



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL SERVICIO DE
INTERNET EN RIOBAMBA A TRAVÉS DE LA RED ELÉCTRICA UTILIZANDO LA
TECNOLOGÍA PLC.”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN

Jenny Paulina Moreano Obregón.

RIOBAMBA – ECUADOR.

2010.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por llenar mi vida de bendiciones y oportunidades, por ser mi guía y por darme la fuerza para culminar esta carrera

A mi querida familia que siempre estuvo conmigo apoyándome, diciéndome palabras de aliento e inculcándome los mejores valores, a quienes debo la persona que he llegado a ser.

*A esa persona, **fc.** con la que en todos estos años hemos compartido varios logros importantes en nuestras vidas.*

A mi director de tesis Ing. Edwin Altamirano por haberme brindado su tiempo y sus conocimientos para realizar este proyecto, así como su amistad.

Paulina.

DEDICATORIA

A mi Dios por todo lo que soy, a toda esa gente maravillosa que ha llegado a mí para ayudarme con sus enseñanzas, su cariño y su comprensión

A mis padres que me han apoyado con todo su cariño y sabiduría, a mis hermanas a las que adoro por toda su paciencia y por compartir conmigo mis sueños y mis locuras, y a mis sobrinos Francisco y Dayana que con sus pequeñas sonrisas y travesuras logran alegrar mi vida.

Paulina.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes

**DECANO FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

Ing. José Guerra.

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
EN TELECOMUNICACIONES Y REDES**

Ing. Edwin Altamirano.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Daniel Haro.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lic. Carlos Rodríguez.

**DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO
DOCUMENTACION**

NOTA DE LA TESIS

“Yo, JENNY PULINA MOREANO OBREGÓN, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.”

Jenny Paulina Moreano Obregón.

AUTOR.

ÍNDICE

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS

HOJA DE RESPONSABILIDAD

INDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

INDICE DE ECUACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

PRESENTACIÓN

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA

1.1	CONCEPTO BANDA ANCHA	20
1.1.1	APLICACIONES.....	21
1.2	TECNOLOGIAS UTILIZADAS PARA EL ACCESO DE BANDA ANCHA	22
1.2.1	LÍNEA DIGITAL DE SUSCRIPTOR (DSL).....	22
1.2.2	CABLE MÓDEM.	23
1.2.3	FIBRA ÓPTICA.....	24
1.2.4	ENLACES SATELITALES.....	24
1.2.5	Wi-Fi.	25
1.2.6	WiMAX.	27

1.2.7	WiBro.....	30
1.2.8	PLC.	30
1.2.9	REDES DE ACCESO VÍA RADIO	31
1.3	COMPARATIVA PLC vs OTRAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO.....	31

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA PLC

2.1	CONCEPTO.....	36
2.2	FUNCIONAMIENTO.....	38
2.3	FRECUENCIA UTILIZADA.	40
2.4	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN.....	40
2.5	ENRUTAMIENTO.....	41
2.6	VENTAJAS DE PLC.....	42
2.7	DESVENTAJAS DE PLC	44
2.8	COMPONENTES DE LA RED PLC	46
2.8.1	MÓDEM DE CABECERA (HE).....	46
2.8.2	REPETIDOR O HG.....	48
2.8.3	CPE´s	49
2.8.4	EQUIPOS COMPLEMENTARIOS	51
2.8.4.1	<i>Unidades acondicionadoras.....</i>	51
2.8.4.2	<i>Acoplador para las líneas eléctricas.....</i>	53
2.9	TOPOLOGIA PLC	54
2.9.1	PLC EN BAJA TENSIÓN	54

2.9.2	PLC EN MEDIA TENSIÓN.....	55
2.10	ARQUITECTURA DE LA RED PLC.....	56
2.10.1	RED OUTDOOR O DE ACCESO	57
2.10.2	RED DE DISTRIBUCIÓN	58
2.10.3	RED INDOOR	58
2.10.4	CANAL DE COMUNICACIONES.....	60
2.10.4.1	<i>Tipos de ruido del canal.....</i>	62
2.10.5	TRANSMISIÓN DE LA SEÑAL.....	63
2.10.5.1	<i>Unidad de Acondicionamiento HFPCN.....</i>	64
2.10.6	TÉCNICAS DE MODULACIÓN.....	65
2.10.6.1	<i>OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).....</i>	68
2.10.7	ESTÁNDARES DE PLC	71
2.10.8	SITUACIÓN REGULATORIA ACTUAL.....	72
2.10.8.1	<i>Aspectos Regulatorios</i>	73
2.10.8.2	<i>Situación Regulatoria en el Ecuador</i>	74

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA RED EXISTENTE DE LA EERSA

3.1	ETAPAS Y ELEMENTOS	76
3.1.1	ETAPA DE GENERACIÓN.....	77
3.1.2	ETAPA DE TRANSMISIÓN.	78
3.1.3	ETAPA DE DISTRIBUCIÓN.	80
3.1.4	ETAPA DE CONSUMO.....	81

3.2	ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO	81
3.2.1	CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (CONELEC)	81
3.2.2	CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGÍA (CENACE)	81
3.2.3	CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR (CELEC)	82
3.2.4	CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD (CNEL).....	82
3.3	DESCRIPCIÓN EMPRESA ELÉCTRICA RIOBAMBA S.A.....	83
3.3.1	ÁREA DE SERVICIO.	83
3.3.2	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	84
3.3.2.1	<i>Generación</i>	84
3.3.2.2	<i>Red de Transmisión</i>	85
3.3.2.3	<i>Red de Subtransmisión</i>	85
3.3.2.4	<i>Subestaciones</i>	86
3.3.2.5	<i>Red de Distribución</i>	87
3.4	SUBESTACIÓN N°1 CHIBUNGA.....	88
3.4.1	DESCRIPCIÓN.....	88
3.4.2	UBICACIÓN.....	89
3.4.3	DESCRIPCIÓN DEL ALIMENTADOR 02/01	89
3.5	TRANSMISION DE DATOS SOBRE LINEAS DE ENERGIA ELECTRICA	89
3.5.1	PARÁMETROS ELÉCTRICOS	90
3.5.2	CONSTANTE DE PROPAGACIÓN.	92
3.6	CONCLUSIONES A LA DESCRIPCIÓN DE LA RED EXISTENTE.....	92

CAPÍTULO IV

FACTIBILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA

4.1	ASPECTOS TÉCNICOS	95
4.1.1	TOPOLOGÍA.....	95
4.1.2	SERVICIOS	95
4.1.3	ALCANCE.....	95
4.1.4	SEGURIDAD.....	96
4.2	ASPECTOS FINANCIEROS	96
4.2.1	TERMINALES DE RED	96
4.2.2	COSTOS	96
4.2.3	NÚMERO DE USUARIOS	97
4.3	SOSTENIBILIDAD.....	97
4.3.1	ESTÁNDARES.....	97
4.3.2	INTEROPERABILIDAD	97
4.3.3	COEXISTENCIA.....	98
4.3.4	ESCALABILIDAD.....	98
4.4	PRINCIPALES FABRICANTES	100
4.5	RECURSOS DISPONIBLES.....	106
4.6	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES	108
4.6.1	CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	108
4.7	REQUISITOS GENERALES DE LOS EQUIPOS	108
4.8	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS.....	109

4.8.1	REGENERADORES	109
4.8.2	EQUIPO LADO CLIENTE (CPE)	111
4.8.3	RELACION COSTOS BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO.....	113

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura I.1: Acceso de Banda Ancha</i>	21
<i>Figura I.2: Esquema típico de una red Wi-Fi</i>	26
<i>Figura I.3: Comparativa de costes vs velocidad de acceso</i>	32
<i>Figura II.4: Estructura de funcionamiento PLC</i>	39
<i>Figura II.5: Internet a través de PLC</i>	39
<i>Figura II.6: Frecuencias de operación</i>	40
<i>Figura II.7: Trama PLC</i>	42
<i>Figura II.8: Elementos de la red PLC</i>	46
<i>Figura II.9: Posición de la Unidad Repetidora en la Red Eléctrica</i>	49
<i>Figura II.10: Acoplador eléctrico</i>	51
<i>Figura II.11: Unidad acondicionadora sistemas PLC</i>	52
<i>Figura II.12: Equipos PLC</i>	54
<i>Figura II.13: Ubicación del equipo de cabecera en el sistema PLC de baja tensión</i> ...	55
<i>Figura II.14: Ubicación del equipo de cabecera en el sistema PLC de media tensión</i>	56
<i>Figura II.15: Arquitectura del sistema PLC</i>	56
<i>Figura II.16: Red de acceso</i>	57
<i>Figura II.17: Sistema Outdoor-Indoor</i>	58
<i>Figura II.18: Despliegue de una red Indoor</i>	59
<i>Figura II.19: Tipos de ruido en el canal PLC</i>	63
<i>Figura II.20: Rango de trabajo de la Red Eléctrica y la Red PLC</i>	64
<i>Figura II.22: Unidad de acondicionamiento HFCPN</i>	65
<i>Figura II.23: Modulación OFDM</i>	71
<i>Figura III.24: Etapas del Sistema de Suministro Eléctrico</i>	76

Figura III.25: Diagrama esquematizado del sistema de suministro eléctrico.	77
Figura III.26: Cobertura Eléctrica Nacional.....	84
Figura III.27: Centrales de generación, S/E y líneas de subtransmisión de la EERSA.....	86
Figura III.28: Estructura de la red eléctrica Subestación N° 1.	88
Figura III.29: Parámetros distribuidos de una línea eléctrica	90

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ec. (1) Velocidad de transmisión</i>	<i>60</i>
<i>Ec. (2) Velocidad de transmisión modificada</i>	<i>61</i>
<i>Ec. (3) Impedancia característica de la línea</i>	<i>91</i>
<i>Ec. (4) Constante de Propagación</i>	<i>92</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla I.I: Comparación de tecnologías basadas en el estándar 802.11x.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla I.II: Comparativa de PLC y otras tecnologías de banda ancha.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla II.III. Denominación de la tecnología.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla II.IV: Estimación de la capacidad de canal PLC en la red de Acceso.</i>	<i>62</i>
<i>Tabla II.V: Comparación de los diferentes esquemas de modulación para sistemas PLC</i>	<i>67</i>
<i>Tabla II.VI: Resumen estándares para la tecnología PLC a nivel Europeo y Americano</i>	<i>72</i>
<i>Tabla III.VII: Centrales de generación instaladas en la EERSA.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla III.VIII: Subestaciones de distribución de la EERSA</i>	<i>87</i>
<i>Tabla III.IX: Alimentadores Primarios de la EERSA.</i>	<i>87</i>
<i>Tabla III.X: Alimentadores Secundarios de la EERSA.</i>	<i>88</i>
<i>Tabla IV.XI. Proveedores de equipos con tecnología PLC.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla IV.XII: Comparación de las Especificaciones Técnicas de los Equipos. - 102 -</i>	
<i>Tabla IV.XIII: Especificaciones técnicas de los Regeneradores</i>	<i>110</i>
<i>Tabla IV.XIV: Especificaciones técnicas del CPE.....</i>	<i>112</i>

PRESENTACIÓN

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

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

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

En estas condiciones, se plantea la necesidad de analizar una tecnología alternativa y nueva para nuestro medio, como lo es PLC (Power Line Communications), la cual se fundamenta en la prestación de servicios de banda ancha sobre una infraestructura ya desplegada, la red eléctrica de distribución de media y baja tensión. Esta tecnología no es reciente, se ha fortalecido con los años pudiendo superar pruebas de campo y ser comercializada actualmente en otros países del mundo.

Su potencial se basa en la capilaridad de la red eléctrica, la que permite llegar a zonas donde no existe infraestructura de comunicaciones. El hecho de que las redes eléctricas sean un medio hostil y variable requiere de un adecuado equipamiento que permita el

acoplamiento de esta red como sistema de comunicaciones y la posibilidad de integrarse para la distribución del servicio de Internet de banda ancha.

El presente estudio de factibilidad examina los condicionantes tecnológicos, y económicos que permitirían implementar sistemas de comunicación empleando PLC y su despliegue comercial como una nueva tecnología de acceso de banda ancha. Para lo cual, se toma como referencia la infraestructura de la red eléctrica de distribución de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A. en la zona centro de la ciudad específicamente el Barrio “La Merced” comprendiendo por las calles Primera Constituyente hasta la Olmedo entre la García Moreno y 5 de Junio.

Se analiza los requerimientos que debe cumplir la red eléctrica para brindar este servicio, prestándolos de una forma segura, confiable y eficiente. También se considera el modelo de negocio al que pueden dirigirse las empresas eléctricas interesadas en implementar la red PLC en su infraestructura.

CAPITULO I- En este capítulo, se describen las principales tecnologías de banda ancha tanto fijas como inalámbricas, en base de lo cual se realiza una comparación de las características, limitantes y potenciales entre éstas y la tecnología que emplea las líneas de poder.

CAPITULO II- Este capítulo tiene la finalidad de hacer una recopilación de las características principales de la tecnología PLC, sus ventajas, desventajas, aplicaciones, ámbitos de servicio, frecuencias de trabajo, velocidades de transmisión, tipo de

modulación empleada, y las topologías de red usadas para su implementación. Adicionalmente, se analiza cuál ha sido la evolución y crecimiento desde su aparición y cuáles son las perspectivas a futuro. Con el objeto de situar a PLC en el entorno tecnológico.

CAPITULO III.- En este capítulo se detalla el área sobre la cual se analizaría el estudio de factibilidad de la Red PLC, se realiza una descripción de los elementos por los que está conformada la red eléctrica describiendo la interconexión que existe entre ellas. Se especifica el número de usuarios totales que serían abastecidos.

CAPITULO IV.- Aquí, se presenta un presupuesto estimativo de los costos totales para la implementación de una red PLC y los aspectos técnicos, financieros y de sostenibilidad que se deben tener en cuenta antes de adquirir los equipos, con el objeto de analizar la factibilidad técnica de implementación de la tecnología.

Al final se detallan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó, luego de haber hecho un análisis de la infraestructura eléctrica de la EERSA y la factibilidad de implementar la tecnología PLC con sus beneficios. Considerando los equipos y elementos por los que debe estar compuesta.

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL TECNOLOGÍAS DE BANDA ANCHA

Los servicios de acceso a Internet generalmente se dividen en dos tipos, accesos de banda estrecha y accesos de banda ancha.

Un acceso de banda estrecha es aquel que se logra a través de una línea de cobre tradicional, cuyas velocidades de transmisión no superan las de un módem convencional de 56Kbps. Lograr velocidades mayores requiere de otra tecnología, como RDSI¹, XDSL, cable módem o FTTH a través de velocidades como Gigabit Ethernet, entre otros.

El termino de banda ancha se ha popularizado a nivel mundial en los últimos años; aunque no muchos tengan una definición clara de lo que es la banda ancha, todos ó la gran mayoría quieren contar con un acceso de este tipo, principalmente para navegar por Internet, con todas las ventajas que trae consigo contar con un acceso de este tipo, pero

¹ RDSI (*Red Digital de Servicios Integrados*) es una red que procede por evolución de la red telefónica existente, que al ofrecer conexiones digitales de extremo a extremo permite la integración de multitud de servicios en un único acceso

como todos los usuarios no tienen el mismo perfil ni se encuentran en las mismas condiciones en cuanto a infraestructura, existen diversas tecnologías que permiten gozar de los privilegios de la banda ancha, puesto que no existe ningún acceso ideal, sino que cada uno presenta unos condicionantes que lo hacen más apropiado para una determinada situación geográfica o tipo de mercado.

1.1 CONCEPTO BANDA ANCHA

De acuerdo con la estandarización de la UIT, banda ancha significa Un servicio o sistema que requiere canales de transmisión capaces de soportar velocidades mayores que la velocidad primaria, esto implica por lo menos velocidades de 1.5Mbps ó 2Mbps. Existen otras definiciones, tales como “Banda ancha puede ser descrita en general como la capacidad de soportar un ancho de banda bidireccional al consumidor mayor de 128kbps (ancho de banda de una línea RDSI).

Hasta la mitad de la década pasada las necesidades de información, tanto en volumen como en velocidad eran soportadas sobre la infraestructura de cobre de las empresas de telecomunicaciones, solo algunos casos obligaban a la instalación de tecnologías adicionales, casi en su totalidad para el sector empresarial, sin embargo a partir de la segunda mitad de los años 90 y gracias en buena medida al auge de la Internet, la demanda por información en tiempo real ha obligado a un rediseño total del acceso a los clientes, tanto en el mercado masivo como corporativo, los cuales ya no se conforman con accesos con capacidad limitada. La siguiente figura ilustra el concepto de Banda ancha:

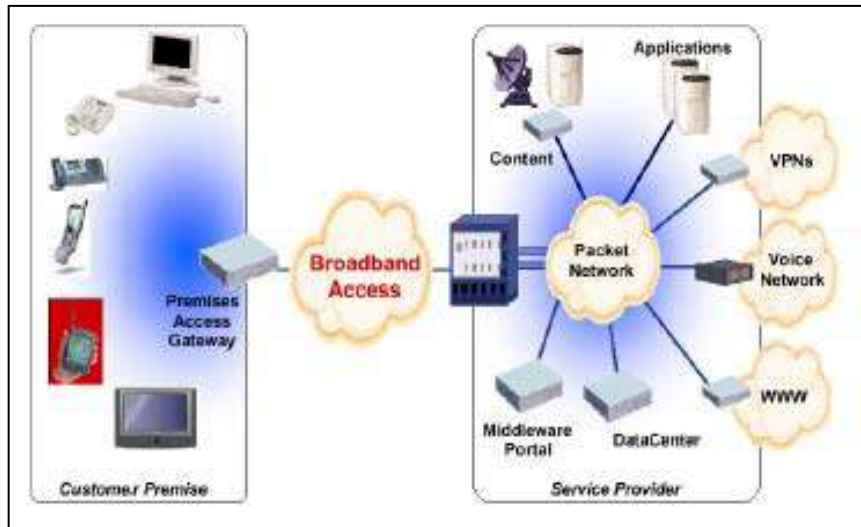


Figura I.1: Acceso de Banda Ancha

1.1.1 APLICACIONES.

Las aplicaciones de la banda ancha se pueden dar en diferentes campos:

Servicios en tiempo real

- Voz.
- Aplicaciones de vídeo y audio, que permiten recibir programación en directo y pregrabada por demanda.
- Juegos interactivos en línea.
- Servicios transaccionales.
- Transmisión de grandes volúmenes de datos.
- Servicios en línea para los gobiernos, tales como declaraciones de impuestos.
- Telemedicina.
- Educación virtual.
- Comercio electrónico.
- Telemetría.

1.2 TECNOLOGIAS UTILIZADAS PARA EL ACCESO DE BANDA ANCHA

Las tecnologías utilizadas, para el acceso de banda ancha son:

- Línea Digital de Suscriptor (DSL)
- Cable Módem
- Fibra Óptica
- Enlaces Satelitales
- Wi-Fi.
- WiMAX
- WiBro
- PLC
- Vía Radio

A continuación se detallará en los aspectos más relevantes de dichas tecnologías.

1.2.1 LÍNEA DIGITAL DE SUSCRIPTOR (DSL).

Es una tecnología de transmisión telefónica que transmite datos más rápido a través de las líneas telefónicas de cobre ya instaladas en casas y empresas. La banda ancha de DSL proporciona velocidades de transmisión que van desde varios cientos de Kbps hasta Mbps

La disponibilidad y velocidad de su servicio de DSL puede depender de la distancia que hay entre su casa o negocio a las instalaciones más próximas de la compañía de teléfonos.

Algunos tipos de tecnologías de transmisión de DSL son:

- *ADSL (Línea digital asimétrica de suscriptor).*

Es usada principalmente por usuarios en residencias que reciben una gran cantidad de datos pero no mandan muchos datos, como son las personas que navegan por Internet.

La ADSL proporciona una velocidad más rápida en la transferencia de datos que bajan a la computadora del cliente que en la transferencia de datos que suben a la central telefónica, permite una transmisión de datos de bajada más rápida a través de la misma línea que usa para proveer el servicio de voz, sin interrumpir las llamadas telefónicas regulares en esa línea.

- *SDSL (Línea digital simétrica de suscriptor).*

Se usa típicamente en los negocios para servicios tales como vídeo conferencias que necesitan un ancho de banda importante para la transmisión de datos de subida y bajada.

1.2.2 CABLE MÓDEM.

El servicio de cable módem permite a los operadores de cable suministrar acceso a Internet de alta velocidad usando los cables coaxiales que envían imágenes y sonidos a su televisor.

La mayoría de los cables módem son dispositivos externos que tienen dos conectores, uno en la salida de pared del cable y el otro en la computadora. La velocidad de transmisión de datos es de 1.5 Mbps o más.

Los suscriptores pueden tener acceso al servicio de cable módem simplemente prendiendo sus computadoras sin tener que marcar al proveedor del servicio de Internet (ISP, por sus siglas en inglés). Podrá ver la TV por cable y usar el Internet al mismo tiempo. Las velocidades de transmisión varían dependiendo del tipo de módem de cable, red del cable y carga de tráfico. Las velocidades son comparables con la DSL.

1.2.3 FIBRA ÓPTICA.

La fibra o fibra óptica es una tecnología muy nueva que proporciona servicio de banda ancha. Esta tecnología convierte las señales eléctricas que llevan los datos en luz y envía la luz a través de fibras de vidrio transparentes con un diámetro cercano al del cabello humano. La fibra transmite los datos a velocidades muy superiores a las velocidades de DSL o módem de cable actuales, normalmente en diez o cien veces más Mbps. La velocidad real que experimenta variará dependiendo de diversos factores como qué tan cerca lleva su proveedor de servicio la fibra a su computadora y la forma como configura el servicio, incluyendo la cantidad de ancho de banda utilizada. La misma fibra que provee su banda ancha puede también simultáneamente suministrar servicios de telefonía por Internet (VoIP) y de vídeo, incluyendo vídeo según demanda.

Los proveedores de servicios de telecomunicaciones (en su mayoría compañías telefónicas) están ofreciendo banda ancha por fibra óptica en áreas limitadas y han anunciado planes para ampliar sus redes de fibra y ofrecer un paquete de servicios de voz, acceso a Internet y vídeo. Las variantes de esta tecnología permiten que la fibra llegue hasta el hogar o empresa del cliente, hasta la esquina de su casa o algún lugar entre las instalaciones del proveedor y el cliente.

1.2.4 ENLACES SATELITALES.

La banda ancha por satélite es otra tecnología de banda ancha inalámbrica, muy útil también para dar servicio a áreas remotas o muy poco pobladas.

Las velocidades de transmisión de datos de subida y bajada para la banda ancha por satélite dependen de varios factores, incluyendo el paquete de servicios que se compra y el proveedor, la línea de visibilidad directa del consumidor al satélite y el clima.

Normalmente un consumidor puede esperar recibir (descargar) los datos a una velocidad de aproximadamente 500Kbps y enviarlos (cargar) a una velocidad de aproximadamente 80Kbps.

Estas velocidades pueden ser menores que las que se tienen con DSL o el módem de cable, pero la velocidad para descargar los datos es aproximadamente 10 veces más rápida que la velocidad que se tiene con el Internet de marcación telefónica. El servicio puede interrumpirse en condiciones climáticas severas.

1.2.5 Wi-Fi.

Wi-Fi es una alianza entre fabricantes de equipos que busca promover la tecnología basada en el estándar 802.11, para efectos de garantizar la interoperabilidad, mediante la definición de procedimientos de compatibilidad y cumplimiento de especificaciones técnicas.

En su concepción inicial, el estándar 802.11 contemplaba la utilización como capas físicas de transmisión los enlaces infrarrojos y de radiofrecuencia en la banda de 2.4 GHz, siendo esta última la más difundida en la actualidad. Estos enlaces alcanzaban velocidades de 1 y 2Mbps.

La configuración básica de este tipo de redes se observa en la *Figura 1.2*, y consta de un equipo que actúa como punto de acceso (Access Point) y equipos remotos conectados a través de tarjetas con antenas omnidireccionales que permiten establecer conexiones inalámbricas.

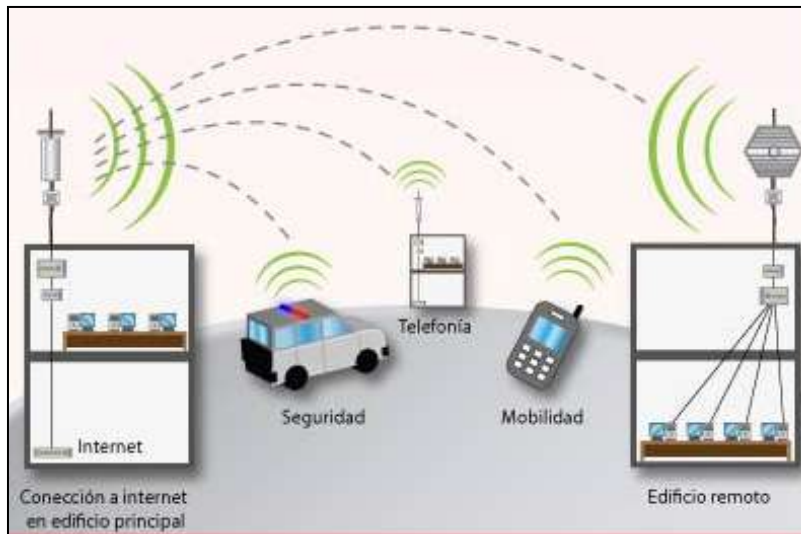


Figura I.2: Esquema típico de una red Wi-Fi.

Como una evolución del estándar 802.11, surgieron los estándares 802.11b, 802.11a y recientemente el 802.11g. Las características de estos estándares se presentan en la siguiente tabla.

Tabla I.I: Comparación de tecnologías basadas en el estándar 802.11x.

Estándar	802.11b	802.11a	802.11g
Velocidad	Hasta 11Mbps	Hasta 54Mbps	Hasta 54Mbps
Frecuencia de operación	2.4 – 2.497 GHz	5.15 - 5.35 GHz 5.425 - 5.675 GHz 5.725 - 5.875 GHz	2.4 - 2.497 GHz
Cobertura	Hasta 400m	Hasta 150m	Hasta 400m
Compatibilidad	Con 801.11g	No compatible con otros estándares	Con 802.11b

Por sus características y nivel de desarrollo, las soluciones basadas en el estándar 802.11b son las que actualmente poseen una mayor utilización, y se prevé hacia el futuro un aumento en el uso de soluciones basadas en 802.11g, principalmente por efectos de compatibilidad. Aunque la cobertura es limitada, cabe anotar la existencia de soluciones propietarias por fuera del estándar que permiten ampliar el alcance a varios

kilómetros, con base en el uso de antenas direccionales en configuraciones punto a punto.

La utilización de este tipo de tecnologías presenta las siguientes ventajas:

- Instalación rápida y sencilla.
- Permite la movilidad de los usuarios.
- Interoperabilidad con redes LAN cableadas.
- Operación en frecuencias de uso libre.

1.2.6 WiMAX.

World Wide Interoperability for Microwave Access es el nombre que se le dio al estándar 802.16 que describe la "Interfaz Aérea para Sistemas Fijos de Acceso Inalámbrico de Banda Ancha". WiMax Tecnología que permite el acceso inalámbrico a Internet, desde un punto fijo o en movimiento, permitiendo la transmisión y recepción de información en cualquier formato. La topología de la red integra múltiples puntos de acceso

Esta tecnología se utiliza para proveer accesos en redes metropolitanas (MAN). La ventaja principal de esta tecnología se centra en la rapidez de instalación, así como en las velocidades que permite alcanzar.

Adicionalmente, el estándar contempla características de seguridad y calidad de servicio, que le permiten soportar servicios de voz y vídeo a través de esquemas de multiplexación TDM o sobre el protocolo IP.

La configuración típica de este tipo de soluciones (WiMax) consta de una estación base central ubicada en una torre o edificio que se comunica a través de un esquema punto-multipunto con los diferentes suscriptores residenciales o de negocios.

Características de la tecnología WiMAX

- Sin Línea de Vista (NLOS).- No necesita línea de visión entre la antena y el equipo del suscriptor.
- Modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) Permite la transmisión simultánea de múltiples señales a través de cable o aire en diversas frecuencias; usa espaciamiento ortogonal de las frecuencias para prevenir interferencias.
- Antenas inteligentes Soporta mecanismos de mejora de eficacia espectral en redes inalámbricas y diversidad de antenas.
- Topología punto-multipunto y de malla (mesh) Soporta dos topologías de red, servicio de distribución multipunto y la malla para comunicación entre suscriptores.
- Calidad de Servicio (QoS) Califica la operación NLOS sin que la señal se distorsione severamente por la existencia de edificios, por las condiciones climáticas ni el movimiento vehicular.
- FDM (Frequency División Multiplexing) y TDM (Time división Multiplexing)
- Tipos de multiplexaje que soporta para propiciar la interoperabilidad con sistemas celulares (FDM) e Inalámbricos (TDM).
- Seguridad Incluye medidas de privacidad y criptografía inherentes en el protocolo. El estándar 802.16 agrega autenticación de instrumentos con certificados x.509 usando DES en modo CBC (CipherBlockChaining).
- Bandas bajo licencia Opera en banda licenciada en 2.4 GHz y 3.5 GHz para transmisiones externas en largas distancias.

- Bandas libres (sin licencia) Opera en banda libre en 5.8, 8 y 10.5 GHz (con variaciones según espectro libre de cada país).
- Canalización De 5 y 10MHz. Codificación Adaptiva.
- Modulación Adaptiva.
- Ecuación Adaptiva.
- Potencia de Transmisión Controla la potencia de transmisión.
- Acceso al Medio Mediante TDMA dinámico.
- Corrección de errores ARQ (retransmisión inalámbrica).
- Tamaño del paquete Ajuste dinámico del tamaño del paquete.
- Aprovisionamiento dinámico de usuarios mediante DHCP y TFTP.
- Tasa de transmisión Hasta 75Mbps.
- Espectro de frecuencia
 - IEEE 802.16a entre 2-11 GHz (LOS) para comunicación entre antenas.
 - IEEE 802.16b entre 5-6 GHz con QoS.
 - IEEE 802.16c entre 10-66 GHz.
 - IEEE 802.16e entre 2-6 GHz (NLOS) para distribución a suscriptores, móvil.
- Alcance
 - 50 m sin Línea de Vista.
 - 8 – 10 Km en áreas de alta densidad demográfica.
- Aplicaciones Voz, vídeo y datos.
- Foro WiMax Formado por 104 organizaciones con fabricantes de chips, de equipos y prestadores de servicios. Promueve la interoperabilidad entre diferentes marcas para soluciones de última milla.

1.2.7 WiBro.

WiBro son las siglas en inglés de Wireless Broadband, una tecnología de Internet de banda Ancha que está siendo desarrollada por empresas de Telecomunicación Coreanas. Aunque algunos la confunden o la asocian con WiMax, esta tecnología es una alternativa más dentro de la comunicación inalámbrica.

Los canales de comunicación de WiBro tienen un ancho de banda 8,75 MHz, e implementa el estándar IEEE 802.16e (Mobile Wimax). Su objetivo principal es proporcionar una conexión fiable y estable con una velocidad adecuada para dispositivos móviles en movimiento. Esto quiere decir que un dispositivo WiBro podría conectarse a Internet sin problema aunque esté moviéndose hasta 250 km por hora.

Aunque esto es la teoría, en la práctica también hay muy buenas perspectivas ya que las compañías Coreanas SK Telecom y Korea Telecom empezaron a ofrecer el servicio en el año 2006, eso sí con una velocidad de entre 30 a 50Mbit/s a hasta 120 km/h. A principios de abril de 2007 existía cobertura WiBro en el metro de Seul.

1.2.8 PLC.

PLC (*Power Line Communications*), también denominado BPL (Broadband over Power Lines), es una tecnología que permite la utilización de la infraestructura de energía eléctrica tanto de (BT) baja tensión como de (MT) media tensión permitiendo ofrecer servicios de telecomunicaciones de banda ancha de gran calidad.

Esto implica que en cada enchufe eléctrico el usuario, además de disponer del suministro de energía eléctrica, tendría acceso a servicios de telecomunicaciones como voz, vídeo y datos.

La tecnología PLC se describirá en el Capítulo 2 más detalladamente.

1.2.9 REDES DE ACCESO VÍA RADIO

WLL (Wireless Local Loop).

Se trata de un medio que provee enlaces locales sin cables. Mediante sistemas de radio omnidireccional de bajo poder, WLL permite a las operadoras una capacidad de transmisión mayor a un megabit por usuario y más de un gigabit de ancho de banda agregado por área de cobertura.

En lo referente a servicios, también se ha producido una evolución significativa en las capacidades ofrecidas por las redes de acceso radio.

En este aspecto podemos distinguir tres generaciones de redes WLL:

- Primera generación: redes orientadas fundamentalmente a proporcionar telefonía en zonas rurales.
- Segunda generación: marcada por la incorporación de servicios de datos (VBDVoice Band Data) e ISDN (Integrated Services Digital Network). Se consideran adecuadas para el entorno rural y suburbano con una densidad de población entre media y baja. Esta generación se encuentra actualmente en fase de madurez técnica y corresponde a la mayoría de los sistemas en el mercado.
- Tercera generación: adecuada para proporcionar servicios derivados de Internet y comunicaciones de datos en modo paquete. Están orientadas a entornos urbanos tanto residenciales como de negocios. Esta es una generación emergente con un potencial de crecimiento importante a corto y medio plazo.

1.3 COMPARATIVA PLC vs OTRAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO

En la *Figura 1.3.*, se puede apreciar como este tipo de acceso aun ofreciendo un buen ancho de banda (comparable al Cable y al ADSL), podrá ofrecer unos costes para el

usuario muy competitivos frente a sus dos directos adversarios: ADSL y el Cable, tanto para el mercado residencial como empresarial.

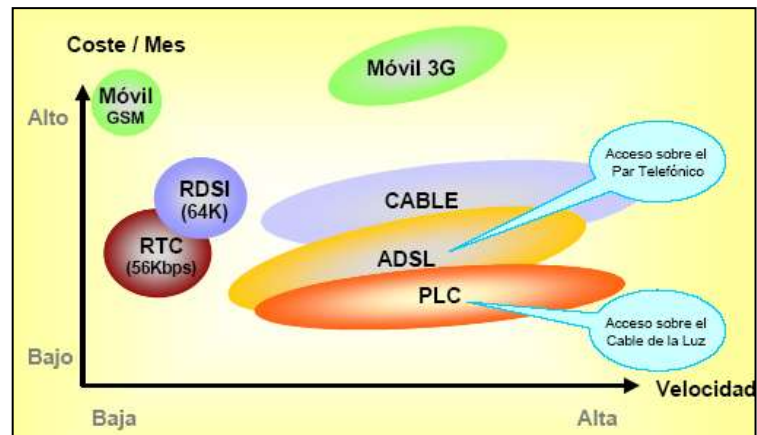


Figura I.3: Comparativa de costes vs velocidad de acceso

En las tablas siguientes se destacan las principales características de las tecnologías antes descritas y su comparación en relación a PLC.

Tabla I.II: Comparativa de PLC y otras tecnologías de banda ancha

CARACTERÍSTICA	TECNOLOGIA										
	PLC	RDSI-BA	ADSL	CABLE MÓDEM	WIRELESS LOCAL LOOP	Wi-Fi			WiMax		
						802.11b	802.11a	802.11g	802.16a	802.16	802.16e
RANGO DE FRECUENCIA	1.6-30 MHz	-	4 kHz-2.2 MHz	42-850 MHz	900 MHz y 1900Hz	2.4 GHz	5.7 GHz	2.4 GHz	2-11GHz	2-66GHz	2-6 GHz
VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	145-200Mbps	155-622 Mbps	Subida: 64 a 640kbps Bajada: 1.5 a 9Mbps	Subida:320kbps-10Mbps Bajada: 30-40 Mbps	> 1 Mbps	11Mbps	54 Mbps		75 Mbps	32-124 Mbps	15 Mbps
MEDIO FÍSICO	Líneas de distribución eléctrica	Fibra óptica	Par de cobre	Fibra óptica y cable coaxial	Ondas de Radio	Ondas de Radio			Ondas de Radio		
MODO	Full dúplex	Full dúplex	Full dúplex	Asimétrico	Full dúplex	Full dúplex			Full dúplex		
MODULACIÓN	OFDM	PCM/PAM	DMT	Subida: QPSK/16 QAM Bajada:64/256 QAM	TDMA	DSSS	OFDM		256 OFDM		
ESTÁNDAR	IEEE, FCC, ETSI	I.121	ANSI T1.413	IEEE 8021.14	ETSI	802.11b	802.11a	802.11g	802.16a	802.16	802.16e
LIMITACIONES	Su buen funcionamiento depende directamente de las condiciones y topología de la red de distribución eléctrica.	Altos costos, configuración e instalación complicada	Está limitada por la distancia máxima desde el usuario a la central telefónica (5000m).	Conexión compartida e interrumpida.	Los sistemas requieren línea de vista y reutilización de frecuencias del espectro	Bajo alcance (400 metros)			Interferencia		
VENTAJAS	Emplea una red que se encuentra ya desplegada y cuya cobertura es muy amplia.	Velocidad alta, servicios integrados, rapidez en el establecimiento de la conexión.	Es aplicable a líneas existentes, no requiere nuevo cableado.	Es una opción importante en países donde la cobertura de esta red es amplia.	Bajos costos en infraestructura y despliegue, así como la simplicidad de construcción de la red. WLL constituye una alternativa para aquellos clientes excluidos de xDSL	Movilidad y fácil instalación			Instalación sencilla y precio competitivo en comparación con otras tecnologías de acceso inalámbrico		

CARACTERISTICA	DIAL-UP	LÍNEAS DEDICADAS	ISDN	ADSL	CELULAR	CABLE MODEMS	SATELITAL	PLC
INFRAESTRUCTURA	Red telefónica (líneas conmutadas analógicas)	Red telefónica (conexiones permanentes)	Red telefónica (líneas conmutadas digitales)	Red telefónica Par de cobre	Red de telefonía Móvil Celular	Red de TV por Cable Fibra óptica Cable coaxial	Satélites LEO y GEO	Líneas eléctricas BT
VELOCIDAD S/B	33.6 / 56kbps	nxE1 o nxT1 64kbps 128Kbps	64 / 128Kbps 1.47 / 1.92Mbps	64 / 128kbps 256 / 128kbps 512 / 256kbps Sub: 64/640Kb Baj: 1.5 / 9 Mb	14/40kbps	10-40 Mbps S: 320/10Mbps B: 30/40Mbps	GEO: 400 Kbps LEO: 64 Mbps	18 /27 Mbps Hasta 45Mbps
RANGO DE FRECUENCIA	4kHz			4Khz a 2.2Mhz		42 a 850Mhz		1.6 a 30Mhz
MODO	Full dúplex	Full dúplex	Full dúplex	Full dúplex		Asimétrico	Full dúplex	Full dúplex
MODULACIÓN			PCM/PAM	DMT		S:QPSK/16QAM M B:64/256 QAM		OFDM
CALIDAD	Baja	Media	Media	Alta	Baja/Media	Alta	Alta	Alta
COSTE MENSUAL	\$18- \$22 costo Adicional teléfono	\$200 a \$300	\$200 a \$450	\$18/\$50 /\$100/ \$700	\$29 o \$89	\$20 a \$100	\$300 a \$ 837	---
FORTALEZA	<ul style="list-style-type: none"> - Asegura una conexión rápida - Solo necesita computadora y su modem - El precio depende del tiempo de uso 	<ul style="list-style-type: none"> - Velocidad simétrica - Gran confiabilidad en el transporte de datos - Permite acceder al Internet siempre que se lo requiera - El costo es el mismo sin depender del uso, no costo adicional de teléfono 	<ul style="list-style-type: none"> - Rapidez en el Establecimiento de la conexión. - Permite acceder servicios de teléfono, fax, datos 	<ul style="list-style-type: none"> - Permite mejorar el ancho de banda en horas picos - Permite aplicaciones de multimedia - Rápido en descargue y envió de archivos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Movilidad de tarifas por número de paquetes Tx/Rx 	<ul style="list-style-type: none"> - Conexión asimétrica - Permite acceder a Internet como a la TV. - Ancho de banda no utilizado es usado para transferencia de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad suficiente para bajar grandes archivos - Navegar velozmente en la Web. 	<ul style="list-style-type: none"> - Infraestructura disponible - Permitiría abarata los costos del Internet - Incrementaría el 1% de índice de penetración de banda ancha en nuestro país

CARACTERÍSTICA	DIAL-UP	LÍNEAS DEDICADAS	ISDN	ADSL	CELULAR	CABLE MODEMS	SATELITAL	PLC
DEBILIDADES	<ul style="list-style-type: none"> - Baja velocidad - Se necesita línea telefónica - Lento al bajar archivos de gran tamaño - No permite videoconferencia - El servicio telefónico se interrumpe durante la conexión al Internet 	<ul style="list-style-type: none"> - No todas las líneas telefónicas son adecuadas para brindar este servicio - Requiere una línea privada para cada punto - El coste de la línea depende de la distancia entre los puntos - La telefónica de nuestro país sin interés en modernizar las centrales 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo difícil de instalar y configurar - Debido a que requiere protocolos de adaptación reduce las tasas de transmisión - El servicio se satura debido a grandes cantidades de usuarios simultáneos 	<ul style="list-style-type: none"> - MODEM costoso - La velocidad Tx depende de la distancia - Tiene problemas de software espías - La comunicación depende de la calidad del Cableado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja velocidad de navegación limitada por Internet - En ocasiones reduce el servicio al 50 % 	<ul style="list-style-type: none"> - Medio compartido entre varios usuarios de un mismo sector - Fácil de romper la privacidad de los datos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo de la implementación caro - Instalación compleja por lo que se incluye gastos de adicionales - Susceptible a climas adversos - Baja penetración por el costo - Necesita mayor potencia 	<ul style="list-style-type: none"> - No existe regulación ni permisos hasta el momento - Necesita de equipos acondicionado es no muy caros para evitar las interferencias - Necesita software para seguridad de la información
USOS	<ul style="list-style-type: none"> - Residencial 	<ul style="list-style-type: none"> - Bancos - Industrias - Instituciones académicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Pequeñas y grandes empresas 	<ul style="list-style-type: none"> - Grandes negocios, hogares y educación 	<ul style="list-style-type: none"> - Usuarios Móviles 	<ul style="list-style-type: none"> - Usuarios residenciales pequeñas y medianas empresas 	<ul style="list-style-type: none"> - Todo tipo de usuarios - Implementar cibercafé 	<ul style="list-style-type: none"> - Usuarios que posea red eléctrica en optimas condiciones
DESARROLLO EN EL PAÍS	Completa, pero poco preferida (actualmente)	Completa (depende de la ubicación)	Completa, (pocos usuarios en Ecuador)	Completa (gran aceptación en el país)	Etapas de crecimiento	Completa (depende de la ubicación)	Lugares de difícil acceso, en nuestro país en la región oriental,	No instalada comercialmente solo en etapas de pruebas

Comparación de la tecnología PLC frente a redes alámbricas de banda ancha

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA PLC

2.1 CONCEPTO

PLC Power Line Communications, es una tecnología que permite la utilización de la infraestructura de energía eléctrica tanto de (BT) baja tensión como de (MT) media tensión permitiendo ofrecer servicios de telecomunicaciones de banda ancha de gran calidad. Esto implica que en cada enchufe eléctrico el usuario, además de disponer del suministro de energía eléctrica, tendría acceso a servicios de telecomunicaciones como voz, vídeo y datos.

Esta tecnología es utilizada para el intercambio de información analógica y digital entre dos o más estaciones de trabajo. PLC permite ofrecer servicios de conectividad de banda ancha de alta velocidad para el envío de datos, señales de control y/o información, utilizando las redes eléctricas.

La transmisión de la energía eléctrica y la transmisión de datos sobre el mismo conductor eléctrico son posibles ya que ambas señales operan en rangos de frecuencia muy separados entre sí.

Esta tecnología promete ahorro de costos al combinar la voz y los datos en una misma red que puede permitir, mensajería, videoconferencia, televisión interactiva, radio y música, juegos en red, domótica², la creación de redes privadas etc. Esta tecnología constituye una alternativa real a las actuales tecnologías de acceso de banda ancha.

La transmisión de la energía eléctrica y la transmisión de datos sobre el mismo conductor eléctrico son posibles ya que ambas señales operan en rangos de frecuencia muy separados entre sí. El PLC se empezó a considerar como tecnología de banda ancha al ofrecer una velocidad igual o superior a 2Mbps. Considerando esta velocidad es posible ofrecer servicios multimedia a un mayor número de usuarios de Internet, especialmente en áreas distantes.

Esta tecnología ha sido motivo de múltiples estudios, por lo cual de acuerdo a la organización encargada de su análisis recibe diferentes nombres como se describen en la siguiente tabla.

Tabla II.III. Denominación de la tecnología.

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

²Domótica .- Conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda

2.2 FUNCIONAMIENTO.

La tecnología PLC basa su estructura de funcionamiento, en la utilización de los cables eléctricos, cada contacto eléctrico se convierte en un puerto de datos que permite establecer conexiones o realizar redes locales, sin la necesidad de la implementación de un sistema de cableado estructurado.

La tecnología opera en el voltaje de los 110V, donde la frecuencia es de 50-60Hz, quedando disponible la banda de alta frecuencia de 1.6 a 30MHz en la que opera PLC (según ETSI).

Con el acondicionamiento adecuado de la infraestructura eléctrica, se puede transmitir señales de baja frecuencia y otras por encima de la banda de 1MHz, sin que se vea afectado el rendimiento eléctrico. Las señales de baja frecuencia (50Hz ó 60Hz, según la red) son las encargadas de la transmisión de la energía, mientras que las señales de más alta frecuencia se utilizan para la transmisión de datos, circulando ambas simultáneamente a través del hilo de cobre.

El lugar de integración del sistema eléctrico y de comunicación se da en el transformador o en la subestación de distribución. Aquí se produce el acoplamiento de la red eléctrica con equipos complementarios que en un extremo se enlazan a una conexión de alta velocidad proporcionada por un proveedor de servicio de Internet (ISP), ya sea mediante fibra óptica o cualquier otro medio, y por el otro extremo al control de la red PLC.

Para la implementación de este servicio se necesita un modem PLC por cada conexión particular, es decir el usuario puede conectarse a la red, utilizando un modem desde cualquier contacto de la red eléctrica.

Se basa en una conexión maestro-esclavo punto-multipunto, donde cada uno de los equipos responde o reporta, según el caso a un equipo central.

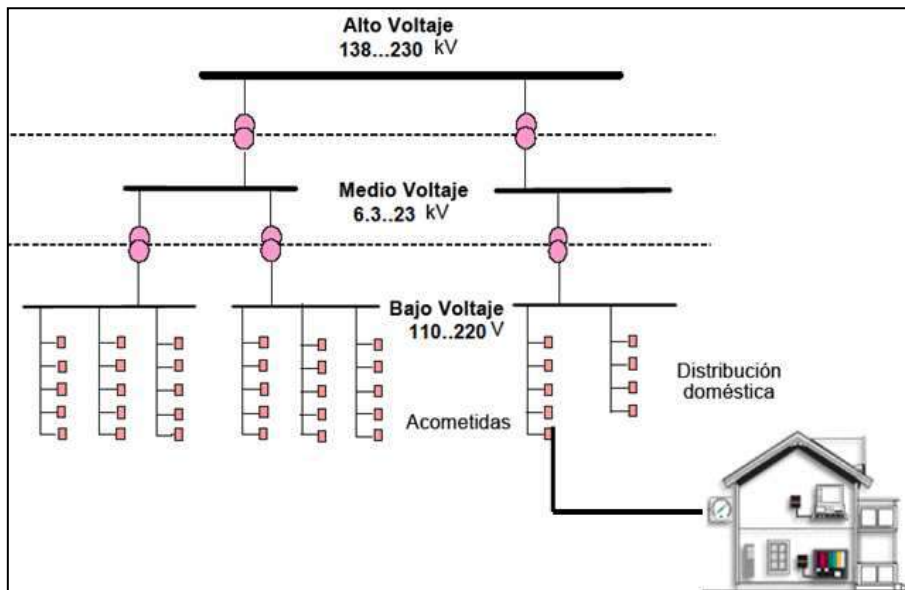


Figura II.4: Estructura de funcionamiento PLC.

La señal de información (voz, audio) ó de control (datos) se transmite desde estaciones emisoras, donde se instala un equipo de cabecera, hasta la red privada a donde se desea llegar. En esta última parte se instala un receptor de señales, que básicamente es un Módem, conectado a la energía convencional de baja tensión. En la estación de control se instala un dispositivo que sirve de interface entre la red externa de comunicaciones que conecta los diferentes servicios a suministrar al cliente y los módems de los usuarios,



Figura II.5: Internet a través de PLC

2.3 FRECUENCIA UTILIZADA.

Las señales PLC comparten la línea eléctrica a través del envío de diferentes rangos de frecuencias que normalmente no se emplean o tienen un uso muy restringido. Estos rangos de frecuencias se encuentran entre los 1.6 y los 35 MHz hallándose por tanto, en la banda de HF (High Frequency), que esta por encima del rango máximo que utiliza la energía eléctrica que es de 50Hz o 60Hz.

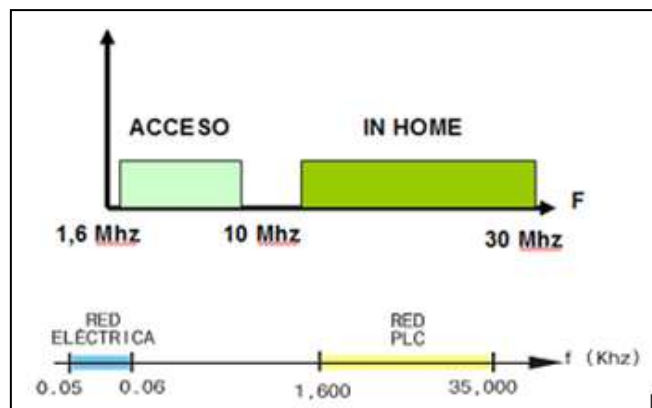


Figura II.6: Frecuencias de operación

2.4 VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN

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

En una primera versión, denominado PLC de primera generación, se lograron velocidades de 1 a 4Mbps, lo cual satisfacía los requerimientos de transmisión de información de control de la planta eléctrica de una empresa determinada.

Posteriormente se requirió mayor velocidad en las redes de datos de control, y en una segunda generación, se alcanzaron velocidades de 45Mbps, distribuidos de la siguiente

manera: 27Mbps en el sentido red-usuario (Downstream) y 18Mbps en el sentido usuario - red (Upstream).

El potencial de esta tecnología ha llevado a distintos proveedores a desarrollar una tercera generación en la cual se han diseñado “circuitos integrados, alrededor de los cuales se construyen los equipos de comunicación que actualmente permiten obtener velocidades de 130Mbps y algunos alcanzan los 200Mbps, de ancho de banda y simétricos a repartir (subir contenidos a la misma velocidad de bajada). Sin embargo, esta velocidad es compartida por los usuarios que se encuentren conectados, por lo cual la velocidad de cada usuario es variable.

2.5 ENRUTAMIENTO

Se puede utilizar enrutamiento dinámico ya que aplicando este método podemos tener un control sobre los cambios que se pueden generar en la red como pueden ser de variaciones en el tráfico o cambios en la topología.

Además como la red eléctrica tiene diferentes caminos para llegar al destino por lo que el cableado eléctrico está tendido por toda la urbanización, se usan los protocolos de enrutamiento dinámico por que no sólo están diseñados para cambiar a una ruta de respaldo cuando la ruta primaria se vuelve inoperante sino que ellos también evalúan y deciden cuál es la mejor ruta para un destino. Es por eso que una red con múltiples caminos a un mismo destino como es la red eléctrica puede utilizar enrutamiento dinámico.

Para realizar el enrutamiento dinámico también se debe considerar la trama PLC, las mismas que van a estar circulando por todo el tendido eléctrico. Cada trama PLC contiene la dirección del emisor y del receptor que se encuentran en la cabecera, en el

cuerpo de la trama se va alojar el mensaje en si, con una secuencia de control por seguridad. Lo que diferencia una trama PLC es que en el inicio y l final se encuentra un indicador de control de la trama con lo que la entrega y el envío de cada una va a estar asegurando que todo el proceso culmine correctamente. El esquema de la trama se muestra en la figura a continuación.

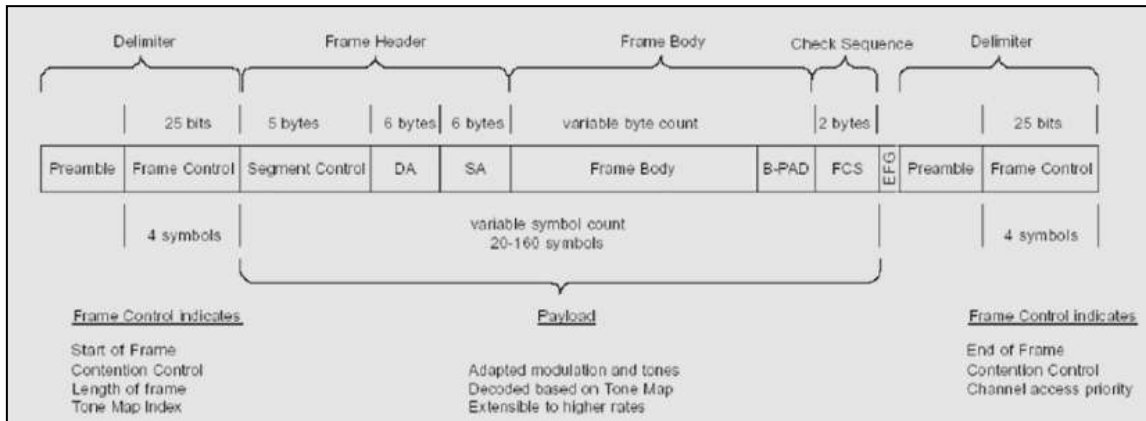


Figura II.7: Trama PLC

2.6 VENTAJAS DE PLC

- **Instalación rápida y sencilla**

Debido a que esta tecnología emplea la red de distribución eléctrica, es decir una infraestructura existente, no requiere de obras de cableado adicionales. En el proceso de implementación de los sistemas PLC se requiere de la instalación de unidades repetidoras, las que proveen conexión a un promedio de 64 usuarios y se ubican cada cierta distancia dependiendo de los equipos utilizados.

- **Alta ubicuidad y capilaridad.**

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

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

- ***Velocidad de transmisión superior a tecnologías similares***

La velocidad límite para la tecnología ADSL es 2Mbps. La tecnología PLC ofrece velocidades de usuario superiores: 2 Mbps, 145Mbps.

- ***Variedad de servicios y aplicaciones***

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

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

- ***Facilidad de conexión del cliente***

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

- ***Movilidad***

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

- ***Evolución de la tecnología y proliferación de productos.***

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

- ***Tarifas competitivas***

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

- ***Servicios de gestión para la empresa de servicio eléctrico***

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

2.7 DESVENTAJAS DE PLC

- ***Regulación***

No existe ningún tipo de regulación en el país acerca de esta tecnología.

- ***Infraestructura variable de la red eléctrica***

Las instalaciones de las redes de distribución eléctrica tienen características que difieren de acuerdo a su topología, ubicación y tiempo de operación. La calidad y el buen funcionamiento de los sistemas PLC dependen directamente de las condiciones de la red eléctrica, si éstas se encuentran deterioradas o existen cables en mal estado será

necesario un acondicionamiento y mejora de la red para hacer posible la implementación de sistemas con tecnología PLC.

- ***Distancia***

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

- ***Número de hogares por transformador***

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

- ***Seguridad***

El cable eléctrico no es un medio diseñado para transmitir datos por lo que tiene múltiples pérdidas, una parte la absorbe y el resto la irradia en cuyo caso actúa como antena retransmitiendo los datos hacia el exterior, violando la privacidad y confidencialidad de la comunicación. Con el objeto de superar este problema, algunos equipos PLC que se encuentran en el mercado disponen de circuitos integrados que permiten la encriptación de datos y manejan otros protocolos de seguridad.

- ***Múltiples fuentes de interferencia***

Existen muchas fuentes de interferencia electromagnética, tal es el caso de aparatos eléctricos conectados a la red, los que pueden afectar la transmisión.

Para solucionar este conveniente se emplean filtros, los que permiten aislar la señal de datos y la señal de energía eléctrica, pero que incrementan los costos de los equipos.

2.8 COMPONENTES DE LA RED PLC

Los equipos básicos de un sistema PLC son el Head End, HG y los CPE's:

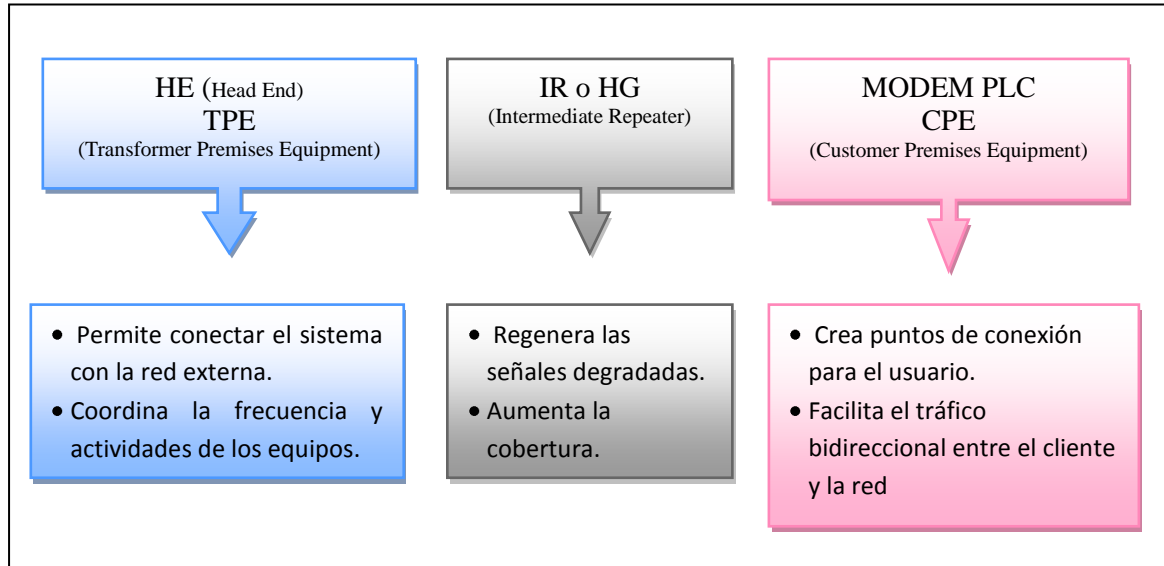


Figura II.8: Elementos de la red PLC

2.8.1 MÓDEM DE CABECERA (HE)

Es el componente principal de una red PLC, recibe el nombre de módem de cabecera, “Head End” (HE) o “Transformer Premises Equipment” (TPE). Es el inyector de red y actúa como maestro.

Funciones

- Este equipo inyecta la señal de datos en la red de baja tensión, su configuración varía dependiendo, si el backbone es una red de datos clásica o si se va a utilizar la red de media tensión. En una conexión de red de datos clásica, este dispositivo contará con una interfaz Ethernet para poder conectarse al switch o al router del backbone. En una conexión a la red de media tensión se debe incorporar una

tarjeta PLC de media tensión, que permitirá la conexión con otro equipo PLC en la red de MT.

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

Lugar de instalación

La elección de su ubicación es un aspecto clave en la arquitectura de una red PLC, ya que es esencial que la inyección de datos se produzca de forma que permita proporcionar la máxima cobertura posible dentro de la red. Por lo general, se instala en las subestaciones de distribución o en el transformador de media a baja tensión, dependiendo de la configuración eléctrica más favorable y del ámbito del sistema PLC que se esté implementando.

Características

- Existen dos tipos de módems de cabecera, los de media tensión con un alcance de 2,5Km. y los de baja tensión de 300m.
- El número de usuarios que una estación estándar sirve está directamente relacionado con la topología de la red eléctrica.
- Para proveer la conexión del sistema PLC hacia el Internet o el resto de redes existen varias opciones, con diferentes costos. La solución más simple pero más costosa es la conexión a través de líneas alquiladas hacia cada estación. Otras alternativas pueden ser fibra óptica o enlaces inalámbricos.

Sin embargo, el actual desarrollo de PLC incluye el empleo de alternativas mixtas, que permiten optimizar los costos.

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

2.8.2 REPETIDOR O HG

Llamados también home Gateway y son alojados en el cuarto de contadores (medidores de energía) de cada vivienda. Es el equipo que permite ampliar la cobertura y alcance de la señal PLC, ya que está constituido por un repetidor intermedio (IR).

Los repetidores son los que actúan como esclavos del Head-End y también como maestros de otros repetidores y CPE's.

Funciones

- Permite la transferencia de los datos entre las líneas de medio voltaje y bajo voltaje.
- Regenera la señal degradada por la atenuación provocada por los cables eléctricos, asegurando la calidad en el enlace.
- Aumenta la cobertura del servicio ofrecido y consigue altas velocidades de transmisión en lugares alejados del módem de cabecera.
- Controla el acceso al medio entre todos los módems instalados.

- Puede incluir funciones de modulación/demodulación de la señal a ser transmitida.

Lugar de instalación.

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

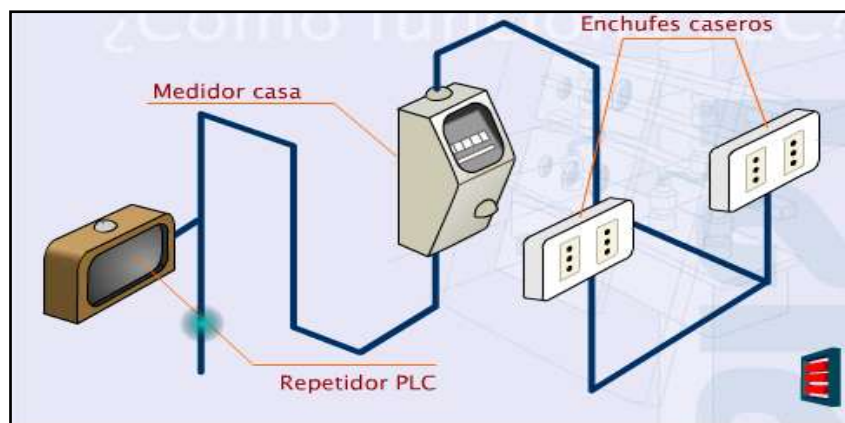


Figura II.9: Posición de la Unidad Repetidora en la Red Eléctrica

Características

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

2.8.3 CPE's

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

Este adaptador eléctrico es un dispositivo pasivo por que no incrementa la energía o modifica la frecuencia de la señal que se le aplica. Que se encarga de inyectar la señal de alta frecuencia de datos en la red eléctrica.

Consta de un módem PLC, que realiza la misma función que un módem telefónico o de cable, modula la señal digital en una portadora analógica que permite la transmisión de información, a través de la red eléctrica y viceversa, para el caso de la demodulación.

Consta básicamente de unidades acondicionadoras (UA) que filtran las señales para hacer fluir la energía eléctrica a través de las tomas de corriente y a su vez dejar pasar los datos, liberándolos mediante un interfaz PCI, USB, Ethernet, Wireless LAN u otros, facilitando el tráfico bidireccional entre el cliente y la red. Este equipo sería el equivalente al “splitter” de ADSL. Las UU reportan sus actividades a las unidades de acondicionamiento

Funciones

- Facilita la conexión con el usuario final
- Cada toma eléctrica se convierte en una toma de datos
- Permite servicios “triple play” (Voz , Datos e imágenes)
- Fácil instalación (“plug&play”)
- No requiere configuración adicional por parte de los usuarios
- Provisión de soporte automático (DHCP)
- Administración remota (SNMP)
- Tiene conexiones Ethernet (RJ45), USB y una conexión análoga para teléfono (RJ11).
- Las velocidades de transferencia ofrecida por el sistema, son de 256 Kbps a 2.7Mbps.
- Se pueden conectar un máximo de dieciséis UU en los hogares pero no se recomiendan más de diez UU.
- Se encarga de inyectar la señal de alta frecuencia en la red eléctrica. Es un dispositivo pasivo que consta de dos filtros:

Filtro paso-bajo, que separa la corriente eléctrica.

Filtro paso-alto, que extrae la señal de alta frecuencia perteneciente a los datos.

El modem recibe la señal de alta frecuencia y la demodula, extrayendo los datos que son entregados mediante una interfaz Ethernet, USB o wireless 802.11b.

Además implementa todas las funciones de la capa física incluyendo modulación y codificación, funciones de la capa de enlace para sus subcapas MAC (Control de acceso al medio) y LLC (control lógico de enlace)

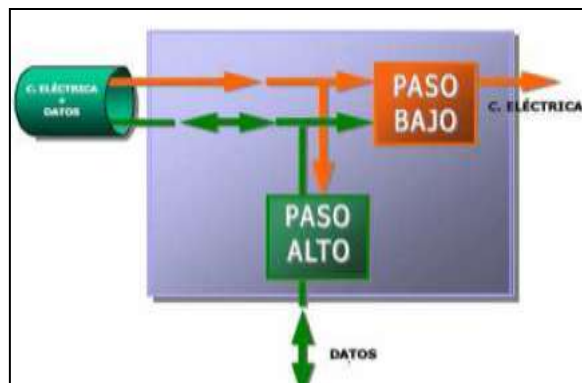


Figura II.10: Acoplador eléctrico

Lugar de instalación.

Es el dispositivo instalado en el hogar del abonado.

Características

Estos equipos son construidos mediante circuitos integrados en tecnología CMOS de 0.25μ que disponen de toda la circuitería necesaria para que los módems sean competitivos con opciones de otras tecnologías, ya que soportan capacidades como prioridad de tráfico, asignación de ancho de banda, calidad de servicio y LANs virtuales.

2.8.4 EQUIPOS COMPLEMENTARIOS

2.8.4.1 Unidades acondicionadoras.

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

Están formadas por dos filtros:

- **Filtro pasa bajo.** Libera la corriente eléctrica de 50 o 60 Hz para su distribución a todos los enchufes de la casa. Este filtro además sirve para limpiar los ruidos generados por los electrodomésticos conectados en casa del usuario. Si se dejaran pasar esos ruidos, al unirse a los procedentes de otros usuarios de la red, acabarán por introducir distorsiones muy significativas.
- **Filtro pasa altos.** Libera los datos y facilita el tráfico bidireccional entre el cliente y la red. Además en las estaciones acondicionadoras se efectúa el mecanismo que posibilita la alta velocidad de transmisión de los datos. Ya que durante la transmisión en caso de encontrar un error de transferencia, rápidamente se efectúa un cambio de frecuencia, de tal modo que se intercambian las frecuencias disponibles para aumentar la velocidad y trabajar con éxito en este medio hostil.

La *Figura II.11*, muestra los puertos de la unidad acondicionadora.

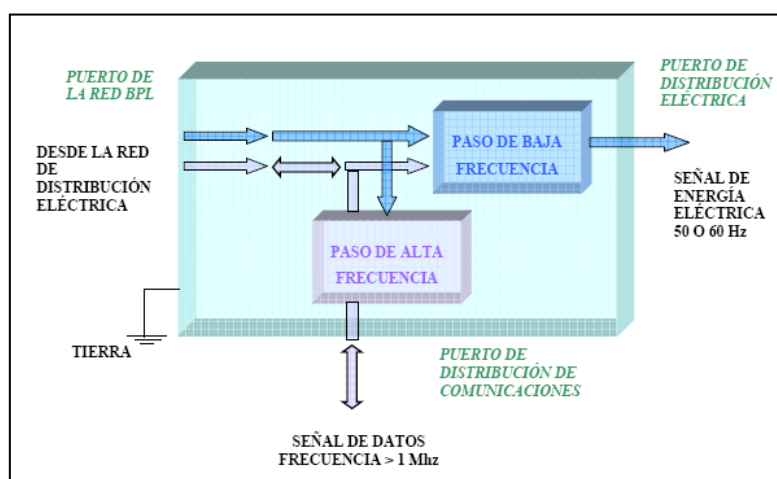


Figura II.11: Unidad acondicionadora sistemas PLC

A través del puerto de la red ingresa la señal, la cual atraviesa el filtro pasa altos filtrando todas las señales de datos que pasan hacia el puerto de distribución de comunicaciones. La señal además atraviesa un filtro pasa bajos que envía las señales eléctricas al puerto de distribución eléctrica.

2.8.4.2 Acoplador para las líneas eléctricas.

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

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

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

La solución óptima dependerá en cada caso de las características específicas de cada nodo de red, si bien es preferible la instalación de las soluciones inductivas por comodidad. Las ventajas del “bypass” son su facilidad de instalación y mantenimiento. Además no disminuye la fiabilidad eléctrica, ya que para la baja frecuencia empleada por la señal de suministro eléctrico (60Hz) se comporta como circuito abierto y para alta frecuencia, es decir la señal PLC es un circuito cerrado, permitiendo el paso de la señal a través del transformador de media a baja tensión.



Figura II.12: Equipos PLC

2.9 TOPOLOGIA PLC

Existen dos tipos de topología para la implementación de una red con tecnología PLC, las cuales se describen a continuación:

2.9.1 PLC EN BAJA TENSIÓN

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

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

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

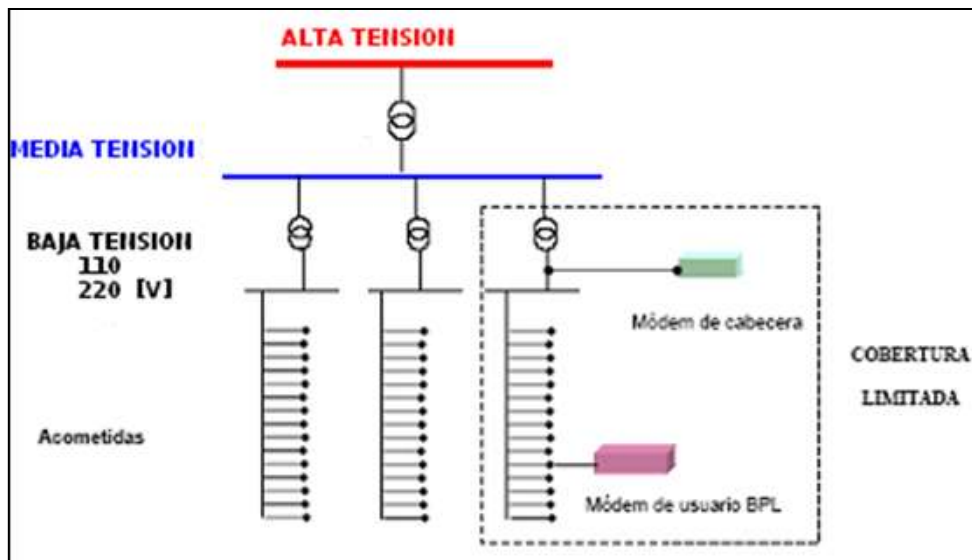


Figura II.13: Ubicación del equipo de cabecera en el sistema PLC de baja tensión

2.9.2 PLC EN MEDIA TENSION

Este tipo de 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 PLC con Internet.

Este tipo de configuración es clave en la evolución de los sistemas PLC, 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 unifilar muestra la topología de una red PLC de medio voltaje y su interconexión con los puntos de usuario.

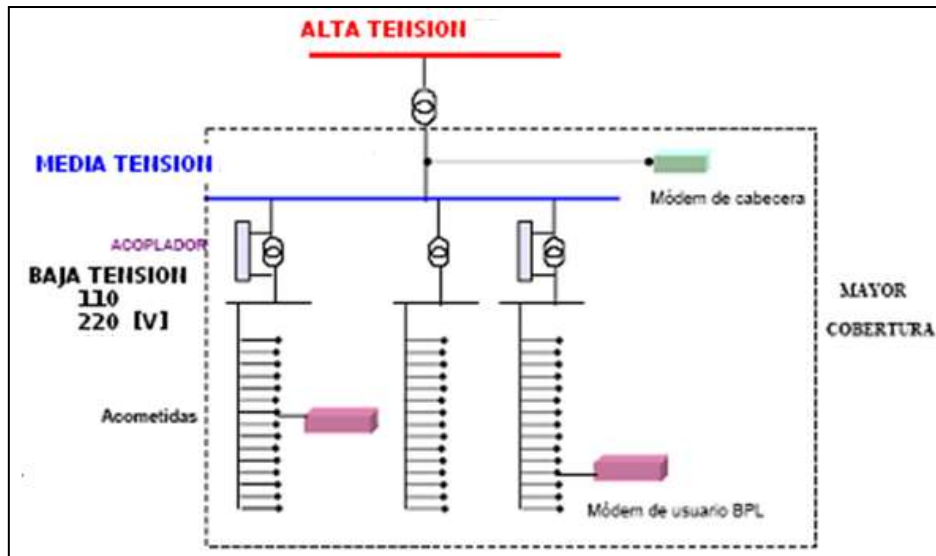


Figura II.14: Ubicación del equipo de cabecera en el sistema PLC de media tensión.

2.10 ARQUITECTURA DE LA RED PLC

El despliegue del sistema PLC en la red eléctrica o la arquitectura de esta red consta de dos sistemas: Sistema Outdoor y Sistema Indoor; formados por tres elementos Nodo Cabecera, Repetidor, CPE (Equipo Local del Cliente). Como se indica en la *Figura II.15*.

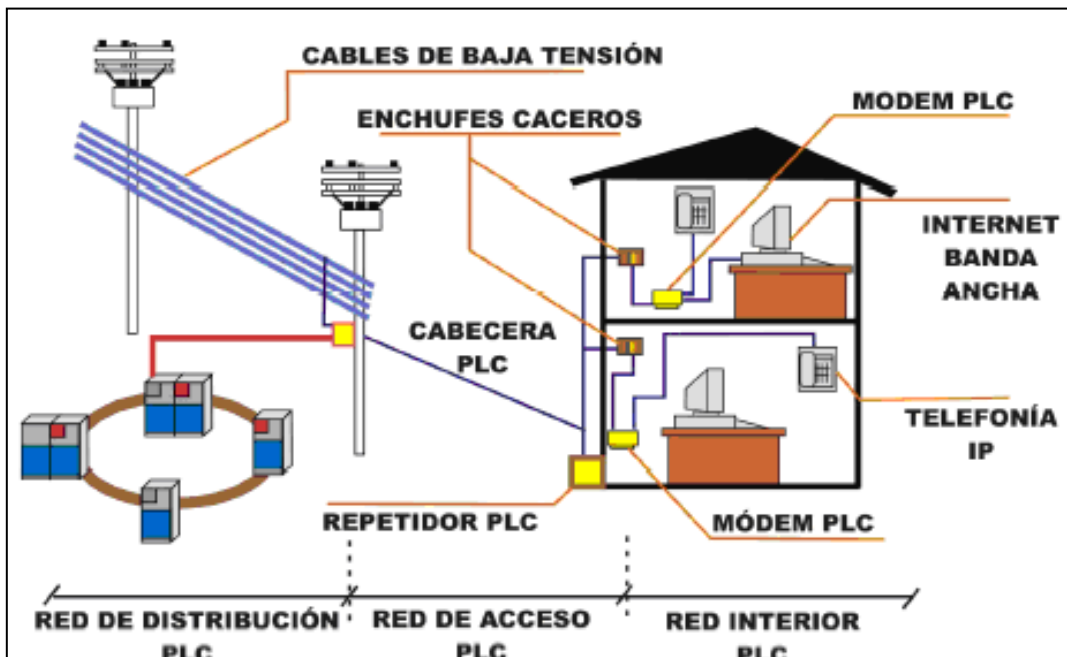


Figura II.15: Arquitectura del sistema PLC

2.10.1 RED OUTDOOR O DE ACCESO

El primer sistema denominado “de Outdoor o de Acceso”, cubre el tramo denominado en telecomunicaciones “última milla”, que para el caso de la red PLC comprende la red eléctrica que va desde el lado de baja tensión del transformador hasta el medidor de energía eléctrica del hogar, como muestra la *Figura II.13*.

La red de acceso cuenta principalmente con el denominado módem de cabecera -Head End, comunicados a su vez con el proveedor de servicios de Internet generalmente a través de conexiones de fibra óptica.

Este primer sistema es administrado por un equipo cabecera que conecta a esta red con la red de transporte de telecomunicaciones o backbone.

De esta manera este equipo cabecera inyecta a la red eléctrica la señal de datos que proviene de la red de transporte.

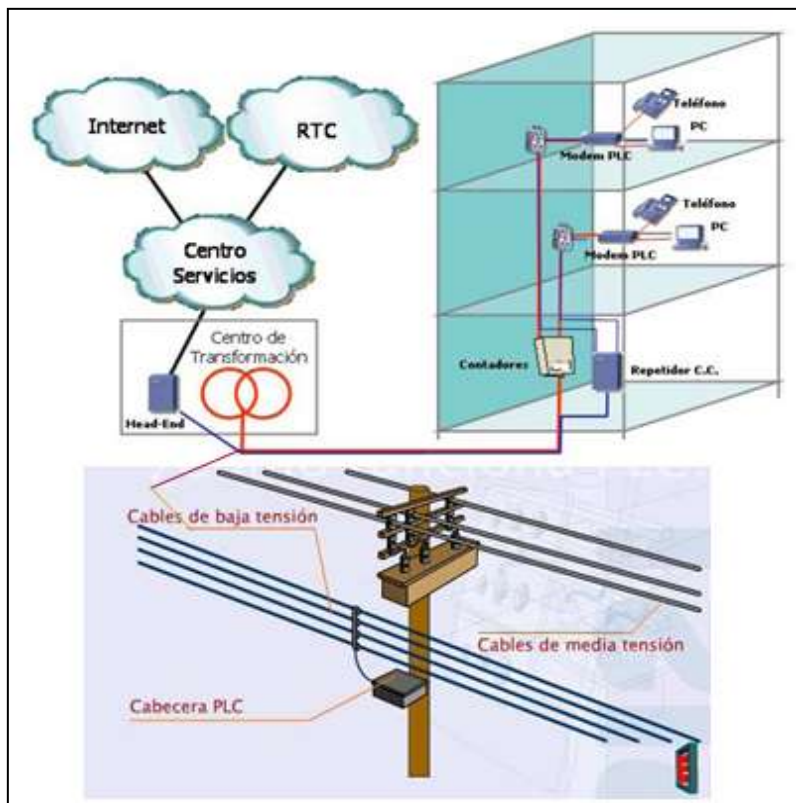


Figura II.16: Red de acceso

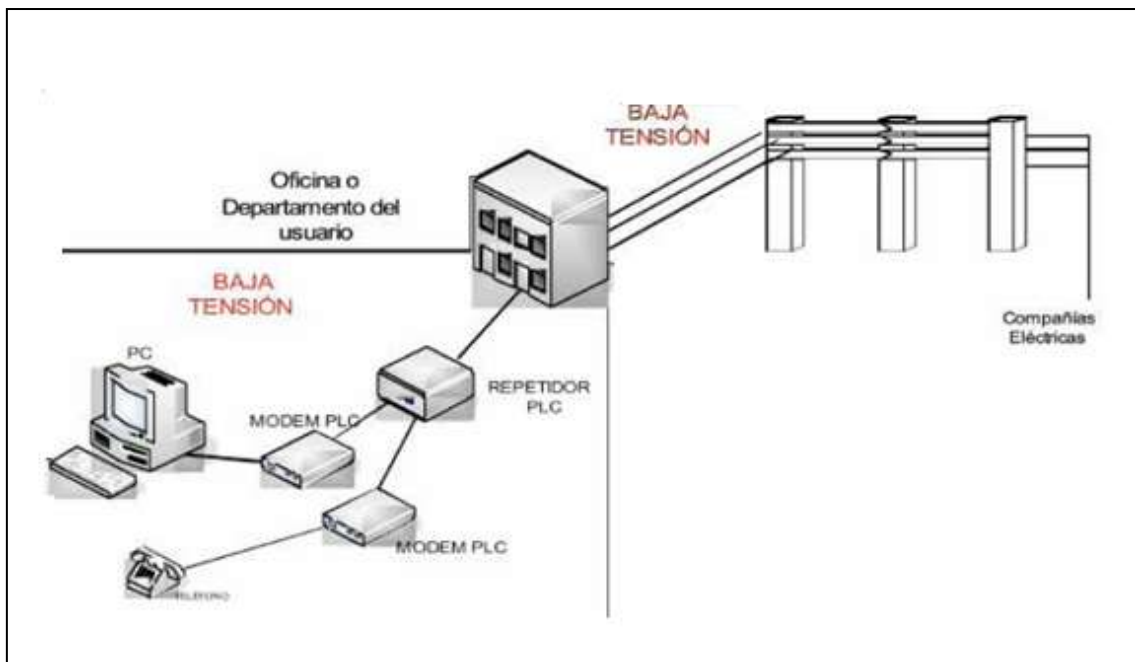


Figura II.17: Sistema Outdoor-Indoor

2.10.2 RED DE DISTRIBUCIÓN

Es la encargada de interconectar múltiples redes o usuarios con la red de Backbone. En el caso de las redes PLC, la red de distribución interconecta los Head End (HE) que dan servicio a las redes de baja tensión. La tecnología utilizada en los equipos de media tensión es esencialmente la misma que los equipos de baja, pero adaptados para mejorar su rendimiento, fiabilidad y latencia (retardo). Esto es ventajoso en los lugares en los que a causa de una baja densidad de clientes, no es rentable desplegar toda una red de distribución.

2.10.3 RED INDOOR

El segundo sistema se denomina “Indoor”, y cubre el tramo que va desde el medidor del usuario hasta todos los toma corrientes o enchufes ubicados al interior de los hogares. Para ello, este sistema utiliza como medio de transmisión el cableado eléctrico interno.

Para comunicar estos dos sistemas, se utiliza un equipo repetidor, este equipo, que normalmente se instala en el entorno del medidor de energía eléctrica, esta compuesto de un modem terminal y equipo cabecera. El primer componente de este repetidor recoge la señal proveniente del equipo cabecera del sistema Outdoor y el segundo componente se comunica con la parte terminal del repetidor e inyecta la señal en el tramo Indoor.

El último elemento de la red PLC lo constituye el CPE, que recoge la señal directamente de la red eléctrica a través del enchufe.

De esta manera tanto la energía eléctrica como las señales de datos que permiten la transmisión de información, comparten el mismo medio de transmisión, es decir el conductor eléctrico. También a este modem se pueden conectar un computador, un teléfono IP u otro equipo de comunicaciones que posea una interfaz Ethernet o USB.

La tecnología PLC en su vertiente Indoor, convierte la línea eléctrica en una red de área local y saca partido por tanto del hecho de que la infraestructura de conectividad ya existe, y con una instalación muy sencilla puede convertirse cualquier toma eléctrica en un auténtico puerto de datos.

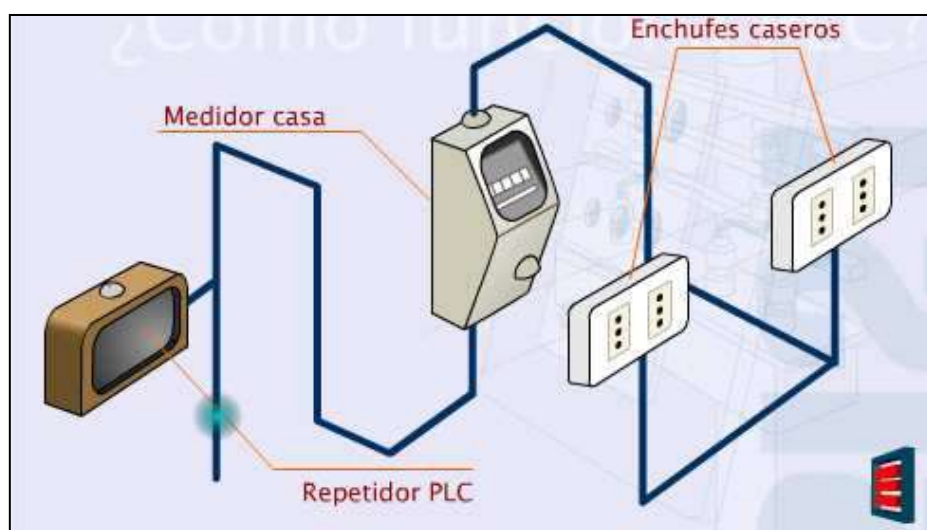


Figura II.18: Despliegue de una red Indoor.

2.10.4 CANAL DE COMUNICACIONES.

Al igual que la mayoría de canales de telecomunicaciones, el canal PLC introduce atenuación y cambio de fase de las señales, debido a que es un medio diseñado en principio solamente para distribución de energía eléctrica. El canal PLC puede ser considerado como un canal de “múltiples rutas” debido a las reflexiones generadas por las discontinuidades de la impedancia ocasionada por fallas en los acoples, lo que genera desvanecimiento de la señal en frecuencia.

El canal tolera la convivencia de la señal de energía con diferentes tipos de señales de ruido e interferencias ocasionadas por diversas fuentes, además las líneas no están sometidas a cargas constantes sino que por el contrario varían constantemente a causa de los dispositivos que se conectan y desconectan en cualquier momento y que ocasionan cambios en las características del medio y afectan su funcionamiento en el tiempo.

Capacidad del canal

De acuerdo con la Ley de Shannon la capacidad de un canal con ruido, es decir la cantidad máxima de información en bps que es posible transferir resulta.

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Ec. (1)

Donde:

C = Velocidad máxima de transmisión de datos en bps

B = Ancho de banda del canal

S/N = Relación señal a ruido del mismo.

Esta fórmula no es aplicable directamente a un canal de PLC, ya que SNR no es constante con el ancho de banda B, porque puede variar sustancialmente. Sin embargo, en la práctica la densidad de potencia de señal transmitida $S_{rr}(f)$ y la densidad de potencia de ruido $S_{nn}(f)$ son dependientes de la frecuencia. Se los puede tomar dentro de un rango modificando la formula:

$$C = \int_{f_u}^{f_o} B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S_{rr}(f)}{S_{nn}(f)} \right) df \text{ con } B = f_o - f_u \quad \text{Ec. (2)}$$

Para obtener la expresión anterior se debe conocer el espectro de densidad de potencia de la señal transmitida $S_{rr}(f)$ la cual es modificada por el comportamiento del canal.

El ancho de banda disponible de un medio de transmisión representa la fuente más importante para una tasa de transmisión de datos alta.

El ancho de banda en la práctica se encuentra más o menos fragmentado, por lo que se necesita esquemas de modulación para aprovechar el espectro tanto como sea posible. Además de la reducción del ancho de banda por regulación, este también es restringido por la atenuación.

La capacidad del canal generalmente decrece con la distancia debido a la característica paso bajo de las líneas de potencia. Los esquemas de modulación difieren mucho en su habilidad de explotar la capacidad del canal.

Para un canal excelente con capacidades teóricas en el rango de los 200Mbps, se puede alcanzar tasas de datos reales de 84Mbps. Aún para canales clasificados como muy malos, con distancias de hasta 300m, se pueden alcanzar tasas de 18Mbps.

La *Tabla II.V*. Muestra las capacidades teóricas estimadas en el tramo de última milla para un canal PLC. Aquí se muestra la diferencia entre la capacidad teórica y la

realizable en pruebas piloto y se determina que aún en el peor caso se logra conseguir una capacidad de canal aceptable de 5Mbps.

Tabla II.IV: Estimación de la capacidad de canal PLC en la red de Acceso.³

TASA DE DATOS		
CAPACIDAD	MEJOR CASO	PEOR CASO
Teórica	00 Mbps	84 Mbps
Realizable	51 Mbps	18 Mbps

2.10.4.1 Tipos de ruido del canal.

La línea eléctrica es un medio que está expuesto a diferentes tipos de ruido, motivo por el cual la hace cambiante y utilizada habitualmente para transmitir energía. Al ser la infraestructura eléctrica un medio ruidoso, hay que contemplar, no sólo la atenuación de la señal, si no diferentes eventos tales como el encendido y apagado de equipos, interruptores de distinto tipo (algunos con emisión de radiaciones atenuadas a los pocos metros), pero otros como aquellos que controlan la marcha en ascensores y aparatos de aire acondicionado, con señales emitidas con mucha mayor intensidad. Todas estas interferencias deben superarse utilizando diversos mecanismos como el ajuste espectral y el uso de filtros que, por un lado eliminen ruidos parásitos presentes en la red y sirvan como protección y aislamiento de equipos que puedan ser interferidos. La utilización de estos filtros trae como consecuencia la disminución del ancho de banda disponible y por ende la velocidad que puede alcanzar el sistema.

Los tipos de ruido presentes en un canal eléctrico se observan en la *Figura 2.15*.

³ Fuente: http://en.wikipedia.org/wiki/Power_line_communication

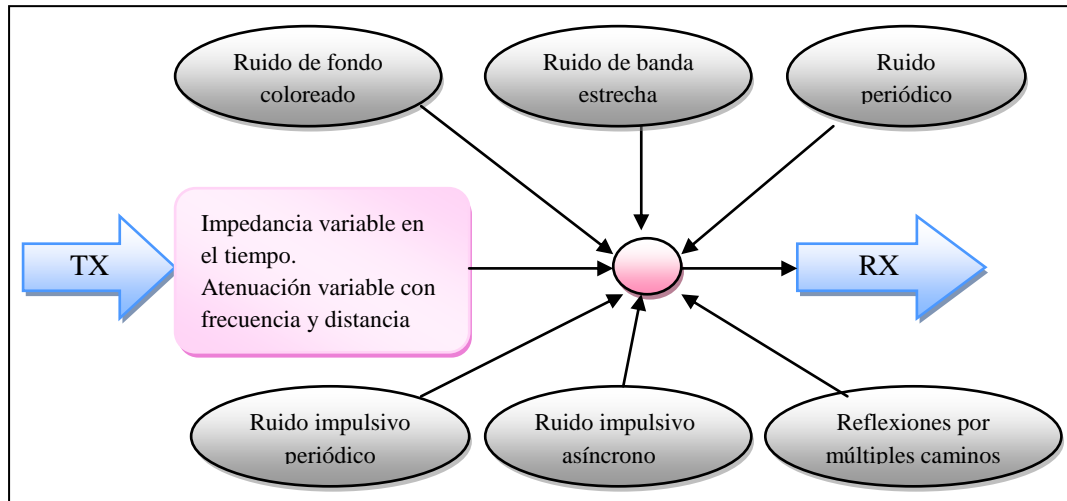


Figura II.19: Tipos de ruido en el canal PLC.

Ruido coloreado. Es causado por la suma de numerosas fuentes de ruido de baja intensidad, cuya variación es lenta en comparación con períodos largos de tiempo (en términos de minutos u horas). Su densidad de potencia espectral (PSD) disminuye con el aumento de la frecuencia.

Ruido banda angosta o estrecha. Es causado por la penetración de las estaciones de radiodifusión de onda corta y varía dependiendo de las condiciones atmosféricas.

Ruido impulsivo periódico (síncrono y asíncrono con la frecuencia de la línea eléctrica). Es causado por el suministro conmutado de potencia; con duraciones que van de microsegundos a milisegundos.

Ruido impulsivo asíncrono. Es causado por los transientes conmutados en las redes en especial originado por dispositivos y máquinas industriales.

2.10.5 TRANSMISIÓN DE LA SEÑAL.

La transmisión paralela de energía y datos usando el mismo medio y en forma simultánea, se hace posible debido a que las dos señales son diferentes, mientras la

energía eléctrica utiliza corriente alterna a 60Hz los datos se transmiten a altas frecuencias en el rango de 1MHz a 30MHz. Sin que ambas frecuencias se molesten entre si, ya que las de baja frecuencia llevan energía mientras que las de alta frecuencia llevan los datos.



Figura II.20: Rango de trabajo de la Red Eléctrica y la Red PLC

La tecnología PLC emplea una red o unidad de acondicionamiento conocida como High Frequency Conditioned Power Network (HFCPN) “Red de energía condicionada por alta frecuencia” para transmitir simultáneamente energía e información. Con el uso de unidades acondicionadoras que se encargan del filtrado y separación de ambas señales. Estas unidades separan la electricidad, que alimenta a los electrodomésticos, de las señales de alta frecuencia, que van a un módulo o unidad de servicio, donde se reconvierten en canales de datos ya sea vídeo, datos, voz, etc.

2.10.5.1 Unidad de Acondicionamiento HFCPN

Un HFCPN (High Frequency Conditioned Power Network) utiliza una serie de unidades de acondicionamiento (CU) para filtrar esas señales separadas. La unidad de acondicionamiento CU se pone cerca del metro eléctrico en cada uno de los consumos caseros que lo necesiten. Las aplicaciones del CU contienen los filtros de pase para segregar las señales de electricidad y de los datos, facilitando el acoplamiento entre los clientes y una subestación eléctrica.

El CU contiene tres puertos que se juntan. El dispositivo recibe la entrada agregada en su puerto de red (NP), esta entrada agregada pasa por un filtro pasa altos como se indica en la Figura II.21. Este filtrado de las señales de alta frecuencia permite derivarlos al puerto de comunicación CDP, y mediante un filtro pasa bajos se envía la electricidad al consumo.

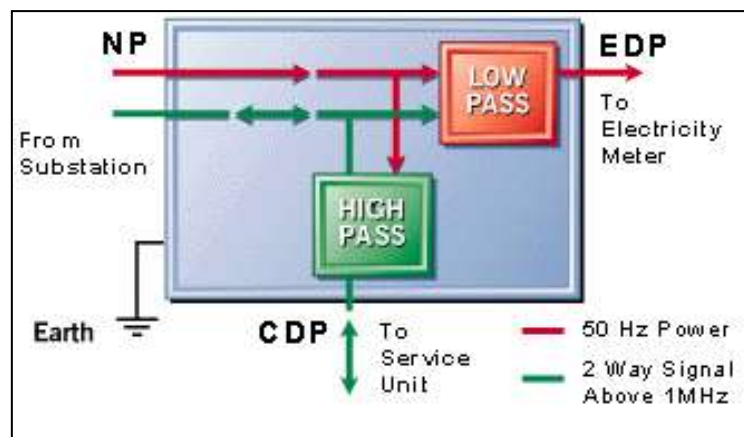


Figura II.21: Unidad de acondicionamiento HFPCN.

La señal de 50Hz. fluye del filtro pasa bajos y también sirve para atenuar el ruido provocado por las aplicaciones eléctricas en casa del cliente, ya que el agregado de estos ruidos extraños provocaría distorsiones significativas en la red.

La señal de datos, sale del CU a las unidades de consumo y distribución de datos mediante el empleo de cables coaxiales estándar.

2.10.6 TÉCNICAS DE MODULACIÓN

Para optimizar la transmisión de datos sobre la red eléctrica y conseguir máximas capacidades con el mínimo consumo de ancho de banda, se han planteado varias técnicas de modulación para PLC y transportar información sobre una onda portadora, las cuales deben ser robustas y utilizar una correcta asignación de frecuencias para evitar la interferencia externa.

Se puede mencionar que en una primera generación de esta tecnología se comenzó con la modulación GMSK y DSSS que ofertaba velocidades de entre 1 y 4MBps pero ya en la segunda generación se empezó a introducir la modulación OFDM que ofrecía velocidades de hasta 45Mbps. En la actualidad ya existe, y se está comenzando a implementar la técnica “OFDM densa” que permite velocidades de hasta 200Mbps, lo que la convierte en la candidata favorita de la tercera generación de modulaciones sobre PLC.

Esencialmente se utilizan tres tipos de modulación para PLC que son:

- *DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation)*. (Modulación de espectro ensanchado), Se caracteriza debido a que puede operar con baja densidad espectral de potencia, por lo que usa un ancho de banda mayor al que se requiere para la transmisión de información
- *OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)*, Es un sistema adaptativo que utiliza un gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos
- *GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying)*, Es una técnica de modulación binaria simple en banda estrecha que optimiza el uso del ancho de banda pues realiza un prefiltrado previo a la modulación que reduce los lóbulos secundarios que aparecen en el espectro de la señal MSK limitando por tanto optimiza el uso del ancho de banda en la transmisión.

En PLC las transmisiones tienen que atravesar las líneas de fuerza lo que provoca múltiples e impredecibles formas de interferencia, esto lo convierte en un medio poco confiable para una excelente comunicación.

Tabla II.V: Comparación de los diferentes esquemas de modulación para sistemas

PLC⁴

MODULACIÓN	Eficiencia Espectral	Máx. Tasa de Datos	Robustez en contra de Distorsiones sobre el Canal	Robustez en contra del Ruido Impulsivo	Flexibilidad y Adaptaciones futuras	Compatibilidad Electromagnética
Técnica Spread Spectrum	< 0.1 bits/s/Hz	≈ 0.5	Malo	Razonable	Muy Malo	Muy Bueno
Modulación de una sola portadora en banda ancha	1-2 bits/s/Hz	≈ 2	Bueno	Bueno	Razonable	Malo
Modulación de multiportadoras en banda ancha	1-4 bits/s/Hz	≈ 3	Bueno	Razonable	Razonable	Razonable
OFDM	>> 1 bits/s/Hz	> 10	Muy Bueno	Razonable	Muy Bueno	Bueno

Es necesario utilizar OFDM para el funcionamiento del PLC ya que al basar su comunicación en un medio de transmisión lleno de ruidos e interferencias la señal de datos se ve atenuada conforme realiza su recorrido por lo que es necesario implementar una tecnología fiable capaz de asegurar una buena transmisión independientemente de las variaciones del medio.

Esta modulación actúa mejor a las interferencias que se presentan en la estructura de las redes eléctricas.

⁴ Tabla realizada por el autor de la tesis. Fuente: <http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=114>

2.10.6.1 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

El sistema de modulación más extendido para PLC es OFDM utilizado en estándares IEEE para redes WMAN (Wireless Metropolitan Networks), debido a que utiliza una codificación adaptativa que sea capaz de reconocer la calidad del canal en un momento dado, con el fin de monitorear y extraer información estadística que se utiliza para mejorar la relación de velocidad y confiabilidad en la red.

Esta modulación actúa mejor a las interferencias que se presentan en la estructura de las redes eléctricas. Es necesario utilizar OFDM para el funcionamiento del PLC ya que al basar su comunicación en un medio de transmisión lleno de ruidos e interferencias la señal de datos se ve atenuada conforme realiza su recorrido por lo que es necesario implementar una tecnología fiable capaz de asegurar una buena transmisión independientemente de las variaciones del medio.

Funcionamiento de OFDM

Este sistema de portadoras múltiples es muy eficiente y flexible para el envío de datos a través de la red eléctrica ya que el rango del espectro queda dividido en diferentes slots, cuyo ajuste permite que los diferentes equipos conectados al sistema se adapten dinámicamente a las condiciones del medio, potenciando aquellas frecuencias donde el ruido es menor y anulando el uso de frecuencias donde se presentan niveles elevados de ruido. Además, la flexibilidad de este sistema facilita la posibilidad de reajustar el margen espectral de trabajo de los equipos para no interferir en otros servicios

Ventajas de OFDM

OFDM brinda múltiples ventajas y es la que ofrece mayor robustez frente a las características de ruido del medio eléctrico que emplea PLC, entre los beneficios que proporciona se mencionan:

- Es resistente a la interferencia de Radiofrecuencia.
- Excelente atenuación de los efectos de dispersión en el tiempo
- Minimización de los efectos de interferencias dentro de banda estrecha
- Alta eficiencia espectral
- Fácil ecualización del canal.
- Escalable para altas tasa de datos
- Alta inmunidad a ráfagas de ruido.
- Flexible y adaptable (las subportadoras de banda estrecha pueden ser moduladas usando varios formatos de modulación, con posibles anchos de banda y tasa de datos adaptables de acuerdo al número de bits presente en cada portadora)
- Excelente rendimiento de ICI, no requiere complejos canales de ecualización.
- Adapta el canal a las condiciones de transmisión, a través del monitoreo continuo, mediante las configuraciones del canal para obtener buena velocidad y fiabilidad.
- El alto número de portadoras permite una sincronización robusta y sencilla.
- Tiene un mejor comportamiento frente al ruido sea selectivo o impulsivo.
- Todos los rangos del espectro que están disponibles son muy usados y no existe interferencia, excepto para el ruido de conexión a tierra, aunque generalmente no afecta debido a que suele ser muy débil, comparado a la potencia de transmisión.
- La modulación OFDM es muy robusta frente al multi-trayecto (multipath), que es muy habitual en los canales de radiodifusión, frente a las atenuaciones

selectivas en frecuencia y frente a las interferencias de RF. Debido a las características de esta modulación, es capaz de recuperar la información de entre las distintas señales con distintos retardos y amplitudes (fading Canales con multitrayectoria) que llegan al receptor.

- Este tipo de modulación es la que mejor se adapta a las condiciones de las redes eléctricas: Interferencias con otras aplicaciones eléctricas o servicios de radio. Pérdida de energía debido a la desadaptación de impedancias. Medio cambiante con el tiempo, con aplicaciones eléctricas plugged/unplugged. El espaciamiento entre portadoras confiere "ortogonalidad" para evitar que las frecuencias se traslapen. Los subcanales están solapados, así se consigue un eficiente uso del espectro ahorrando ancho de banda.
- En condiciones donde el nivel de ruido es bajo, la señal transmite con mayor eficiencia y se envían paquetes con mayor cantidad de bits (máximo 8 bits por portadora por cada uno de los envíos). Conforme aumenta la distancia de transmisión se atenúan más las señales entonces la calidad del canal baja y se empieza a reducir la cantidad de bits que se transmiten en cada uno de los tonos portadores. Esto optimiza la transmisión, es adaptable a las condiciones de la red por lo que puede utilizar mas bits por subcanal cuando la Relación Señal a Ruido SNR requiera e incluso se podría adaptar la potencia de transmisión de cada subcanal. Las tasas de datos por subportadoras se adaptan dependiendo del SNR detectado. Esta característica da una excepcional adaptabilidad a las condiciones del canal.
- Puede operar con anchos de banda 10 MHz, 20 MHz, 30 MHz, transmitiendo entre 2 MHz a 34MHz.
- La sincronización es más robusta y simple.

- Tasa de datos de hasta 45Mbps.
- Eficiencia de modulación de hasta 7,25 bps/Hz.

La modulación OFDM es un sistema que analiza el canal por el que se va a transmitir la señal, evaluando cuál es el número máximo de puntos que se pueden crear para cada uno de los rangos de frecuencia con el cual se divide la señal. De este modo, maximiza la velocidad de transmisión y minimiza los errores.

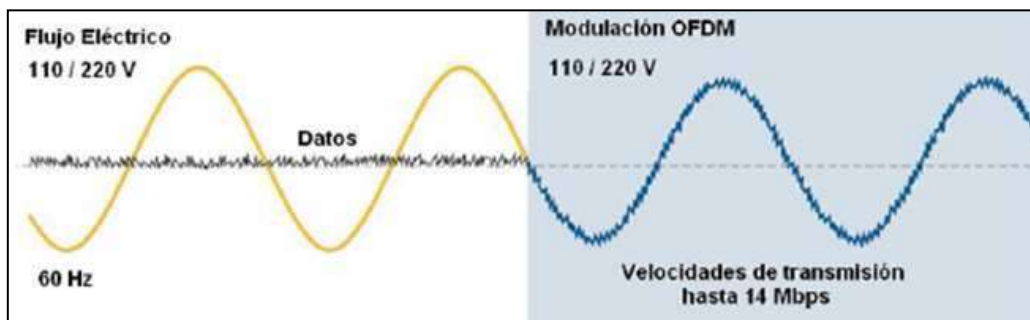


Figura II.22: Modulación OFDM

2.10.7 ESTÁNDARES DE PLC

A nivel de los sistemas de PLC, aún no se ha logrado establecer un estándar completo. Hay varias organizaciones que trabajan en la actualidad a fin de lograrlo. Las más importantes son el PLC Forum, UPLC United Power Line Council y PLCA Power Line Communications Association.

A nivel de instalaciones indoor, si existe un estándar. Las organizaciones están tratando de tomarlo como referencia para la normalización outdoor. Este estándar es denominado HomePlug Powerline Alliance (HPA).

Existen dos aspectos que son los más importantes y sobre los cuales se está trabajando a nivel estandarización a fin de lograr una solución uniforme:

1. *Diferencias de voltaje en los sistemas eléctricos de distintos países del mundo.* Existen a nivel mundial sistemas de 110 V y 220 V, por ello se

debería fijar calidades de servicio, frecuencias y comportamiento que permitan establecer una independencia del voltaje de trabajo de la red.

2. *Diferencias en la regulación establecida para los niveles de emisión electromagnética.* Esto sucede por cuanto los niveles permitidos de ondas irradiadas difieren en los diferentes países: ello haría que los usuarios de sistemas PLC no puedan usar un módem adquirido en otro país.

Si bien es cierto, actualmente no existen estándares a seguir, se encuentra un grupo de sistemas incompatibles entre sí, caracterizados por el tipo de modulación utilizado. Algunos estándares utilizados para la transmisión de datos a través de la red eléctrica son el X10⁵, CEBus⁶ y LonWorks. Entre otros como se muestra en la *Tabla II.VII*.

Tabla II.VI: Resumen estándares para la tecnología PLC a nivel Europeo y Americano⁷

ESTÁNDARES	Europea	Americana
	IEEE P1901	
	ETSI TS 101 867	
	ETSI TR 102 049	
	CEPCA	
	LonWorks	
	X10	

2.10.8 SITUACIÓN REGULATORIA ACTUAL

⁵ X10.- (Estándar de la industria) primer módulo que podía controlar cualquier dispositivo a través de la línea de corriente doméstica (120 ó 220 v. y 50 ó 60hz), modulando impulsos de 120khz

⁶ CEBus.- (Autobús electrónico del consumidor) también conocido como EIA-600, es un sistema de estándares y de protocolos de comunicación eléctricos para que los dispositivos electrónicos transmitan comandos y datos

⁷ Tabla realizada por el autor de la tesis.

2.10.8.1 Aspectos Regulatorios

En la actualidad se pueden distinguir tres aspectos regulatorios que afectan a la tecnología PLC:

- Regulaciones técnicas
- Regulaciones de servicio
- Regulaciones organizativas

Regulaciones Técnicas

Se ocupa básicamente de lo relativo a la compatibilidad electromagnética con otros servicios, como por ejemplo los servicios de radiodifusión. La situación se puede resumir en el principio general de que la última tecnología que llega, en este caso, PLC, no debe interferir con ninguno de los servicios o tecnologías ya existentes, y debe cuidarse que las interferencias de estos servicios no le afecten.

Regulaciones de Servicio

No existe ningún impedimento para proporcionar servicios de telecomunicación a través de las líneas eléctricas supuesto que se tienen las licencias correspondientes; es decir, la regulación suele ser técnicamente neutral respecto al método de acceso de un segundo operador, en el caso de aplicaciones outdoor.

Regulaciones Organizativas

Tienen que ver con cuestiones como:

- ¿Puede una compañía eléctrica como tal tener una operación del servicio de telecomunicaciones ya sea de forma directa, o mediante afiliados?

- ¿Cómo contabilizar las infraestructuras comunes?
- ¿Cómo evitar que la matriz subsidie a la operadora de telecomunicación mediante el pago de servicios adicionales como la lectura de contadores?
- ¿Cómo conseguir que el operador basado en PLC no se aproveche, de forma no equitativa, de la posición de fortaleza de su casa matriz? o ¿no sería mejor dejar que se aproveche para nivelar la situación de competitividad con el operador de telecomunicaciones establecido?

2.10.8.2 Situación Regulatoria en el Ecuador

La información de la situación regulatoria en nuestro país para la tecnología PLC, todavía no se encuentra estipulada en ningún documento, como se menciona anteriormente, en la actualidad no existe regulación, ni levantamiento de ningún reglamento, para el uso de redes eléctricas para la transmisión de datos. Lo que se está realizando en este momento es una investigación del uso de la tecnología PLC en otros países como por ejemplo en Chile, donde se están realizando pruebas piloto. Se espera para que dentro de seis meses, se pueda contar con un avance en cuanto al marco regulatorio de la tecnología PLC en nuestro país.

Por el momento, sin una regulación propia de la tecnología, se puede destacar el artículo 10 de la Ley Especial de Telecomunicaciones:

“Art. 10.- INTERCOMUNICACIONES INTERNAS.- No será necesaria autorización alguna para el establecimiento o utilización de instalaciones destinadas a intercomunicaciones dentro de residencias, edificaciones e inmuebles públicos o privados, siempre que para el efecto no se intercepten o interfieran los sistemas de telecomunicaciones públicos. Si lo hicieran, sus propietarios o usuarios estarán obligados a realizar, a su costo, las modificaciones necesarias para evitar dichas

interferencias o intercepciones, sin perjuicio de la aplicación de las sanciones previstas en esta Ley. En todo caso, también estas instalaciones estarán sujetas a la regulación y control por parte del Estado.”

De lo cual se puede interpretar lo siguiente:

- Si se desea la utilización de tecnología PLC en una urbanización, no podrá realizarse.
- Si se desea la utilización de tecnología PLC en un edificio, podrá realizarse siempre y cuando sea de un mismo dueño.

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA RED EXISTENTE DE LA EERSA

3.1 ETAPAS Y ELEMENTOS

El sistema que se utiliza para proveer electricidad a todos los usuarios consta de varios subsistemas o etapas; cada una de estas etapas del sistema eléctrico hace referencia a todos los elementos, líneas e instalaciones, que comprende desde las centrales productoras hasta los propios abonados.



Figura III.23: Etapas del Sistema de Suministro Eléctrico

Entonces un sistema eléctrico incluye un sistema de generación, con sus plantas generadoras y transformadores elevadores, un sistema de transmisión con sus líneas de transporte y transformadores, y un sistema de distribución, también con sus líneas y transformadores, como se indica en la *Figura III.25*.

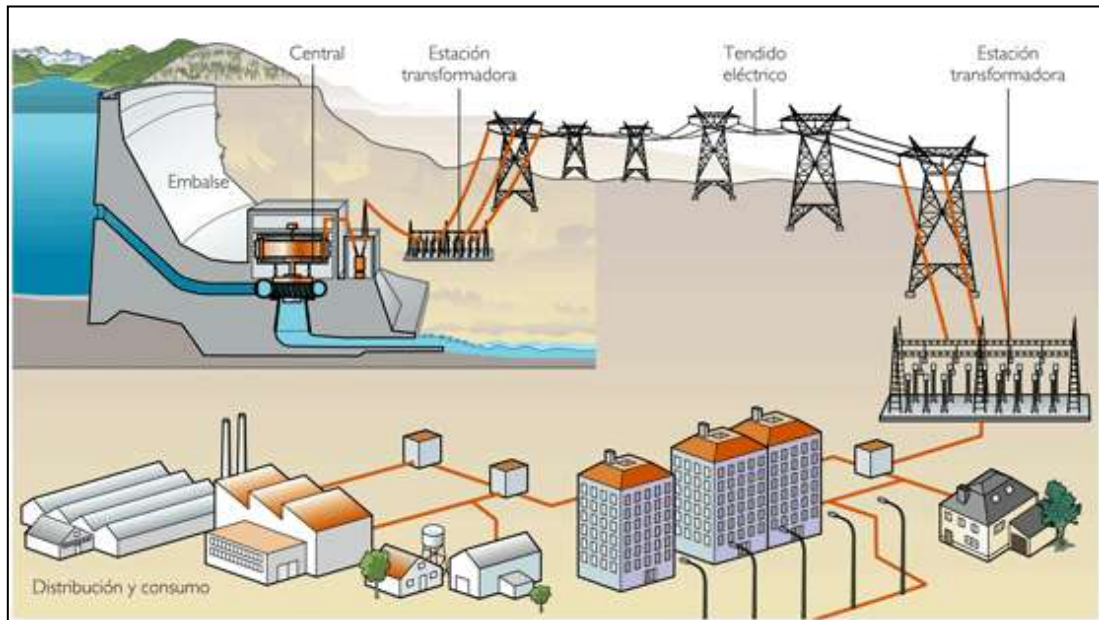


Figura III.24: Diagrama esquematizado del sistema de suministro eléctrico.

3.1.1 ETAPA DE GENERACIÓN.

La generación consiste en transformar alguna clase de energía no eléctrica, sea esta química, mecánica, térmica o luminosa, entre otras, en energía eléctrica. Para la generación industrial se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, que ejecutan alguna de las transformaciones citadas. Estas constituyen el primer escalón del sistema de suministro eléctrico.

Central Eléctrica.

Una central eléctrica es una instalación que utiliza una fuente de energía primaria para hacer girar una turbina que, a su vez, hace girar un alternador, que produce energía en corriente alterna sinusoidal.

La turbina es una máquina rotativa que convierte la energía primaria obtenida de la naturaleza en energía mecánica cinética.

El alternador es el elemento en el que, gracias al principio de inducción electromagnética, se transforma la energía mecánica cinética que recibe del eje de la turbina en energía eléctrica.

Líneas de media tensión.

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

3.1.2 ETAPA DE TRANSMISIÓN.

Una vez producida la energía eléctrica, se hace necesario adecuarla para el transporte a largas distancias permitiéndonos así unir eléctricamente las centrales generadoras con las instalaciones de abonado.

Estaciones Elevadoras.

Las Estaciones Elevadoras permiten aumentar la tensión procedente de las centrales generadoras, hasta valores de muy alta tensión.

Líneas de transporte.

Una línea de transporte de energía eléctrica es el medio físico mediante el que se realiza la transmisión de la energía a grandes distancias; con estructura de forma mallada que permite transportar electricidad entre puntos muy alejados, en cualquier sentido y con las menores pérdidas posibles.

El transporte de corriente eléctrica alterna es más económico a muy alta tensión, las razones para esta elevación de la tensión se encuentran en la relación entre la potencia, la tensión y la intensidad de corriente. Un aumento de potencia significa un aumento de la intensidad que circula por la línea, y por tanto, aumentan las pérdidas por calentamiento de los conductores y por efectos electromagnéticos. Además, una mayor intensidad de corriente requiere de conductores de mayor sección, y en consecuencia, con un mayor peso por unidad de longitud. Por este motivo, para mantener la potencia de la línea y minimizar la intensidad de corriente se aumenta la tensión.

Clasificación de las líneas de transporte.

- ***Transmisión Aérea.***

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

La altura mínima a la que deben estar colocadas las líneas aéreas de transmisión debe ser mayor que 12 metros, con el propósito de evitar cortocircuitos y accidentes que afecten a los habitantes de las zonas cercanas.

- ***Transmisión subterránea.***

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

3.1.3 ETAPA DE DISTRIBUCIÓN.

En esta fase tiene lugar la reducción de muy alta tensión a alta y media tensión. En este nivel de tensión tiene lugar la distribución de la energía eléctrica entre todos los centros de transformación, que sirven de enlace con los usuarios finales. En esta etapa se pueden diferenciar dos redes diferentes:

- ***Red de reparto.***

Es el tramo que partiendo de las subestaciones de transformación, reparte la energía mediante una topología de anillo que rodean los grandes centros de consumo, hasta llegar a las subestaciones transformadoras de distribución. El nivel de voltaje de esta línea es 69kV, por lo que corresponden a media tensión.

- ***Red de distribución.***

Define una red de topología tipo radial que cubre la superficie de los centros de consumo, permite enlazar las subestaciones transformadoras de distribución con los centros de transformación. Las líneas de distribución empleada en este tramo maneja un voltaje de 13.8kV y corresponden a la última etapa del suministro en media tensión.

Elementos de la etapa de distribución

- ***Subestaciones transformadoras.***

Son idénticas constructivamente hablando a las estaciones elevadoras pero hacen el proceso inverso, realizan una primera reducción de la tensión.

- ***Líneas de reparto.***

Transportan la energía eléctrica desde las Subestaciones de transmisión hasta las estaciones de distribución. Trabajan siempre en alta tensión.

- ***Estaciones de distribución.***

Son instalaciones conformadas por transformadores y circuitos de transmisión que realizan una reducción de la tensión.

- ***Líneas de distribución en media tensión.***

Transportan la energía desde las estaciones de distribución hasta los centros de transformación.

- ***Centros de transformación.***

Se encargan de reducir la media tensión en baja tensión, para que puedan ser usadas por los usuarios finales.

3.1.4 ETAPA DE CONSUMO

Acometida

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

3.2 ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO

3.2.1 CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (CONELEC)

El CONELEC tiene como funciones principales la planificación para el desarrollo del sector eléctrico, así como también proveer información y ejercer todas las actividades de regulación y control definidas por la Ley de Régimen del Sector Eléctrico.

3.2.2 CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGÍA (CENACE)

El CENACE tiene la responsabilidad de realizar la administración técnica y financiera de la importación y exportación de electricidad que se realice en el Mercado Eléctrico Mayorista.

3.2.3 CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR (CELEC)

CELEC-Transelectric S.A. (Transmisora de electricidad)

Para cumplir con algunas de las disposiciones de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico Ecuatoriano, se creó la empresa transmisora Transelectric S.A., la cual se encarga de planificar, operar y mantener el Sistema Nacional de Transmisión S.N.T.; por consiguiente, su actividad principal es la transmisión de energía desde las fuentes de producción hasta los centros de consumo dentro del territorio ecuatoriano.

Las líneas de transmisión de CELEC-Transelectric, están dispuestas en un anillo troncal de 230kV cuyo recorrido cierra el circuito Molino (Paute) – Milagro – Pascuales (Guayaquil) – Quevedo - Sto. Domingo - Santa Rosa (Quito) - Totoras (Ambato) - Riobamba - Molino (Paute); de dichas subestaciones se derivan líneas radiales a 230 y 138kV para unir el resto de subestaciones que también cumplen la función de receptor y entregar la energía generada y a consumirse respectivamente; con esto se completa el sistema nacional de transmisión.

3.2.4 CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD (CNEL).

Las distribuidoras, tienen como función principal suministrar energía a los clientes dentro de su área de concesión, para la cual deben proveerse de la energía ya sea por medio de la compra en el Mercado Eléctrico Mayorista (utilizando las subestaciones y líneas de transmisión y subtransmisión de CELEC-Transelectric, o por aprovisionamiento con generación propia (en especial en los sistemas de distribución que no están conectados al S.N.I.).

3.3 DESCRIPCIÓN EMPRESA ELÉCTRICA RIOBAMBA S.A.

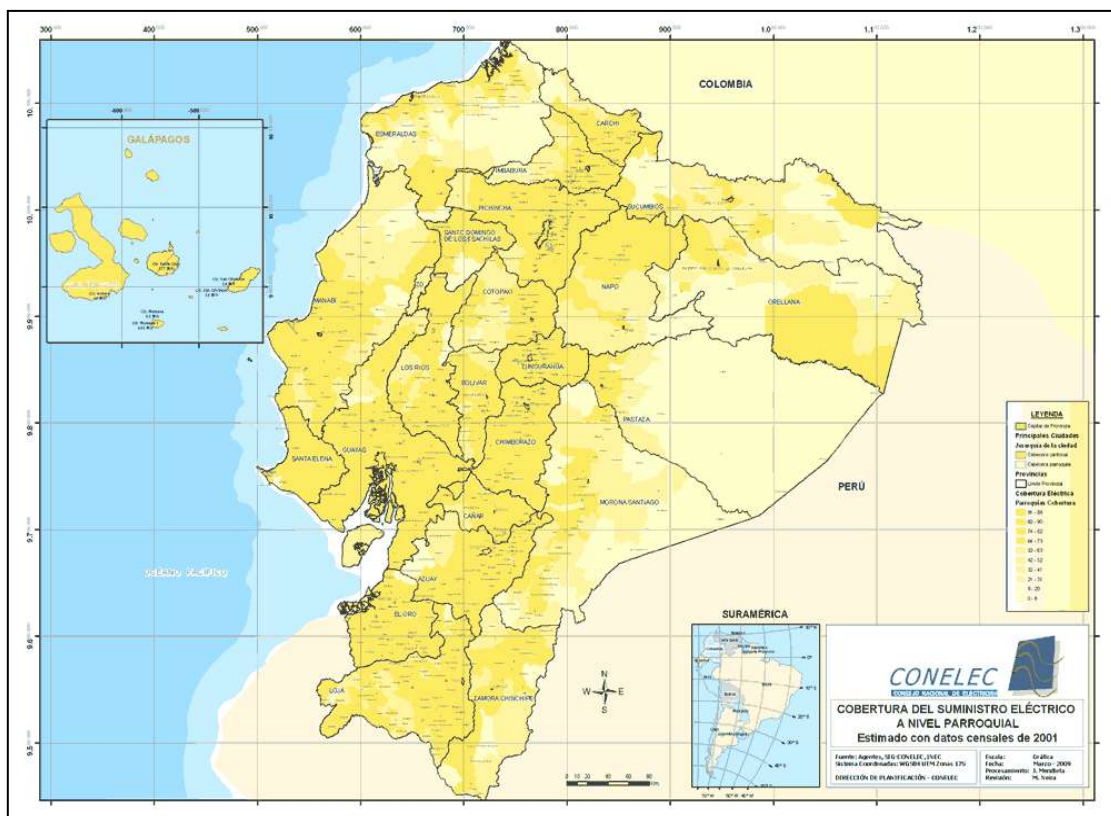
Antecedentes.



La Empresa Eléctrica Riobamba S.A. es una empresa ecuatoriana de servicio, cuya misión es generar, distribuir y comercializar energía eléctrica, mediante una gestión transparente y de calidad, para satisfacer y superar las demandas de sus clientes, promoviendo la protección del medio ambiente, contribuyendo al desarrollo socio-económico de la Provincia del Chimborazo.

3.3.1 ÁREA DE SERVICIO.

El área de servicio de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A., que corresponde a toda la provincia de Chimborazo es del 89% es decir cubre 5.940 km², lo cual pertenece al 2,3% del territorio ecuatoriano, como indica en la siguiente *Figura III.26*.



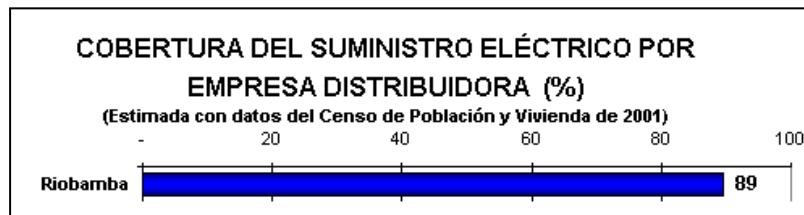


Figura III.25: Cobertura Eléctrica Nacional

3.3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

3.3.2.1 Generación

La EERSA cuenta con un parque generador propio de origen hidroeléctrico y térmico con una potencia nominal total de 16,337 MW; las mismas que se encuentran conectadas al sistema de Subtransmisión y Distribución.

La Tabla III.VI. Describe las características de las centrales

Tabla III.VII: Centrales de generación instaladas en la EERSA⁸

Central	Tipo	Unidad	Voltaje (kV)		Potencia (kW)	
			Nominal	Interconexión	Nominal	Efectiva
Alao	Hidráulica	Grupo 1	2,4	44	2600	2500
Alao	Hidráulica	Grupo 2	2,4	44	2600	2500
Alao	Hidráulica	Grupo 3	2,4	69	2600	2500
Alao	Hidráulica	Grupo 4	2,4	69	2600	2500
Rio Blanco	Hidráulica		6	13,8	3125	3000
Nizag	Hidráulica		0,48	13,8	312	300
Riobamba	Térmica MCI		4,16	13,8	2500	2000

Las centrales Alao, Rio Blanco, Riobamba están conectadas al Sistema Nacional Interconectado y su producción es entregada al Mercado Ocasional, mientras que la generación de la central Nizag que está aislada del Sistema Nacional Interconectado se vende directamente a sus clientes.

⁸ Fuente Departamento de planificación de la EERSA, tabla realizada por la autora de la tesis

3.3.2.2 Red de Transmisión

La empresa de Transmisión Eléctrica del Ecuador Transelectric S.A., tiene bajo su administración la subestación Riobamba de tipo reductor de voltaje que constituye el punto de entrega en bloque del Sistema Nacional Interconectado con una línea de 230Kv⁹.

3.3.2.3 Red de Subtransmisión

El Sistema Eléctrico de la Empresa Eléctrica Riobamba, se encuentra formado por el sistema de Subtransmisión a 69kV tiene una longitud aproximada de 134Km, el cual está conectado al Sistema Nacional Interconectado, a través de la Subestación Riobamba perteneciente a Transelectric.

La línea de 69kV interconecta las subestaciones de distribución, los puntos de alimentación desde las centrales de generación y la Subestación Riobamba junto con las subestaciones N°1 (Chibunga), N°2 (Maldonado), N°3 (Parque Industrial), N°4 (Tapi), que conforman un anillo que encierra básicamente toda la zona urbana de la ciudad de Riobamba como se indica en la *Figura III.27*.

⁹ Fuente: Transelectric S.A. (<http://www.transelectric.com.ec>)

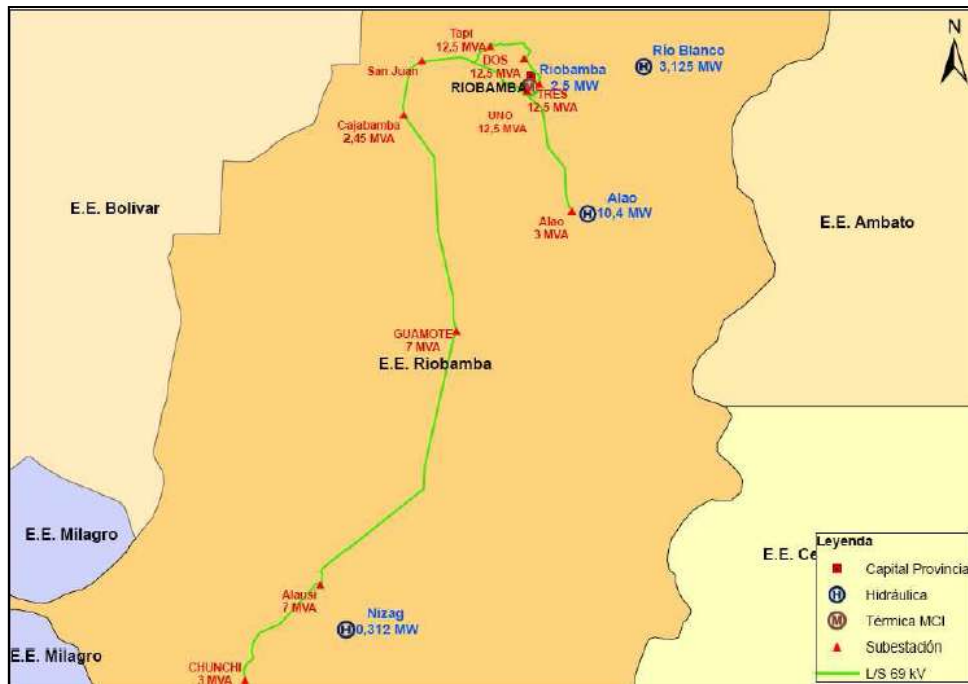


Figura III.26: Centrales de generación, S/E y líneas de subtransmisión de la EERSA.¹⁰

El resto del sistema de subtransmisión presenta una configuración radial, siendo lo más destacado en este aspecto, la interconexión de la central Alao y la S/E N° 1 con una línea de 17 Km. Así mismo, se alcanza radialmente el sur de la provincia a través de las Subestaciones N° 6 (San Juan Chico), N° 7 (Cajabamba), N° 8 (Guamote), N° 9 (Alausí), N° 10 (Chunchi).

3.3.2.4 Subestaciones

El sistema de Subtransmisión consta de 10 subestaciones de distribución como indica la Tabla III.VIII.

¹⁰ Fuente: Transelectric S.A. (<http://www.transelectric.com.ec>)

Tabla III.VIII: Subestaciones de distribución de la EERSA¹¹

Nombre Subestación	Ubicación		Tipo	Voltaje [kV]	
	Cantón	Parroquia		Entrada	Salida
S/E 1 Chibunga	Riobamba	Veloz	R	69,00	13,80
S/E 2 Maldonado		Juan de Velasco	R	69,00	13,80
S/E 3 Parque Industrial		Maldonado	R	69,00	13,80
S/E 4 Tapi		Lizarzaburo	R	69,00	13,80
S/E 6 San Juan Chico	Cajabamba	San Juan	S	69,00	69,00
S/E 7 Cajabamba		Cajabamba	R	69,00	13,80
S/E 8 Guamote		Guamote	R	69,00	13,80
S/E 9 Alausí	Alausí	Alausí	R	69,00	13,80
S/E 10 Chunchi	Chunchi	Chunchi	R	69,00	13,80
S/E 13 Alao	Riobamba	Licto	R	69,00	13,80
S/E 14 Multitud	Pallatanga	Pallatanga	R	69,00	13,80

Tipo: S=Seccionamiento, R=Reducción.

3.3.2.5 Red de Distribución

- **Alimentarios Primarios de Distribución.**

Son los encargados de llevar la energía eléctrica desde las subestaciones de distribución hasta los transformadores.

El sistema de Distribución, a través de las 10 Subestaciones de distribución se extiende 31 alimentadores primarios a un voltaje de 13,8kV y 4,16kV con una longitud total de 3107,01Km, como se detalla *Tabla a continuación*.

Tabla III.IX: Alimentadores Primarios de la EERSA.¹²

Nivel de Voltaje [kV]	Monofásico [km]	Bifásico [km]	Trifásico [km]	Longitud Total [Km]
13,8	2.466,97	97,96	528,31	3.093,23
4,16	2,61	0,1	11,08	13,79
Total general	2.469,58	98,06	539,38	3.107,01

¹¹ Fuente: Empresa Eléctrica Riobamba S.A.

¹² Fuente: Empresa Eléctrica Riobamba S.A.

- **Alimentadores Secundarios de Distribución.**

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

Tabla III.X: Alimentadores Secundarios de la EERSA.¹³

Tipo de Instalación	Cantidad	Monofásico [Km]	Bifásico [Km]	Trifásico [Km]	Longitud Total
Aérea	6511	3950,26	1073,25	52,12	5075,63
Subterránea	13	2,24	2,11	0,7	5,05
Total	6524	3952,5	1075,36	52,82	5080,68

3.4 SUBESTACIÓN N°1 CHIBUNGA

3.4.1 DESCRIPCIÓN

De acuerdo a su función es una subestación de Reducción pues está encargada de reducir el nivel de voltaje de 69kV a 13.8kV para su transmisión y posterior consumo, como se muestra en la *Figura III.28*.

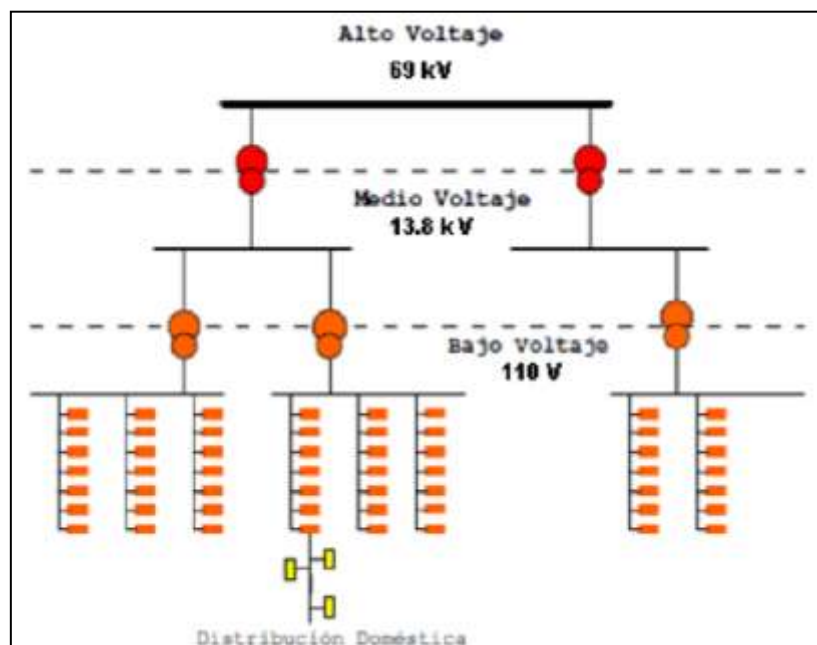


Figura III.27: Estructura de la red eléctrica Subestación N° 1.

¹³ Fuente: Empresa Eléctrica Riobamba S.A.

3.4.2 UBICACIÓN

Está ubicada en la parroquia Veloz, Se incorpora en el sistema de distribución por medio de la alimentación a través de líneas de subtransmisión a la tensión de 69kV y un conductor 2 ACSR (Aluminio con arma de acero).

- Capacidad de transformación 69kV a 13.8kV:

Transformador de potencia 10MVA.

- Líneas de subtransmisión a 69kV:

Sistema Nacional Interconectado

Subestación N°1

- Alimentadores a 13.8kV: A 02/01 (La Merced).

3.4.3 DESCRIPCIÓN DEL ALIMENTADOR 02/01

Las líneas trifásicas del Alimentador N°1 permiten una amplia cobertura para los sectores que comprende las calles: Primera Constituyente, 10 de Agosto Guayaquil y Olmedo, entre la García Moreno y 5 de Junio debido a la utilización de las tres fases de la línea. Ver Anexo 6. Mapa de la ciudad.

3.5 TRANSMISION DE DATOS SOBRE LINEAS DE ENERGIA ELECTRICA

Las redes eléctricas no han sido diseñadas para transportar datos a altas velocidades y en altas frecuencias; estas redes fueron planificadas para trasladar tensiones y altas corrientes, por medio de bajas frecuencias para brindar el servicio de energía eléctrica a los usuarios. El principal inconveniente de la red eléctrica para transmitir datos es que el cableado eléctrico no presenta un apantallamiento que evite las interferencias, por lo tanto emite radiaciones electromagnéticas, provocando obstrucciones en otros sistemas

de radiocomunicaciones. Las redes eléctricas son estructuras abiertas a las señales electromagnéticas.

3.5.1 PARÁMETROS ELÉCTRICOS

Las constantes eléctricas básicas de una línea de transmisión son parámetros por unidad de longitud: resistencia en serie (R), inductancia en serie (L), capacitancia de derivación (C), y conductancia de derivación (G). La resistencia y la inductancia ocurren a lo largo de la línea y constituyen la impedancia distribuida serie, mientras que entre los dos conductores, ocurre la capacitancia y la conductancia que corresponden a la admitancia distribuida en paralelo, se distribuyen de manera uniforme a lo largo de la línea. La resistencia, inductancia y capacitancia aumentan con la longitud de la línea, mientras que la conductancia tiene una fuerte dependencia por el tipo de aislamiento del cable.

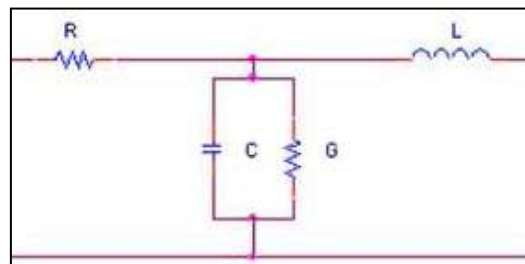


Figura III.28: Parámetros distribuidos de una línea eléctrica

La resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia influyen en la capacidad para transmitir datos a través de las líneas de transmisión ya que determinan las propiedades utilizadas para transportar señales de telecomunicaciones. Otro parámetro a considerar es la impedancia característica Z_0 de las líneas, la adaptación de la impedancia de línea con los equipos de comunicaciones garantiza que no se produzcan reflexiones u ondas estacionarias que perjudiquen la calidad de información a ser transmitida o recibida.

Las reflexiones son ocasionadas por discontinuidades en los valores de la impedancia característica a lo largo de la línea, por ejemplo variaciones en las (distancia entre conductores) o una carga no adaptada (interposición de líneas con una carga no aceptada). Cuanto más precisa, estable y uniforme se represente una línea en relación a sus propiedades dimensionales, eléctricas y de construcción, mejor será su desempeño.

Las constantes derivadas de una línea de transmisión son la Impedancia Característica y la Constante de Propagación y se determinan a partir de las constantes primarias (R, L, C, G).

Las señales de datos se ven afectadas por la impedancia característica Z_0 y la impedancia de carga. La impedancia característica es la relación entre la tensión y las corrientes viajeras sobre una línea de transmisión. La Z_0 se expresa:

$$Z_0 = \frac{E_s}{I_s} = \sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}} \Omega \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

Z_0 = Impedancia característica de la línea [Ω]

R = Resistencia de la línea [Ω/m]

C = Capacidad de la línea [Faradios/m]

L = Inductancia de la línea [Henrios/m]

G = Conductancia [Siemens/m]

$\omega = 2 \Pi f$

j = Operador imaginario = $\sqrt{-1}$

La impedancia de carga modela la impedancia de entrada del equipo que se sitúa al final de la línea para recibir y procesar la señal. Se procura en general que el valor de Z_L sea

el conjugado de Z_0 , esto evita que se produzcan reflexiones de onda en el punto dónde se conectan la línea y el equipo.

3.5.2 CONSTANTE DE PROPAGACIÓN.

Se utiliza para expresar la atenuación (perdida de la señal) y el desplazamiento de fase por unidad de longitud de una línea de transmisión. A medida que se propaga una onda a lo largo de una línea de transmisión, su amplitud se reduce con la distancia recorrida.

La constante de propagación se utiliza para determinar la reducción en tensión o corriente por la distancia, conforme una onda electromagnética se propaga a lo largo de una línea de transmisión. Para una línea infinitamente larga toda la potencia incidente se disipa en la resistencia del cable, conforme la onda se propague a lo largo de la línea.

Matemáticamente la Constante de Propagación se expresa:

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \alpha + j\beta \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde:

- = Constante de Propagación km⁻¹
- = Coeficiente de Atenuación N/km (dB/km)
- = Coeficiente de Desplazamiento de Fase (rad/km).

3.6 CONCLUSIONES A LA DESCRIPCIÓN DE LA RED EXISTENTE

La tendencia actual de integrar todo tipo de servicios en una única infraestructura de red IP, ha puesto de manifiesto las carencias que tienen las soluciones IP clásicas en temas como la capacidad, calidad de servicio, seguridad, fiabilidad y la capilaridad. Para solucionar estos problemas han aparecido en el mercado multitud de equipos, técnicas, tecnologías y protocolos, que combinados de una manera adecuada pueden permitir la

realización de modelos de red que proporcionen, tanto al cliente corporativo como al cliente residencial, todo tipo de servicios.

Como consecuencia de lo anterior, es posible mejorar el nivel de cumplimiento de los planes de negocio y de esta manera aumentar los ingresos para la empresa.

Al haber realizado el análisis técnico de la Red de la EERSA, podemos ver una tendencia hacia una generación de red totalmente IP o de paquetes, la cual ofrece importantes ventajas al operador local como la simplificación de procesos, instauración de políticas de control de calidad, mejores y más servicios para los usuarios

La tecnología PLC se implementaría como otro medio de acceso que se conectaría a la Red, para ofrecer los servicios de telecomunicaciones donde no es posible llegar con una infraestructura en cobre, lo cual trae consigo muchas ventajas como bajos costos para su implementación, ya que la empresa cuenta con toda una infraestructura eléctrica instalada y no se necesitaría cableado adicional, servicios de banda ancha con velocidades de transmisión mayores al ADSL, el despliegue de esta tecnología es modular y selectivo, el cliente final solo debe adquirir un modem sin necesidad de cableado, además la red PLC es muy confiable y segura.

CAPÍTULO IV

FACTIBILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA

Por tratarse de una tecnología en crecimiento como PLC, los proveedores que promueven la interconexión de sus equipos han diseñado sus propias arquitecturas de red. Una arquitectura de red incluye la descripción y especificación de los componentes en el sistema de comunicación, rutas de transmisión, protocolos, medidas de seguridad y métodos de interconexión.

Se pretende realizar un estudio con el fin de conocer la factibilidad de la implementación de la tecnología y ofrecer servicios de Internet de banda ancha a la zona del centro de la ciudad de Riobamba, barrio “La Merced”

La factibilidad técnica debe tener en cuenta el nivel de practicidad de la solución, así como la disponibilidad de los recursos técnicos y humanos que van a ejecutarlos (usuarios finales).

En el área de estudio por ser una zona céntrica de la ciudad posee una red de tendido eléctrico en su mayoría aérea y en otras subterráneas como se puede observar en el Anexo 3, (Tipo de red).

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

Los principales criterios se describen a continuación.

4.1 ASPECTOS TÉCNICOS

4.1.1 TOPOLOGÍA

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

4.1.2 SERVICIOS

La inclusión del servicio de internet en la oferta de conectividad por medio de la tecnología PLC es un gran atractivo para su implantación. Es necesario considerar que el presente proyecto tiene como finalidad prestar servicios de banda ancha, por lo cual la velocidad de transmisión definida por cada fabricante debe permitir cumplir con este objetivo.

4.1.3 ALCANCE

El alcance de la señal para una adecuada recepción debe ser de 2.000 metros, por lo cual debe analizar cual es la máxima distancia propuesta por los fabricantes.

4.1.4 SEGURIDAD

En los sistemas PLC debe realizarse un análisis de seguridad en la red, debido al alto riesgo inherente a esta solución.

La inseguridad puede afectar la confidencialidad de los datos de los clientes e incrementar las tentativas de fraudes por acceso indebido a servicios no autorizados.

4.2 ASPECTOS FINANCIEROS

4.2.1 TERMINALES DE RED

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

4.2.2 COSTOS

Se debe realizar una evaluación previa del mercado y de los precios para conocer cual es la solución que se ajuste de mejor forma al sistema a diseñar, ofertando no sólo calidad sino precios asequibles. En el Anexo 6 se puede observar un presupuesto estimado de los elementos PLC utilizados en una red PLC, cabe indicar que los precios están expuestos a cambios por el fabricante y no incluyen IVA

Utilizando la tecnología PLC, como ya se ha mencionado anteriormente aprovecha las instalaciones eléctricas con las que ya cuenta el área de estudio.

La tecnología PLC es confiable siempre y cuando las instalaciones de la construcción de cada domicilio se encuentren en buen estado, por lo que no es muy utilizada.

Si la EERSA decide implementar este nuevo servicio de manera independiente, puede asumir de manera directa todos los gastos y los usuarios pueden asumir los costos de los equipos de la red de acceso y la empresa podría reducir los costos de inversión.

La inversión se justifica tanto tecnológica como económicamente, ya que es un proyecto que impulsa el desarrollo de las telecomunicaciones, logrando así llegar a la mayor cantidad de usuario con redes ya instaladas, además abre una nueva oportunidad de negocio a las eléctricas al hacerlas participar en un mercado antes desconocido, pero con los recursos y la tecnología adecuada puede ser explotada y comercializado obteniendo así un nuevo ingreso para la empresa.

4.2.3 NÚMERO DE USUARIOS

La mayor rentabilidad del proyecto está sujeta al mayor número de dispositivos a instalar por cada usuario, porque se optimiza la red y se obtienen mayores créditos económicos. Ver Anexo 4.

4.3 SOSTENIBILIDAD

4.3.1 ESTÁNDARES

Pese a que no existe una norma definida de manera universal, es importante que los equipos operen según las recomendaciones internacionales actualmente vigentes que se mencionan en el Capítulo 2. Situación Regulatoria Actual.

4.3.2 INTEROPERABILIDAD

La interoperabilidad entre los equipos se obtiene de manera natural cuando se trata con elementos del mismo fabricante. Sin embargo, en la actualidad la mayoría de los productos ofrecidos por los fabricantes no son compatibles entre sí y la presencia de

diferentes tecnologías en la misma red eléctrica afecta el funcionamiento y desempeño de los equipos instalados. La señal transmitida por un equipo de una tecnología es interpretada como ruido por equipos de otra distinta, degradando la relación señal/ruido del enlace.

4.3.3 COEXISTENCIA

La tecnología PLC provee soluciones aplicables a diferentes ámbitos de operación, tal es el caso de redes de acceso y redes locales. Por ello es necesario considerar la posibilidad de que se empleen equipos de diferentes fabricantes en cada uno de los segmentos, debiendo los mismos operar de manera independiente garantizando su coexistencia.

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

4.3.4 ESCALABILIDAD

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

El costo del punto de conversión debe ser repartido entre el mayor número de usuarios posible.

- En Europa, el punto adecuado es el transformador de media a baja tensión, al que se conectan en promedio 200 usuarios del servicio eléctrico, de los cuales

con una estimación de penetración optimista el 30% contratarían el servicio PLC.

- En Estados Unidos, la cantidad de usuarios por transformador de media a baja tensión es 15, luego si se sitúa la cabecera en este punto los costos por usuario serán mucho mayores que en Europa.
- En Ecuador, la cantidad de usuarios por transformador de media a baja tensión, depende de la capacidad del mismo [Kva] y de la zona donde se encuentre ubicado (estrato social) pero en promedio en la zona donde se desarrollará el proyecto, se calcula un mínimo de 80 usuarios por cada transformador.

Adicionalmente, si se colocan los puntos de interconexión en los transformadores de media a baja, es necesario llegar a ellos con la infraestructura de telecomunicaciones que dirija el tráfico hacia Internet y esta capilaridad incrementa los costos por usuario.

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

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

4.4 PRINCIPALES FABRICANTES

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

En la actualidad, existen múltiples proveedores de equipos que permiten emplear la red eléctrica como una red de comunicaciones. Entre estos se encuentran:

Diseñadores de circuitos integrados específicos para esta tecnología, fabricantes de equipos exclusivamente para redes en el hogar y opciones más completas que incluyen aplicaciones de acceso y conectividad interna.

Para adquirir la información de los equipos existentes en el mercado con tecnología PLC, se realizaron los contactos necesarios con los proveedores a través de llamadas telefónicas y vía e-mail que facilitaron el intercambio de información, permitiéndonos aclarar dudas sobre el funcionamiento de los equipos, las posibles topologías y dimensionamiento para el diseño de la Red Piloto.

Siendo necesario recolectar toda la información de las redes eléctricas como: tipos de cables, calibre, distancia entre transformadores, tipo de distribución (anillo, radial), número de usuarios por transformador etc., de la zona a servir con la Tecnología PLC, que siempre fue solicitada por los proveedores para poder estudiar la cobertura y así recomendarnos los equipos necesarios que cubrirían todas las necesidades que se planteaban por parte de la empresa.

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




Tabla IV.XI. Proveedores de equipos con tecnología PLC.¹⁴

PROVEEDORES	
Adaptive Networks	EBA
Ambient	Intellon
Amperion Inc	Inc
Ascom	Main net Communications
Corinex Communication	Schneider Electric
DS2	Tecnocom Motorola
DIMAT	Telkonet
Desetech	Xeline
Devol AG	

A continuación se comparan las tecnologías de las empresas: Corinex Communications, Desetech y Schneider Electric que son las que ofrecen productos con una gama de calidad mas alta, tienen mayor despliegue comercial a nivel mundial, redes PLC funcionando a punto y la topología de red que utilizan es la que mas se adapta a nuestras necesidades de nuestra red.

¹⁴ Tabla realizada por el autor de la tesis

Tabla IV.XII: Comparación de las Especificaciones Técnicas de los Equipos.¹⁵

PROVEEDOR	 CORINEX COMMUNICATIONS		 DESETECH		 SCHNEIDER ELECTRIC		
EQUIPOS	MODEM DE CABECERA / REGENERADOR	MODEM DE USUARIO	GATEWAY / REPETIDOR MASTER ELECTRICO EXTERIOR R200	MODEM DE USUARIO	MODEM DE CABECERA	REGENERADOR	MODEM DE USUARIO
	MV GATEWAY	WALL MOUNT		DESE-U100	ILV2010	ILV2120	ILV220
Velocidad de Transmisión [Mbps]	200 Mbps	Hasta 200Mbps en capa física	200 Mbps	200 Mbps	200 Mbps	200 Mbps	200 Mbps
Usuarios	2048		64		64		
Frecuencia [MHz]	2 – 34 MHz	2 - 34 MHz	Max 34 MHz	2Mhz – 34Mhz	2Mhz – 34Mhz	2Mhz – 34Mhz	2Mhz – 34Mhz
Alimentación AC	85 a 265V AC, 50/60Hz	85 a 265V AC, 50/60Hz	100/240 VAC 0.5A, 50/60Hz	230V ± 10% @ 50Hz o 110V ± 10% @ 60Hz	100-240VAC	100-240VAC	85-265VAC
Consumo de Potencia	35Wattios	4Wattios	20Wattios	8W (Consumo Típico) 13W (Consumo Máximo)	Máx. 10 W (+8W con accesorios activos opcionales)	17 W (+15 W con accesorios activos opcionales)	8 W típico 13 W máx.
			10/100BaseT	Fast-Ethernet 100Mbps	1 coupler interface, 1	2 interfaces de	Ethernet, conector de

¹⁵ Fuente: <http://www.corinex.com/product/1673.html>
<http://www.insyte.es/indexdes.php>
<http://www.schneider-electric.com/sites/corporate/en/products-services/products-services.page>

Interfaces	MV: F-Type Coax Connector LV: Custom Interface	10/100BaseT Fast Ethernet, Power line	Fast Ethernet, Fibra Gigabit Ethernet, Power line	Full- Duplex, USB 1.1 (Interfaz de nodo esclavo), RJ11 para teléfono Análogo	RJ45 10/100 BASE-T, 1 RS485 serial port	acoplador (ILV2120),RJ45 10/100 BASE-T, Puerto serie RS485	salida de teléfono analógico estándar RJ11, USB
Densidad Espectral Tx	-50dBm/Hz	-58dBm/Hz	-53,7dBm/Hz	-56dBm/Hz	46dBm/Hz a 10MHz de ancho de banda, 49dBm/Hz a 20 MHz de ancho de banda, 50dBm/Hz a 30MHz de ancho de banda	46dBm/Hz a 10 MHz de ancho de banda, 49dBm/Hz a 20 MHz de ancho de banda, 50dBm/Hz a 30MHz de ancho de banda	52dBm/Hz a 10 MHz de ancho de banda, 55dBm/Hz a 20 MHz de ancho de banda, 56dBm/Hz a 30MHz de ancho de banda
Direcciones Mac Soportadas	Hasta 2048 direcciones MAC	Hasta 64 direcciones MAC	Hasta 1024 direcciones MAC	Hasta 64 direcciones MAC	Hasta 1024 direcciones MAC	Hasta 1024 direcciones MAC	
Estándares	IEEE 802.3U	IEEE 802.3u , 802.1P , 802.1Q	IEEE 802.1	EN55022/EN55024 (Limites EMC), EN60950, IEEE 802.1u, 802.1p, 802.1Q, FCC Part 15, Plug-and-Play	EN55022 class B, EN55024, prEN50412-1 type 1, class 2, IEC /EN 60950-1:2001		IEEE 802.1Q, hasta 4.094 VLAN_ID, hasta 256 de redes VLAN activas en interface de BT Traffic Prioritization IEEE 802.1p, NTP, Compatible con ITU-T H.323 versión 4, Compatible con SIP RFC3261
Protocolos	SNMP, Puente Ethernet 802.1 D integrado con el protocolo optimizado (Optimized Spanning Tree)	CSMA/CARP	SNMP, IEEE 802.1D, IEEE 802.1Q	TCP/IP v4 (Opcional v6), SNMP v2, DHCP, TFTP/FTP, HTTP1.1, RSTP/STP, IEEE 802.1Q QoS, H.323, H.245, H.225, Echo Cancellation, G.711, G.729 (Opcional SIP), RADIUS (RFC 2865),	SNMP, IEEE 802.1D, IEEE 802.1Q, IEEE 802.1p, NTP	IEEE 802.1D, IEEE 802.1Q, IEEE 802.1p, NTP, MAC	Ethernet 802.1d, IEEE 802.1Q, IP, TCP/IP, UDP/IP, HTTP, H.323, Skype, SIP, FTP, etc

				Soporte de Multicast IP (IGMP)			
Seguridad	FCC Part 15,EN 55022 EMC limits	FCC Part 15, EN 55022 EMC limits	IEEE 802.1Q VLANs, Autenticación por usuarios mediante RADIUS, Filtrado de direcciones MAC	IEEE 802.1Q VLANs, Encriptación DES/3DES de 168-bits, Autenticación por usuarios mediante RADIUS, Filtrado de direcciones MAC	IEEE 802.1Q VLANs, Autenticación por usuarios mediante RADIUS, Filtrado de direcciones MAC	Las direcciones LMAC se autentifican opcionalmente con RADIUS para evitar la intrusión no autorizada, IEEE 802.1Q	Las direcciones LMAC de CPE se Registran en maestros para evitar la intrusión no autorizada Compatible con el protocolo RADIUS, EN 60950-1:2001
Técnica de Modulación	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM
Aplicaciones	Acceso de Internet de banda ancha, VoIP, Trasmisión de video, Juego	Acceso a Internet	Interfaz de acceso al ISP	Voz Video Datos	Voz Video Datos	Regenerar la señal	Acceso a Internet y telefonía VoIP
Distancia [m]	2000	300	2000	300	2000	2000	300
Peso [Kg]	7			0.486	2.2	2.5	730 gr
Dimensiones	400mm L x 230mm W x 170mm H	107 mm L x 72 mm W x 79 mm H	110 x 45 x 175mm	Alto: 163 mm, Ancho:31 mm, Profundidad: 195 mm	Aprox.190x150x80mm	Aprox. 190 150 80 mm	200 160 70 mm
Precios (US\$)	1528	95	2542	504	2700	1900	550

De acuerdo con estas características y las exigencias de la Red de Acceso PLC que se podría implementar se concluyó que:

- La topología de red para un sistema con tecnología PLC es un aspecto que no varía de manera radical entre los proveedores. La topología más práctica, común y simple desde el punto de vista del proveedor de servicio y del usuario se analizó en el *Capítulo 2* y es la que de manera general cumplen todos los fabricantes.
- Estos fabricantes ofertan de manera adicional a los elementos básicos empleados en una red PLC, filtros, acopladores capacitivos o inductivos y software propietario con el objeto de cumplir funciones de control y administración de la red (gestión).
- La técnica de modulación es igual para todos al igual que el rango de frecuencias en que opera la tecnología.
- Los costos de los equipos varían para los tres fabricantes, siendo los más costosos los de Schneider Electric y los más asequibles serían los equipos de Corinex además de la cantidad de usuarios que soporta.
- De acuerdo a un previo análisis que se realizó de toda la información que los proveedores suministraron se concluye que DESEtech comercializa los mejores equipos ya que emplea tecnología basada en el sistema europeo, su mayor experiencia está en proyectos que emplean la red de media tensión, sin embargo es la mejor opción para este proyecto porque ofrece equipos de tercera generación, alta velocidad y rendimiento. Además de poder adquirir un CPE y disfrutar de servicios Triple Play. Otro motivo por el cual sería la mejor solución la tecnología de este fabricante es que la Red PLC a implementar, no necesitaría de un equipo de Cabecera ya que estas funciones las cumple adicionalmente el equipo

Repetidor que además de regenerar la señal sirve como interfaz entre la red eléctrica y el ISP.

4.5 RECURSOS DISPONIBLES

Recursos humanos (Clientes potenciales)

Los ciudadanos estarían interesados en contratar nuevos servicios para conocer las tecnologías que se encuentran en el mercado y mas aun cuando se trata de servicios de Internet de banda ancha y bajos costos, por esta razón el servicio con PLC es muy atractivo además de que se pueden ofrecer velocidades superiores al ADSL.

La red PLC se podría implantar para ofrecer los servicios de telecomunicaciones en las zonas rurales de la ciudad viendo en esta tecnología una gran oportunidad de negocio y beneficio para los potenciales clientes que serian los más beneficiados ya que no necesitarían invertir en doble infraestructura en cobre, ofreciendo la EERSA los servicios de telecomunicaciones y energía a través de una sola red.

Estructura y elementos de red eléctrica

La red eléctrica que abarca la zona de estudio se muestra en el Anexo 5. En vista que no existe un estándar definido que proporcione una estructura a seguir se considerará la distribución del servicio eléctrico con respecto al voltaje que lleva a cada una de sus líneas de distribución eléctrica, hasta los puntos de distribución domestica.

La estructura de red eléctrica está definida por valores de voltaje, con los que trabajan los transformadores que usa la EERSA, a continuación se describirán 3 segmentos definidos en la estructura de red eléctrica.

1. Red de medio voltaje

La arquitectura de la red eléctrica de medio voltaje trabaja con voltajes de 10Kv-30Kv y se encarga de distribuir la energía varios sectores de extensión mas pequeña (manzanas, cuadras), desde este punto puede funcionar la red de datos, que consta de los siguientes elementos:

- 894 viviendas *Ver Anexo 4*. que deben poseer en su interior por lo menos un equipo con las características suficientes de hardware y software para poder tener accesibilidad a los servicios que se pretende brindar, como lo es internet.
- 19 Transformadores *Ver Anexo 4*. Capaces de brindar el suministro eléctrico a todos los habitantes de la zona de estudio, estos son importantes aunque los datos no puedan pasar a través de los transformadores, porque inducen electromagnetismo entre dos bobinas y aquí es donde se pierde los datos y de nada serviría para una red de datos con PLC.

2. Red de bajo voltaje

Cubre áreas mas pequeñas, el voltaje que se maneja aquí es mucho menor, va desde 220V – 110V, en este punto se distribuye la energía a las 894 viviendas, con los voltajes que van desde el medidor hasta cada una de las viviendas que están dentro de la zona de estudio.

3. Red de distribución doméstica

Comprende el cableado eléctrico y los toma corrientes dentro de cada una de las viviendas donde llega la energía de 110V – 60Hz, el diseño del cableado es similar en todas las viviendas con alambre de cobre #10 (estándar de alambre para el uso dentro de los hogares en Ecuador) con su conexión a tierra.

4.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES

Los equipos a adquirir, deben tener en cuenta los requisitos de estas especificaciones, y la(s) norma(s) técnica(s) internacional(es) que cumple estas especificaciones.

4.6.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN

- ***Facilidad y Confiabilidad.***

La estructura hardware debe permitir facilidad en la instalación, expansión y cambio de equipos. El software entregado con los equipos debe ser la última versión liberada en el mercado. Teniendo en cuenta que los equipos solicitados serán utilizados en aplicaciones públicas se debe garantizar alta confiabilidad y disponibilidad de los mismos.

- ***Operación ininterrumpida.***

Las condiciones de disponibilidad, calidad y estabilidad de los equipos ofrecidos, su diseño y construcción deben garantizar la operación de manera

4.7 REQUISITOS GENERALES DE LOS EQUIPOS

- ***Vida útil de los equipos.*** Se debería exigir que el tiempo de vida útil de los equipos, en las condiciones de instalación y operación previstas sea de 2 (dos) años como mínimo.
- ***Actualizaciones Tecnológicas.*** Los equipos a suministrar deben ser la última versión de la tecnología utilizada.

Los equipos a adquirir deben soportar aprovisionamiento de inicio “plug and play”, de modo que la actividad de instalación o reemplazo de una tarjeta o módulo no requiera presencia de personal calificado.

Los equipos que se quisieran instalar en los nodos de la EERSA deben estar alimentados dentro del rango de los siguientes niveles de tensión:

- Voltaje de Media Tensión: 13.8 VAC (60 Hz).
- Voltaje de Baja Tensión: 110 VAC (60 Hz.)

4.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

Los equipos a suministrar deben cumplir con las especificaciones técnicas que se describen a continuación.

4.8.1 REGENERADORES

Características generales

Es la interfaz entre la red de datos y la red eléctrica, permite conectar el sistema PLC con la red externa (WAN, Internet, PSTN) por medio de fibra óptica.

Debe coordinar la frecuencia y actividad del resto de equipos que conforman la red PLC, de forma que se mantenga constante en todo momento el flujo de datos a través de la red eléctrica.

Permitir configurar las frecuencias en las que va a operara además.

Transferir los datos entre las líneas de medio voltaje y bajo voltaje.

Soportar más de 40 usuarios conectados simultáneamente.

Regenerar la señal degradada por la atenuación provocada por los cables eléctricos, asegurando la calidad en el enlace.

Especificaciones Técnicas

A continuación se detallan algunas de las especificaciones técnicas que deben tener lo equipos regeneradores.

Tabla IV.XIII: Especificaciones técnicas de los Regeneradores

DESCRIPCIÓN	SOLICITADO
Señal de RF	Modulación OFDM con 1536 canales
	Frecuencias de 2 MHz - 34MHz
	Rango de potencia de salida -50dBm/Hz
	Densidad de potencia transmitida 1dB step
Alcance	2.000 metros
Protocolos	QoS& CoS
	SNMP
	Management MIB
Seguridad	Encriptación DES/3DES
	EN 60950-1:2001
	IEC 60950-1:2001
Estándares	IEEE802.1Q, VLAN
	IEEE802.1P, Priority
	ISO
	ANSI
	ETSI
	ITU-T
Capacidades	HomePlug AV
	Puertos lógicos: 64
	Tabla de direcciones MAC
	Filtrado de direcciones MAC
Interfaces	Debe Soportar STP, 256 VLAN TAGs y 4096 oVLAN TAGs.
	10/100BaseT Fast Ethernet
	10/100BaseT Fast Ethernet óptico
Eléctricos	Powerline
	Consumo de Potencia: Max 35W
	Alimentación: 90 ~ 265 VAC ± 10% a 60Hz

4.8.2 EQUIPO LADO CLIENTE (CPE)

Características generales:

Los equipos ofrecidos deberán incluir cable Ethernet, cable conexión PLC, cable de poder (fuente), manual de Operación. Los equipos a instalar en la premisa del cliente deben soportar las siguientes aplicaciones:

Telefonía VoIP, Internet de Banda Ancha

El oferente deberá presentar capacidad de respuesta a inquietudes planteadas por la operación de los equipos inferior a 72 horas hábiles.

Para el caso de presentarse falla en alguno de los equipos seleccionados en la oferta y de requerirse cambio por garantía de producto, el oferente adquiere el compromiso de cambio en un tiempo no superior a treinta 30 días calendario, ubicando el equipo en las Oficinas de la EERSA.

Deberá permitir la interconexión de redes LAN a LAN e Internet simultáneamente y soportar varias VLAN simultáneas que permitan la prestación de otros servicios.

El equipo deberá poseer alarmas luminosas, sonoras o mensajes a través de los periféricos. Las alarmas deberán poder generarse y transmitirse al Sistema de Gestión sin afectar las comunicaciones del usuario.

Los equipos deberán ser alimentados con 110 VAC +/- 10% 60Hz.

Mínimo consumo de potencia.

Especificaciones Técnicas

Los equipos ofertados deben tener las siguientes características:

Tabla IV.XIV: Especificaciones técnicas del CPE

DESCRIPCIÓN	SOLICITADO
Señal de RF	Rango de Frecuencia: 2Mhz – 34Mhz
	Tipo de modulación: OFDM
	Carga binaria: Hasta 10 bits por símbolo OFDM (adaptativo)
	Ancho de banda: 200Mbps
	Densidad espectral: -56dBm/Hz
	Rango Dinámico: 90dB
	Método de Acceso: CSMA/CA
	Modos físicos: 10MHz, 20MHz y 30MHz
Alcance	Distancia mínima 100 metros
Protocolos	TCP/IP v4 (Opcional v6)
	Soporte de Multicast IP (IGMP)
	RADIUS (RFC 2865)
	Cancellation, G.711, G.729 (Opcional SIP)
Protocolos	H.323, H.245, H.225, Echo
	IEEE 802.1Q QoS (Quality of Service)
	RSTP/STP (Rapid/Spanning Tree Protocol)
	HTTP 1.1 (Hyper-Text Transfer Protocol)
	TFTP/FTP (Trivial/File Transfer Protocol)
	DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)
	SNMP v2 (Simple Network Management Protocol)
Seguridad	Administración y Gestión, Autenticación
	Encriptación DES/3DES de 168 bits
	Filtrado de direcciones MAC
	SNMP v2 (Simple Network Management Protocol)
Estándares	IEEE 802.1Q VLANs
	IEEE 802.1u
	IEEE 802.1p
	Plug-and-Play
	HomePlug AV
	FCC Part 15
Capacidades	Puertos lógicos: mínimo 32
	Tabla de direcciones MAC
	Filtrado de direcciones MAC
	VLANs: Hasta 16 IEEE802.1Q VLANs
Interfaces	Puerto Ethernet 10/100BaseT o más
	Puerto USB
	Puerto RJ11 para teléfono Análogo

Eléctricos	Alimentación: 110 VAC \pm 10% a 60Hz
	Consumo de Potencia: Máx 13 Wattios

4.8.3 RELACION COSTOS BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACION DEL PROYECTO

Una vez definido el alcance, los requerimientos y las especificaciones técnicas del proyecto es necesario elaborar un presupuesto inicial, que permita estimar los costos totales del proyecto, incluyendo costos de equipamiento, instalación, capacitación, operación y mantenimiento de la red PLC.

Adicionalmente, con el objeto de analizar la conveniencia y factibilidad de ejecución del proyecto se incluyen en este numeral la evaluación económica de la inversión.

Los índices de evaluación económica para el escenario de velocidad distribuida muestran que el modelo de negocio es rentable para la empresa, lo cual resulta alentador, ya que se trata de un escenario real de conseguirse con la implementación del proyecto.

CONCLUSIONES

- La tecnología que emplea las redes de distribución eléctrica, como medio de transmisión para proveer servicios de comunicación no es un desarrollo nuevo, es una alternativa que por algunos años ha venido analizándose y fortaleciéndose por medio de pruebas de campo, hasta convertirse en un servicio potencialmente comercial en varias regiones del mundo. Su crecimiento ha sido moderado y diferenciado de acuerdo a la zona de influencia tecnológica, debido principalmente a las diversas topologías y características de la red eléctrica.
- La tecnología PLC es una importante alternativa para el acceso a servicios de comunicación. Adicionalmente a sus varias ventajas, permite compatibilidad con otras tecnologías ya desplegadas, ya que es complementaria y no sustitutiva.
- El comportamiento natural del cableado eléctrico es un aspecto que afecta el desarrollo de redes de acceso basadas en PLC, estos canales son fuentes principales de distorsión, ya que fueron diseñados para el transporte de señales eléctricas y no para el transporte de señales de telecomunicaciones, por lo tanto se requiere mecanismos de control de acceso al medio y técnicas de modulación que garanticen que las señales transmitidas puedan llegar a su destino de forma confiable.
- Las pruebas de PLC en otros países han demostrado la viabilidad de la tecnología y la no afectación de los servicios de electricidad
- Es importante reconocer el hecho de que las redes eléctricas no fueron diseñadas como medio de transmisión para sistemas de comunicaciones, lo cual las

convierte en un elemento vulnerable. Sin embargo, para enfrentar este inconveniente se deberán escoger equipos de reconocida solvencia y múltiples pruebas comerciales, los que a través de la aplicación de técnicas de encriptación y detección de errores, manejo variable de niveles de potencia y modulación OFDM han garantizado el óptimo funcionamiento de su sistema de comunicación de banda ancha operando sobre un medio de transmisión variable, como el cable eléctrico.

- De acuerdo a lo analizado en capítulos anteriores podemos decir que existe factibilidad técnica para una futura implementación de la tecnología PLC en la zona de estudio, utilizando la red de media y baja tensión y los equipos necesarios disponibles en el mercado, aunque PLC no es una solución para reemplazar en su totalidad infraestructuras tecnológicas existentes, se lo debería considerar como un elemento complementario, en la que se combinan tramos de tecnologías tradicionales con nuevas tecnologías, con el fin de llegar a más lugares, o a su vez con la finalidad de mejorar el servicio y crear una competencia en el sector para que se abaraten los costos de los servicios de comunicaciones

- En un futuro cercano, la tecnología PLC ofrecerá grandes anchos de banda, como ya se muestra en su tercera generación, también se verá reducciones en el tamaño y precios de sus equipos, todo esto acompañado de la integración de tarjetas PLC dentro de los computadores, aprovechando así el cable de la fuente de alimentación para la conexión a la red de datos. También es previsible la integración de tecnologías PLC e inalámbricas en redes mixtas, con dispositivos híbridos PLC-WIFI. Finalmente una vez que la tecnología PLC se establezca y consolide, los temas a optimizar serán: mejorar la cobertura en interiores con mayor calidad, establecer niveles de confiabilidad y

seguridad, así como establecer un marco normativo y regulatorio que permita el continuo desarrollo de esta tecnología.

- Con el uso del PLC es posible automatizar las redes eléctricas de distribución en MT y BT para controlar consumos, detectar fraudes o realizar cortes por falta de pago desde la subestación de distribución.
- Si se quiere tener una infraestructura de banda ancha que llegue a todos los rincones de nuestra geografía, la tecnología PLC es una alternativa de red de acceso, con la finalidad de que todas las ciudadanas y ciudadanos tengan la misma oportunidades y medios, para nuestro desarrollo, cultural, social y económico.
- Es necesaria una regulación tecnológica que posibilite la creación de estándares, que permitan alcanzar un nivel de competitividad a las empresas que deseen ingresar a dar servicios de comunicaciones utilizando PLC.
- La solución de Power Line Communications, es una alternativa tentativa para nuestro país, no solo se trata de ventajas económicas y técnicas, sino de una solución para llegar a donde el acceso difícil es un impedimento para garantizar las comunicaciones.
- Ecuador tiene en general un notable déficit en redes de acceso para los usuarios y las pocas que hay están monopolizadas. Un alto porcentaje del territorio nacional cuenta con una extensa infraestructura eléctrica por lo que se convierte en la red de mayor acceso en el país. La tecnología PLC traería grandes beneficios para el desarrollo tanto de la provincia considerada en el diseño como en otros sectores donde no se han difundido los servicios de datos.

RECOMENDACIONES

Se deben cumplir varios requisitos para considerar en óptimas condiciones la red eléctrica de la EERSA, y poder utilizarla como red de comunicaciones, utilizando la tecnología PLC. Entre las recomendaciones más sobresalientes para el diseño y posible implementación se tienen:

- Se recomienda tomar en cuenta el estado de las líneas eléctricas tanto en la red de acceso como domiciliaria (corrosión, malos empalmes o extremado número de derivaciones) ya que esto genera reflexiones, y atenuaciones que disminuyen significativamente la calidad de la señal de datos transmitida.
- Comprobar que la instalación eléctrica de la casa del cliente se encuentre en buen estado para distribuir el servicio de Internet. Antes de instalar una conexión de Internet a través de PLC se deberá probar la polarización de los tomacorrientes, contar con cables aislados sin cortes ó rupturas.
- El tramo que se dirige desde las Cámaras de Transformación hasta el Contador de energía de cada usuario, debe cumplir con las normas eléctricas vigente en el país, tomando en cuenta las consideraciones de organismos internos y externos de comunicaciones que consideren idóneo su uso como medio de comunicación.
- Se recomienda verificar que la conexión a tierra del domicilio del usuario se debe medir esta cantidad antes de instalar una red PLC, ya que de no cumplirse traería consecuencias como sacar de operación al usuario conectado.

- Existe menos ruido al medir la señal entre las Fases, debido a la falta de neutro como referencia, por lo tanto se debe conectar ó inyectar la señal de datos entre las dos fases para transmitir la señal con mayor calidad en distancias de acceso, para distancias domiciliarias se recomienda inyectar la señal de datos PLC entre fase y neutro.
- Según datos teóricos se presenta que a frecuencias mayores de los 20MHz se muestra menos interferencias y portadoras de ruido por lo que se recomienda, utilizar para el espectro PLC frecuencias superiores a los 20MHz para garantizar mejor transmisión de datos.
- Considerar la cantidad de acometidas antes de implementar la Red PLC, debido a que una sobrecarga de estas puede causar por consecuencia exceso de carga en el transformador, la señal de datos se atenuará y existirán pérdidas en la línea. Por lo tanto se debe verificar la capacidad del transformador y no sobrepasar este valor ya que si existieran muchas acometidas la señal perdería intensidad.
- PLC es una alternativa de comunicación de gran ancho de banda y conforme esta tecnología avance en su estandarización así será su desarrollo y éxito a nivel mundial. Se recomienda en el caso de Ecuador que exista una regulación antes de implementar el servicio a través de PLC, para regular el uso de las frecuencias de modo que no interfieran con radioaficionados y servicios que utilizan radiofrecuencias.
- Se recomienda que la EERSA. como empresa interesada en la implementación de esta tecnología incentive al Estado Ecuatoriano en explotar esta tecnología con el fin de generar el desarrollo tecnológico de la provincia.

- Se recomienda valorar el impacto producido por la posible implantación en la ciudad de Robamba. Realizando estudios que permitan confirmar la tecnología como una alternativa válida y/o compatible con otras soluciones. Además de la evaluación de los costes asociados al despliegue y operación de la tecnología PLC.
- Se debe anotar que la necesidad de implementar e invertir en una red PLC, depende de manera directa de la forma en que la empresa eléctrica quiera ingresar en el mercado de las comunicaciones. Ello significa que es posible abaratar los costos, por medio de modelos de negocio que involucren la creación de sociedades compartidas.
- Se recomienda fomentar el desarrollo de las tecnologías de comunicaciones en áreas menos favorecidas, social y económicamente por parte de la EERSA con una red PLC.

RESUMEN

Se realizó el estudio de factibilidad técnica y económica para brindar servicios de internet a través de la línea eléctrica de medio y bajo voltaje, utilizando tecnología PLC para la ciudad de Riobamba, Subestación N°1, Alimentador 0201.

Para el estudio técnico se analizó la infraestructura de la red eléctrica correspondiente al sector del barrio "La Merced", elegido por su ubicación zona centro de la ciudad, además se describe las principales características de la tecnología PLC, ámbitos de servicio y las topologías de red usadas para su implementación. Adicionalmente, se analiza cuál ha sido la evolución y crecimiento desde su aparición y cuáles son las perspectivas a futuro, además se describen las principales tecnologías de banda ancha tanto fijas como inalámbricas en base de lo cual se realiza una comparación de las características limitantes y potenciales entre estas y la tecnología que emplea las líneas de energía.

Se detalla la situación regulatoria actual, en la que se daría la posible introducción comercial de los servicios PLC en nuestro país.

Con el objeto de analizar la factibilidad económica de ejecución del proyecto, se estiman los costos y los ingresos que generaría la implementación del proyecto, que permite conocer cuál sería la rentabilidad del proyecto de ser implementado.

Este estudio será un sustento tecnológico y económico para la Empresa Eléctrica Riobamba S.A., ya que con la tecnología PLC podrá ingresar al campo de las telecomunicaciones para brindar nuevos servicios a la ciudadanía, en especial a zonas en las cuales no tienen acceso a líneas telefónicas.

SUMMARY

A technical and economical feasibility study was developed to give internet services through the electrical line of medium and high voltage, using PLC technology for Riobamba, sub station Ner. 1, Feeder 0201.

For the technical study the infrastructure was analyzed of the electrical net corresponding to the neighborhood "La Merced", which was chosen by its location at the center of the city, in addition, the main characteristics of the PLC technology were described, areas of service, topology of the used net for its implementation. Moreover, the evolution was analyzed and its growth, since its beginning and which are the future perspectives, furthermore, the main technologies of wide band are described both fixed and wireless, taking into account this, a comparison of the characteristics and potentials among these and the technology used by the electrical Unes.

The up to date regulatory situation is detailed, in which it is possible to give the commercial introduction of the PLC services in our country.

With the objective of analyzing the economical feasibility of execution of the project, the costs were estimated, the incomes which generates the implementation of the project that permits to know which can be the profitability of project to be implemented.

This study will be a technological and economical support for the Electrical Company Riobamba S.A. because with the PLC technology it is possible to enter to the field of telecommunications to give new services to the citizens, in especial to the zones where they don't have access to the telephone service.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACCESO A LA BANDA ANCHA

http://www.fcc.gov/cgb/consumerfacts/spanish/sp_highspeedinternet.htm

(Junio 2010)

2. ARQUITECTURA DE DISPOSITIVOS DE COMUNICACIONES DE RED

ELÉCTRICA <http://es.kioskea.net/contents/cpl/cpl-architecture.php3>

(Julio 2010)

- 3. BARRETO MUÑOZ ALEXIS DIMITRI.** Estudio y análisis de las distintas tecnologías de acceso que un proveedor de servicios de internet puede implementar en Ecuador. Ecuador, bieee, 2000. 218, 233, 257, 306p.

4. CONCEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (CONELEC)

<http://www.conelec.gov.ec/downloads/MapaSisNac.pdf>

(Junio 2010)

- 5. CORINEX Any Wire Connectivity.** Especificaciones Técnicas de los Equipos

<http://www.corinex.com/product/1673.html>

(Septiembre 2010)

6. DANIEL MÉNDEZ PÉREZ.: Tecnología PLC

<http://isa.uniovi.es/~sirgo/doctorado/powerline.pdf>

(Julio 2010)

- 7. ENRÍQUEZ HARPER.** Líneas de Transmisión y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica. México, Limusa-Wiley, 01/02/2007. 100-240p

- 8. GLENN ELMER HERNÁNDEZ CAMELO.** Funciones de monitoreo y control de signos vitales a través del envío de datos, a distancia, usando la red eléctrica. Revista Salud (Colombia). Vol. (3) 1-18p, Septiembre 2007.

9. **HUIDROBO JOSÉ M Y DAVIS ROLDÁN.** Serie telecomunicaciones redes y Servicios de banda ancha, tecnología y aplicaciones. 2. ed., Mexico, McGraw-Hill, 2006. 133-134, 255-259p.
10. **INSITE** Tecnología y Versatilidad, Tecnología PLC
<http://www.insyte.es/indexdes.php>
(Septiembre 2010)
11. **INTEL CORPORATION.** Orthogonal Frequency Division Multiplexing
www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/index.htm.
(Julio 2010)
12. **JOHANA ANDREA PAZ LARGO.** Estudio de factibilidad para la implementación de BPL sobre las redes eléctricas de EMCALI EICE ESP como tecnología de acceso a la red multiservicios. Santiago de Cali, Universidad Autónoma de Occidente, 2008.
13. **JOHN J. GRAINGER, WILLIAM D. STEVENSON.** Análisis de sistemas de Potencia. México, McGraw-Hill, 1996. 181-204 p.
14. **MÉNDEZ, DANIEL.** Tecnología Powerline
<http://isa.uniovi.es/~sirgo/doctorado/powerline.pdf>
(Agosto 2010)
15. **NATIONAL INSTRUMENTS.** OFDM and Multi-Channel Communication Systems. <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/3740>
(Agosto 2010)
16. **PAEZ ELIZABETH.** Estudio de factibilidad para la aplicación de la tecnología BPL usando la infraestructura de la red de distribución de las subestaciones san Rafael y Sangolqui de la Empresa Eléctrica Quito. Escuela Politécnica Nacional, Mayo 2006.

17. **PLC UTILITIES ALLIANCE.** White paper on power line communications (plc)

http://www.puapl.com/files/upload/041021_Whitepaper_PLC_2004.pdf

(Julio 2010)

18. **POWER LINE NETWORK PRIMER**

<http://www.lonestarbroadband.org>.

(Agosto 2010)

19. **POWERLINE NETWORKING**

<http://plc.qcslink.com>.

(Agosto 2010)

20. **SCHNEIDER The global specialist in energy management.** Products and

Services. <http://www.schneider-electric.com/sites/corporate/en/products-services/products-services.page>

(Septiembre 2010)

21. **TRANSELECTRIC.** Centrales de generación, S/E y líneas de subtransmisión de

la EERSA. <http://www.transelectric.com.ec>

(Septiembre 2010)

22. **WILLIAM H. HAYT JR.** Engineering Electromagnetics. 6. ed., Atlanta,

McGraw-Hill, 2000. 435-456 p.

ANEXOS

Anexo 1.

Alimentadores por subestación de la EERSA.¹⁶

SUBESTACION	Números	ALIMENTADOR
<i>S/E # 1</i>	0101	URBANO
	0201	URBANO
	0301	URBANO
	0401	URBANO
	0501	URBANO
	0601	CACHA(Urbano - Rural)
<i>S/E # 2</i>	0102	URBANO
	0202	URBANO
	0302	URBANO
	0402	GUANO(Urbano-Rural)
	0702	CERAMICA(Urbano)
<i>S/E3</i>	0103	SAN LUIS (Urbano-Rural)
	0203	PENIPE(Urbano_Rural)
	0303	TUBASEC(urbano)
	0503	URBANO
<i>S/E4</i>	0104	SAN JUAN(Urbano-Rural)
	0204	SAN ANDRES(Urbano-Rural)
	0304	LOS ALAMOS
<i>S/E7 (CAJABAMBA)</i>	0107	CAJABAMBA(Rural)
	0207	COLTA(Rural)
<i>S/E8 (GUAMOTE)</i>	0108	PALMIRA(Rural)
	0208	GUAMOTE(Rural)
	0308	COLUMBE(Rural)
<i>S/E9 (ALASI)</i>	0109	Multitud(Rural)
	0209	GUASUNTOS(Rural)
	0309	TIXAN(Rural)
	0409	ALASI(Rural)
<i>S/E10 (CHUNCHI)</i>	0110	CHUNCHI(Rural)
	0210	HUIGRA(Rural)
<i>S/E13 (ALAO)</i>	0113	LICTO(Rural)
	0213	PUNGALA(Rural)
<i>S/E14 (MULTITUD)</i>	0114	PALLATANGA(Rural)
	0214	CUMANDA (Rural)

¹⁶ Fuente: Departamento de Planificación EERSA Noviembre 2010

Anexo 2.

Descripción de los Transformadores existentes en la zona de estudio barrio “La Merced”¹⁷

#	CODIGO	DIRECCION	POTENCIA [KVA]	USUARIOS	FASES	ALIMENTADOR	TIPO	IIMP
1	NP878		TR15F1	28/06/2004 PLANIF	2	201	PROPIETARIO	0
2	ECU5105	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR37.5F1	1 USUARIO	4	201	PARTICULAR	2,49
3	ECU2438	Riobamaba-Colón y Guayaquil	TR37.5F1		1	201	PARTICULAR	0
4	ECU2474	RIOBAMBA-VELOZ	TR50F3	1 USUARIO	7	201	PARTICULAR	4,18
5	ECU2334		TR25F1		2	201	PROPIETARIO	3,29
6	NP852A		TR15F1		4	201	PROPIETARIO	0
7	ECU7723	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR15F1	24/06/2004 PLANIF	2	201	PARTICULAR	0
8	ECU2430	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR75F3		7	201	PARTICULAR	4,18
9	ECU2429	Guayaquil y Colón	TR75F3		7	201	EERSA	0
10	ECU2415	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR25F1	1 USUARIO	2	201	PARTICULAR	3,29
11	CT5971	10 DE AGOSTO Y LARREA			7	201	COMERCIAL TIA	4,18
12	ECU2479	RIOBAMBA-VELOZ	TR25F1	1 USUARIO	2	201	PARTICULAR	3,29
13	CT5923	PARQUE SUCRE			7	201	P. EMPRESA ELECTRICA	3,94
14	ECU2399		TR100F3		7	201	PROPIETARIO	4,18
15	ECU2439	RIOBAMBA-Colón y 10 de Agosto	TR75F3	1 USUARIO	7	201	EERSA	1,88
16	ECU9551	5 DE JUNIO Y 10 DE AGOSTO	TR30F3	Ing. Santiago Gallegos	7	201	EERSA	0
17	ECU8464	5 de Junio y Primera Constituyente	TR15F1	PLANIF	2	201	P BNF	0
18	CT5974	GARCIA MORENO			7	201	ED. COSTALES	4,18

¹⁷ Fuente: Departamento de Planificación EERSA Noviembre 2010, base de datos consulta SQL Software SPARD

19	ECU2497	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR15F1		1	201	PARTICULAR	2,98
20	NP852		TR15F1		4	201	PROPIETARIO	0
21	ECU5772	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR50F1	1 USUARIO	1	201	PARTICULAR	0
22	CT5972	COLON Y 10 DE AGOSTO			7	201	RIOBAMBA	3,94
23	ECU2434		TR15F1		4	201	PROPIETARIO	2,98
24	11116	García Moreno y 10 de Agosto	TR30F3	Ing. Jorge López Olivares	7	201	P.	0
25	ECU2330	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR15F1	1 USUARIO	1	201	PARTICULAR	2,98
26	ECU8682	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR25F1	29/06/2004 PLANIF	1	201	P DR. FRANCISCO VALL	0
27	ECU2431	RIOBAMBA/LIZARZABURU	TR112.5F3	31/03/2004 DIC	7	201	EERSA	0
28	CT10358	Colón entre 10 de Agosto y Guayaquil	TR75F3	LYREC	7	201	P Almacenes Tía	0
29	ECU2428	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR10F1	LYREC	1	201	PARTICULAR	0
30	ECU2426	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR100F3	1USUARIO	7	201	EERSA	4,18
31	ECU9880	Olmedo entre 5 de Junio y Tarqui	TR50F1	PLANIF	2	201	E EERSA	0
32	ECU5439	1era Constituyente y Colón	TR50F1		1	201	PREVISORA	0
33	ECU2346	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR37.5F1	51 USUARIOS	1	201	EERSA	2,49
34	ECU9933	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR37.5F1		1	201	PARTICULAR	0
35	ECU2433	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR50F1	50 USUARIOS	1	201	EERSA	2,49
36	ECU2475	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR37.5F1		1	201	PARTICULAR	2,49
37	ECU9585	5 DE JUNIO Y GUAYAQUIL	TR50F3	ORGATEC	7	201	P	0
38	ECU2435		TR15F1		4	201	PROPIETARIO	2,98
39	NS2191199	LARREA Y GUAYAQUIL	TR15F1	23/10/2003	4	201	PARTICULAR	0
40	CT5903	COLON Y 1 CONSTITUYENTE			7	201	FILANBANCO	4,18
41	ECU9881	5 de Junio y Primera Constituyente	TR75F3		7	201	EERSA	0

42	ECU2436		TR25F1		4	201	PROPIETARIO	3,29
43	ECU9971	García Moreno (10 de Agosto y 1era Constituyente)	TR25F1	PLANIF 23/08/2010	2	201	PARTICULAR	0
44	CT5970	GARCIA MORENO			7	201	ED. CHIMBORAZO	3,94
45	ECU2476	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR75F3	75 USUARIOS	7	201	EERSA	4,18
46	ECU5175	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR15F1	1 USUARIO	4	201	PARTICULAR	2,98
47	ECU2449	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR37.5F1	63 USUARIOS	1	201	EERSA	2,49
48	CT5973	GARCIA MORENO			7	201	COOP. SAGRARIO	3,94
49	ECU2333	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR100F3		7	201	EERSA	4,18
50	ECU2432	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR15F1	1 USUARIO	4	201	PARTICULAR	2,98
51	TRF412365	García Moreno (10 de Agosto y 1era Constituyente)	TR100F3	PLANIF 23/08/2010	7	201	P. (EERSA)	0
52	ECU11039	Guayaquil y Colón	TR25F1		2	201	P COMANDATO	0
53	NP844	ESPAÑA Y 1ERA CONSTITUYENTE	TR75F3		7	201	EERSA	0
54	ECU9570	RIOBAMBA - LIZARZABURU - LA MERCED	TR30F3	LYREC	7	201	PARTICULAR	0
55	ECU2473	RIOBAMBA- VELOZ	TR37.5F1	1 USUARIO	1	201	PARTICULAR	2,49
56	NP100162	5 de Junio y Guayaquil	TR50F3	PLANIF	7	201	E EERSA	0

Anexo 3.

Descripción de usuarios por transformadores existentes en la zona de estudio barrio “La Merced”

TRANSFORMADOR	DIRECCION	POTENCIA [KVA]	CANTIDAD USUARIOS	OWNER	TIPO RED
ECU2399		TR100F3		PROPIETARIO	
ECU2426	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR100F3	1USUARIO	EERSA	A
ECU2333	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR100F3		EERSA	A
TRF412365	García Moreno (10 de Agosto y 1era Constituyente)	TR100F3	PLANIF 23/08/2010	P. (EERSA)	S
ECU2428	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR10F1	LYREC	PARTICULAR	A
ECU2431	RIOBAMBA/LIZARZABURU	TR112.5F3	31/03/2004 DIC	EERSA	A
NP878		TR15F1	28/06/2004 PLANIF	PROPIETARIO	
NP852A		TR15F1		PROPIETARIO	A
ECU7723	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR15F1	24/06/2004 PLANIF	PARTICULAR	A
ECU8464	5 de Junio y Primera Constituyente	TR15F1	PLANIF	BNF	A
ECU2497	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR15F1		PARTICULAR	A
NP852		TR15F1		PROPIETARIO	
ECU2434		TR15F1		PROPIETARIO	A
ECU2330	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR15F1	1 USUARIO	PARTICULAR	A
ECU2435		TR15F1		PROPIETARIO	A
NS2191199	LARREA Y GUAYAQUIL	TR15F1	23/10/2003	PARTICULAR	
ECU5175	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR15F1	1 USUARIO	PARTICULAR	A
ECU2432	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR15F1	1 USUARIO	PARTICULAR	A
ECU2334		TR25F1		PROPIETARIO	
ECU2415	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR25F1	1 USUARIO	PARTICULAR	A
ECU2479	RIOBAMBA-VELOZ	TR25F1	1 USUARIO	PARTICULAR	A
ECU8682	RIOBAMBA-LIZARZABURU	TR25F1	29/06/2004 PLANIF	DR. FRANCISCO VALL	A
ECU2436		TR25F1		PROPIETARIO	A
ECU9971	García Moreno (10 de Agosto y 1era Constituyente)	TR25F1	PLANIF 23/08/2010	PARTICULAR	A
ECU11039	Guayaquil y Colón	TR25F1		PROPIETARIO COMANDATO	A
ECU9551	5 DE JUNIO Y 10 DE AGOSTO	TR30F3	Ing. Santiago Gallegos	EERSA	A
11116	García Moreno y 10 de Agosto	TR30F3	Ing. Jorge López Olivares	PROPIETARIO	A

ECU9570	RIOBAMBA - LIZARZABURU - LA MERCED	TR30F3	LYREC	PARTICULAR	A
ECU5105	RIOBAMBA- LIZARZABURU	TR37.5F1	1 USUARIO	PARTICULAR	A
ECU2438	Riobamaba-Colón y Guayaquil	TR37.5F1		PARTICULAR	A
ECU2346	RIOBAMBA- LIZARZABURU	TR37.5F1	51 USUARIOS	EERSA	A
ECU9933	RIOBAMBA- LIZARZABURU	TR37.5F1		PARTICULAR	A
ECU2475	RIOBAMBA- LIZARZABURU	TR37.5F1		PARTICULAR	A
ECU2449	RIOBAMBA- LIZARZABURU	TR37.5F1	63 USUARIOS	EERSA	A
ECU2473	RIOBAMBA- VELOZ	TR37.5F1	1 USUARIO	PARTICULAR	A
ECU5772	RIOBAMBA- LIZARZABURU	TR50F1	1 USUARIO	PARTICULAR	A
ECU9880	Olmedo entre 5 de Junio y Tarqui	TR50F1	PLANIF	E EERSA	A
ECU5439	1era Constituyente y Colón	TR50F1		PREVISORA	A
ECU2433	RIOBAMBA- LIZARZABURU	TR50F1	50 USUARIOS	EERSA	A
ECU2474	RIOBAMBA-VELOZ	TR50F3	1 USUARIO	PARTICULAR	A
ECU9585	5 DE JUNIO Y GUAYAQUIL	TR50F3	ORGATEC	P	S
NP100162	5 de Junio y Guayaquil	TR50F3	PLANIF	E EERSA	A
ECU2430	RIOBAMBA- LIZARZABURU	TR75F3		PARTICULAR	A
ECU2429	Guayaquil y Colón	TR75F3		EERSA	A
ECU2439	RIOBAMBA-Colón y 10 de Agosto	TR75F3	1 USUARIO	EERSA	A
CT10358	Colón entre 10 de Agosto y Guayaquil	TR75F3	LYREC	P Almacenes Tía	S
ECU9881	5 de Junio y Primera Constituyente	TR75F3		EERSA	A
ECU2476	RIOBAMBA- LIZARZABURU	TR75F3	75 USUARIOS	EERSA	A
NP844	ESPAÑA Y 1ERA CONSTITUYENTE	TR75F3		EERSA	A
CT5971	10 DE AGOSTO Y LARREA			COMERCIAL TIA	A
CT5923	PARQUE SUCRE			P. EMPRESA ELECTRICA	S
CT5974	GARCIA MORENO			ED. COSTALES	A
CT5972	COLON Y 10 DE AGOSTO			COOP. RIOBAMBA	
CT5903	COLON Y 1 CONSTITUYENTE			FILANBANCO	S
CT5970	GARCIA MORENO			ED. CHIMBORAZO	
CT5973	GARCIA MORENO			COOP. SAGRARIO	

Anexo 4.

Numero de usuarios en cada transformador del alimentador 0201¹⁸

TRANSFORMADOR 200A / 220V	NUMERO USUARIOS	kwh
ECU2329	58	9779
ECU2333	48	10462
ECU2346	128	20820
ECU2394	1	0
ECU2402	3	550
ECU2426	36	21500
ECU2429	29	3182
ECU2431	26	4795
ECU2433	113	18896
ECU2439	76	15046
ECU2449	67	9316
ECU2467	4	1233
ECU2476	60	10249
ECU2496	19	1959
ECU2496	1	286
ECU9881	10	1320
NP100162	34	14305
NP844	24	5357
SN	157	36652
TOTALES EN EL ALIMENTADOR 0201		
TRANSFORMADORES	56	
USUARIOS	894	
CONSUMO [kvh]	185707	

¹⁸ Fuente: Sistema SPARD, EERSA Departamento de Planificación

Anexo 5.

Análisis FODA de la tecnología PLC

Antes de plantear el estudio se tomo en cuenta y se realizo un análisis FODA sobre la tecnología PLC, por lo que se muestra en la siguiente tabla para tenerlo en consideración y usarlo en un futuro.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none">• Se economiza bastante en implementación ya que la red de datos esta prácticamente hecha.• También se economiza en mano de obra• Mas segura que la tecnología inalámbrica	<ul style="list-style-type: none">• Al comienzo puede ser una tecnología costosa para el usuario.• No ser inalámbrica• Muchas personas y tienen banda ancha• Malas instalaciones eléctricas domiciliarias• Que las empresas de última milla ya tienen sus infraestructuras en red de datos hechas.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none">• Que esta tecnología ya es usada en algunos países europeos.• Dar un paso importante para ser un país desarrollado.	<ul style="list-style-type: none">• Que solo una empresa tenga el monopolio.• Que aparezca una tecnología mejor.• Que no se masifique.

Anexo 6.

Presupuesto estimado para una red con tecnología PLC¹⁹

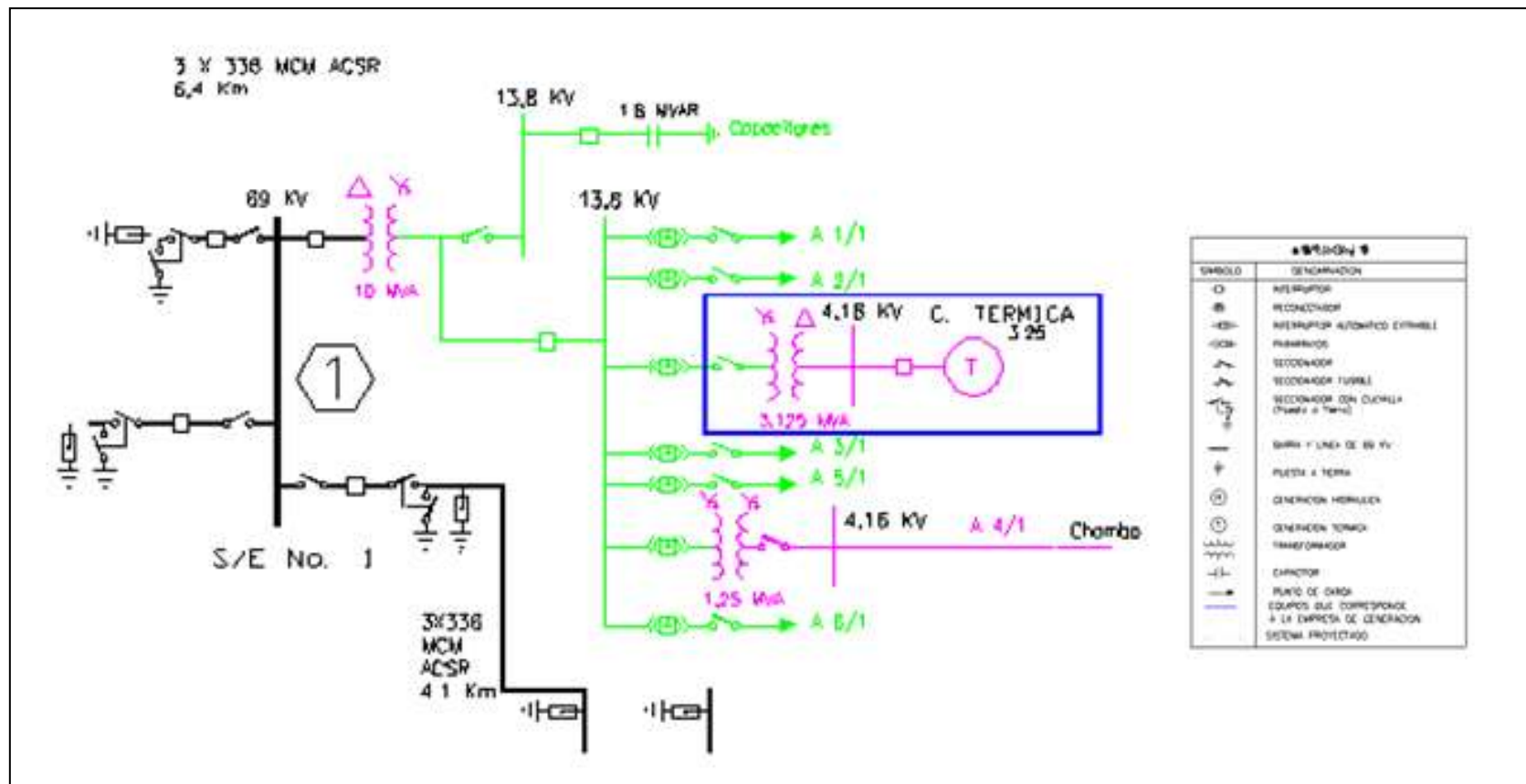
ELEMENTO		V/U
Backbone de la Red	Gateway medio voltaje	1489.95
	Terminadores	12.00
Red de distribución	Gateway bajo voltaje	532.13
Red de acceso	Modem Power Line	152.87
Mano de obra	Ingenieros	1200.00
	Técnicos	800.00
Gestión	Administración de equipos	30000.00
TOTAL		34186.95

De lo precios obtenidos se puede observar que el diseño de una red PLC tiene un alto costo por lo que la tecnología es reciente, pero mediante avance la misma estos precios tenderán a bajar por la competencia.

¹⁹ Fuente: Tabla realizada por el autor de la tesis.

Anexo 7.

Diagrama unifilar²⁰ subestación N° 1.²¹

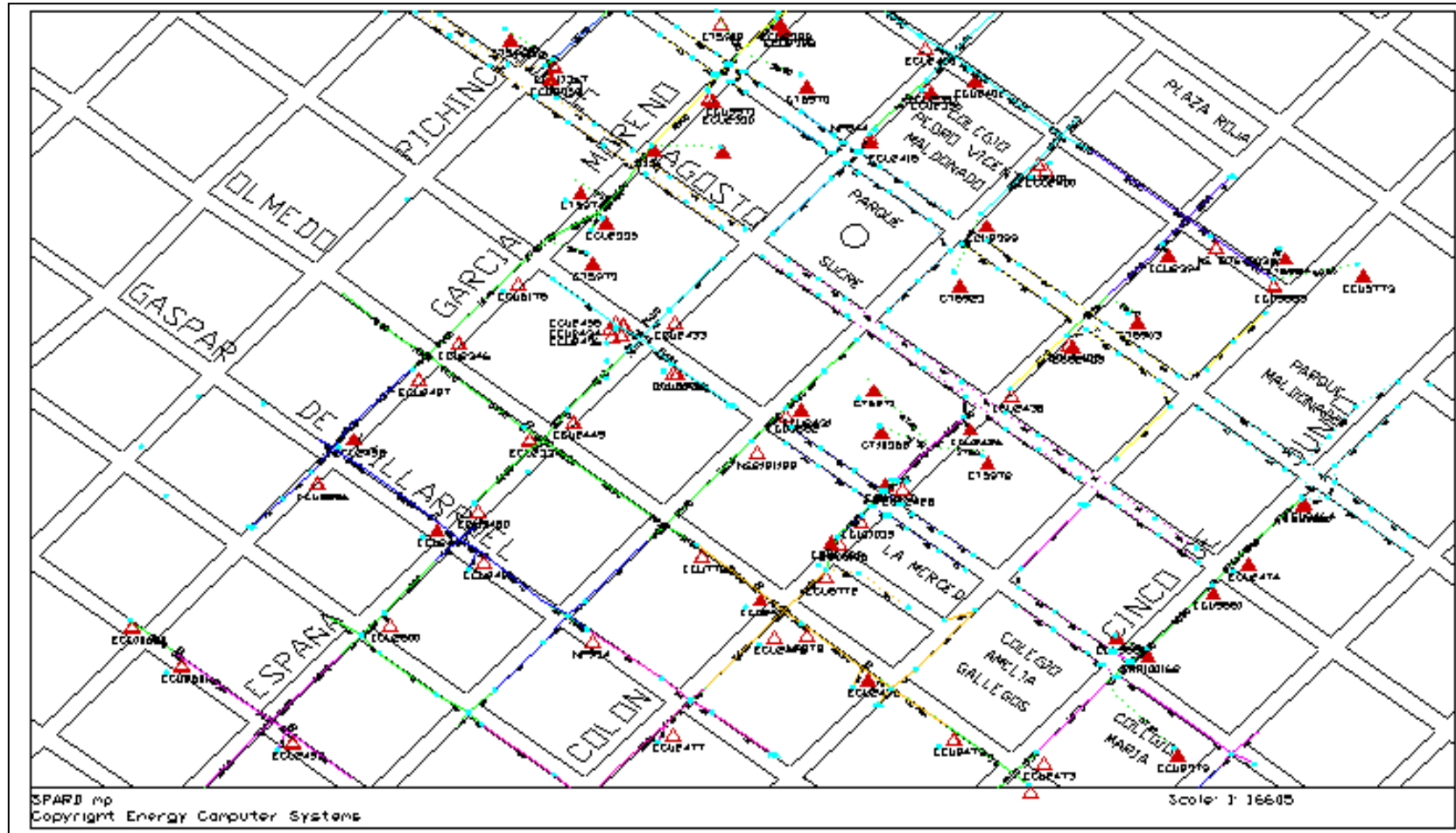


²⁰ Diagrama Unifilar.- diagrama de conexión eléctrica. Con todas las partes que lo conforman.

²¹ Fuente: Departamento de planificación de la EERSA.

Anexo 8.

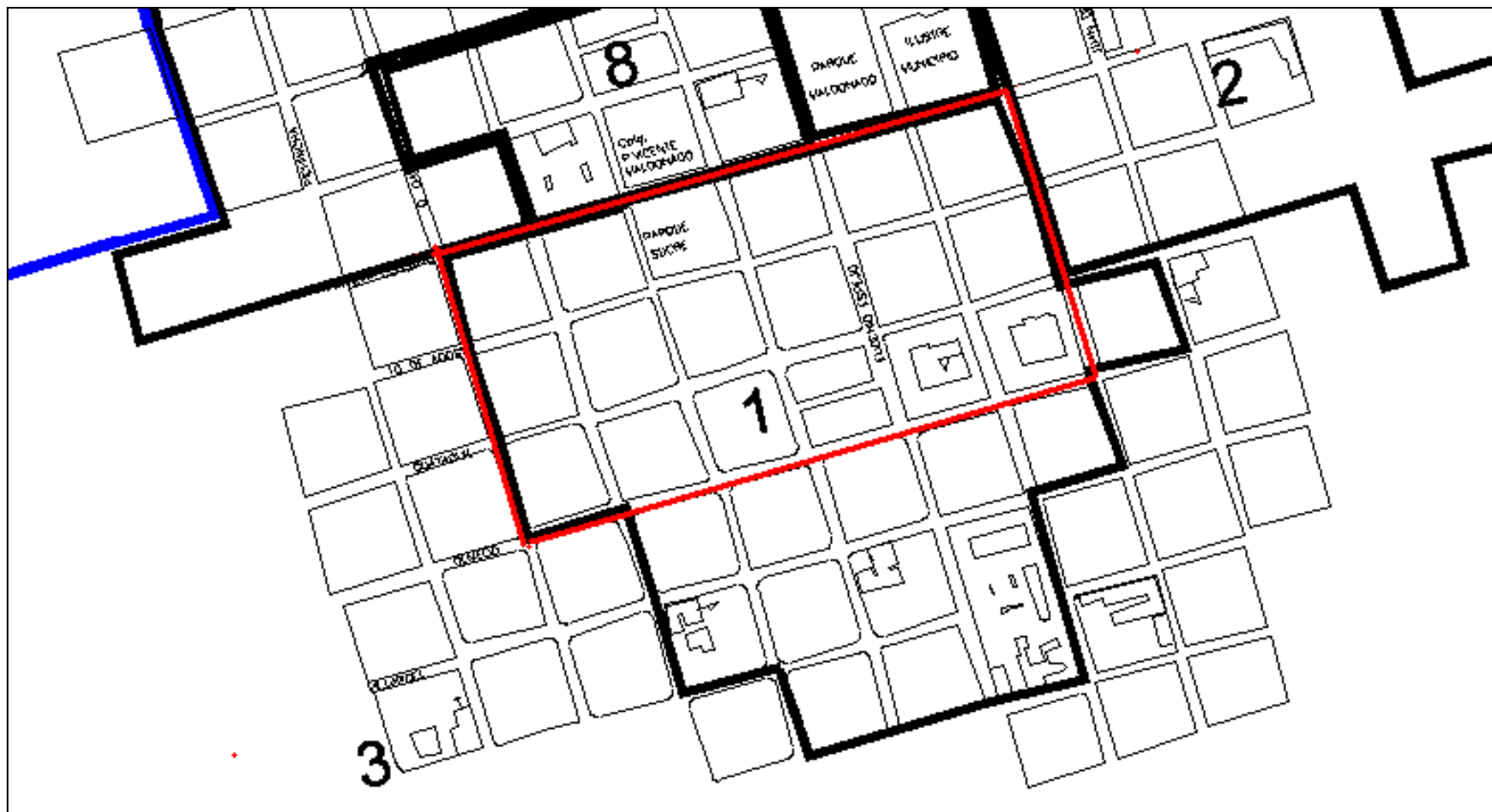
Distribución de la red eléctrica en la zona de estudio barrio “La Merced”²²



²² Fuente: Departamento de planificación de la EERSA.

Anexo 9.

Mapa de la zona de estudio por manzanas²³



²³ Fuente: Departamento de planificación de la EERSA.