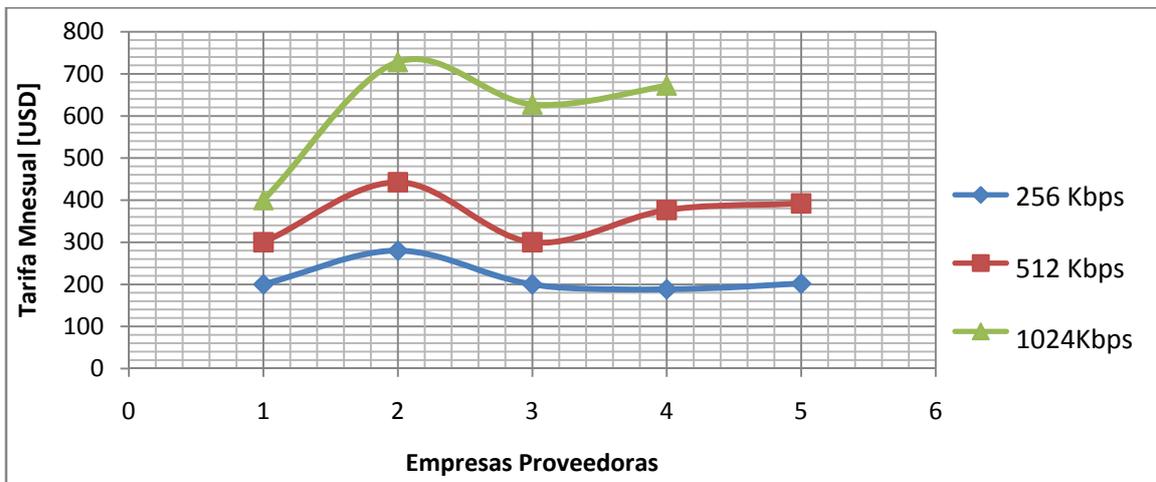
**Tabla 3.14** Valores que Cobran Otras Empresas

Empresa	Ancho de Banda [Kbps]	Instalación [USD]	Tarifa Mensual [USD]
Computel	256	145.20	200
	512		300
	1024		400
Lojasystem	256	176.96	280
	512		442.40
	1024		728



Netplus	256	72.80	200
	512		300
	1024		-----
Telconet	256	350	188.16
	512		376.32
	1024		627.20
Speed Telecom	256	280	201.60
	512		392
	1024		672

**Gráfica 3.3** Precios que Perciben Otras Empresas



En la tabla 3.15 se presenta las tarifas a recaudar con los diferentes anchos de banda que se ha considerado adecuado para brindar el servicio:

**Tabla 3.15** Tarifas del Servicio de Internet BPL

<b>Velocidad (Kbps)</b>	<b>Instalación (USD)</b>	<b>Precio Mensual (USD)</b>
256	120	210
512	120	360
1024	120	605

Con las tarifas dadas para los diferentes anchos de banda que se podría ofrecer se va a realizar la proyección de tarifas a cobrar según los modelos de mercado y que se presenta en la siguiente tabla:

- Modelo A: La Empresa Eléctrica con este modelo de mercado asume todas las ganancias que genere el proyecto.

**Tabla 3.16** Proyección de Tarifas Modelo A

<b>Años</b>	<b>Nº de Abonados</b>	<b>Velocidad (Kbps)</b>	<b>Instalación (USD)</b>	<b>Tarifa Mensual Durante el Año (USD)</b>	<b>Ingreso Total (USD)</b>
1ero.	10	256	1200	25200	26400
		512		43200	44400
		1024		72600	73800
2do.	16	256	720	40300	41020
		512		69120	69840
		1024		116160	116880
3ero.	21	256	600	52920	53520
		512		90720	91320
		1024		152460	153060
4to.	25	256	480	63000	63480
		512		108000	108480
		1024		181500	181980
5to.	29	256	480	73080	73560
		512		125280	125760
		1024		210540	211020



- **Modelo B:** En este modelo en cambio se ha considerado que la Empresa Eléctrica asuma un porcentaje del servicio prestado que en este caso sería del 25% debido a que la inversión más fuerte que debe afrontar es en el inicio del proyecto y luego recibe las utilidades. Caso contrario, pasa con la empresa de telecomunicaciones ya que afronta los costos del servidor q se debe afrontar y son mensualmente y tendrían un egreso mensual considerable, en tiempo continuo y no solo en su fase inicial.

**Tabla 3.17** Proyección de Tarifas Modelo B

<b>Años</b>	<b>Nº de Abonados</b>	<b>Velocidad (Kbps)</b>	<b>Ingreso Total (USD)</b>
1ero.	10	256	6600
		512	11100
		1024	18450
2do.	16	256	10255
		512	17460
		1024	29220
3ero.	21	256	13380
		512	22830
		1024	38265
4to.	25	256	15870
		512	27120
		1024	45495
5to.	29	256	18390
		512	31440
		1024	52755

### 3.2 FACTORES ECONÓMICOS

Con las proyecciones dadas con los diferentes tipos de mercado podemos realizar una evaluación económica en donde vamos a desglosar las condiciones y oportunidades económicas que generaría la posible implementación del proyecto BPL.



A continuación se va a describir algunos factores que nos permitan determinar un criterio sobre los valores obtenidos como son:

### 3.2.1 Flujo De Fondos, Beneficio o Utilidad Neta (BN)

Es la diferencia entre los ingresos netos y los desembolsos netos necesarios para llevar a cabo el proyecto, siendo su representación matemática la siguiente:

$$BN = Ingresos - Egresos$$

### 3.2.2 Valor Presente Neto (VPN)

Este factor nos indica la utilidad que la implementación del proyecto daría a lo largo de su período de aplicación, trasladada al momento actual utilizando para ello la tasa de interés activa proyectada y vigente para el país de análisis de la inversión. Su representación matemática es la siguiente:

$$VPN = -E_i + \sum_{i=1...n} \frac{BN_i}{(1 + I_A)^i}$$

Donde:

VPN: Valor presente neto

$E_i$ : Inversión inicial

$BN_i$ : Beneficio neto actual

$I_A$ : Tasa de interés activa vigente



La tasa de interés activa vigente se refiere al precio que cobra una persona o institución crediticia por el dinero que presta. En el Ecuador las tasas de interés se reajustan semanalmente por el Banco Central del Ecuador y vamos a considerar a Abril de 2010 la tasa que se encuentra en  $I_A = 9.12\%$ .

La regla para realizar una inversión utilizando o no el VPN es la siguiente:

- **VPN > 0:** Es rentable, mientras mayor sea su valor, mayores utilidades.
- **VPN = 0:** Indica que el proyecto se mantiene estático es decir ni gana ni pierde y no genera utilidades.
- **VPN < 0:** La implementación del proyecto generará pérdidas.

### 3.2.3 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Esta tasa nos indica que se está ganando un interés sobre el saldo no recuperado de la inversión en cualquier momento de la duración del proyecto. Según la fórmula matemática es igual a la tasa de interés que hace que el valor actual neto sea igual a cero. Es decir resuelve la siguiente ecuación:

$$VPN = 0 = -E_i + \sum_{i=1 \dots n} \frac{BN_i}{(1 + TIR)^i}$$

Donde:

VPN: Valor presente neto

$E_i$ : Inversión inicial

$BN_i$ : Beneficio neto actual

TIR: Tasa interna de retorno



La regla para realizar una inversión o no utilizando la TIR es la siguiente:

- **TIR < 0:** El proyecto genera pérdidas
- **TIR = 0:** El proyecto no genera utilidad, solo cubre los costos de inversión y operación
- **TIR > I<sub>A</sub> > 0:** El proyecto generará una utilidad muy pequeña
- **TIR = I<sub>A</sub>:** La utilidad que genera la inversión será igual a la utilidad que generaría el dinero invertido en el sistema financiero nacional. En este caso el inversionista es indiferente en realizar el proyecto o no.
- **TIR > I<sub>A</sub>:** El proyecto será económicamente más rentable mientras la TIR supere en mayor medida a la tasa de interés vigente.

### 3.2.4 Período de Recuperación del Capital (PRC)

Este parámetro consiste en la determinación del tiempo necesario para que los flujos netos positivos sean iguales al capital invertido. Este índice analiza la liquidez que puede generar el proyecto, para lo cual se emplea la siguiente fórmula:

$$PRC = \frac{E_i}{\sum_{i=1...} BN_i}$$

Donde:

PRC: Período de recuperación del capital

E<sub>i</sub>: Inversión inicial

BN<sub>i</sub>: Beneficio neto actual



El inversionista siempre dará prioridad a los proyectos que requieran menor tiempo de recuperación.

### 3.2.5 Rentabilidad

Para estimar la rentabilidad de una inversión en base a la relación entre ingresos y egresos se tomarán en cuenta los flujos de caja netos de cada período anual y el capital invertido. Este método nos dará la tasa en porcentaje, de cómo se va a recuperar el capital en cada año. Matemáticamente se expresa como:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n BN_i - 1}{E_i}$$

Donde:

R: Tasa de rentabilidad en porcentaje

BN<sub>i</sub>: Flujo de caja neto de cada período anual

E<sub>i</sub>: Inversión inicial

### 3.2.6 Evaluación Económica

Una vez definidos los parámetros económicos en la sección anterior, vamos a presentar en las siguientes tablas los resultados obtenidos de dichos índices según los dos modelos de mercado planteados, los cuales nos permitan determinar la viabilidad del presente proyecto.



### 3.2.6.1 Modelo A: Operador Global BPL

**Tabla 3.18** Evaluación Económica Modelo A

Año	Velocidad (Kbps)	Costo Total	Ingreso Total	Utilidad Neta
1ero.	256	20666	26400	5734
	512		44400	23734
	1024		73800	53134
2do.	256	5024	41020	35996
	512		69840	64816
	1024		116880	111856
3ero.	256	8156	53520	45364
	512		91320	83164
	1024		153060	144904
4to.	256	9064	63480	54416
	512		108480	99416
	1024		181980	172916
5to.	256	9064	73560	64496
	512		125760	116696
	1024		211020	201956

**Tabla 3.18a** Evaluación Económica Modelo A

Velocidad	VPN	TIR	PRC <sup>4</sup>	R <sup>5</sup>
256 Kbps	129801.54	27.01 %	0.100	9.97 %
510 Kbps	265072.80	61.03 %	0.053	18.77 %
1024 Kbps	485988.42	115.38 %	0.030	33.13 %

<sup>4</sup> Tiempo de Recuperación de la inversión

<sup>5</sup> Indica en que porcentaje anualmente se recupera la inversión



### 3.2.6.2 Modelo B: Sociedad de Servicios Compartida

**Tabla 3.19** Evaluación Económica Modelo B

Año	Velocidad (Kbps)	Costo Total	Ingreso Total	Utilidad Neta
1ero.	256	18650	6600	- 12050
	512		11100	- 7550
	1024		18450	- 200
2do.	256	2000	10255	8255
	512		17460	15460
	1024		29220	27220
3ero.	256	3620	13380	9760
	512		22830	19210
	1024		38265	34645
4to.	256	3520	15870	12350
	512		27120	23600
	1024		45495	41975
5to.	256	3520	18390	14870
	512		31440	27920
	1024		52755	49235

**Tabla 3.19a** Evaluación Económica Modelo B

Velocidad	VPN	TIR	PRC	R
256 Kbps	3073.67	12.47 %	0.562	1.78 %
510 Kbps	36891.48	43.99 %	0.237	4.22 %
1024 Kbps	92120.39	86.70 %	0.122	8.20 %

Con los resultados obtenidos en la evaluación económica podemos realizar algunas observaciones importantes y que detallaremos a continuación:



- Los costos de inversión inicial resultan elevados, por ende la utilidad neta que se pretende percibir en el primer año va a ser pequeña en el caso del modelo A, y negativa en cambio para el modelo B de mercado.
- Para el caso del modelo A resulta conveniente que la empresa se maneje como operador global ya que con los ingresos que se espera percibir son suficientes para cubrir los costos, y analizada la proyección con la futura inclusión de nuevos establecimientos resulta aun mejor ya que los equipos que serían instalados en su fase inicial son suficientes para cubrir la demanda, por ende recibirían más utilidades en cada período proyectado.
- De igual manera podemos decir que el escenario para brindar el servicio de banda ancha con las diferentes velocidades ofertadas en el modelo de mercado A resulta favorable, caso contrario ocurre en el modelo B ya que genera pérdidas en el primer año de proyección tanto para las velocidades de 256 y 512 Kbps. Esto surge debido a la participación que obtiene la empresa al distribuir los ingresos con la compañía proveedora que sería solo del 25%.
- Con lo relativo a la Tasa Interna de Retorno (TIR) en todos los casos presentados resulta con un alto rendimiento económico, ya que se obtiene mayor utilidad a la que se obtendría con el dinero invertido en el sistema financiero nacional.
- Al presentarse un período de recuperación del capital anual relativamente corto en todos los casos, resulta atractivo que la Empresa pretenda expandirse ya no solo a brindar el servicio a usuarios corporativos, sino también a residenciales, con lo que se lograría una cobertura total de la parroquia.
- Aunque en el modelo B se generan pérdidas el primer año que básicamente es el de inversión, también resulta un mercado interesante, ya que con la experiencia de la empresa de telecomunicaciones, lo que se conseguiría es ampliar la cobertura del servicio en un menor tiempo. Y de igual manera establecerse en otros sectores que contengan potenciales usuarios.



### 3.3 ANÁLISIS REGULATORIO

Disponer de un análisis o marco regulatorio estable es esencial para el desarrollo y la aplicación práctica de la tecnología BPL. Además, como toda nueva tecnología necesita estándares (bandas de frecuencia, potencia, límites EMC<sup>6</sup>, etc.), para poder desarrollarse comercialmente de una forma competitiva al permitir la interoperabilidad entre fabricantes.

Lamentablemente aun no existe un estándar internacional definido para la tecnología “Broadband over Power Line”. Los procesos de regulación se limitan a recomendaciones y normas a escala regional y nacional. Pero cabe mencionar que existen algunos estándares planteados por ETSI<sup>7</sup>, CENELEC<sup>8</sup>, PLC Forum, entre otros, que nos pueden guiar en este ámbito.

Más adelante se hará una revisión de la Ley de Telecomunicaciones en el Ecuador, y algunos artículos relacionados con la tecnología BPL. Aunque cabe resaltar que no se hace mayor referencia específica sobre el tema por el organismo llamado a regularizar las comunicaciones.

A continuación se citará algunas leyes y de igual manera se irá comentando como se relaciona con la tecnología BPL en algunos casos favoreciéndola y en otros casos creando impedimentos para su implementación.

---

<sup>6</sup> Límites a imponer, sobre la posible acumulación de las emisiones

<sup>7</sup> European Telecommunication Standardization Institute

<sup>8</sup> Organismo Internacional encargado de realizar las normativas para la mayoría de sistemas eléctricos y electrónicos



### 3.3.1 Ley Especial de Telecomunicaciones<sup>9</sup>

#### Capítulo I

##### Disposiciones Fundamentales

- **“Art 17.- Protección contra interferencias.-** INECEL<sup>10</sup>, las Empresas Eléctricas y cualquier otra persona natural o jurídica que establezcan líneas de transmisión o de distribución de energía eléctrica o instalaciones radioeléctricas de cualquier tipo, están obligadas a evitar, a su costo, cualquier interferencia que pudiera producirse por efecto de dichas instalaciones sobre el sistema de telecomunicaciones, ya sea adoptando normas apropiadas para el trazado y construcción de las mismas o instalando los implementos o equipos necesarios para el efecto.”

Cuando se realizaron las primeras pruebas en BPL, se tenía problemas con interferencias con las comunicaciones de emergencia de las áreas circundantes a los equipos, por motivo de las bajas frecuencias que utiliza esta tecnología. Esto ha sido superado actualmente, y se evita por completo este tipo de problemas.

- **“Art 18.- Daños a Instalaciones.-** Cuando las instalaciones de telecomunicaciones pertenecientes a la red pública o a las instalaciones de radio comunicaciones forman parte del servicio público, sufran interferencias, daños o deterioros causados por el uso de equipos eléctricos, vehículos, construcciones o cualquier otra causa, corresponderá al causante del daño pagar los costos de las modificaciones o reparaciones necesarias, inclusive por la vía coactiva.”

Este artículo nos da a conocer la protección que tienen las instalaciones de comunicaciones con respecto a interferencias o daños a la propiedad causadas por otros equipos, aunque en un principio la tecnología BPL tenía el inconveniente de provocar

---

<sup>9</sup> Fuente: Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada

<sup>10</sup> La Ley Reformativa del Sector Eléctrico, estableció la liquidación de INECEL y el plazo para su extinción jurídica al 31 de marzo de 1999.



interferencia en especial a radioaficionados, esto fue superado cambiando las técnicas de modulación.

### 3.3.2 Reglamento para la Ley Especial de Telecomunicaciones<sup>11</sup>

#### Del Régimen de los Servicios

- “**Art 5.-** Para la prestación de un servicio de telecomunicaciones, se requiere un título habilitante, que habilite específicamente la ejecución de la actividad que realice.”

Este artículo tiene mayor relevancia ya que señala la obligación de poseer un título habilitante para poder aplicar la tecnología BPL en este caso, y poder brindar el servicio a través de este medio.

Refiriéndonos específicamente a la provincia de Loja, la EERSSA, es la propietaria de la red de distribución eléctrica, por lo que necesitaría el título habilitante para poder brindar el servicio de banda ancha, ya que su red en la actualidad está determinada a cumplir un solo objetivo que es el de proveer de energía eléctrica a los usuarios, y no está habilitada para dar servicios de telecomunicaciones.

- “**Art 7.-** Son servicios portadores aquellos que proporcionan a terceros la capacidad necesaria para la transmisión de signos, señales, datos, imágenes y sonidos entre puntos de terminación de una red definidos, usando uno o más segmentos de una red. Estos servicios pueden ser suministrados a través de redes públicas conmutadas o no conmutadas integradas por medios físicos, ópticos y electromagnéticos.”
- “**Art 11.-** Son servicios de valor agregado, aquellos que utilizan servicios finales de telecomunicaciones e incorporan aplicaciones que permiten transformar el

---

<sup>11</sup> Fuente: Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada



contenido de la información transmitida. Esta transformación puede incluir un cambio neto entre los puntos extremos de la transmisión en el código, protocolo o formato de la información.”

Este artículo hace referencia al concepto de un servicio de valor agregado, ya que permite que sobre el tendido de red eléctrica pueda ofrecerse otro servicio, si se desea emplear BPL como red de acceso esto es muy conveniente ya que se daría un servicio final al usuario.

- “**Art 12.-** Los prestadores de servicios de valor agregado requerirán de un título habilitante que consistirá en un permiso para su operación. El acceso a los usuarios finales de los prestadores de servicios de valor agregado deberá realizarse a través de un concesionario de un servicio final.”

De igual manera posee la ventaja de ser un concesionario de este servicio, puesto que las redes eléctricas pertenecen a la Empresa Eléctrica y esta prestación es considerada como servicio final.

- “**Art 13.-** Los servicios finales y portadores se prestarán a través de de las redes públicas de telecomunicaciones.

Toda red de la que dependa la prestación de un servicio final o portador será considerada una red pública de telecomunicaciones se requiere ser titular de un título habilitante de servicios portadores o finales

Las redes públicas de telecomunicaciones tenderán a un diseño de red abierta, esto es que no tengan protocolos ni especificaciones de tipo propietario, de tal forma que se permita interconexión y conexión, y cumplan con los planes técnicos fundamentales emitidos por el CONATEL. Los concesionarios de servicios portadores podrán ofrecer sus servicios a los concesionarios de otros servicios de telecomunicaciones, prestadores de servicios de valor agregado o una red privada y usuarios de servicios finales. Las



redes públicas podrán soportar la prestación de varios servicios, siempre que cuente con el título habilitante respectivo.”

Este artículo da a entender que las redes que brinden servicio final de telecomunicaciones, automáticamente pasan a ser redes públicas, y que además estarán disponibles para que ingresen otros operadores o realizar interconexiones.

En el caso de utilizar los servicios de comunicaciones entre las subestaciones la EERSSA deberá obtener el permiso respectivo que autorice el uso de las instalaciones como parte de un servicio portador y no como una red privada

De igual manera se da énfasis a tener un título habilitante por parte del concesionario de servicios de telecomunicaciones para su funcionamiento. Dichos títulos son otorgados de acuerdo al servicio que se suministra como vemos en los siguientes artículos:

- **Art 72.-** “La concesión es la delegación del Estado para la instalación, prestación y explotación de los servicios a los cuales se refiere la ley; así como para el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, mediante la suscripción de un contrato autorizado por el CONATEL y ejecutado por el Secretario Nacional de Telecomunicaciones, con una persona natural o jurídica domiciliada en el Ecuador.”
- **Art 78.-** “El permiso es un título habilitante mediante el cual la Secretaría, previa decisión del CONATEL, autoriza a una persona natural o jurídica para operar una red privada o prestar servicios de valor agregado”
- **Art 71.-** “Todo poseedor de un título habilitante que preste varios servicios de telecomunicaciones estará obligado a prestarlos como negocios independientes y, en consecuencia, a llevar contabilidades separadas. Quedan prohibidos los subsidios cruzados”

Este artículo hace referencia a que la empresa proveedora tiene que garantizar su funcionamiento, y que prohíbe los subsidios cruzados.



### 3.3.3 Reglamento para la Prestación de Servicios de Valor Agregado

- “**Art 5.-** El plazo de duración de los títulos habilitantes para la prestación de servicios de valor agregado será de diez (10) años, prorrogables por igual periodo de tiempo, a solicitud escrita del interesado, presentada con tres meses de anticipación al vencimiento del plazo original, siempre y cuando el prestador haya cumplido con los términos y condiciones del título habilitante.”

Este es un tiempo que se le da a la empresa que implemente la tecnología BPL para desarrollar una estructura sólida para llegar a la mayor cantidad de usuarios posibles. De igual manera, se le brinda la posibilidad de realizar una prórroga para extender su periodo de servicio.

- “**Art 6.-** El área de cobertura será nacional y así se expresará en el respectivo título habilitante, pudiéndose aprobar títulos habilitantes con infraestructura inicial de área de operación local o regional.”

En el caso de la EERSSA, cuya área de concesión comprende las provincias de Loja, Zamora y Morona Santiago (Gualaquiza), se podría realizar los trámites pertinentes para contar con los títulos habilitantes de área de operación regional y/o local.

#### De la Infraestructura de Transmisión

- “**Art 23.-** Los permisionarios para la prestación de servicios de valor agregado tendrán derecho de acceso a cualquier Red Pública de Telecomunicaciones autorizada de conformidad con las normas de conexión vigentes y las disposiciones de este Reglamento y del Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, para lo cual deberán suscribirse los respectivos acuerdos de conexión.”

Al igual que las redes que pertenecen a la empresa eléctrica quedan abiertas hacia cualquier operador, también esta tendrá derecho a ingresar sobre cualquier otra red pública de telecomunicaciones a nivel nacional



## Capítulo IV

### Homologación y Normalización

- **Art 146.-** “Los equipos terminales de telecomunicaciones usados dentro del país, deberán estar homologados y normalizados, para promover el desarrollo armónico de los servicios de telecomunicaciones”

Este artículo hace referencia a los equipos y terminales de usuario de una red de comunicaciones tienen que ser homologados para su respectiva operación y coordinación con otros equipos utilizados con los mismos propósitos. En el país se prohíbe el uso de terminales que no sean compatibles con el Plan Nacional de Redes de Telecomunicaciones, o el uso del espectro radioeléctrico.

### 3.4 INTERFERENCIAS QUE OCASIONA LA RED BPL

Las interferencias son perturbaciones debidas a señales que provienen de otras transmisiones, las cuales debido a la proximidad de las frecuencias se mezclan con la señal original.

Al analizar la amplitud del espectro de interferencia encontramos tres casos: *el ruido coloreado, ruido de banda angosta y el ruido impulsivo*, los cuales tienen un impacto en el receptor.

- *Ruido Coloreado.-* Este tipo de interferencia es de naturaleza estocástica, el cual puede ser descrito por una densidad espectral de potencia (PSD). Los altos valores de la PSD son característicos en las redes de energía (50 Hz – 60 Hz) y en redes de 20 KHz. Para valores de PSD más bajos y constantes este ruido toma el nombre de *ruido blanco*.
- *Ruido de Banda Angosta.-* Se producen cuando tenemos cambios pronunciados en el espectro de frecuencias, lo cual ocurre en un rango de frecuencias muy angosto y con un PSD alto. Este tipo de interferencia puede ser ocasionado por equipos que trabajan a frecuencias cercanas a los 150 KHz, como convertidores de frecuencia, lámparas fluorescentes, televisiones y pantallas de computadores.



- *Ruido Impulsivo*.- Se caracteriza por picos de voltaje cortos, que tienen una duración de 10 $\mu$ s a 100 $\mu$ s y pudiendo alcanzar un voltaje de 2 KV., puede ser producido por el cierre de conmutadores. Impulsos periódicos son comúnmente causados por controles de fase y ocurre durante cada cruce por cero de la señal de voltaje. Dependiendo de la duración de esta interferencia, uno o varios bits en una transmisión de datos pueden ser erróneos, por lo que este ruido incide fundamentalmente en la transmisión de datos.

**Tabla 3.20** Clasificación del Ruido Impulsivo

<b>Energía del Impulso</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
<b>Clase</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Duración del impulso</b>	65 $\mu$ s	20 $\mu$ s	5 $\mu$ s
<b>Alto del impulso cerca de un valor efectivo</b>	20 dB	15 dB	10 dB
<b>Taza de repetición</b>	120 s <sup>-1</sup>	200 s <sup>-1</sup>	400 s <sup>-1</sup>

En pruebas anteriores el problema a vencer eran las interferencias que ocasionaba BPL con respecto a otros medios de comunicación como son las instituciones o personas que utilizan onda corta como: Cruz Roja, Defensa Civil radioaficionados, entre otros, el fenómeno que se daba era ocasionado por las siguientes razones:

- Los conductores tiene una longitud de onda comparable o superior a la longitud de onda corta.
- Los conductores eléctricos se han diseñado para frecuencias de 50 Hz en Europa y en nuestro caso 60 Hz y no están preparados para transportar señales de más alta frecuencia, no están apantallados, no son simétricos respecto a masa y la separación entre ellos puede no ser pequeña comparado con la longitud de onda. Esto implica que el conductor emita radiación por el mismo fenómeno que lo ocasionan las antenas de radio de onda corta, con menor eficacia pero causa problemas a este sector.
- Baja impedancia, lo cual conlleva a que se den unas altas tasas de emisión. Dicha impedancia varía en cada ciclo de tensión, debido al gran uso de



dispositivos no lineales como diodos, transformadores, etc. Lo cual provoca armónicos.

- La impedancia varía temporalmente por el encendido y apagado de dispositivos sobre la línea. Esto provoca que las interferencias puedan ser intermitentes.



# CAPITULO IV

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 SOBRE LA TECNOLOGÍA BPL

- La gran ventaja que nos brinda esta tecnología es el uso de las líneas de energía eléctrica, ya que posee una cobertura muy superior con respecto a los enlaces telefónicos e incluso a enlaces inalámbricos dependiendo de las características topográficas de cada región. Lo cual nos da la posibilidad de mejorar el enlace de última milla, y desplazar a la competencia como tecnología xDSL, Wireless o fibra óptica, para brindar el servicio de banda ancha. Debemos aclarar también que BPL es una tecnología complementaria y no sustitutiva, es decir está diseñada para acoplarse con las alternativas que actualmente funcionan en el mercado.
- BPL ofrece datos encriptados y protegidos contra amenazas externas, al ser una red segura podemos tener acceso a la transmisión de datos e internet, todo esto es posible gracias a su plataforma flexible, que soporta cualquier dispositivo o aplicación que utilice protocolo de internet estándar.
- De igual manera ofrece una gran gama de aplicaciones que no exige mayor competencia como domótica, ya que en la actualidad muchas personas optan por la automatización de hogares o empresas y las soluciones que se ofrecen son sencillas, económicas y de rápida instalación. Presenta también la posibilidad de proveer de servicio telefónico mediante el protocolo IP a las personas, que por la



lejanía de su vivienda no poseen este servicio debido a que realizar el tendido telefónico en lugares remotos no es viable por factores económicos, peor aun si se busca brindar el servicio de Internet.

- El mayor inconveniente que presenta BPL es el ambiente contaminado y ruidoso en el que tiene que desenvolverse, por lo que, las empresas dedicadas a proveer los equipos con esta tecnología, realizan estudios minuciosos sobre las técnicas de modulación apropiadas para evitar estos inconvenientes, la alternativa más apropiada que presentan es la de espectro expandido (OFDM).
- Lo más relevante de la tecnología BPL, es la posibilidad de crecimiento modular y expectativas de mejora de protocolos y velocidad. Desde el punto de vista del usuario, no lo afecta en materia de cambios de infraestructura, y desde el punto de vista de las empresas, que se pueda convertir en un proveedor de servicios de telecomunicaciones.
- BPL frente a otras tecnologías resulta más atrayente ya que permite brindar un servicio igual o mejor que la competencia a un precio menor. Otra ventaja que presenta es su rápida instalación ya que los equipos son instalados en un par de días, ya que la red se encuentra instalada, por ende obtienen mayor cobertura en un tiempo significativamente menor comparado con ADSL por ejemplo.
- La solución BPL es una alternativa válida para nuestro país, sus ventajas técnicas y de cobertura así lo garantizan. Por lo cual, se recomienda profundizar en su estudio involucrando a los principales sectores relacionados con la normalización de los servicios de comunicaciones en nuestro país. Este sería el paso previo para el despliegue de posteriores pruebas y proyectos piloto.



## 4.2 CARACTERÍSTICAS Y ESTADO DE LA RED ELÉCTRICA

- La topología de la red eléctrica de distribución ecuatoriana tiene relación directa con los sistemas americanos, lo que dificulta el establecimiento de sistemas BPL de baja tensión. Sin embargo, con el establecimiento de un sistema que opere empleando las líneas de medio voltaje es posible la definición de una arquitectura de red que optimice el uso de equipos y garantice mayor cobertura a los usuarios.
- La red de media tensión tiene un voltaje de 13.8 kV a lo largo de toda su red y alimenta a los transformadores que en su mayoría son de 10 kVA, en especial a las hosterías objeto de estudio del presente proyecto. Debemos resaltar también que el sector en estudio posee una topología irregular, y si el presente estudio va a realizarse en otro lugar se debería analizar principalmente el estado de las líneas tanto en media como en baja tensión.
- La red de distribución eléctrica en el sector de Vilcabamba se encuentra en óptimas condiciones, esto lo podemos comprobar en el capítulo 2 y en el Anexo C, en donde la empresa realiza mediciones en toda su área de concesión y mantiene los índices de calidad de acuerdo a la reglamentación del CONELEC en aspectos técnicos como: caída de tensión que es de un 7% en su red primaria (área rural) y en la red secundaria de 5.5%, flicker o perturbación rápida de voltaje donde su límite es la unidad, factor de potencia con un mínimo de 0.92 y armónicos. Los datos obtenidos se los hace en tres puntos específicos: subestación, transformadores y medidores de usuarios finales.
- A través del Capítulo 2, se caracterizó la topología de la red eléctrica en la zona de servicio, así como se definieron las principales características del medio eléctrico. Sin embargo, para poder conocer y analizar las reales posibilidades del sistema BPL operando en la red eléctrica de nuestro país, es imprescindible la realización de pruebas en el campo con el uso de terminales adecuados y equipos de medición que permitan conocer niveles de emisión e interferencia.



- En la práctica se recomienda que los conductores pertenecientes a la red eléctrica con la cual se va a realizar el diseño, se aíslen debidamente, con la finalidad de impedir cualquier tipo de interferencia.
- Se debe tomar en cuenta que el sector analizado en el presente proyecto cuenta con las características favorables para el funcionamiento de la red BPL, esto es debido a que en la parroquia no existe una gran cantidad de industria, o usuarios que posean equipos que puedan afectar de manera considerable a la red inyectando ya sea armónicos o ruidos en las líneas de media tensión.
- Se debe poner a consideración el objetivo principal de la tecnología BPL, que es la de llegar con el servicio a lugares que otras tecnologías no lo pueden hacer ya sea por los equipos que emplean o por los costos que les ocasionaría implementar el servicio. Por lo que se recomendaría realizar un estudio de mercado, para establecer el índice de penetración de Internet de usuarios residenciales que obtendría la Empresa en su área de concesión. Lo cual le permitiría tener una idea global del potencial de usuarios que pudiese tener en su zona de cobertura y obviamente inclinarse aún más a invertir en esta tecnología.



### 4.3 EQUIPOS A UTILIZARSE PARA LA RED BPL

- Debemos tomar en cuenta una observación importante que se realizó en este estudio, esta es que a medida que el voltaje de la red aumenta (alta tensión) el flujo de datos que se pueden transmitir es mayor. Lo que ha sido clave para escoger los equipos BPL para media tensión para garantizar la fiabilidad del sistema, un correcto funcionamiento, y obtener un alto rendimiento.
- El éxito que han tenido la mayor parte de tecnologías que prestan el servicio de banda ancha es la estandarización de los equipos, protocolos de transmisión, etc., como es el caso de tecnología ADSL, Wireless, fibra óptica. En cambio, los fabricantes de equipos BPL crean los equipos en función de sus conveniencias, lo que se torna problemático ya que nos veríamos forzados a contar con un solo proveedor para implementar esta tecnología.
- Con el desarrollo de los equipos BPL en la actualidad tenemos una simplificación de los elementos ya que en media tensión son el Gateway, el mismo que cumple la función de equipo cabecera y repetidor, el acoplador que es indispensable para el correcto funcionamiento del Gateway, y el módem de usuario que permite realizar redes In-home con tan solo la configuración de sus elementos y permiten una capacidad de transmisión de hasta 200 Mbps.
- En el desarrollo del Capítulo 2, pudimos observar que el desarrollo tecnológico de BPL en media tensión nos permite cubrir grandes distancias entre repetidores, ya que se encuentran bordeando los 1200 metros entre ellos, situación similar ocurre con los módems ya que reciben la información a distancias considerables, lo que permite una reducción considerable en los costos de equipos.
- Los equipos que fueron tomados en consideración en el presente proyecto cuentan con las características necesarias para cubrir la demanda de la proyección estimada, tan solo se requeriría ir añadiendo los módems al usuario final. Lo que se debería tomar en consideración más bien, sería si la empresa



proveedora del backbone cuenta con la logística necesaria para cubrir dicha demanda proyectada.

- Los equipos BPL cuentan en la actualidad con los protocolos necesarios para ser complemento con otras tecnologías, lo que nos garantizaría una adaptación inmediata para brindar el servicio de banda ancha y sus respectivas aplicaciones.
- Se debe tomar muy en cuenta la capacidad que poseen los equipos BPL, una parte importante de resaltar sería la posibilidad de la telemedida, es decir lectura de los medidores, y de monitoreo de la red, se puede programar para obtener valores de las características de la red de distribución eléctrica. Puede ser tema para un futuro tema de titulación.
- La confiabilidad del servidor es de suma importancia ya que el éxito en este tipo de mercado corporativo es la garantía del servicio y se debe encontrar muy cercano al 100%. Esta es la razón esencial por la que los precios son más elevados que si se brindara el servicio como un usuario residencial.
- Con respecto a las interferencias que se podrían generar con la aplicación de la tecnología, podemos decir que en la descripción de los equipos se resalta este punto ya que poseen filtros internos que disipan este tipo de inconvenientes, en especial para los usuarios que se encuentren ocupando el rango de frecuencia que necesita BPL.
- El dimensionamiento del ancho de banda fue realizado en base a un estudio dinámico en donde se considero en una primera instancia el ancho de banda que utiliza los Cybers para cubrir la demanda. En una segunda parte del cálculo se estimo en base al número de páginas abiertas por día y los Kb que ocupan dichas páginas. Este cálculo nos permitió obtener una idea más real y precisa de los requerimientos de los usuarios en la actualidad.



#### 4.4 CONVENIENCIA EN CUANTO A COSTOS

- La falta de infraestructura para que los proveedores de servicios de Internet accedan a los cables internacionales, ha dado como resultado el encarecimiento de los costos de servicios de Internet. Es así como, la contratación del servicio portador hacia Internet es el punto crítico de la tarifa que el presente proyecto debe fijar a los usuarios para ser rentable. Por lo que para abaratar las tarifas mensuales por abonado es conveniente buscar condiciones adecuadas que permitan abaratar los costos de acceso a Internet, tales como la contratación de canales por volumen y a largo plazo.
- Con respecto al proveedor de servicio o backbone el costo que implica el uso de los 4 Mbps requeridos para este proyecto hace que sea elevado debido a que la tecnología que se emplea es por radio enlace, por lo que emplean equipos de costo mayor, software, etc. Este precio tiende a disminuir debido a que en los próximos meses la empresa va a tener un enlace de fibra óptica por lo que los costos de banda ancha se reducirían considerablemente.
- Otra alternativa que se pretende concretar en el futuro es la instalación de fibra óptica que enlace las subestaciones de Loja, incluida lógicamente la subestación Vilcabamba, con lo que los precios estimados con el servidor serían reconsiderados ya que se obtendría el servicio a un precio menor que el ofertado al inicio.
- Con los resultados obtenidos en el presente proyecto podemos decir que se presenta rentable, con un corto tiempo de recuperación del capital para los dos modelos de mercado propuestos, lo que resulta atractivo para las empresas en realizar la inversión necesaria para su ejecución.
- Se podría recomendar que este proyecto sea tomado como una prueba piloto en el área de concesión de la EERSSA, debido a que presenta las condiciones necesarias para aquello. Además si se utiliza el segundo modelo de mercado, se obtiene una recuperación del capital dentro de los dos primeros años lo que



constituye una gran oportunidad para la Empresa Eléctrica para que adquiera experiencia en el ámbito de las telecomunicaciones, y luego prestar el servicio de manera independiente.

- La base de la proyección realizada fueron los establecimientos que podrían brindar el servicio en modo corporativo, pero al analizar los resultados de la evaluación económica para usuarios residenciales abarcando la totalidad de la parroquia, y que puede ser tomado en cuenta para un futuro estudio de titulación.
- A lo largo del desarrollo de la presente tesis se ha podido analizar que la principal competencia para la tecnología BPL, es la inalámbrica, precisamente deberíamos referirnos a la utilizada por la telefonía móvil; ya que da cobertura en donde exista una antena de su propiedad. La desventaja en cambio son los altos costos por tarifa mensual que perciben, lo cual hace que este tipo de tecnología no sea accesible para todas las personas, caso contrario es lo que ocurre con la tecnología BPL.
- Aunque el modelo económico A presentado en este proyecto da resultados muy favorables se debería considerar también algunos problemas que se presentan si se asumiera el control total del proyecto como rangos de frecuencia, inexperiencia en cuanto al campo en telecomunicaciones, entre otros. Por esta razón se puede plantear una sugerencia que sería la del modelo económico B o de servicios compartidos ya que la implementación sería más fiable en un tiempo significativamente corto, y como se puede observar la recuperación del capital se obtiene a partir del segundo año lo que le resultaría una gran ventaja ya que se obtiene experiencia en el mercado de telecomunicaciones.



# BIBLIOGRAFÍA

## LIBROS

- DOSTER, Klaus, (2001). “Powerline Communications”. Prentice Hall PTR Inc. Tercera Edición.
- HOOIJEN, Verlang, (2000), “Aspectc of Residencial Power Line Communications”, Logos Print. Germany.
- HRANISCA Halid, Broadband Power Line Communications, Editorial Wiley, Inglaterra, 2004.
- EERSSA, "Normas Técnicas Para El Diseño De Redes Eléctricas Urbanas Y Rurales", Julio 2006.
- 

## PAPERS

- El canto de las líneas eléctricas, La comunicación mantiene el flujo de energía Stefan Ramseier, Hermann Spiess
- PLC (Power Line Communications), José Luis Delgado Q., Estudiante Ing. Civil Electrónica, Facultad de ingeniería, ciencias y administración, Universidad de la Frontera
- Powerline Communications, (PLC), S/A, Junio 2004.
- Experiencia del Grupo IBERDROLA en Powerline Communications (PLC), Elisa García, Miguel A. Chimeno, Emilio Vianco.
- “Diseño e implementación de la última milla del servicio de INTERNET usando las redes eléctricas de media y baja tensión de un sector de la ciudad de Guayaquil usando la tecnología Power Line Communications (PLC)”, Antonio Chong Escobar, José Menéndez Sánchez, Rebeca Estrada, ESPOL. Noviembre 2005.



### TESIS CONSULTADAS

- MINCHALA Luis, “Estudio de la Tecnología PLC: Comunicaciones por las Líneas de Poder”, Facultad de Ingenierías, U.P.S., Cuenca 2006.
- RIVERA Andrea, “Investigación y Análisis de la Tecnología PLC, desde la Perspectiva del Mercado Ecuatoriano”, Facultad de Ingenierías, U.P.S., Cuenca 2008.
- PÁEZ Elizabeth, “Estudio de Factibilidad para la Aplicación de la Tecnología Broadband Over Power Line (BPL) usando la Infraestructura de la Red de Distribución de las Subestaciones San Rafael y Sangolquí de la Empresa Eléctrica Quito S.A.”, Escuela de Ingeniería, E.P.N, Quito, Febrero 2006.
- PAREDES Alex, MARTÍNEZ Wilson, “Estudio y Diseño de un Sistema de Telemedida para Medidores de Energía de la Empresa Eléctrica Quito utilizando la Tecnología Broadband Over Power Line BPL”

### DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

- <http://www.zibartec.com/transmision-de-datos-por-medio-de-lineas-de-energia-electrica-bandwidth-over-power-lines-bpl/>
- <http://electronet.net.ec/ServicioalCliente/Cobertura/tabid/146/Default.aspx>
- <http://www.conatel.gov.ec> Ley Especial de Telecomunicaciones
- <http://www.plcforum.org>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Power\\_Line\\_Communications](http://es.wikipedia.org/wiki/Power_Line_Communications)
- [www.iberdrola.es](http://www.iberdrola.es)
- [www.corinex.com](http://www.corinex.com)



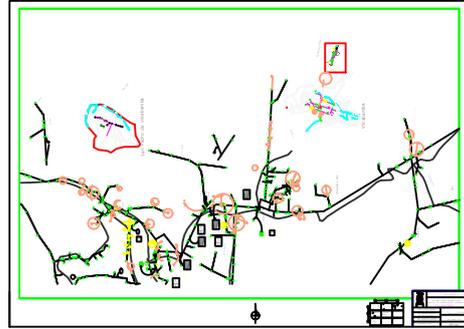
# ANEXO A

## Planos de Distribución Eléctrica de la Parroquia Vilcabamba

En este anexo se muestra los planos de distribución eléctrica facilitados por la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A (EERSSA) en el sector de Vilcabamba los mismos que se encuentran actualizados hasta el año 2006, dicho plano contiene la ubicación de los distintos transformadores que contiene la red de distribución a partir de la subestación de Vilcabamba, y debido a que se realizó el estudio de campo obtuvimos la actualización de la red con la reubicación de varios transformadores, de igual manera, adquirimos la potencia de los mismos y que fueron mencionadas en el Capítulo Dos de la presente tesis.

El siguiente plano contiene una ampliación de la red de distribución de Vilcabamba, en la cual hacemos constar la ubicación de las hosterías y los equipos BPL a utilizarse a lo largo de la red.

Cabe resaltar que he considerado pertinente dejar los nombres de los diseñadores de este plano por respeto hacia ellos, y a su vez quiero comentar que están realizadas algunas modificaciones de mi parte, pero no en el diseño de la red de distribución sino más bien en la ubicación de las hosterías, y en los equipos BPL considerados para el estudio.





# ANEXO B

## Criterios de Diseño<sup>1</sup>

En este anexo se da un resumen de algunas consideraciones técnicas que toma la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A para el diseño, construcción y funcionamiento de sus redes eléctricas.

### 1. Criterios De Diseño

La sugerencia que presenta la empresa es que las líneas de media tensión se proyectarán para un periodo de 15 años y las redes de baja tensión y centros de transformación se proyectarán para un periodo de 10 años.

**Calculo De La Demanda De Diseño:** La demanda de diseño debe ser determinada para un punto dado y su cálculo considera los siguientes casos:

- ☒ Demanda de diseño para edificaciones centros comerciales, talleres y fábricas construidas en el área urbana.
  
- ☒ Demanda de diseño para urbanizaciones, lotizaciones y proyectos rurales.

**Demanda Máxima Unitaria Proyectada, Urbanizaciones, Lotizaciones y Proyectos Rurales:** Las demandas máximas unitarias proyectadas son calculadas tomando en consideración el área de los lotes para el sector urbano y el tipo de clientes para el sector rural, se establece la siguiente clasificación:

**Tabla 1** Sector Urbano

---

<sup>1</sup> "Normas Técnicas Para El Diseño De Redes Eléctricas Urbanas Y Rurales", EERSSA, Julio 2006.



AREA PROMEDIO DE LOTES [m <sup>2</sup> ]	TIPO DE CLIENTE	DMUp [Kva] [10 años]
A > 400	A	4.48
300 < A < 400	B	2.35
200 < A < 300	C	1.33
100 A < 200	D	0.82
A < 100	E	0.56

**Tabla 2** Sector Rural

TIPO DE SECTOR	TIPO DE CLIENTE	DMUp [Kva] [10 años]
Periferia Ciudad	F	0.60
Centro Parroquial	G	0.50
Rural	H	0.40

**Demanda Máxima Proyectada, Urbanizaciones, Lotizaciones y Proyectos Rurales:**

En un punto considerado, se determina de acuerdo a la ecuación (1).

$$\mathbf{DMP = DMUp * N * FC} \quad (1)$$

Donde:

DMP = Demanda máxima proyectada en el punto dado. [kVA]

DMUp = Demanda máxima unitaria proyectada. [kVA]

N = Número de Clientes.

FC = Factor de coincidencia, dado por la ecuación (2)

$$\mathbf{FC = N^{-0.0944}} \quad (2)$$



Esta demanda corresponde exclusivamente al conjunto de clientes típicos, además, deberá incorporarse la demanda de las cargas especiales como las de alumbrado público y otras que sean incidentes para el cálculo.

$$\text{DMD} = \text{DMP} + \text{AP} + \text{Ce} \quad (3)$$

Donde:

DMD = Demanda Máxima de Diseño. [kVA]

AP = Carga de alumbrado público. [kVA]

Ce = Cargas Especiales (puntuales). [kVA]

**Tabla 3** Demanda Máxima Proyectada

NÚMERO DE CLIENTES	URBANO					RURAL		
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	4,48	2,35	1,33	0,82	0,56	0,60	0,50	0,40
2	8,39	4,40	2,49	1,54	1,05	1,12	0,94	0,75
3	12,12	6,36	3,60	2,22	1,51	1,62	1,35	1,08
4	15,72	8,25	4,67	2,88	1,97	2,11	1,75	1,40
5	19,24	10,09	5,71	3,52	2,41	2,58	2,15	1,72
6	22,70	11,91	6,74	4,15	2,84	3,04	2,53	2,03
7	26,10	13,69	7,75	4,78	3,26	3,50	2,91	2,33
8	29,45	15,45	8,74	5,39	3,68	3,94	3,29	2,63
9	32,77	17,19	9,73	6,00	4,10	4,39	3,66	2,93
10	36,05	18,91	10,70	6,60	4,51	4,83	4,02	3,22
11	39,30	20,61	11,67	7,19	4,91	5,26	4,39	3,51
12	42,52	22,30	12,62	7,78	5,31	5,69	4,75	3,80
13	45,72	23,98	13,57	8,37	5,71	6,12	5,10	4,08
14	48,89	25,64	14,51	8,95	6,11	6,55	5,46	4,37
15	52,04	27,30	15,45	9,53	6,51	6,97	5,81	4,65
16	55,17	28,94	16,38	10,10	6,90	7,39	6,16	4,93
17	58,29	30,57	17,30	10,67	7,29	7,81	6,51	5,20
18	61,38	32,20	18,22	11,24	7,67	8,22	6,85	5,48
19	64,46	33,81	19,14	11,80	8,06	8,63	7,19	5,76
20	67,53	35,42	20,05	12,36	8,44	9,04	7,54	6,03
21	70,58	37,02	20,95	12,92	8,82	9,45	7,88	6,30
22	73,62	38,62	21,85	13,47	9,20	9,86	8,22	6,57
23	76,64	40,20	22,75	14,03	9,58	10,26	8,55	6,84
24	79,65	41,78	23,65	14,58	9,96	10,67	8,89	7,11
25	82,65	43,36	24,54	15,13	10,33	11,07	9,22	7,38
26	85,64	44,92	25,42	15,68	10,71	11,47	9,56	7,65
27	88,62	46,48	26,31	16,22	11,08	11,87	9,89	7,91
28	91,58	48,04	27,19	16,76	11,45	12,27	10,22	8,18
29	94,54	49,59	28,07	17,30	11,82	12,66	10,55	8,44
30	97,49	51,14	28,94	17,84	12,19	13,06	10,88	8,70
31	100,43	52,68	29,81	18,38	12,55	13,45	11,21	8,97
32	103,36	54,22	30,68	18,92	12,92	13,84	11,54	9,23
33	106,28	55,75	31,55	19,45	13,28	14,23	11,86	9,49
34	109,19	57,28	32,42	19,99	13,65	14,62	12,19	9,75
35	112,09	58,80	33,28	20,52	14,01	15,01	12,51	10,01
36	114,99	60,32	34,14	21,05	14,37	15,40	12,83	10,27
37	117,88	61,83	35,00	21,58	14,74	15,79	13,16	10,53
38	120,76	63,35	35,85	22,10	15,10	16,17	13,48	10,78
39	123,64	64,85	36,70	22,63	15,45	16,56	13,80	11,04
40	126,50	66,36	37,56	23,15	15,81	16,94	14,12	11,29
41	129,36	67,86	38,41	23,68	16,17	17,33	14,44	11,55
42	132,22	69,36	39,25	24,20	16,53	17,71	14,76	11,81
43	135,07	70,85	40,10	24,72	16,88	18,09	15,07	12,06
44	137,91	72,34	40,94	25,24	17,24	18,47	15,39	12,31
45	140,74	73,83	41,78	25,76	17,59	18,85	15,71	12,57
46	143,57	75,31	42,62	26,28	17,95	19,23	16,02	12,82
47	146,40	76,79	43,46	26,80	18,30	19,61	16,34	13,07
48	149,21	78,27	44,30	27,31	18,65	19,98	16,65	13,32
49	152,03	79,75	45,13	27,83	19,00	20,36	16,97	13,57
50	154,83	81,22	45,97	28,34	19,35	20,74	17,28	13,82



**Capacidad De Los Transformadores:** La capacidad del transformador se determina en base a la demanda máxima calculada.

Todos los transformadores deben cumplir con las normas NTE INEN 2114 y 2115, normas referidas a las máximas pérdidas admisibles en los transformadores monofásicos y trifásicos, además debe considerarse que el aceite de dichos transformadores no deben tener contenido de PCB.

**Calculo De Caída De Tensión:** Para el cálculo de la caída de tensión se aplica el método de momento de potencia aparente de cada conductor para 1% de caída de tensión, para el cual se aplicarán los valores de kVA x Km. para media tensión (22 y 13.8 kV); y, kVA x m para baja tensión.

**Caída de tensión admisible para Red Primaria:** Los límites máximos de la caída de tensión considerados desde el punto de salida de la subestación hasta el transformador más alejado eléctricamente en el proyecto, no deberán exceder los siguientes valores:

**Área Urbana:** 3.5 %

**Área Rural:** 7.0 %

**Caída de tensión admisible para Red Secundaria:** La máxima caída de tensión se calcula desde el transformador hasta la vivienda más alejada eléctricamente (red de distribución secundaria sumada la acometida), este valor no deberá exceder los siguientes límites:

Para el caso de edificios o edificaciones, el proyectista deberá incluir el cálculo de la caída de tensión hasta el tablero de distribución principal más alejado, debiendo cumplir además con los límites establecidos.



## 2. Diseño De Líneas Y Redes Aéreas Para Media Tensión

**Diseño Eléctrico:** Todas las líneas de media tensión deberán ser proyectadas para 15 años y se diseñará de acuerdo al nivel de tensión correspondiente a la zona en la cual se encuentra el proyecto (provincia de Loja 13.8/7.97 kV, zona oriental 22/12.7 kV).

La configuración de las redes o alimentadores primarios pueden ser monofásicos, bifásicos o trifásicos.

**Determinación del conductor:** El conductor en media tensión se determinará en función de la carga y la caída de tensión permisible.

El conductor a utilizar es de aluminio reforzado con acero tipo ACSR o cables de aleación de aluminio tipo 6201.

Los sistemas aéreos pueden tener las siguientes calibres de conductores: 4(4), 2(4), 1/0(2), 2/0(2), 4/0(1/0) AWG, el hilo del neutro se especifica entre paréntesis. Por ningún motivo se puede utilizar conductores de calibres menores a los señalados.

**Protecciones:** En todas las derivaciones trifásicas y en las monofásicas se instalarán seccionadores fusibles.

Cada 3 Km. de red de distribución o alimentador primario se instalan seccionadores fusibles y pararrayos. Los seccionadores fusible tipo abierto, serán de 100 A de capacidad.

**Derivaciones De Alimentadores Primarios O Redes De Distribución:** En un poste que contenga media tensión trifásica, se permite una sola derivación trifásica. Para postes que contengan media tensión monofásica, se permite un máximo de dos derivaciones monofásicas.



**Vano vs. Tipo de estructura:** El tipo de estructura instalada en media tensión se determina de acuerdo a la longitud del vano máximo que puede soportar una estructura determinada y de la configuración del sistema, esto es si es monofásico o trifásico.

La siguiente tabla nos indica el número de postes a usarse de acuerdo a la longitud del vano.

**Tabla 3** Número de Postes Vs. Vano

SISTEMA TRIFÁSICO		SISTEMA MONOFÁSICO	
Vano [m]	Número de Postes	Vano [m]	Número de Postes
$a < 200$	1	$a < 700$	1
$200 < a < 400$	2	$a > 700$	2
$400 < a < 700$	3		
$a > 700$	4		

Para vanos que sobrepasan los 700 m tanto en los sistemas monofásicos como en los trifásicos, se ha contemplado que el conductor del neutro se lo colocará en un solo poste adicional.

**Amortiguadores:** Se instalan amortiguadores en el conductor de fase y en el neutro, del tipo adecuado para el calibre del conductor, el número de éstos depende de la longitud del vano tal como se muestra a continuación:

**Tabla 4** Número de Amortiguadores

Longitud Vano [m]	Número de Amortiguadores por cada conductor
$450 < a < 600$	1
$a > 600$	2 superpuestos

Criterio que se lo extiende para los vanos en las redes de baja tensión.

### 3. Redes Aéreas Para Baja Tensión Y Acometidas



**Baja Tensión:** Pueden ser monofásicos a 2, 3 o 4 hilos, bifásicos y trifásicos a 3, 4 o 5 hilos (se considera el hilo piloto), la tensión en los sistemas monofásicos es de 240/120 V y para los trifásicos 220/127 o 208/120 V.

Los calibres de los conductores para las redes de baja tensión son determinados en base a la capacidad del transformador y del cálculo de la caída de tensión, el valor máximo admisible. Se diseñan en postes de hormigón armado de 9 m de longitud y 316 ó 350 Kg. de esfuerzo a la rotura, según amerite el caso.

En las redes cuyos vanos no excedan los 60 m se usarán estructuras con bastidores de 2, 3, 4 y 5 vías, para vanos mayores a los 60 m la distancia entre conductores debe ser incrementada, siendo necesario usar bastidores de 1 vía en el número adecuado y los conductores serán del tipo ACSR ó 6201.

**Acometidas:** Se denominan a los conductores que conectan las redes de baja tensión con los contadores de energía para servir a las cargas residenciales, comerciales, industriales, etc.

Las acometidas para cargas residenciales se las realizará por medio de conductores dúplex, triplex o cuádruples del tipo ACSR, la longitud máxima permitida será la siguiente:

**Sector urbano:** 30 m

**Sector rural:** 100 m

#### **4. Alumbrado Público**

**Tipos y Características De Luminarias:** Las luminarias utilizadas para el alumbrado público de calles y avenida del área urbana serán de vapor de sodio de alta presión tipo cerradas de 70, 100, 150, 250 y 400 vatios.

Para sectores periféricos a la ciudad y centros parroquiales el alumbrado público de calles se realiza con luminarias de vapor de sodio tipo cerradas de 70, 100 o 150 vatios.



En el área rural se acepta el alumbrado público con luminarias de vapor de sodio tipo abiertas de 70 vatios.

El voltaje nominal del balasto de las luminarias será de 208 voltios para instalaciones en sistemas trifásicos y 240 voltios para sistemas monofásicos a tres hilos. Para la conexión de la luminaria a la red de alumbrado, se utiliza conductor de cobre, 14 AWG, tipo THW.

En el caso de la utilización del hilo piloto se cumple con lo que se indica en los siguientes numerales;

- **En redes aéreas:**

A partir de cada centro de transformación se lleva un conductor adicional -hilo piloto- controlado por el "control de alumbrado público" compuesto por célula fotoeléctrica y contactor, con su protección termomagnética, conectado a una de las fases; las luminarias se conectan en paralelo entre el hilo piloto y uno de los conductores de fase de la red secundaria que corresponda a una fase diferente de la controlada.

Los circuitos de control serán independientes entre centros de transformación y tendrán una capacidad máxima de 30 amperios. En el caso de tener una o dos luminarias en el área rural, se lo realiza con luminarias autocontroladas, es decir con fotocélula incorporada.

El cableado del control de alumbrado se lo realiza con conductor aislado de Cu, tipo TW # 10 AWG, y está conectado a la red mediante conectores adecuados de Cu/Al.

**Caídas De Tensión Por Alumbrado:** Para el cálculo de la caída de tensión en cada punto, debe considerarse la potencia de las luminarias (lámpara (s) y reactor(es)), incluidos su factor de potencia que para todos los casos se establece en 0.85, la caída de tensión permisible será de 2%.

## **5. Puestas A Tierra**



La resistencia de puesta a tierra tiene un valor máximo de 10 ohmios, de tenerse valores superiores se puede colocar un mayor número de varillas cooperweid, mejorar el terreno o diseñar mallas de puesta a tierra.

Se conecta la "puesta a tierra" con el conductor del neutro en los siguientes casos:

- En alimentadores primarios cada 500 ó 600 m.
- En cada centro de transformación.
- En cada juego de pararrayos.
- En las cabinas de transformación, para lo cual la puesta a tierra se forma mediante una malla compuesta de 6 grillas.
- En todos los terminales y divisiones de las redes de baja tensión urbanas.
- En las estructuras terminal de las redes de baja tensión mayores a 200 m medidos a partir del transformador.
- En todas las luminarias (se conecta la carcasa de la luminaria al neutro del sistema que estará a su vez multiaterrado).
- En todos los tableros o equipos de medición.

La puesta a tierra se la realiza con conductor de cobre cableado desnudo, el calibre mínimo es el 4 AWG, el mismo que se conecta al neutro de las redes de distribución mediante un conector perno hendido Cu-Al de 6-2/0 AWG o Cu-Cu de tamaño adecuado, también se conectará a una varilla de cooperweid de 0 16 x 1.800mm.

El cable de puesta a tierra en redes de distribución urbanas, en la parte inferior de los postes, deberá ir dentro de un tubo metálico tipo EMT de  $\Phi$  12.5 x 3.000 mm. sujetado al poste mediante cintas metálicas. No se aceptará la sujeción con hilos de alambre.

## **6. Tensores, Postes De Hormigón Armado Y Misceláneos**



**Tensores:** Los soportes angulares y terminales del sistema de distribución en los cuales, los esfuerzos transversales o longitudinales resultantes sobre los postes superen la carga útil especificada, serán anclados en el terreno mediante tensores.

El montaje de tensores simples y dobles está determinado por el tipo de estructuras, longitud y ángulo de los vanos. En la instalación de tensores se utiliza varilla de anclaje galvanizada de 0 16 mm (5/8") x 2.4 m para el caso de alimentadores primarios trifásicos, y de 0 16 mm (5/8") x 2 m para el caso de alimentadores primarios monofásicos y redes de distribución.

La unión al poste se realiza por medio de cable de acero galvanizado de alta resistencia de 3/8" (7 hilos) y asegurado por medio de varillas de retención preformadas GDE-1107, sujetadas al poste por medio de gancho guardacabo forjado y a la varilla de anclaje por medio de guardacabo de 3/8".

**Postes:** "*Esfuerzo a la rotura*", es el máximo esfuerzo de trabajo admisible que un poste puede soportar cuando se aplica una carga horizontal expresada en kilogramos, aplicada a 20 cm. del extremo superior.

Se utiliza postes de hormigón armado de 11 m en los sistemas de distribución de media tensión y para las redes de baja tensión se usa postes de 9 m. Los postes de hormigón armado de 11 m tipo "H" (316 kg de esfuerzo a la rotura) se los utiliza en las estructuras monofásicas que sean tangenciales o de ángulos pequeños.

Los postes de hormigón armado de 11 m tipo "R" (600 kg de esfuerzo a la rotura) se los utiliza en todas las estructuras de tos sistemas trifásicos, en los sistemas monofásicos cuyas estructuras sean terminales, o angulares, y en donde se instale transformadores de capacidad igual o superior a los 25 kVA.



# ANEXO C<sup>1</sup>

## Medición de Armónicos de los Transformadores de Vilcabamba

		FORMULARIO DE CONTROL DE CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN	
CALIDAD DEL PRODUCTO - DATOS GENERALES			
<b>NOMBRE DE LA EMPRESA:</b>	<input type="text" value="EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A."/>		
<b>MES:</b>	<input type="text" value="JULIO"/>		
<b>AÑO:</b>	<input type="text" value="2009"/>		
<b>TOTAL DE SUBESTACIONES:</b>	<input type="text" value="21"/>	<b>NÚMERO DE INSTALACIONES A EVALUAR</b>	
<b>TOTAL DE BARRAS DE S/E:</b>	<input type="text" value="20"/>	<b>Número de barras según Regulación:</b>	<input type="text" value="4"/>
<b>TOTAL DE TRANSFORMADORES:</b>	<input type="text" value="11.145"/>	<b>Transformadores según Regulación:</b>	<input type="text" value="17"/>
<b>TOTAL DE USUARIOS BV:</b>	<input type="text" value="143.367"/>	<b>Usuarios BV según Regulación:</b>	<input type="text" value="14"/>
<b>TOTAL USUARIOS MV/AV:</b>	<input type="text" value="49"/>	<b>Usuarios MV/AV según Regulación:</b>	<input type="text" value="1"/>

<sup>1</sup> Fuente: Departamento de Planificación de la EERSSA



CALIDAD DEL PRODUCTO																				
MEDICIÓN EN TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN																				
PORCENTAJE DE MEDICIONES FUERA DE LÍMITES (%)																				
CONTENIDO ARMÓNICO INDIVIDUAL DE VOLTAJE																				
No.	FASE	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
236	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
236	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
236	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
237	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
237	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
237	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
238	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
238	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
238	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
239	A	0,03	1,33	0,03	2,02	0,03	0,99	0,03	1,55	0,02	0,19	0,02	0,23	0,02	0,32	0,02	0,12	0,02	0,13	0,02
239	B	0,03	1,18	0,02	1,91	0,02	0,89	0,02	1,43	0,01	0,20	0,01	0,25	0,01	0,31	0,01	0,12	0,01	0,13	0,01
239	C	0,77	6,72	0,67	11,49	0,28	8,93	0,51	11,86	0,44	2,58	0,28	3,12	0,25	5,20	0,34	2,37	0,34	2,41	0,34

No.	FASE	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,05	0,01	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,01
0,04	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,01
1,27	0,27	1,00	0,28	1,06	0,27	1,06	0,31	0,92	0,27	0,88	0,28	0,77	0,25	0,68	0,33	0,69	0,32	0,01	0,01	1,27	0,27



# ANEXO D

## Formato de las Encuestas Realizadas

### ESTUDIO SOBRE RED BPL EN VILCABAMBA (HOSTERÍAS)

**Objetivo:** Determinar la afluencia de personas que visitan las Hosterías durante el año.

**1. ¿Cuáles son los meses donde existe mayor afluencia de público?**

- |            |           |               |
|------------|-----------|---------------|
| a. Enero   | e. Mayo   | i. Septiembre |
| b. Febrero | f. Junio  | j. Octubre    |
| c. Marzo   | g. Julio  | k. Noviembre  |
| d. Abril   | h. Agosto | l. Diciembre  |

**2. ¿Cuántas personas considera Ud. que en promedio visitan la hostería diariamente? (Lunes - Viernes)**

- |            |            |             |
|------------|------------|-------------|
| a. 5 – 15  | c. 26 – 35 | e. 46 o más |
| b. 16 – 25 | d. 36 – 45 |             |

**3. ¿Cuántas personas considera Ud. que en promedio visitan la hostería los fines de semana? (Sábado - Domingo)**

- |            |            |             |
|------------|------------|-------------|
| a. 10 – 20 | c. 36 – 50 | e. 70 o más |
| b. 21 – 35 | d. 51 – 70 |             |

**4. ¿A qué hora estima Ud. que tienen la mayor afluencia de personas diariamente? (Lunes - Viernes)**

- | <u>En la mañana</u> | <u>Por la tarde</u> |
|---------------------|---------------------|
| a. 7                | g. 1                |
| b. 8                | h. 2                |
| c. 9                | i. 3                |
| d. 10               | j. 4                |
| e. 11               | k. 5                |
| f. 12               | l. 6 o más          |



**5. ¿A qué hora estima Ud. que tienen la mayor afluencia de personas los fines de semana? (Sábado - Domingo)**

En la mañana

- a. 7
- b. 8
- c. 9
- d. 10
- e. 11
- f. 12

Por la tarde

- g. 1
- h. 2
- i. 3
- j. 4
- k. 5
- l. 6 o más

**6. En promedio, ¿cuántas horas ocupan sus instalaciones los visitantes diariamente? (Lunes - Viernes)**

- a. 2
- b. 4
- c. 6

- d. 8
- e. 9 o más

**7. En promedio, ¿cuántas horas ocupan sus instalaciones los visitantes los fines de semana? (Sábado - Domingo)**

- a. 2
- b. 4
- c. 6

- d. 8
- e. 9 o más

**8. En el caso de proveer Internet, ¿cuántas personas considera Ud. que utilizarían el servicio diariamente? (Lunes - Viernes)**

- a. 5 – 10
- b. 11 – 20
- c. 21 – 30

- d. 31 – 40
- e. 40 o más



**9. En el caso de proveer Internet, ¿cuántas personas considera Ud. que utilizarían el servicio los fines de semana? (Sábado - Domingo)**

- a. 5 – 15
- b. 16 – 30
- c. 31 – 45
- d. 46 – 65
- e. 65 o más

**10. ¿De qué origen son las personas que visitan su hostería?**

- a. En su mayoría nacionales y pocos extranjeros
- b. En su mayoría extranjeros y pocos nacionales
- c. Igual número de extranjeros y nacionales
- d. Solo nacionales
- e. Solo extranjeros

### **ESTUDIO SOBRE RED BPL EN VILCABAMBA (CYBER CAFÉ)**

**Objetivo:** Determinar el uso del Internet por los clientes, y el ancho de banda que requieren los Cyber para cubrir la demanda

**1. En promedio, ¿cuántas personas considera Ud. que acuden a su local diariamente?**

- a. 5 – 15
- b. 16 – 25
- c. 26 – 35
- d. 36 – 45
- e. 46 o más

**2. En promedio, ¿cuántas horas al día ocupan el servicio de Internet los clientes?**

- a. 2
- b. 4



- c. 6
- d. 8
- e. 10
- f. 12 o más

**3. ¿Qué páginas son las más utilizadas por sus clientes?**

- a. Chat
- b. E-mail
- c. Ver videos
- d. Buscar información
- e. Descarga de Música
- f. Descargas de Videos
- g. Descarga de otros archivos

**4. ¿Qué restricciones tienen a los usuarios?**

- a. Banda Abierta
- b. Controlador

**5. ¿Qué ancho de banda utiliza en su local?**

- a. < 512 Kbps
- b. 512 Kbps
- c. 1 Mbps
- d. 2 Mbps
- e. 3 Mbps
- f. 4 Mbps
- g. 5 o más Mbps

**6. ¿Su proveedor de Internet que tipo de tecnología utiliza para brindarle el servicio?**

- a. Antena
- b. Satelital
- c. Fibra óptica
- d. ADSL
- e. Otras

**7. ¿Cuántas máquinas prestan el servicio de Internet en su local?**

- a. 2
- b. 3
- c. 4
- d. 5
- e. 6
- f. 7
- g. 8
- h. 9
- i. 10 o más

