



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



DISEÑO DE UNA RED DE AREA LOCAL PARA COMPARTIR EL ACCESO A INTERNET EN COMPLEJOS HABITACIONALES

Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico

Presentado por:
DIEGO FARRO VALDIVIA

Lima - Perú

2007

Resumen

Dado el desarrollo en las telecomunicaciones y la necesidad de acceder a estos en el creciente número de hogares en edificios, se desarrolla una investigación de la problemática y se plantea una solución que busca satisfacer la demanda de manera eficiente, dando una alternativa económica pero al mismo tiempo un producto comercial, el cual tendría un mercado asegurado para las necesidades actuales.

La investigación se desarrolla en cuatro capítulos. En el primer capítulo se presenta las características de la creciente demanda del uso de Internet en los últimos años, así mismo el estado del arte de la tecnología en los servicios de acceso a Internet y se presenta la problemática en el acceso en edificios. En el segundo capítulo se estudia a fondo las características de la tecnología PLC, presentada ya en el primer capítulo pero se desarrolla con mayor detalle en sus características y normativa. En el tercer capítulo se define la hipótesis y los objetivos de la investigación, además se plantea la propuesta de solución a la problemática. En el cuarto capítulo se realiza un análisis del aspecto económico de la propuesta, esto en base a un ejemplo aplicativo de la red, así mismo se definen pruebas de desempeño de la red para tener un elemento de referencia y poder medir su desempeño; y finalmente se presentan las ventajas y desventajas que en conjunto ofrece la solución planteada. Obteniéndose en estas pruebas finales resultados favorables queda definido un modelo de red aplicable para resolver la problemática antes planteada.

Luego de los cuatro capítulos se dan algunas conclusiones sobre el estudio y la propuesta en sí, así mismo se dan recomendaciones sobre mejoras y propuestas de investigación con el fin hacer más factible la implementación de la propuesta tanto tecnológicamente como en el aspecto normativo.



A los cuatro, por siempre apoyarme.



*Agradezco a mi asesor Alex Chávez
por su constante apoyo y orientación.*

Índice

Índice de Tablas.....	8
Índice de Figuras.....	9
Introducción.....	10
1. Situación de los servicios de telecomunicación en complejos habitacionales.....	12
1.1 Internet.....	12
1.2. Sobre las redes de acceso.....	16
1.3. Principales propuestas.....	16
13.1 Dial-Up.....	17
1.3.2 CATV.....	17
1.3.3 ADSL.....	18
1.3.4 LMDS.....	20
1.4. Estudio de la problemática en complejos habitacionales.....	20
1.5. Tecnologías de extensión para los accesos de banda ancha.....	23
2. Tecnología PLC.....	26
2.1 Transmisión de datos a través de la red eléctrica.....	26
2.2 Aplicaciones de la tecnología PLC.....	27
2.3 Características eléctricas.....	30
2.3.1 Características de la instalación.....	30
2.3.2 Características del canal.....	33
2.4 Normativa.....	40
2.4.1 Sobre la tecnología PLC.....	40
2.4.2 Sobre el uso de las líneas eléctricas.....	41
2.4.3 Interferencias.....	41
2.5 Ventajas y desventajas.....	43

3. Propuesta de diseño	45
3.1 Hipótesis de la investigación.....	45
3.2 Objetivos de la investigación.....	46
3.2.1 Objetivo General.....	46
3.2.2 Objetivo específico.....	46
3.3 Universo y Muestra.....	46
3.4 Propuesta.....	47
3.5 Parámetros a considerar.....	49
3.6 Metodología para el diseño.....	51
4. Diseño de una red de área local para compartir el acceso	54
4.1 Análisis de costos y viabilidad.....	54
4.2 Diseño e implementación de un prototipo de red.....	55
4.3 Aplicación de la metodología para el diseño del prototipo.....	57
4.4 Análisis de resultados.....	63
4.5 Ventajas y desventajas.....	63
Conclusiones	65
Recomendaciones	67
Bibliografía	68

Anexos

Anexo N°1: La sociedad de la Información en el Perú Presente y perspectivas 2003-2005

Anexo N°2: Conexiones eléctricas en baja tensión en zonas de concesión de distribución

Anexo N°3: Verificación del nivel de interferencia de la tecnología PLC sobre bandas HF del servicio de aficionados a las radiocomunicaciones.

Anexo N°4: Hoja de datos de equipos

- NETGEAR HDXB101
- D-Link DHP-100
- LINKSYS PLEBR10



Índice de Tablas

Tabla 1-a: Estadísticas Mundiales del uso de Internet.....	13
Tabla 1-b: Estadísticas del uso de Internet en usuarios de Sudamérica.....	13
Tabla 2: Detalle de las principales actividades realizadas en Internet.....	14
Tabla 3: Costo del servicio CableNet.....	18
Tabla 4: Costo del servicio Speedy.....	19
Tabla 5: Cantidad de suscripciones a las distintas tecnologías.....	22
Tabla 6: Atributos importantes para los usuarios en el acceso a Internet.....	23
Tabla 7: Parámetros estadísticos del ruido impulsivo.....	39
Tabla 8: Throughput nominal máximo de distintas tecnologías.....	43
Tabla 9: Análisis de de costos.....	55
Tabla 10: Cuadro comparativo de equipos	58



Índice de Figuras

Figura 1:	Esquema de la red de acceso Cable MODEM.....	18
Figura 2:	Esquema de la red de acceso ADSL.....	19
Figura 3:	Cifras del “boom” habitacional.....	21
Figura 4:	Un ejemplo del desarrollo urbano.....	21
Figura 5:	Transmisión de datos usando la línea eléctrica.....	24
Figura 6:	Optimización en el uso de los subcanales.....	27
Figura 7-a:	Redes con la tecnología PLC Indoor.....	29
Figura 7-b:	Redes con la tecnología PLC Outdoor.....	29
Figura 7-c:	Redes con la tecnología PLC de media tensión.....	29
Figura 8:	Relación entre la distancia y la frecuencia de transmisión.....	30
Figura 9-a:	Conexión Simple y Doble.....	31
Figura 9-b:	Conexión de Derivación.....	32
Figura 10-a:	Circuito de interfaz.....	33
Figura 10-b:	Función de transferencia del circuito de interfaz.....	33
Figura 11:	Ejemplos de las variaciones en amplitud y fase de la función de transferencia del PLC.....	34
Figura 12:	Variación de la amplitud del Espectro de la función de transferencia PLC con el tiempo (8h).....	35
Figura 13:	Características del Canal.....	36
Figura 14:	Variación con el tiempo de la densidad espectral de potencia del ruido de un canal PLC.....	37
Figura 15:	Ruido de fondo coloreado y su aproximación.....	38
Figura 16-a:	Ruido Impulsivo asíncrono - Escala en ms.....	38
Figura 16-b:	Ruido Impulsivo asíncrono - Escala en μ s.....	39
Figura 17:	Emisiones perjudiciales.....	42
Figura 18:	Topología Propuesta para compartir el acceso a Internet.....	47
Figura 19:	Cada punto de alimentación será un punto de acceso.....	48
Figura 20:	Prueba de velocidad.....	53
Figura 21:	Mapa de ubicación.....	56
Figura 22:	Edificio de pruebas.....	56
Figura 23-a:	Distribución eléctrica.....	57
Figura 23-b:	Tablero.....	57
Figura 24:	Prueba de velocidad 1er. Piso.....	60
Figura 25:	Prueba de velocidad 2do. Piso.....	62

Introducción

En los últimos años el avance en las telecomunicaciones a nivel mundial experimenta un vertiginoso desarrollo; el acceso a Internet y la necesidad de más y mejores servicios como redes, telefonía, video conferencia, servicios electrónicos, domótica, etc., han impulsado el desarrollo de servicios de telecomunicaciones muchos de los cuales se encuentran basados en tecnología IP (Internet protocolo) y por consiguiente el desarrollo de nuevas tecnologías que ofrezcan estos servicios.

Paralelamente al desarrollo tecnológico el país enfrenta un desarrollo urbano innegable, las estadísticas de la Cámara Peruana de la Construcción muestran que gran parte de este desarrollo esta reflejado en construcciones destinadas a la vivienda y dentro de este aumento predominan las construcciones del tipo edificio. Estas construcciones tienen características físicas que presentan ciertas dificultades para acceder a las tecnologías de acceso a determinados servicios de telecomunicaciones. A esto se le suma la falta de una normativa sobre instalación de servicios de telecomunicaciones en edificios, solo existen normativas municipales en ciertos distritos que establecen restricciones en cuanto el cableado externo. Entonces dado el desarrollo y la creciente necesidad de acceder a los servicios de telecomunicaciones antes mencionados es necesario proponer medios de acceso que den solución a la presente problemática en los edificios.

En la actualidad el mercado ofrece varias tecnologías que brindan acceso a Internet sin embargo, esta claro que por el lado de las empresas no se desea invertir en infraestructura y del lado del usuario en primer lugar es necesario poder acceder a esta tecnología físicamente, y que sea a un costo adecuado.

El mercado ofrece algunas propuestas, entre estas se tiene principalmente Dial Up, ADSL, CATV, LMDS etc. sin embargo estas propuestas presentan ciertas desventajas, Dial UP, ofrece un muy reducido ancho de banda, ADSL y CATV, son servicios de banda ancha pero al igual que Dial UP, es necesario adquirir un servicio adicional como telefonía o el servicio de televisión por cable, esto genera una aumento en el costo final de acceso así como ineficiencia. Así mismo estas propuestas, requieren un cableado adicional y generalmente el resultado final es antiestético. Asimismo existe la tecnología LMDS con el estándar WiMAX esta incursionando en nuestro país desde unos meses, tecnología interesante sin

embargo muy limitada en cobertura por el momento por la empresa que lo comercializa.

Adicionalmente se tiene la tecnología PLC, la cual permite usar el cableado eléctrico para transmitir información, de esta manera se permite darle un nuevo uso a las líneas eléctricas, otorgando ventajas de economía y eficiencia sobre las demás tecnologías al no requerir una mayor infraestructura en la que lo respecta al cableado. Siendo una tecnología en pleno desarrollo, se tienen pruebas en muchos países con la idea de ofrecer el acceso a Internet a través de la subestación eléctrica hasta la vivienda y de esta manera poder acceder en cualquier punto eléctrico de esta.

En tal sentido, el propósito de esta tesis es diseñar y probar mediante un ejemplo una red de área local (LAN), la factibilidad de compartir el acceso a Internet en edificios destinados a la vivienda específicamente. El acceso a Internet usado será alguno de los que el mercado ofrece y será para el estudio y pruebas, sin embargo la idea es ofrecer el acceso a través de la línea eléctrica. Esta tesis se puede incorporar como parte de un estudio más amplio para brindar un acceso de banda ancha desde la subestación eléctrica lo cual permitiría aprovechar al máximo el potencial de esta tecnología.

1. Situación de los servicios de telecomunicación en complejos habitacionales

1.1. Internet

En años recientes el avance en las telecomunicaciones experimenta un vertiginoso desarrollo en el Perú y el mundo; en el Perú por ejemplo, por dar algunos indicativos iniciales de este desarrollo en los diez últimos años se ha triplicado el número de líneas telefónicas fijas y la cantidad de teléfonos móviles se ha incrementado en más de 50 veces [55]; así mismo la necesidad de acceso a Internet adicionado con más y mejores servicios tales como telefonía, video conferencia, servicios electrónicos, domótica, etc. han promovido el desarrollo de tecnologías basadas en los protocolos TCP/IP (Internet protocol) y por consiguiente el desarrollo de nuevas infraestructuras que ofrezcan estos servicios. Por un lado el protocolo TCP (Transmission Control Protocol), permite establecer conexiones entre ordenadores y el IP (Internet Protocol) se encarga del transporte de la información a través de los Routers hasta que llegue a su destino [43].

En las siguientes tablas se presenta algunas estadísticas del uso de Internet [53]; en la Tabla 1-a se presenta un estimado de la penetración de Internet en cada continente y en la Tabla 1-b se tiene un acercamiento a la realidad en Sudamérica y donde se puede notar que el acceso a Internet en Perú ha aumentado en 82.8% entre el 2000-2005, sin embargo es un aumento aun bajo si es comparo con los demás países del continente. Esto hace necesario pensar en soluciones que permitan acercar Internet a nuestra realidad y las dificultades que esta pueda presentar.

Estadísticas de la población y el uso de Internet a nivel mundial						
Regiones	Población (2005 Est.)	% Población mundial	Usuarios	Crecimiento 2000-2005	% Población (Penetración)	% Uso Mundial
África	896,721,874	14.0 %	23,867,500	428.7 %	2.7 %	2.5 %
Asia	3,622,994,130	56.4 %	327,066,713	186.1 %	9.0 %	34.2 %
Europa	731,018,523	11.4 %	273,262,955	165.1 %	37.4 %	28.5 %
Oriente Medio	260,814,179	4.1 %	21,422,500	305.4 %	8.2 %	2.2 %
Norteamérica	328,387,059	5.1 %	223,779,183	107.0 %	68.1 %	23.4 %
América Latina / Caribe	546,723,509	8.5 %	70,699,084	291.31 %	12.9 %	7.4 %
Oceanía /Australia	33,443,448	0.5 %	17,655,737	131.7 %	52.8 %	1.8 %
TOTAL	6,420,102,722	100.0 %	957,753,672	165.3 %	14.9 %	100.0 %

NOTAS: (1) Extraído de www.internetworldstats.com, actualizado al 30/09/2005 (2) La información demográfica esta basada en datos obtenidos de la página Web de World Gazetteer. (3) Estadísticas basadas en información publicada por Nielsen//NetRatings (ITU), entre otros.

Tabla 1-a Estadísticas Mundiales del uso de Internet.

Estadísticas de la población y el uso de Internet en Sudamérica					
Sudamérica	Población (Est. 2005)	Usuarios	Crecimiento 2000-2005	% Población (Penetración)	% Uso en Sudamérica
Argentina	37,584,554	7,500,000	200.0 %	20.0 %	15.4 %
Bolivia	9,073,856	350,000	191.7 %	3.9 %	0.7 %
Brasil	181,823,645	22,320,000	346.4 %	12.3 %	45.9 %
Chile	15,514,014	5,600,000	218.7 %	36.1 %	11.5 %
Colombia	45,926,625	3,585,688	308.4 %	7.8 %	7.4 %
Ecuador	12,090,804	624,600	247.0 %	5.2 %	1.3 %
Islas Malvinas	2,661	-	-	-	n/a
Guayana Francesa	194,277	3,200	60.0 %	1.6 %	0.0 %
Guyana	877,721	145,000	4,733.3 %	16.5 %	0.3 %
Paraguay	5,516,399	150,000	650.0 %	2.7 %	0.3 %
Perú	28,032,047	4,570,000	82.8 %	16.3 %	9.4 %
Surinam	460,742	30,000	156.4 %	6.5 %	0.1 %
Uruguay	3,251,269	680,000	83.8 %	20.9 %	1.4 %
Venezuela	24,847,273	3,040,000	220.0 %	12.2 %	6.3 %
TOTAL	365,195,887	48,598,488	240.0 %	13.3 %	100.0 %

NOTAS: (1) Extraído de www.internetworldstats.com, actualizado al 30/09/2005 (2) La información demográfica esta basada en datos obtenidos de la página Web de World Gazetteer. (3) Estadísticas basadas en información publicada por Nielsen//NetRatings (ITU), entre otros.

Tabla 1-b Estadísticas del uso de Internet en usuarios de Sudamérica.

Básicamente los usuarios emplean Internet para comunicarse, búsqueda de información y descargas algún tipo de contenido. Datos de APOYO muestran cuales son las principales actividades [49] (Anexo N°1).

61% de los usuarios se conecta para comunicarse por medio de correo

54% lo hace para buscar información académica

45% para hacer uso del chat.

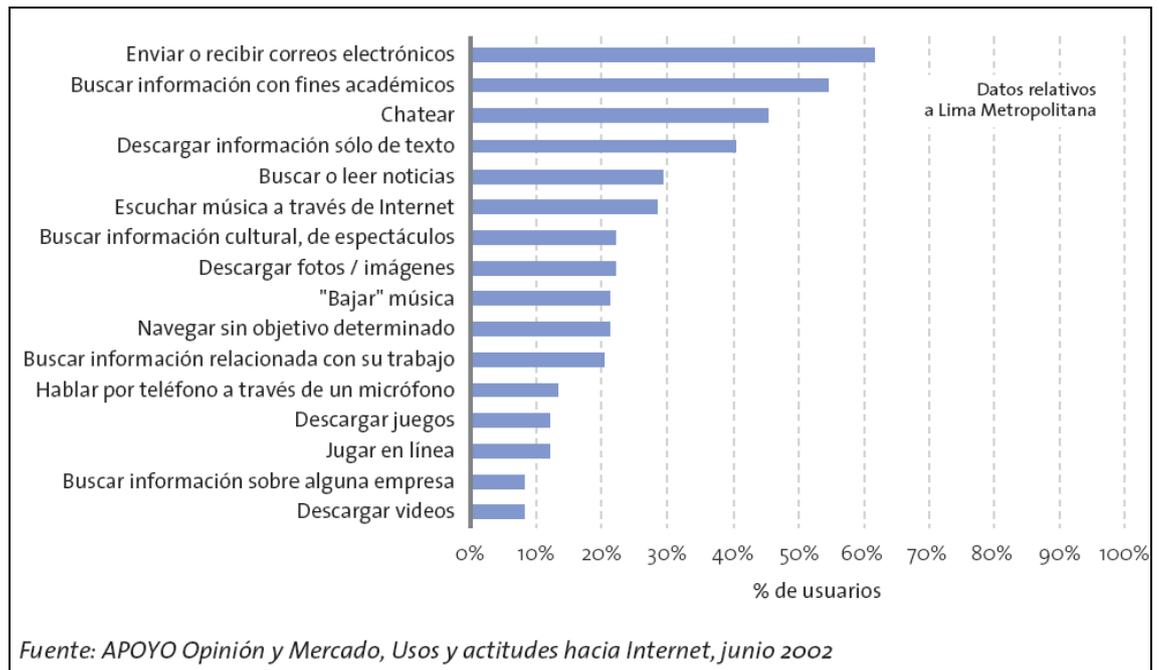


Tabla 2: Detalle de las principales actividades realizadas en Internet [49].

Estas aplicaciones y otras son descritas a continuación:



WWW: World Wide Web (WWW), es un poderoso servicio que nos permite explorar Internet y millones de paginas Web, las cuales son documentos que enlazan texto, imágenes, sonidos, vídeos, formularios, bases de datos, etc. y acceder a información publicada en documentos. Se pueden acceder a estos mediante un programa navegador (browser) [44].



Correo electrónico: Esta herramienta permite el envío de mensajes alrededor del mundo siendo posible adjuntar archivos, dado que la transmisión es de forma inmediata esta aplicación se ha consolidado [44]



Grupos de noticias: Estos son espacios destinados a la discusión e intercambio de información acerca de temas específicos, en los que participan interesados en un tema en común, enviando mensajes por correo electrónico a un tablero electrónico que puede ser consultado por los demás integrantes del grupo [44].

Listas de discusión: Son foros donde se debate e intercambian mensajes sobre un tema específico de interés común. Participan los propietarios, los moderadores y los miembros suscritos a la lista. Un programa administrador de listas envía automáticamente los mensajes a los integrantes de la lista y que se reciben en el programa de correo electrónico de cada suscrito. Hay listas dirigidas por un moderador y listas no moderadas, además están pueden ser abiertas a quien quiera participar y de acceso restringido [44].



Foros: Lugar de encuentro para discutir temas de interés común, denominados grupos de noticias, lugares abiertos de debate y discusión dentro de la WWW, estructurados como una cadena temática, originándose con una pregunta inicial luego respuestas a la pregunta y eventuales respuestas a las respuestas. Están alojados en páginas Web y se puede participar a través del correo electrónico [44].



Charlas (Chats): Este servicio de gran popularidad permite a los usuarios entablar conversaciones en tiempo real, ya sea de forma o escrita o cuando se permita usando la voz, estas también pueden ser manera individual o grupal, la identidad puede mantenerse en reserva [44].

Audio y videoconferencias: Esta aplicación da medios para poder hablar con imagen y sonido estableciendo conexiones en tiempo real con cualquier usuario conectado. Nuevas tecnologías permiten tener una cámara digital conectada al ordenador, lo que hace posible poder oír y ver a nuestro interlocutor y emitir las propias imágenes [44].

1.2. Sobre las redes de acceso

Una red de acceso nos permite acceder a servicios de telecomunicaciones mediante diferentes tecnologías que se clasifican según la infraestructura física que utilizan, de esta forma es el primer tramo entre los dispositivos del lado del cliente, como teléfonos, módems, routers, etc. hasta los nodos de las redes de datos y de voz. [2]

En la industria de telecomunicaciones las redes de acceso son una pieza fundamental por su estrecha relación con la oferta y calidad de los servicios así como por su importancia en los mercados liberalizados [45].

Entre los principales medios de acceso a la red comunicaciones se tiene:

- Mediante hilos de cobre
- Mediante fibra óptica y cable coaxial
- Acceso inalámbrico mediante radio
- Nuevas tecnologías, como el uso de la red eléctrica (PLC) [2]

1.3. Principales propuestas

Hasta 1994 la Compañía Peruana de Teléfonos (CPT) y ENTEL- Perú fueron las compañías encargadas de ofrecer los servicios básicos de telecomunicaciones, sin embargo fueron privatizadas y se generó una sola empresa Telefónica del Perú S.A. a la cual se le entregó los derechos de telefonía local y alquiler de circuitos. Durante 1994 a 1999 Telefónica del Perú tuvo los derechos exclusivos en servicios básicos, es por eso que si una compañía quería dar servicios de Internet tenía que hacer uso de sus líneas y circuitos dedicados o conmutados.

En un principio fueron RCP (Red Científica Peruana) e IBM quienes empezaron a ofrecer el servicio de acceso, IBM lo hacía con altas tarifas lo cual desalentó el uso de parte de los usuarios, en cambio la RCP lo hizo con una “tarifa plana”, en ambos casos el usuario tenía que pagar el costo por tiempo de uso de la línea telefónica.

En 1996 Telefónica del Perú S.A. decide ofrecer los servicios de Internet con un servicio inicial denominado Unired, dando acceso solo por líneas dedicadas aun no entrando directamente al mercado Dial UP, luego sin embargo lo hizo con su servicio InfoVia, el desarrollo continuo hasta ofrecer el la tecnología ADSL, acceso de mayor ancho de banda que se detallara mas adelante.

Existieron otras propuestas, sin embargo en la actualidad, las tecnologías de acceso domiciliarias mas populares hoy en día son Dial-Up, ADSL y CATV [55], es por esto que se podrá mayor interés en estas.

13.1 Dial-Up

En nuestro país en un comienzo el medio de acceso a Internet masificado fue Dial-Up, medio por el cual mediante un MODEM se usa la línea telefónica como medio de transmisión. Esto significaba usar solo uno de los servicios, es decir telefonía o Internet a una velocidad bastante reducida. Este tecnología aun esta vigente pero se encuentra bastante limitado en su velocidad, dado el reducido ancho de banda que posee. En el cobro por el servicio no se incluye el acceso telefónico que será cobrado por el proveedor de telefonía fija a tarifa local según el lugar de uso.

1.3.2 CATV

Así mismo existe cable MODEM, medio de acceso que hace uso compartido del cable coaxial usado en televisión por cable este servicio es bastante extendido en EE.UU. [10], pero de distribución bastante limitada en nuestro país. El servicio comercial de esta tecnología en nuestro país es CableNet que es ofrecido en una sola alternativa.



<http://www.cablenet.com.pe/>

Figura 1: Esquema de la red de acceso Cable MODEM.

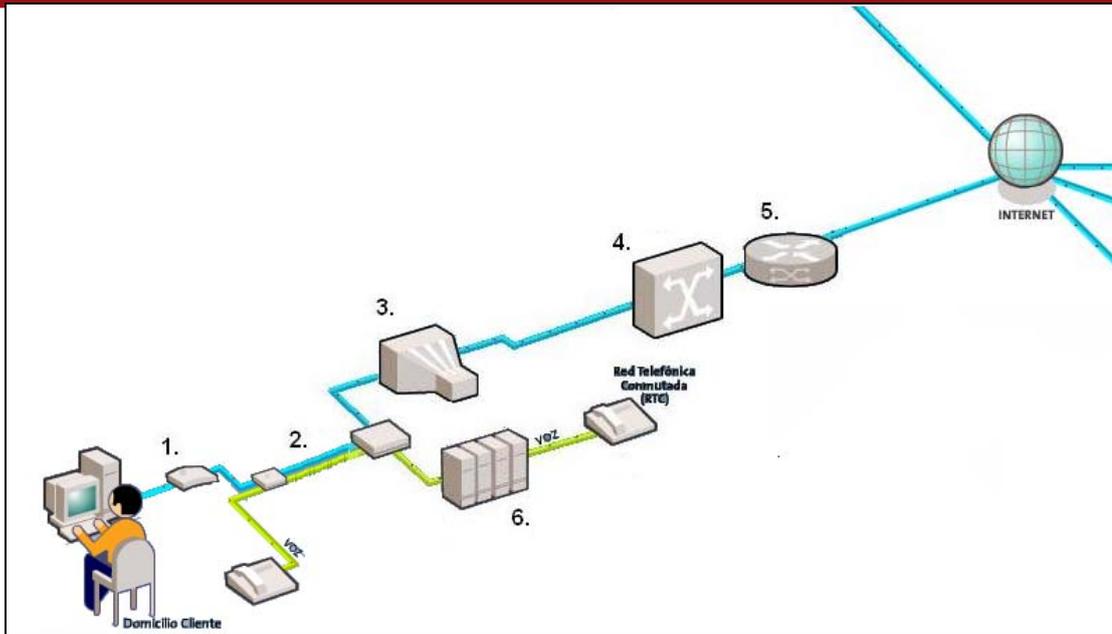
CableNet	128kbps	\$35.30
----------	---------	---------

Tabla 3: Costo del servicio CableNet.

1.3.3 ADSL

La limitación en el ancho de banda que tiene la tecnología Dial-Up originó la necesidad de un mayor ancho de banda para más servicios con una mayor eficiencia, así surge ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) tecnología que permite el uso de servicios simultáneos de voz (telefonía) y datos con una mayor velocidad también mediante el uso del par telefónico [1].

Esta tecnología es ofrecida principalmente en nuestro país por Telefónica del Perú, existen otras alternativas pero se pondrá especial interés en su propuesta por ser de mayor cobertura a nivel nacional. La oferta de Telefónica es Speedy, En la siguiente Figura 2 se presenta un esquema de la red.



<http://www.telefonica.com.pe/speedy/>

Figura 2: Esquema de la red de acceso ADSL.

1. MODEM: MODEM-Router que transmite la señal ADSL hasta una velocidad de 2 Mb por segundo
2. SPLITTER: Filtra la señal de los datos desde la línea telefónica del lado del cliente y del lado de la empresa separa la frecuencia de voz y la de datos para distribuirlas al servidor correspondiente
3. DSLAM: Dirige la señal de datos hacia Internet
4. RED ATM: Red de datos especializada para la transmisión a alta velocidad
5. RED IP: Telefónica cuenta con una red IP propia de fibra óptica
6. CENTRAL TELEFONICA: Conduce las llamadas de voz hacia su destino

El servicio Speedy es ofrecido en distintos paquetes, clasificados por sus velocidades y su costo.

Speedy

Speedy 200	200/128kbps	S/.99
Speedy 400	400/128kbps	S/.119
Speedy 600	600/256kbps	S/.149
Speedy 900	900/256kbps	S/.229
Speedy 1200	1200/256kbps	S/.349

<http://www.telefonica.com.pe/speedy/> (Junio 2007)

Tabla 4: Costo del servicio Speedy.

También esta disponible el servicio Terra ADSL, el cual ofrece velocidades asociadas a la conexión a Internet “Speedy”. Ambos servicios son brindados por el mismo proveedor.

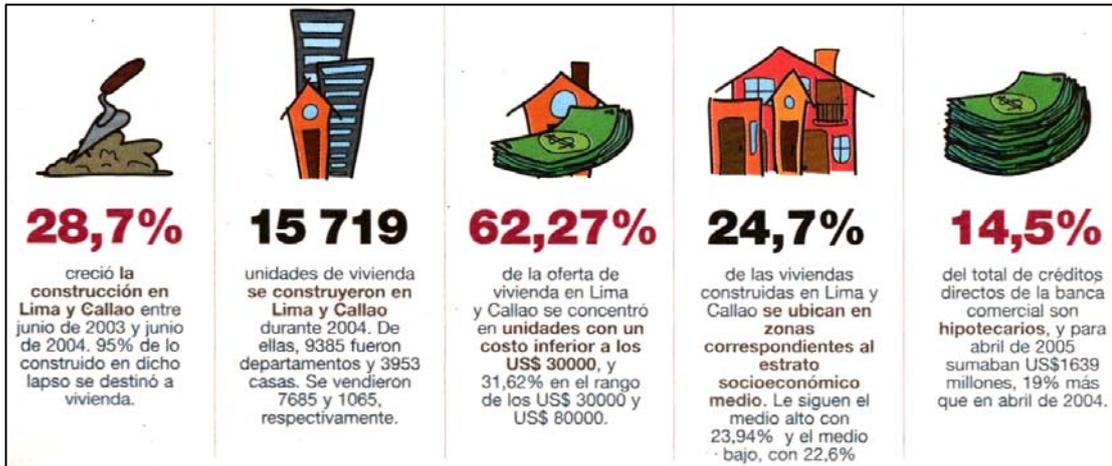
1.3.4 LMDS

Esta tecnología permite una conexión inalámbrica de banda ancha vía radio. Ofrece servicios de voz, acceso a Internet, comunicaciones de datos en redes privadas, y de video bajo demanda. Se presenta en nuestro país principalmente por el estándar WiMAX el cual permite un acceso inalámbrico de varios kilómetros de distancia del punto de transmisión con velocidades de 70 Mbps. [64]. Lamentablemente tiene una cobertura bastante limitada, esto impide ser considerada como una solución aplicable a gran escala

En las tres principales propuestas comentadas anteriormente se presenta una característica similar, es necesario adquirir un primer servicio para finalmente tener el acceso a Internet, característica que definitivamente eleva el costo final del servicio dificultando el acceso. Además, estas 3 primeras propuestas comerciales son proveídas por una misma empresa, operador de telecomunicaciones, este tipo de monopolio no genera mayor competencia entre distintas empresas por ofrecer un mejor servicio y una mejor propuesta a los usuarios.

1.4. Estudio de la problemática en complejos habitacionales

El País enfrenta un desarrollo urbano, parte de este desarrollo urbano esta representado por el aumento de la construcción de viviendas tipo casa o departamento. Entre junio del 2003 y junio de 2004 creció la construcción en Lima y Callao en 28.7%, del total de construcciones durante este periodo el 95% se destino a vivienda. Este “boom” habitacional además esta marcado por una orientación hacia la construcciones del tipo departamento, dado que del total de viviendas construidas el 2004 el 59.7% fueron de este tipo.



El Comercio 25/06/2005-Cámara Peruana de la Construcción /SBS/ASBANC.2004

Figura 3: Cifras del “boom” habitacional.

Este aumento en la construcción de viviendas y mayormente del tipo vertical, enlazado con la creciente demanda de servicios de telecomunicaciones obliga a considerar la problemática específica para el acceso a estos servicios en edificios, específicamente en el acceso a Internet dada la ineficiencia en los principales propuesta.



Condominio del Parque de las Leyendas III Etapa del programa “Mi vivienda” -San Miguel

Figura 4: Un ejemplo del desarrollo urbano.

Una desventaja es la necesidad de adquirir otro servicio que quizás no se necesita, característica constante en las principales alternativas, esto aumenta el costo final

del acceso a Internet. Además es necesario considerar las dificultades que existen con el cableado al desplegar la infraestructura de comunicaciones, existe una normativa que impide el uso de cableado aéreo en determinadas zonas, esta medida por el lado de la empresa es perjudicial al significar un costo mayor en la instalación. Del lado del usuario, la instalación usualmente es poco estética, especialmente en viviendas tipo edificio, dada la cantidad de usuarios y por consiguiente la instalación individual que cada usuario requeriría.

La falta de innovación tecnológica, origina que solo se disponga de pocas de alternativas tecnológicas para el acceso, en la Tabla 5 se aprecia que Dial-Up tiene una mayor cantidad de suscriptores pero también se nota que este número está disminuyendo, esto se podría deber a que para los usuarios los principales atributos para la tecnología de acceso se consideran la velocidad de navegación y la tecnología según la Tabla 6. También se nota el resaltante crecimiento en el uso de ADSL.

INDICADORES DE INTERNET				
Suscriptores (*) de Internet (a nivel nacional)				
	Dic. 2001	Dic. 2002	Dic. 2003	Jun. 2004
Dial up	173.583	212.719	269.223	145.370 (2/)
Accesos dedicados alámbricos	3.653	3.557	2.763	2.278
Accesos dedicados inalámbricos	2.667	2.671	3.359	2.753
ADSL	1.700	20.386	63.661(1/)	111.681
Cable	6.007	15.093	27.002	26.596
WAP	14.500	129.743	188.421	208.127 (3/)
Otros	50	477	1696	8.520
Total	200.160	384.646	556.125	505.325

Fuente:
 Información reportada por las empresas operadoras.
 (1/) Este dato fue reportado por Telefónica del Perú y fue utilizado por OSIPTEL en los Informes de Mercado, sin embargo difiere de los datos que Telefónica presenta cuando reporta los accesos de ADSL trimestrales (ver cuadro de ADSL).
 (2/) Estos datos sólo corresponden a suscriptores dial up vía telefonía fija, no obstante esta cifra puede estar subestimada en 5,1% debido a que algunas empresas han reportado el número total de suscriptores dial up sin desagregación.
 (3/) No se está considerando a los suscriptores WAP de TIM.

*Suscriptor: Persona natural o jurídica que contrata un servicio de acceso a Internet y/o servicio de infraestructura de acceso ISP.

Tabla 5: Cantidad de suscripciones a las distintas tecnologías [55].

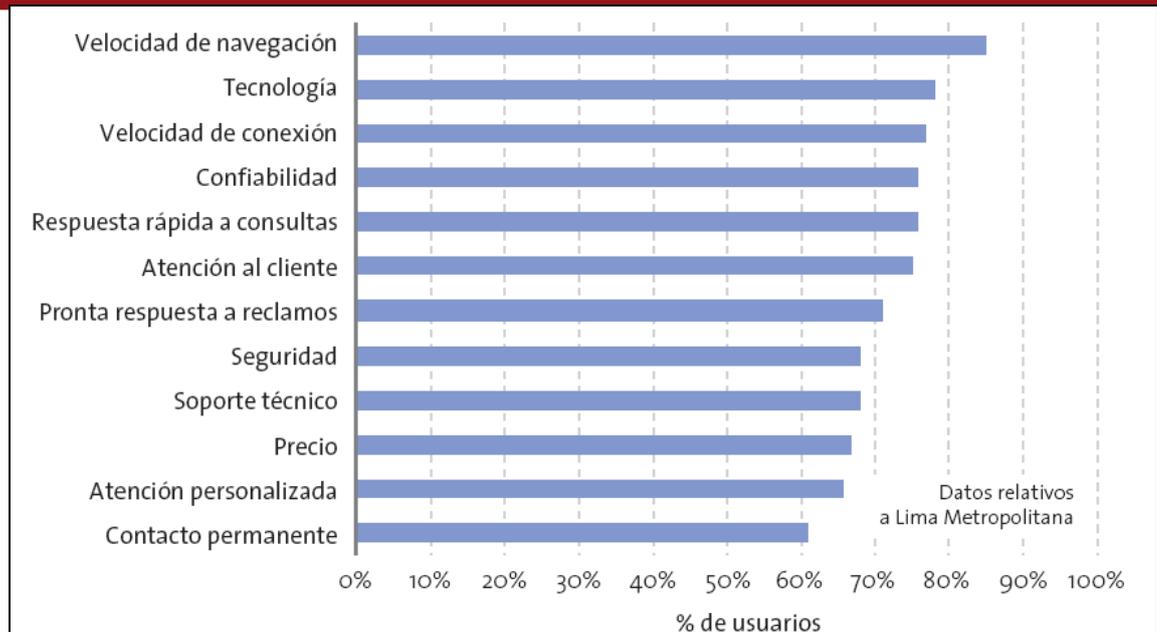


Tabla 6: Atributos importantes para los usuarios en el acceso a Internet [49].

1.5. Tecnologías de extensión para los accesos de banda ancha

La conectividad en una red principalmente puede ser de dos tipos alámbrica e inalámbrica, soluciones del primer tipo básicamente quedan descartadas por agravar la problemática del cableado adicional necesario para acceder a la red.

La solución pasa por el segundo grupo en donde principalmente se tiene la tecnología de redes de área local inalámbricas como la certificada WIFI, las cuales permiten la conexión sin cables usando frecuencias de 2.4 Ghz. ó 5 Ghz, permitiendo tasas de transferencias de 54 Mbps [65] en un rango bastante reducido dentro de una edificación dada la atenuación ejercida por las paredes.

También existe la tecnología PLC, “La idea esencial del PLC consiste en utilizar la línea eléctrica para la transmisión de datos, de forma que se puedan ofrecer servicios de telecomunicación basados en tecnología IP (Internet Protocol)” [58]. Esta tecnología podría ser incluida en el grupo de las tecnologías alámbricas sin embargo ofrece una ventaja primordial, el cableado requerido no es adicional ya que esta desplegado y adquiere un nuevo uso.

El uso de las líneas eléctricas para la transmisión de datos, monitoreo y control de dispositivos en la red eléctrica, existe desde inicios del siglo XX [3]. En los años 60, las empresas de servicio eléctrico usaron sus propias líneas para monitorear y controlar sus redes, así como para aplicaciones de telemetría con los medidores [3]. Con el tiempo esta velocidad de transmisión de datos fue aumentando y advirtió la capacidad dormida que la red eléctrica tenía.

Es en los últimos años en que esta nueva tecnología está evolucionando velozmente, PLC (Power Line Communication) o también conocida como BPL (Broadband over Power Line) en EEUU, permite la transmisión de datos a través de las líneas de la red eléctrica ya desplegada [1], siendo esta compartida por ambas señales. De esta manera se permite transmitir energía (220V, 60Hz o 110V, 50 Hz, niveles usuales de tensión y frecuencia) e información (Figura 5) y con un amplio ancho de banda. Estas características permiten ver a la tecnología PLC como una fuerte opción para resolver la creciente demanda de interconexión (Home Networking), Internet, usos simultáneos de voz y datos, etc., con especial aplicación en edificios dada la problemática que estos presentan.

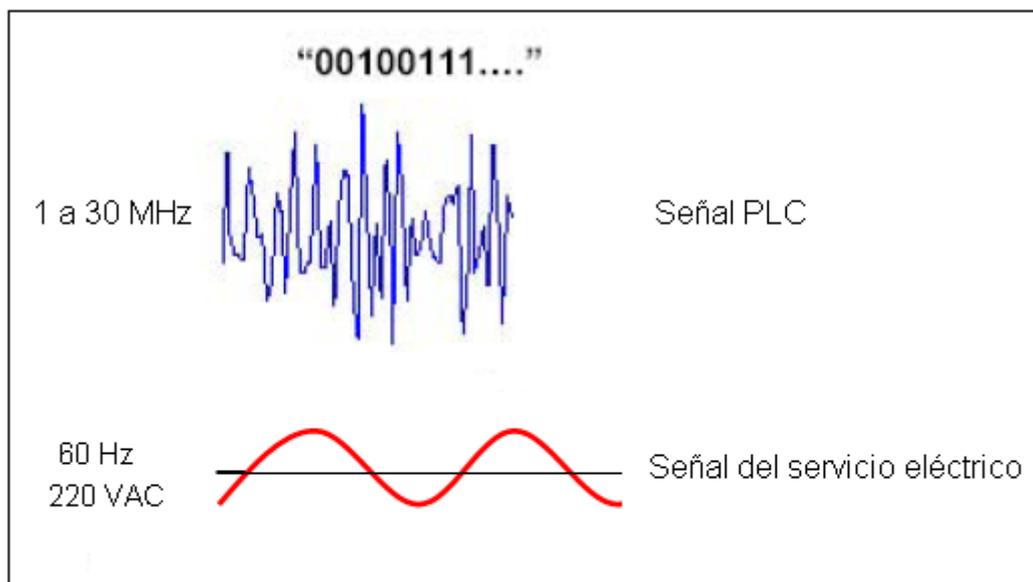
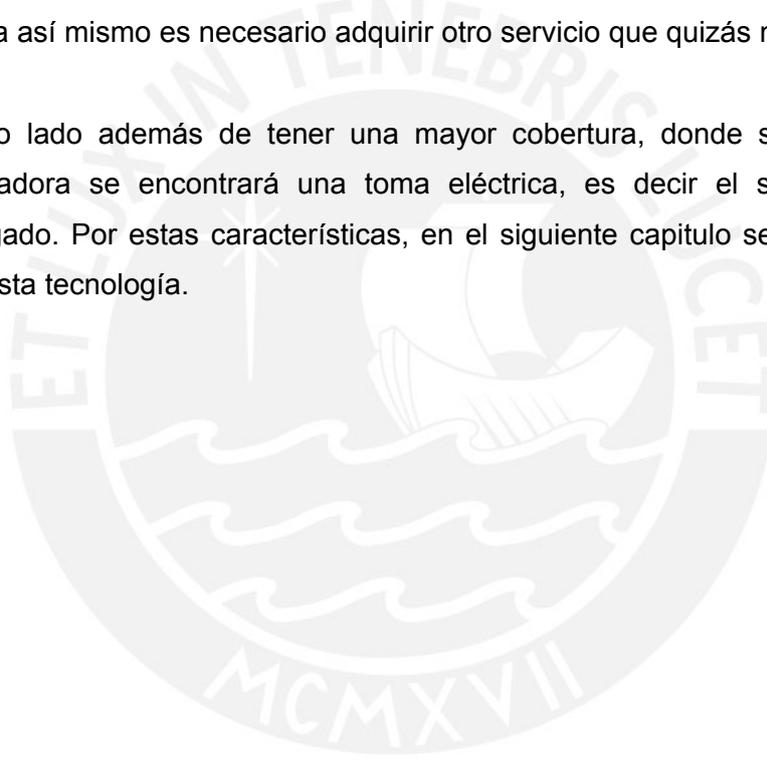


Figura 5: Transmisión de datos usando la línea eléctrica.

Un punto en común entre las tecnologías más resaltantes (ADSL, CATV o PLC) es que usan infraestructuras ya desplegadas y extendidas, que un principio no fueron pensadas para otra utilidad, como la de transmitir datos [4].

Sin embargo en este último caso (PLC) nos encontramos con una ventaja aun mayor, ya que la red eléctrica tiene un mayor rango de cobertura [3] incluso dentro de las viviendas y pronostica tasas nominales de transferencia aún mayores. Esto es importante al considerar que las redes de acceso son componentes costosos y contar con la red ya distribuida y con una extensa cobertura avizora un costo bastante reducido en la posible implementación de esta tecnología, esto hace que sea una alternativa económica y ser un servicio de mayor alcance en comparación con otras tecnologías que compiten por satisfacer los mismos servicios, como ADSL, que requiere el servicio telefónico, o como CATV que requiere el acceso al cable coaxial usado en el servicio de televisión por cable. Ambas tecnologías requieren una red de distribución que no tiene tanto alcance como lo tiene la red eléctrica así mismo es necesario adquirir otro servicio que quizás no se desee.

Por otro lado además de tener una mayor cobertura, donde se encuentre una computadora se encontrará una toma eléctrica, es decir el servicio esta casi desplegado. Por estas características, en el siguiente capítulo se analizará más a fondo esta tecnología.



2. Tecnología PLC

En el presente capítulo primero se describe y se desarrolla más a fondo las características de la tecnología PLC y sus dos aplicaciones (*indoor* y *outdoor*). Además se desarrolla una caracterización de la distribución eléctrica domiciliar, así como del canal de transmisión en sí. Se resaltan los parámetros más importantes mostrados en algunos estudios realizados sobre las características del canal y su representación, así como el ruido presente en este y las interferencias producidas, información y características consideradas principalmente en el desarrollo previo de la tecnología y presentadas en el presente documento como marco de referencia a considerarse en el capítulo 3 y 4 para identificar las características de la red implementarse.

2.1 Transmisión de datos a través de la red eléctrica

Esta tecnología permite transmitir datos a través de la red eléctrica, usando frecuencias altas de 1.6 a 30 Mhz, hallándose en la banda HF (High Frequency) o también llamada de onda corta.

Siendo el medio destinado en un principio para un distinto propósito y dado el nivel de ruido presente en la red se recurre a mecanismos que permitan una óptima transmisión de información, como la tecnología OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), la cual es una técnica de modulación que divide el espectro creando un gran número de portadoras separadas a frecuencias específicas las cuales cumplen el principio de ortogonalidad de señales. Antes de comenzar la transmisión se analiza la integridad de cada canal, así como su nivel de ruido, eligiéndose el canal que se pueda usar en su mayor capacidad, luego se da inicio a la transmisión de datos. Existe la ventaja de usar o dejar de usar cualquier subcanal, pudiéndose evitar interferencias con otros sistemas, esto con la finalidad de tener una óptima tasa de error (Figura 6) [5], esta técnica también es usada en aplicaciones wireless y xDSL.

Adicionalmente se está investigando con una nueva tecnología MC-CDMA (Multiple Carrier-Code Division Multiple Access) que combina CDMA y OFDM, esta nueva tecnología permite aumentar el número de subportadoras pudiéndose alcanzar velocidades de más de 100 Mbps [5].



Figura 6: Optimización en el uso de los subcanales [5].

Algunas aplicaciones adicionales de OFDM [41]:

- Comunicaciones de datos de banda ancha sobre canales móviles de FM
- High-Bit-Rate Digital Subscriber Lines (HDSL; 1.6 Mbps),
- Asymmetric Digital Subscriber Lines (ADSL; up to 6 A 4bps),
- Very-High-Speed Digital Subscriber Lines (VDSL; 100 Mbps),
- Digital Audio Broadcasting (DAB)
- High-Definition Television (HDTV), difusión terrestre.

2.2 Aplicaciones de la tecnología PLC

La aplicación de la tecnología PLC se da principalmente dependiendo del lugar de la distribución eléctrica donde se despliegue la red. Por un lado se tiene la aplicación Power Line Indoor Communications (PLIC), diseñada para la implementación de redes en el hogar (Home Networking), implementación de redes LAN y en domótica, esto es de especial aplicación para la nueva serie de dispositivos con conexión a red que están saliendo al mercado, como teléfonos, cámaras, electrodomésticos, etc. (Figura 7a.). En la figura se aprecia los elementos que conforman este tipo de red. Pasarela domestica, la cual funciona como interfase entre la red de acceso o exterior (PLC, xDSL, LMDS, fibra, etc.) y la red

interior. También se tiene el MODEM PLC, el cual es la interfaz entre la red eléctrica y los equipos domésticos, como son la PC, la TV, la impresora, etc. [5]. En esta clasificación esta definido el estándar HomePlug, que surge de la alianza entre diferentes empresas para establecer una normativa a esta tecnología.

Además, existe la aplicación Power Line Outdoors Communications (PLOC), específicamente para el desarrollo de redes de acceso (Figura 7b.), abriendo la posibilidad de ofrecer el servicio de Internet por la línea eléctrica proporcionado desde la subestación [5], planteando así una solución a la comunicación entre la subestación y la instalación domestica, es decir el tramo de baja tensión conocido como “ultima milla” o bucle de abonado en analogía a la definición usada por compañías de telecomunicaciones al referirse al tramo entre la central local y el domicilio. En esta aplicación, se dispone de un equipo de cabecera, el cual es un MODEM digital de alta velocidad con funciones de router que actúa como maestro en el sistema completo, maneja el uso del canal por los distintos usuarios y esta ubicado cerca del transformador de baja tensión. Además esta el MODEM PLC, el cual es el equipo ubicado dentro del domicilio y funciona como interfaz entre el ordenador y la red eléctrica, pueden ser internos, pudiendo ser acoplados internamente a la PC o externos, conectándose principalmente por medio de su puerto USB o Ethernet. En los casos en que la distancia del abonado al equipo de cabecera represente una atenuación considerable (más de 350 metros. aproximadamente) se puede tener un repetidor PLC, el cual permite reforzar la señal.

Este tipo de red de acceso abriría el mercado a las empresas de servicio eléctrico dándoles la oportunidad de darle un mayor uso a sus líneas de distribución, brindando mas servicios, teniendo la ventaja de contar con una de las redes de más extensa cobertura.

Finalmente existe un tercer tipo el cual permite la transmisión través de tramos de media tensión entre transformadores de alta/media tensión hasta los transformadores de media/baja tensión (Figura 7c.), este tipo de red esta compuesto por una unidad de transmisión, interfaz entre los servicios de telecomunicación y la unidad acopladora, la cual conecta la unidad de transmisión con el cable de potencia

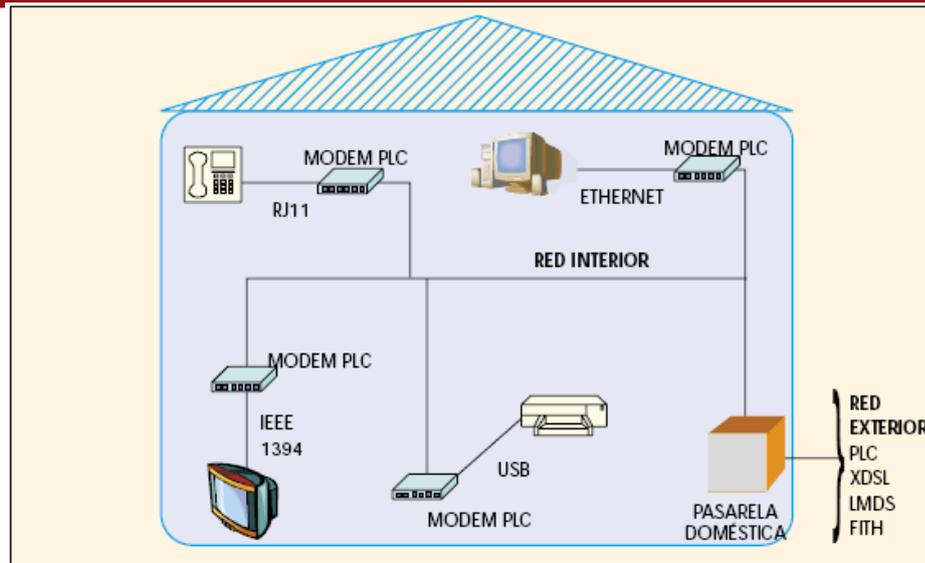


Figura 7-a: Redes con la tecnología PLC Indoor [5].

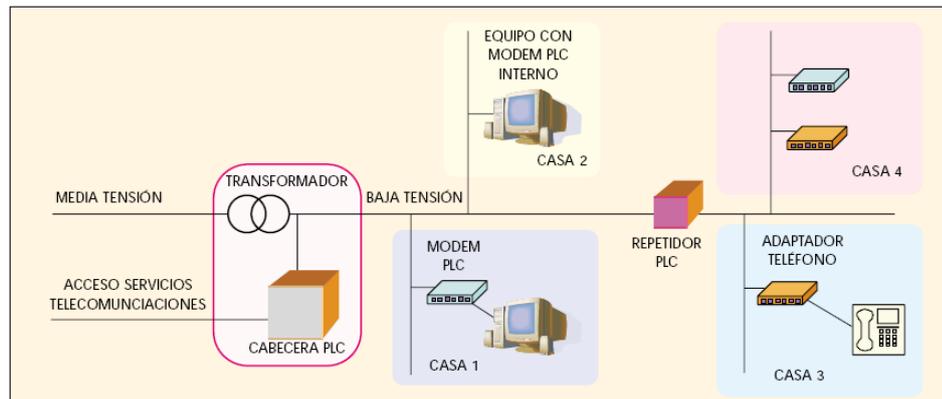


Figura 7-b: Redes con la tecnología PLC Outdoor [5].

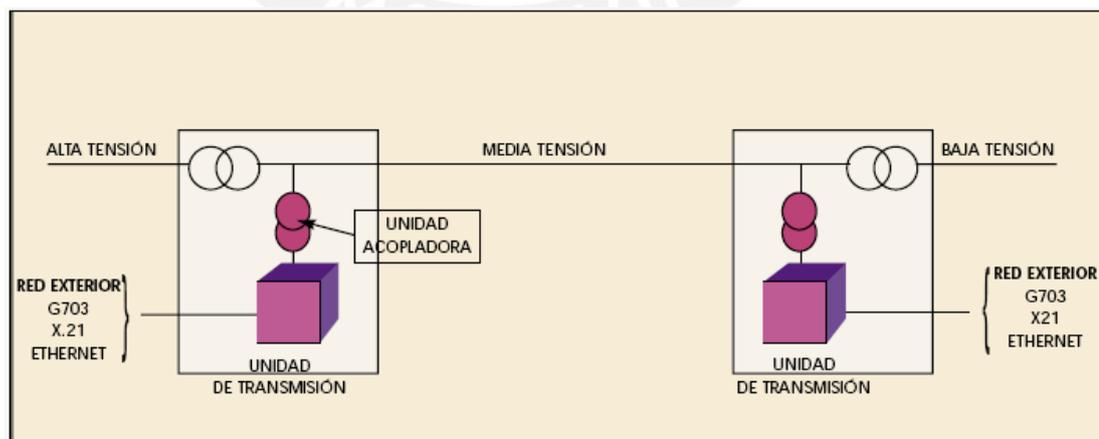


Figura 7-c: Redes con la tecnología PLC de media tensión [5].

La aplicación en redes de acceso y redes de media tensión usa frecuencias en un rango menor a la usada en redes locales, esto se debe a que al usar una menor frecuencia se logra una menor atenuación de la señal y por consiguiente una mayor distancia, lo cual es una necesidad obvia en este tipo de redes. En la Figura 8 se aprecia una referencia de la relación entre distancia media alcanzada en relación con la frecuencia que se utilizó, los resultados fueron obtenidos en base a la experimentación obtenida por APTEL (Asociación de los propietarios de la infraestructura de las compañías y de los sistemas privados de telecomunicaciones - Brasil)

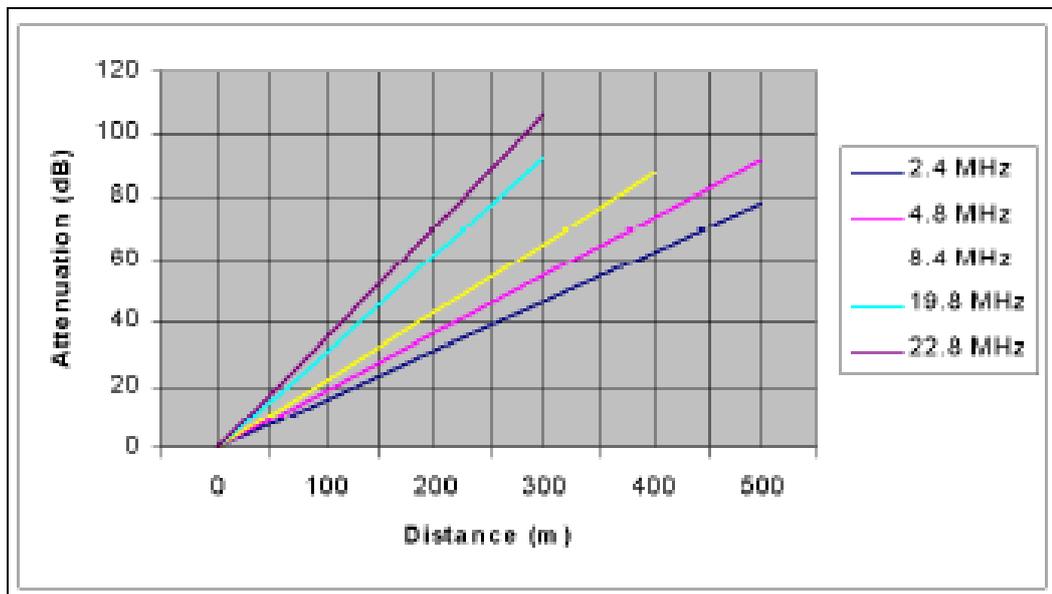


Figura 8: Relación entre la distancia y la frecuencia de transmisión.

Siendo una tecnología aun en prueba ya existen planes piloto con servicios comercializados en varios países de Europa, en nuestro país la empresa eléctrica Luz del Sur ha realizado ya pruebas con la tecnología.

2.3 Características eléctricas

2.3.1 Características de la instalación

Según el Código Nacional de Electricidad (CNE) en edificaciones verticales con dos o más plantas, las conexiones de entrega del servicio eléctrico deben ser centralizadas en un solo punto, debiendo ser este en la base o la primera planta de la edificación, además debería poderse acceder a este en todo momento y de

manera fácil. Este punto de entrega es la acometida y comprende entre la red de distribución, incluyendo el empalme y la caja de conexión/medición o la caja de toma [54] (Anexo N°2). Existen tres tipos de acometida:

- a. Aérea
- b. Aéreo-Subterránea
- c. Subterránea

Además según el cable de acometida o de sub-acometida y por el número de usuarios se tendrá tres clases de conexión: Conexión simple, Conexión doble y Conexión en derivación (Figura 9).

- a. **Conexión simple:** Es el suministro a un solo usuario, usando una caja de medición.
- b. **Conexión Doble:** Es el suministro a dos usuarios pero usando una sola acometida.
- c. **Conexión en Derivación:** Es el suministro de energía eléctrica a más de dos usuarios, para esto se empleará una sub-acometida y cajas de derivación

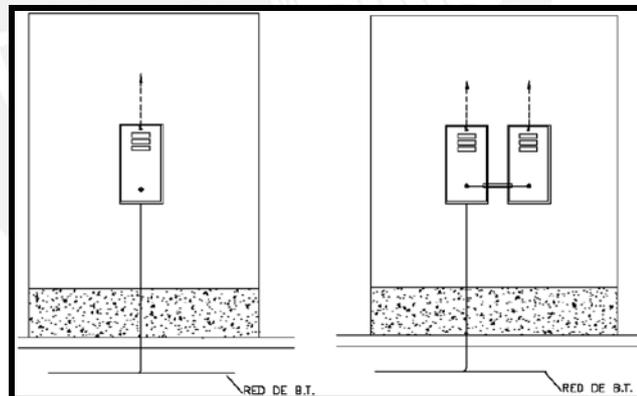


Figura 9-a: Conexión Simple y Doble [54]

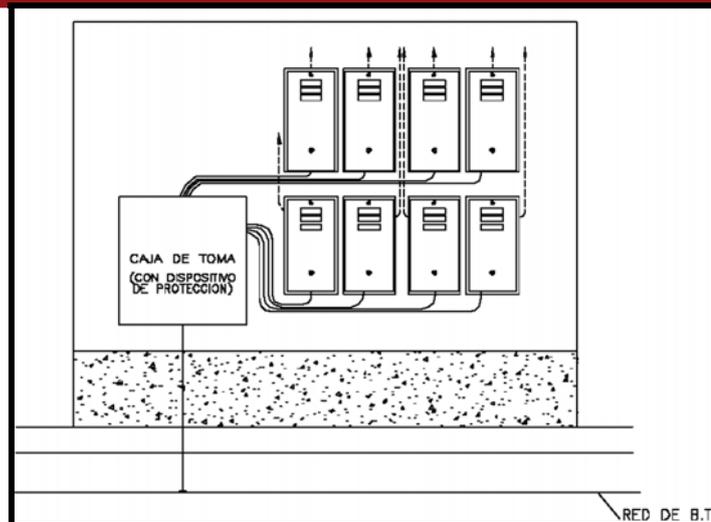


Figura 9-b: Conexión de Derivación [54]

La conexión en derivación es de nuestro interés dado que es la usada en construcciones tipo edificio, las cuales son compartidas por varios usuarios (como es el caso de departamentos) y al mismo tiempo representa el punto en común en la infraestructura eléctrica de los usuarios habitantes del edificio.

Luego de la acometida se distribuye el servicio eléctrico a través de las cajas de medición, las cuales albergan a los dispositivos de medición y también podría contener dispositivos de protección y maniobra, cada una le corresponde a cada usuario del edificio. Los dispositivos principalmente son:

- a) Contadores de Energía Eléctrica
 - Electromecánicos
 - Electrónicos
- b) Interruptores Automáticos de Baja Tensión
 - Interruptor Automático de Corriente Diferencial-Residual o Diferenciales
 - Interruptor Termo magnético
- c) Fusibles y Porta fusibles

Se sabe que en conjunto el contenido de la caja de medición genera interferencias al paso de la señal PLC [4], dificultando el paso de la señal a través de esta.

2.3.2 Características del canal

Para caracterizar el canal un estudio realizado en [14], analiza la capacidad del medio de transmisión en el nivel de enlace en aplicaciones Indoor, para un ambiente destinado a oficina u hogar y usando frecuencias entre 1 MHz y 30 MHz. Para esto se midió la Función de Transferencia, y la Densidad Espectral de Potencia del ruido presente en el canal con un Analizador de Red y un Analizador de Espectros, respectivamente. Entre los dispositivos de medición y las líneas eléctricas se usó un circuito que filtre y solo permita el paso de la señal PLC [14], un circuito muy usado como interfase es el mostrado en la Figura 10, este emplea condensadores de alto voltaje que filtran las señales de 50/60 Hz, también tiene un transformador Broadband y ofrece protección por sobre voltaje con los diodos empleados [63], [59].

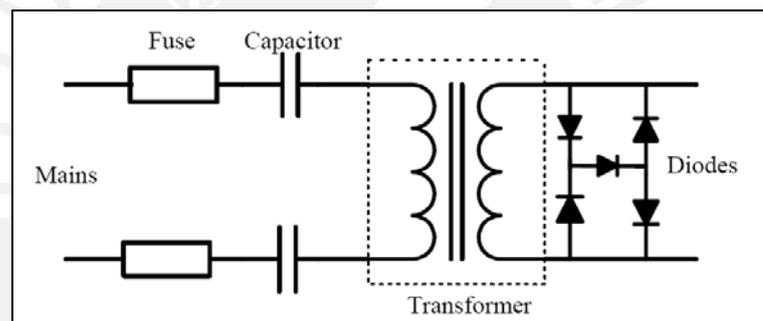


Figura 10-a: Circuito de interfaz [63].

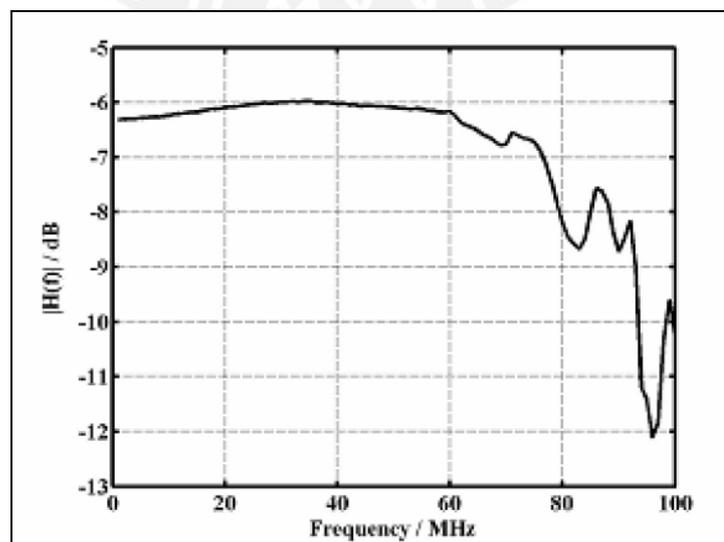


Figura 10-b: Función de transferencia del circuito de interfaz [63].

Del análisis de las medidas tomadas se nota que la Función de Transferencia muestra bastante diferencia en el grado de atenuación y la frecuencia afectada por esta, en la siguiente figura se muestran esto y se a clasificado los resultados obtenidos en la transmisión como: bueno (Good), promedio (Average) y debajo del promedio (Below average).

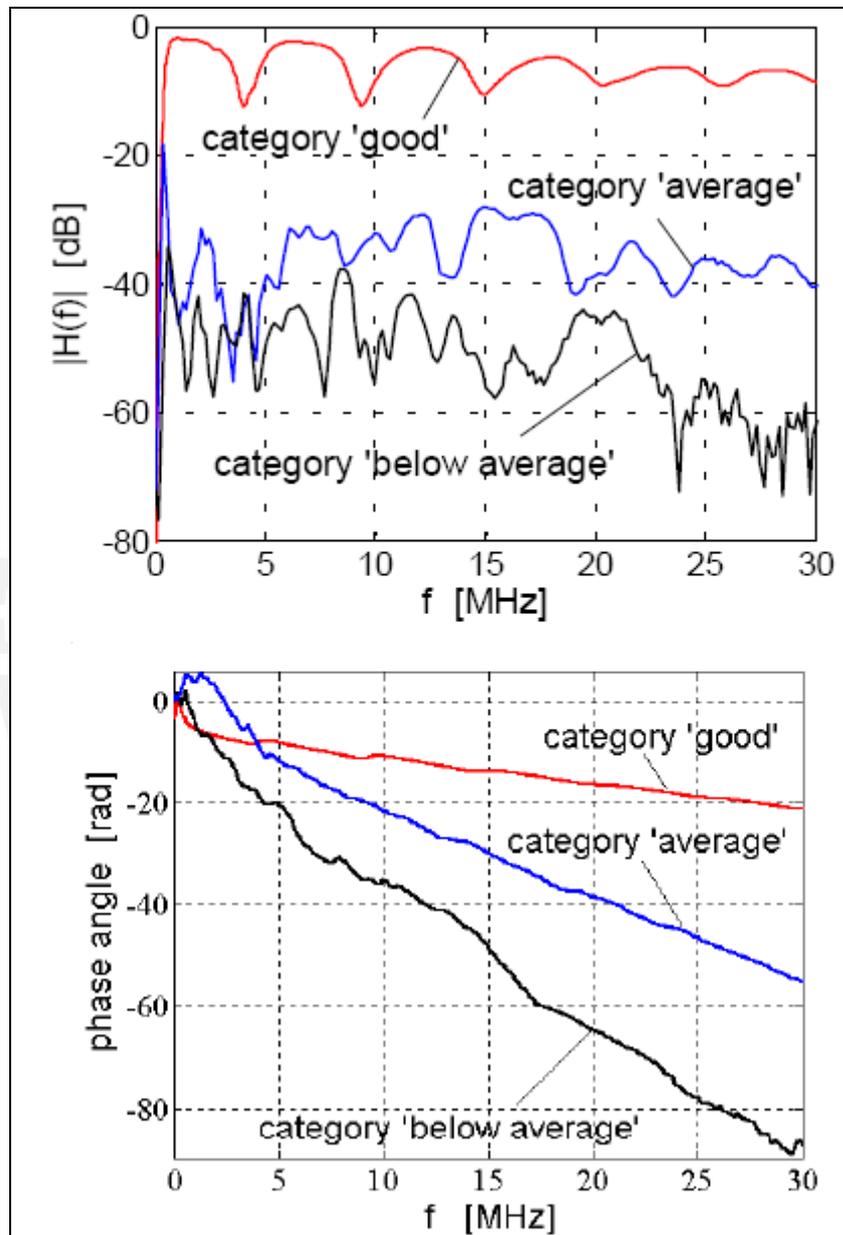


Figura 11: Ejemplos de las variaciones en amplitud y fase de la función de transferencia del PLC [14]

Del estudio también se concluye que la atenuación medida a altas frecuencias aumenta más que las bajas frecuencias a mayores distancias entre los puntos usados para la medición, asimismo la frecuencia afectada depende de las

características de impedancia, la topología de la red eléctrica y las cargas eléctricas conectadas a los puntos de alimentación [14], [59].

Las “desadaptaciones” de impedancia o variaciones en la impedancia a lo largo de la red producen reflexiones [5], efecto similar a un rebote de la señal generado por la discontinuidad en la línea de transmisión, es decir por las distintas impedancias de los dispositivos que estén conectados o por los puntos de alimentación que no tengan dispositivo alguno conectado, representado así un circuito abierto. Es así que las características de la función de transferencia (Figura 12), sobre todo las muescas apreciables en la amplitud del espectro pueden ser explicadas por el efecto de propagación en múltiples caminos a causa de las reflexiones. La misma figura nos muestra que la variación con el tiempo de la amplitud del espectro de la Función de Transferencia de la señal PLC es casi estática, solo varía lentamente con el tiempo, excepto cuando se modifica la topología de la línea eléctrica, cuando se conectan dispositivos eléctricos, por ejemplo.

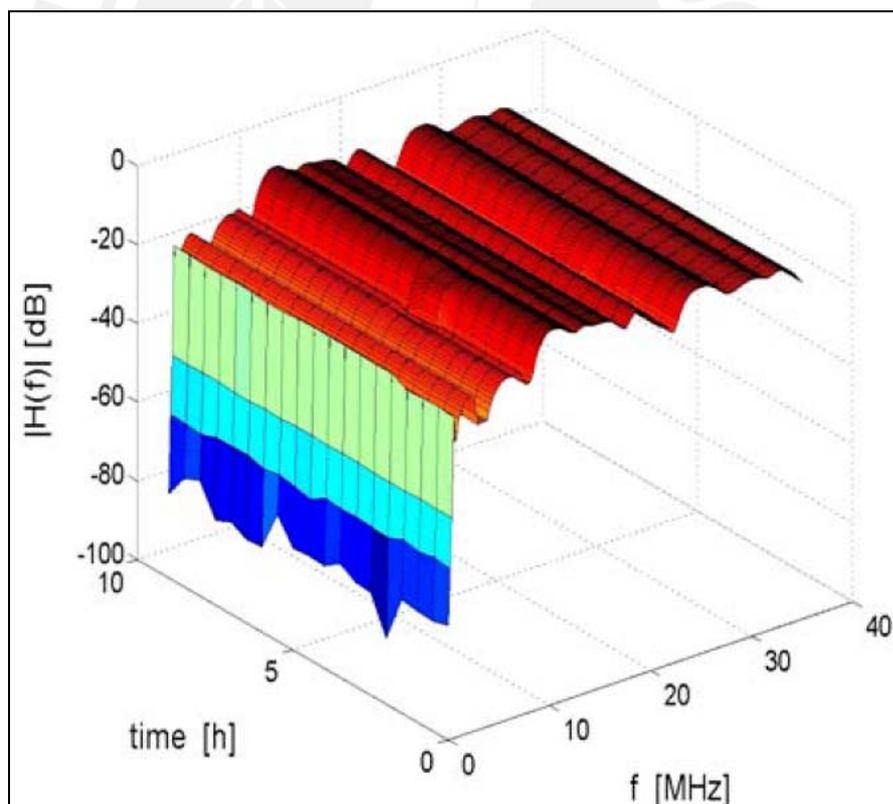


Figura 12: Variación de la amplitud del Espectro de la función de transferencia PLC con el tiempo (8 horas)

Las características del canal son dependientes de la frecuencia, del tiempo y de la ubicación del transmisor y receptor (Figura 13). Como medio preparado para la

transmisión y distribución de la energía eléctrica en forma de tensión alterna a frecuencia bajas de entre 50 y 60 Hz., al ser compartido para el envío de datos a altas frecuencias este resulta ser un medio difícil y hostil al encontrarse fuertemente expuesto al ruido (Figura 13) y a la interferencia [3]. Principalmente se tiene:

- Ruido de fondo estacionario durante segundos u horas. El cual esta formado principalmente por:
 - Ruido coloreado,
 - Ruido de banda estrecha
 - Ruido periódico.
- Ruido impulsivo el cual tiene una duración que van de microsegundos a milisegundos, formado principalmente por:
 - Ruido impulsivo periódico y
 - Ruido impulsivo asíncrono producido por apagados y encendidos.
 - Reflexiones por múltiples caminos

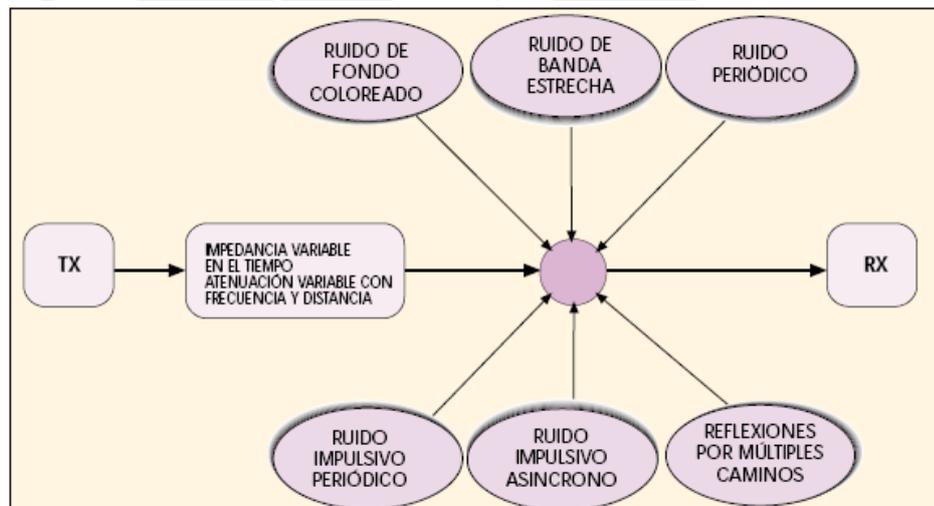


Figura 13: Características del Canal [5]

En la Figura 14 se tiene la variación del ruido a lo largo del día, durante la tarde y noche el ruido decrece en algunas frecuencias, esto quizás se deba a que muchos dispositivos eléctricos dejan de ser usados en ese momento del día. Típicas fuentes de ruido para la señal PLC en aplicaciones indoor son motores, fluorescentes, lámparas halógenas, interruptores, etc. [4]. Así mismo en la tarde y noche a otras frecuencias el ruido aumenta porque las condiciones de propagación en la atmósfera mejoran para trasmisiones de onda corta y onda media [14], [60], señales

que interfieren con la del PLC. Las características del canal no varían rápidamente con el tiempo, pero si lo hacen frecuentemente por lo que los parámetros de transmisión deben adaptarse continuamente.

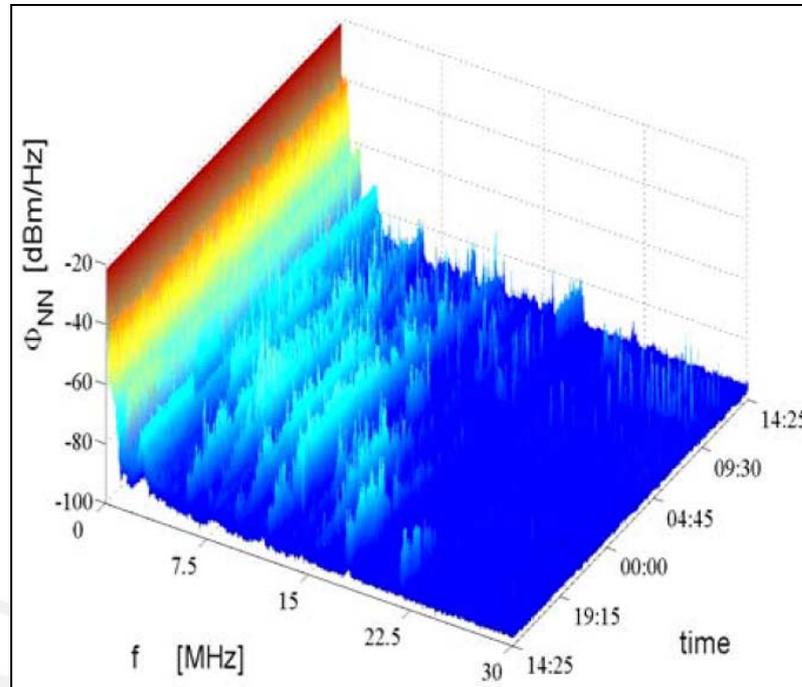


Figura 14: Variación con el tiempo de la densidad espectral de potencia del ruido de un canal PLC [14].

Entre los diferentes tipos de ruido mencionados anteriormente se tiene que los más importantes son el ruido de fondo coloreado y el ruido impulsivo asíncrono [59]. El primero tiene relativamente una baja Densidad Espectral de Potencia, variante con la frecuencia. Este tipo de ruido es causado principalmente por la suma de numerosas fuentes de ruido con baja potencia [60], en la Figura 15 se aprecia el espectro medido en laboratorio y se puede ver que este ruido es suavemente distribuido sobre el espectro. Se nota que su Densidad Espectral de Potencia decrece en función de la frecuencia en un promedio igual a:

$$N(f) = 10^{a-b*f^c} \quad (\text{W/Hz}).$$

Aplicando un algoritmo de ajuste polinomial sobre la curva provisto por MATLAB, se encuentra que $a=-115$, $b=100$ y $c=-0.8$ son una buena aproximación para los resultados obtenidos en la grafica [59].

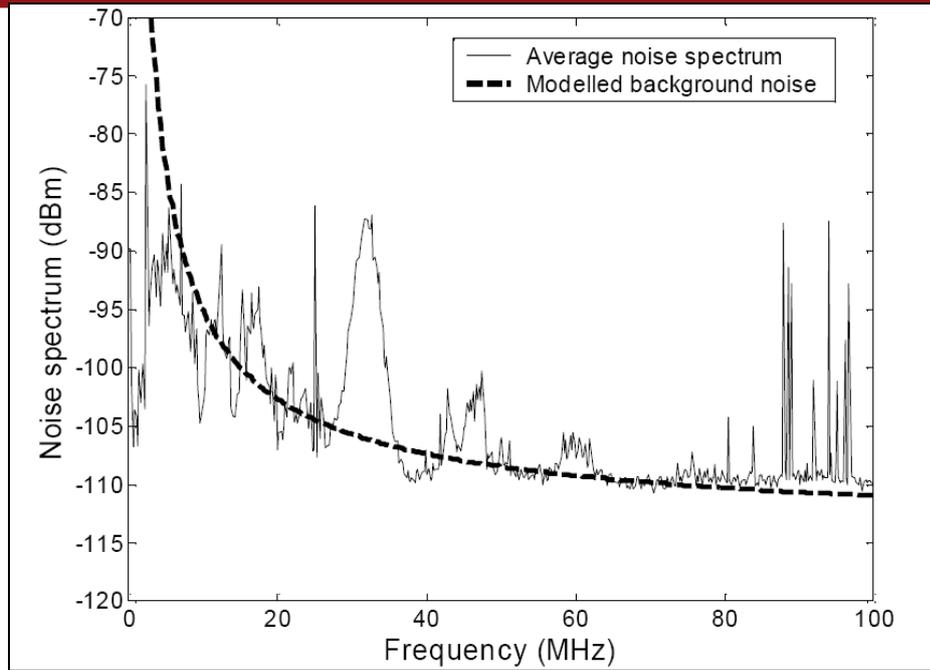


Figura 15: Ruido de fondo coloreado y su aproximación [59].

Por otro lado el Ruido Impulsivo Asíncrono es causado por los transitorios de tensión (switching transients), los cuales son impulsos de alta tensión con una duración de algunos microsegundos hasta pocos milisegundos

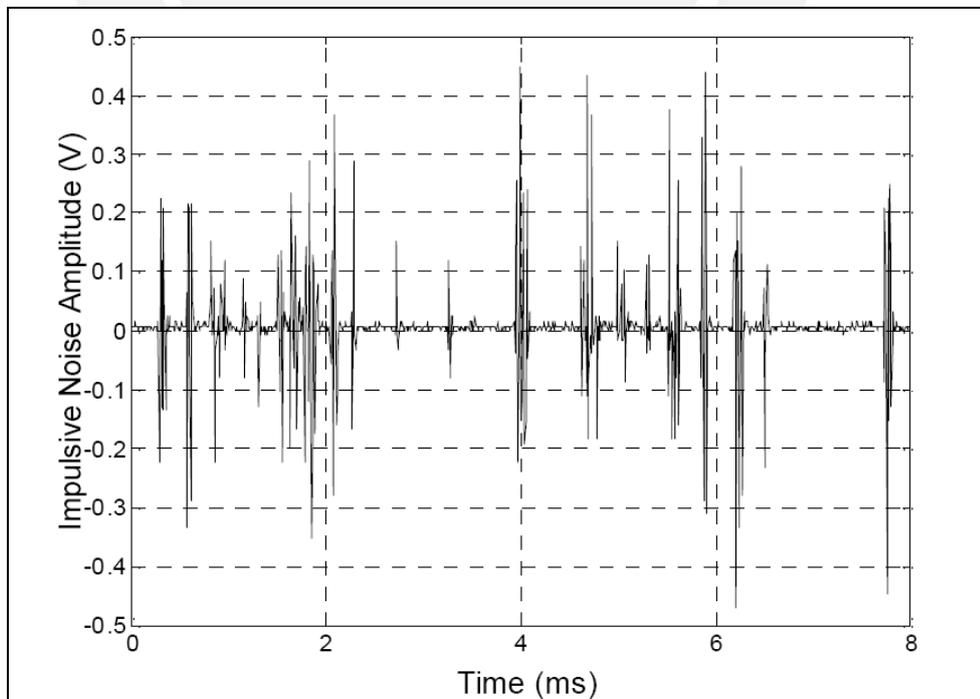


Figura 16-a: Ruido Impulsivo asíncrono - Escala en ms

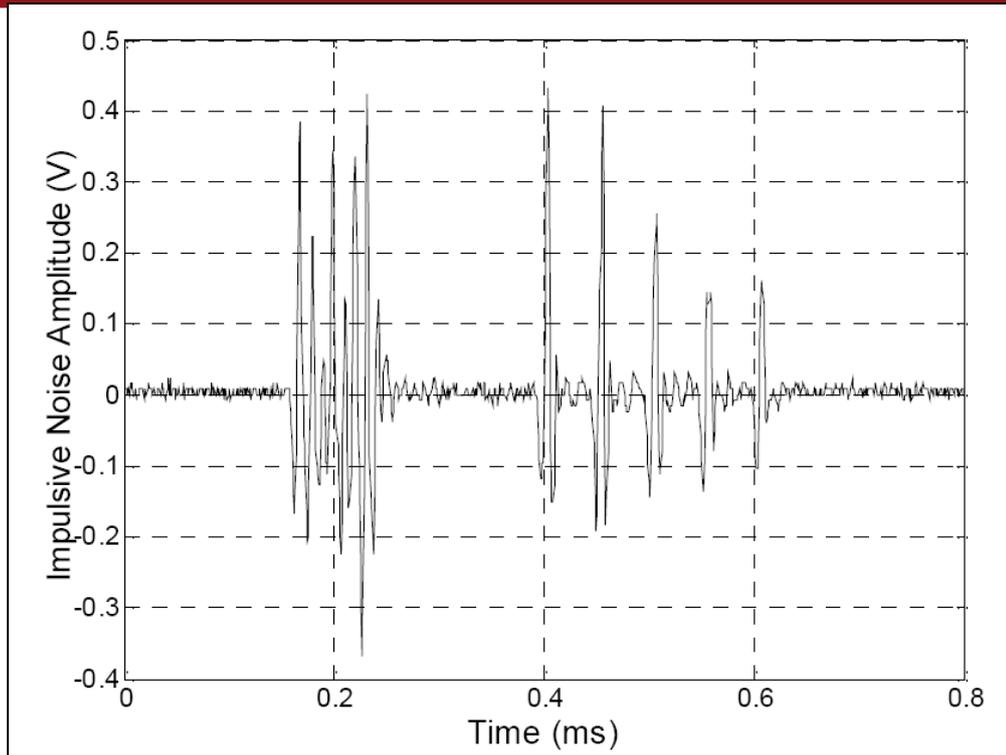


Figura 16-b: Ruido Impulsivo asíncrono - Escala en μ s

La densidad espectral de potencia en este tipo de ruido en promedio tiene niveles de 30dB sobre el ruido de fondo coloreado.

Las tres propiedades mas importantes usadas para el modelamiento del ruido impulsivo son amplitud, duración y intervalos de de aparición [59]. En la siguiente tabla se presenta estos parámetros estadísticos basados en 2000 mediciones de muestra.

	Media	Desviación Estándar (σ)
Amplitud (mV)	229	121
Duración (μ s)	205	157
Intervalo de tiempo (ms)	0.667	0.445

Tabla 7: Parámetros estadísticos del ruido impulsivo

2.4 Normativa

2.4.1 Sobre la tecnología PLC

Un punto en contra en este desarrollo es que a pesar de los grandes avances, no hay un estándar único que permita la interoperabilidad entre distintos fabricantes, para esto existe el apoyo de la FCC y de la Comisión Europea principalmente por regular esta tecnología. Desde el 2004 se ha puesto en marcha el Proyecto Opera (Open PLC European Alliance) con el apoyo de la Comisión Europea y que reúne varios socios europeos con la finalidad de desarrollar la tecnología y establecer un estándar. Asimismo la Comisión Europea ha creado el proyecto "6power" para coordinar la integración aplicaciones y servicios con Internet IPV6 junto la tecnología PLC [58]. Sin existir aun un estándar definitivo, existen sistemas incompatibles que se diferencian principalmente por el tipo de modulación empleada. Entre estos están DSSSM (Direct Sequence Spectrum Modulation), GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) y OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), que es el sistema mas utilizado incluso en estándares IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

Los esfuerzos de Europa por regular la tecnología consideran las dos vertientes del PLC *indoor* y *outdoor* y que ambas puedan coexistir, ya que ambas tendrían futuro en el sistema eléctrico europeo. Es por eso que se ha dividido el espectro de 3 a 12 Mhz para redes de acceso y de 13 a 30 Mhz, para uso domestico. Sin embargo en EEUU existe un caso diferente, se ha establecido el estándar HomePlug, apoyado por HomePlug Powerline Alliance, alianza de empresas americanas que han establecido esta normativa para redes *indoor*, estableciendo rangos de frecuencia de 4.3 a 20.9 Mhz. Estando clara la no compatibilidad entre ambas normas por el distinto uso que se hace del espectro.

La razón del solo interés de EEUU por redes domesticas reside en el hecho de que en su distribución eléctrica hay muy pocas casas conectadas a una subestación, lo que implicaría realizar una inversión para implementar el servicio teniendo unos pocos posibles usuarios. Esto no sucede en Europa, donde por cada subestación acceden algunos cientos de usuarios, existiendo de esta manera un mayor mercado que justifique la implementación de una red de acceso y ofrecer servicio de Internet

por esta vía [5]. El caso europeo es similar hasta cierto punto con el nuestro y favorable al considerar ambas aplicaciones (*indoor/outdoor*).

2.4.2 Sobre el uso de las líneas eléctricas

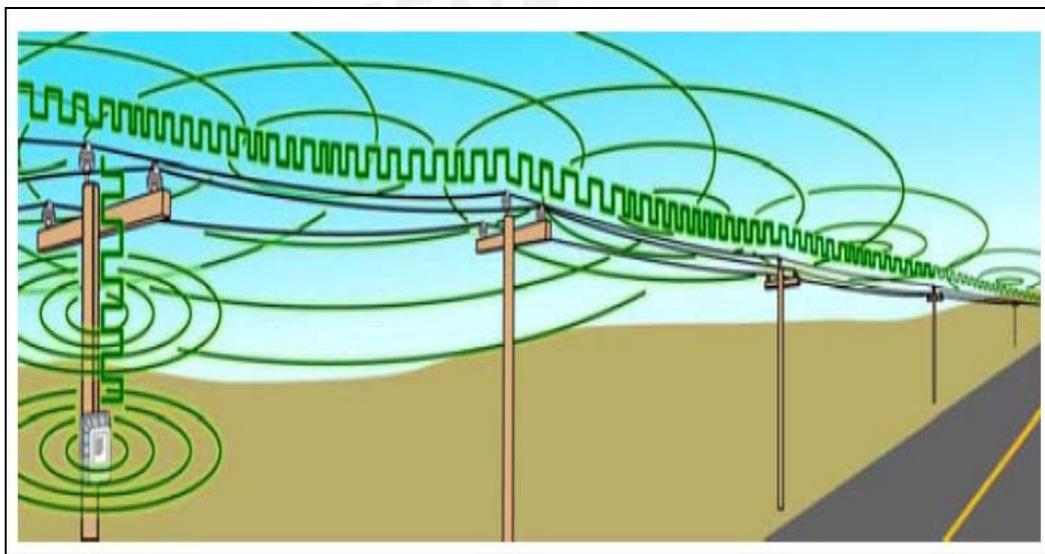
Aun no existe una norma definida para el uso de las líneas eléctricas en la transmisión de información. Pruebas realizadas por el autor demuestran, que la señal pasa por la caja de toma y de alguna manera “contamina” el sistema de distribución, pudiendo pasar la señal de una residencia a otra [62], pero dado los niveles de tensión y sobre todo de frecuencia muy alejadas de la frecuencia de la distribución eléctrica, esta se podría considerar despreciable. Sin embargo es conveniente impulsar el desarrollo de una normativa clara y que considere ambas aplicaciones de la tecnología. Así mismo existe la inseguridad de exponer la comunicación, para esto alternativamente se puede mantener la seguridad en las comunicaciones con métodos de encriptación [62]. El estándar Homeplug por ejemplo, especifica el uso de DES (Data Encryption Standard).

“En lo económico en el Perú a diferencia de Europa, no se incentiva a las empresas para la incursión en este servicio. Aunque en el Osinerg están a favor de la existencia de comercializadores de electricidad que compitan con las distribuidoras eléctricas, ello no está reglamentado aún (el Ministerio de Energía y Minas no tiene una posición clara al respecto) y los usuarios finales son clientes cautivos de las distribuidoras. Sin embargo, en un contexto en el que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el Osiptel buscan mecanismos que permitan ampliar la cobertura del servicio de telefonía fija y el acceso a Internet, no sería una mala opción “incentivar” a las empresas eléctricas, cuya red es mayor que la de telecomunicaciones, a que ofrezcan este servicio.” [48]

2.4.3 Interferencias

Una característica importante y punto en contra del uso de la red eléctrica para el envío de información a altas frecuencias es que siendo un material conductor recubierto con un aislante y no apantallado, la transmisión a través de estas líneas implica emisiones en las zonas altas del espectro, entre la banda AM de radio y a VHF de TV, emisiones perjudiciales para los servicios que usen esta banda, entre los cuales se encuentra las transmisiones de radio de onda corta, las banda de

radioaficionados, comunicaciones militares, investigaciones de radioastronomía, etc., servicios comerciales y no comerciales que aprovechan este espacio del espectro dada la ventaja de poder transmitir alrededor del globo con mayor confiabilidad [7] [3]. Este es un punto fuerte en contra del PLC, es por eso que organizaciones como la Federal Communication Commission (FCC) o la Comisión Europea buscan establecer rangos máximos para estas emisiones, y en general establecer una regulación general, pero como ya se mencionó no lo hacen de manera conjunta por las diferencias en el sistema de distribución eléctrica ya mencionadas en Europa y Estados Unidos, no habiendo un estándar único que facilite la interoperabilidad entre productos de distintos fabricantes [5].



[40]

Figura 17: Emisiones perjudiciales

Pruebas realizadas por la Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile SUBTEL y la Federación de Clubes de Radioaficionados de Chile (FEDERACHI) dan mayores alcances sobre las interferencias producidas sobre las banda de radioaficionados en receptores ubicados cerca de las redes eléctricas donde se transmiten datos a través de la tecnología PLC, usándose una estación de HF fija y una de HF móvil (Anexo N°3). Notándose interferencias de tipo continua en los segmentos comunes usados por el sistema PLC y los equipos de HF, interfiriendo fuertemente en la estación HF móvil e inhabilitando la recepción de señales de igual o menor intensidad en la estación HF fija. La distancia en la que las señales interferentes no se perciben en una estación móvil de HF fue aproximadamente entre 100 a 150 metros.

La antena usada en la estación fija fue un dipolo para la banda de 20 metros, ubicada paralelamente a 10 metros aproximadamente de las líneas donde se aplico la señal PLC. La antena de la estación móvil consistió en una huasca metálica y un sintonizador de antena.

Además que una transmisión de un equipo de HF ubicado a una distancia menor de 10 m de los cables que transportan la señal PLC, interrumpen la comunicación durante el tiempo que el transmisor este activado con modulación. De las pruebas se concluye que la operación de la tecnología bajo los actuales parámetros afectaría gravemente la operación del Servicio de Aficionados a las Radiocomunicaciones, y se presume también afecta a otros usuarios del espectro de HF [57].

2.5 Ventajas y desventajas

Este desarrollo tecnológico permitiría enviar una gran cantidad de información a través de la línea eléctrica ya de por si ventaja principal, además de un ahorro en infraestructura, rapidez de instalación y despliegue, múltiples aparatos eléctricos podrían ser controlados y supervisados mediante el uso de la tecnología PLC. Dadas las características de la infraestructura existe la ventaja de trasladarse con la computadora por la casa y tener la posibilidad de acceder a Internet, ya que cada enchufe se convierte en un punto de conexión [5].

Tecnología	Throughput
Ethernet	10 Mbit/s
Fast Ethernet	Hasta 100 Mbit/s
Gigabit Ethernet	Hasta 1000 Mbit/s
IEEE 802.11b	Hasta 11 Mbit/s
IEEE 802.11b	Hasta 54 Mbit/s
PLC(1ª Generación)	Hasta 45 Mbit/s
PLC(2ª Generación)	Hasta 130 Mbit/s

Tabla 8: Throughput nominal máximo de distintas tecnologías [4]

Como principales desventajas se tiene la falta de una normativa única que permita el crecimiento de la tecnología y las posibles interferencias de esta tecnología con otras.



3. Propuesta de diseño

En esta sección se presenta la hipótesis y el objetivo basándose en la información presentada en los dos capítulos anteriores y se plantea la solución a la problemática presentada en el Capítulo 1; luego de esto se presentan los parámetros necesarios a considerar en el diseño y los equipos así como la metodología para el diseño, necesaria al implementar la propuesta planteada.

3.1 Hipótesis de la investigación

Dada la actual problemática en lo que refiere a costos y eficiencia en la infraestructura y servicios en el acceso a Internet en complejos habitacionales o edificios con diversas utilidades, se desea implementar una mezcla de nuevas tecnologías que en conjunto satisfagan estos requerimientos y proporcionen una solución inmediata pero que además a futuro permita mejoras como las de ampliación a una red de acceso PLC desde la subestación y/o para aplicaciones de Domótica.

- El acceso a Internet es cada vez más requerido para actividades de toda índole, desde investigación, documentación, trámites, entretenimiento, etc., con tales prestaciones ya deja de ser un servicio exclusivo y pasa a ser un servicio de alto requerimiento. Dado que en nuestro país aun no ha logrado masificarse su uso, queda un claro obstáculo para nuestro desarrollo; esto demuestra la necesidad de revertir esta condición.
- La tecnología aplicada debe cumplir ciertos requerimientos, dado que ya existen alternativas que permiten un acceso, la solución a implementar debe cubrir las carencias de las actuales alternativas de conexión, como son costos y eficiencia en la infraestructura.
- La tecnología PLC, brinda prestaciones que satisfacen los requerimientos, si embargo presenta algunos puntos en contra, es por esto que se considera hacer uso de otras tecnologías como es Wi-Fi, de tal manera que se pueda ofrecer una alternativa sólida y superior.

- En el futuro se prevé un mayor uso del Protocolo TCP/IP en electrodomésticos, por tanto un avance en el uso de esta tecnología nos acercaría más a los nuevos avances.

3.2 Objetivos de la investigación

3.2.1 Objetivo General

Se busca diseñar una red de área local (LAN) que permita un acceso compartido, eficiente y de bajo costo a Internet y que además permita una posible ampliación a una futura red de acceso PLC como de aplicaciones tipo domótica.

3.2.2 Objetivos específicos

Notar y satisfacer la demanda de acceso a Internet con una solución económica y eficiente, superior a las ya ofrecidas en el mercado.

Mostrar las dificultades de las actuales opciones para el acceso a Internet, y como estas impidan que uso de Internet se masifique.

Incursionar en el uso de nuevas tecnologías como PLC, la cual aun es nueva y esta en desarrollo pero su uso nos permitirá evaluar su desempeño en nuestro país.

Tener una experiencia previa para avanzar en la factibilidad de una posible red de acceso, a través de la distribución eléctrica y ofrecida desde la subestación.

3.3 Universo y Muestra

Para efectuar la investigación se tomara como universo toda la zona donde se de el alcance que la red de telefonía, además donde el servicio de ADSL o CATV son proporcionados. Como muestra se tomará un complejo habitacional ubicado en Lima Metropolitana por su facilidad de acceso y donde los resultados concluidos se podrán generalizar al universo señalado.

3.4 Propuesta

Dada las características en servicios de Telecomunicaciones presentadas en los capítulos anteriores y de la especial problemática que existe para acceder a estos en edificaciones verticales, sumado a las inigualables características que la tecnología PLC presenta; se propone el diseño de una red LAN basada en la tecnología PLC que permita compartir el acceso a Internet.

El acceso a Internet será conseguido inicialmente partir de alguna tecnología comercial tipo ADSL o Cable MODEM, sin embargo mas adelante se vera que el futuro se podrá aplicar la tecnología PLC desde la subestación y brindar el servicio de acceso. La red de acceso llegará físicamente a algún punto de fácil y cómoda instalación y mediante la tecnología PLC se podrá inyectar la señal a la distribución eléctrica de la edificación (Figura 18), de esta forma cada punto eléctrico, será un punto potencial de acceso (Figura 19).

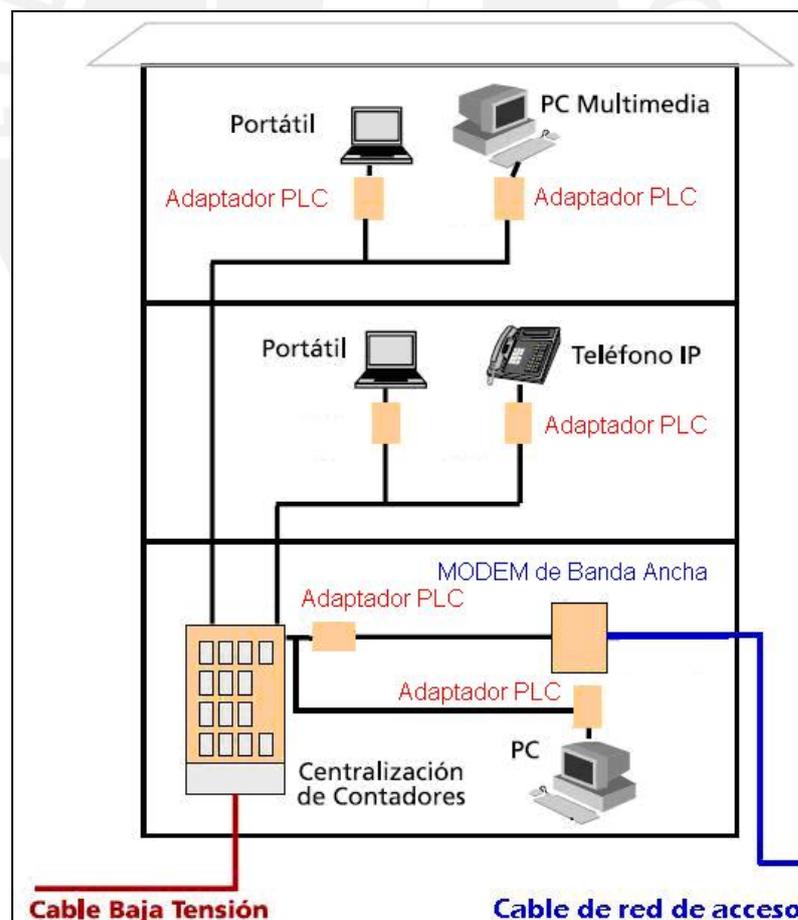
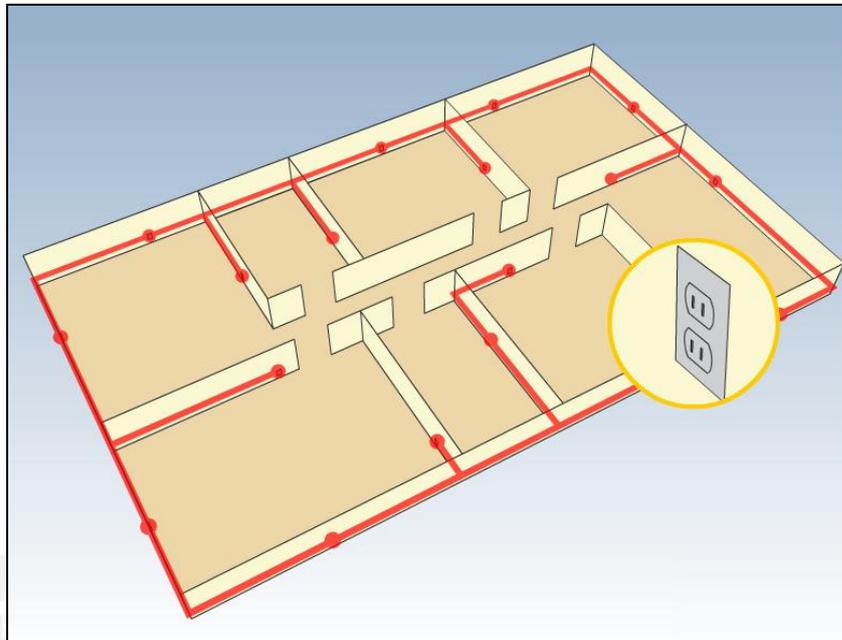


Figura 18: Topología Propuesta para compartir el acceso a Internet [4]

Nótese que la computadora ubicada en el primer piso de la gráfica superior hace uso de un Adaptador PLC, sin embargo al estar cerca del MODEM podría prescindir de este si el MODEM tiene funcionalidad de router y tiene más de un puerto de red, conectándose a este directamente.



www.homeplug.org

Figura 19: Cada punto de alimentación será un punto de acceso.

Además de la topología presentada se podrá disponer de la tecnología Wi-Fi para extender aun más el rango de cobertura o para extender la señal de un edificio a otro. Todo esto claro con un decremento en el ancho de banda de la conexión individual de cada usuario al aumentar de número de usuarios total de la conexión compartida.

En los casos de edificios de gran altura, puede ocurrir que la señal llegue sin problemas hasta cierto punto, pero que la degradación de la señal, dificulte el acceso en niveles superiores, situación similar puede ocurrir en edificios con topologías de distribución eléctrica complicadas, esta dificultad se da en ambos casos por emplear distancias mayores de cableado a las soportadas por los adaptadores y que son especificadas en sus características técnicas. Como solución se podrá emplear un adaptador PLC de alguno de los clientes configurado como un repetidor para el resto de usuarios con dificultades en el acceso [4].

De las principales propuestas mencionadas en el capítulo 1, además de querer brindar una solución aplicable en la mayor cantidad de edificios posibles, se prefiere usar el servicio de banda ancha de mayor cobertura, en este caso ADSL. Dentro de los distintos planes ofrecidos (Tabla 4), se deberá seleccionar uno de acuerdo a su velocidad y costo, considerando que ambas variables disminuirán en relación directamente al número de usuarios de la red.

Para la elección de equipos ambas normativas (europea y americana) serán aplicables en nuestro medio, pero elegir la normativa europea en los equipos se tiene una proyección, ya que se podría implementar el servicio de acceso a través de PLC; de esta manera, la solución planteada se adaptaría y se mejoraría al ofrecer una mayor velocidad y reducción del costo de acceso. Elegir los equipos con la normativa americana cumplirá con los requerimientos del proyecto pero no existirá la proyección antes mencionada.

Esta propuesta permitirá tener una mejor oferta económica al estar compartida la tarifa mensual por el servicio de la red de Acceso, lográndose así un costo aún menor, más adelante se desarrollará en mayor detalle el aspecto económico. Además será eficiente dado que no requiere mayores obras civiles, cualquier punto eléctrico es un punto de acceso potencial, solo será necesario hacer uso de los adaptadores PLC que permitan inyectar y/o extraer la señal de las líneas eléctricas.

3.5 Parámetros a considerar

a) Interfase:

- **Hacia la red:** Conectores de alimentación estándares
- **Hacia equipos:** La tecnología ofrece principalmente la interfase RJ-45 y USB, también existen equipos con tecnología WI-FI.

b) Estándar:

Algunos estándares a considerar son los siguientes:

- **IEEE 802.3:** Protocolo de IEEE para LAN que especifica la implementación de la capa física y de la subcapa MAC de la capa de enlace de datos.

- **Homeplug:** Es la norma americana para redes domésticas usando la tecnología PLC.

 - **IEEE802.11:** También conocido como **WI-FI** es un estándar de protocolo de comunicaciones de la IEEE que especifica normas de funcionamiento en una WLAN. En general, los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local.

 - **USB:** El Bus de Serie Universal es una interfaz que provee un estándar de bus serie para conectar dispositivos a una PC.
- c) Certificaciones:**
Esto depende de los equipos usados y con la regulaciones que estos cumplan, ya sea americana y europea (FCC parte 15 clase B y CE) básicamente.
- d) Número de nodos:**
Este factor esta íntimamente relacionado a las características del equipo, y será necesario revisar estas para identificar la cantidad máxima de nodos a ser conectados a la distribución eléctrica.
- e) Velocidad:**
La velocidad teórica estará dada por los equipos empleados y será de 14, 56, 100, etc. y incluso hasta 200Mbps, sin embargo habrá un decremento debido al medio de transmisión, y a las interferencias antes mencionadas.
- f) Distancia de cobertura:**
Este factor depende de la tecnología del equipo y de acuerdo a esta se tendrá una distancia de cobertura en el cableado eléctrico para dar el servicio. Es necesario considerar este parámetro para los pisos mas alejados del MODEM, de ser necesario se deberá usar un adaptador PLC como repetidor de la señal.

g) Cifrado:

Al estar expuesta la señal en construcciones vecinas y cableado cercano, se deberá considerar métodos de cifrado o encriptación, en el caso de PLC se tiene de 56-Bit DES.

3.6 Metodología para el diseño

Una vez que la totalidad o un grupo de usuarios del edificio decidan adquirir el servicio, se recomienda las siguientes fases en la implementación del servicio:

a) Reconocimiento de la red eléctrica:

Es adecuado disponer de un plano de la distribución eléctrica para identificar una distribución trifásica o monofásica, comprobar que los puntos a conectar sean alimentados del mismo par de fases para asegurar así la transmisión, así mismo verificar el tipo de dispositivos conectados y verificar la existencia de algún tipo de dispositivo que pueda ser una fuerte fuente de ruido, en el capítulo anterior se tiene una referencia y clasificación de estos. Este tipo de reconocimiento permite identificar cualquier fuente de ruido peligrosa, y nos alerta de cualquier posible problema en el funcionamiento, sin embargo la tecnología PLC, tal como se ha visto en los capítulos anteriores, esta preparada para operar con los niveles de ruido usuales, como se ha mostrado en el capítulo anterior.

b) Selección de las tecnologías de acceso al servicio:

Como ya se definió en el capítulo anterior; la tecnología de acceso puede ser cualquier servicio comercial de acceso, pero se prefiere la tecnología ADSL por ofrecer un mayor ancho de banda y una mayor cobertura en nuestro país, así como las características necesarias para los actuales requerimientos. Para la selección de equipos PLC se deberá considerar los parámetros mencionados anteriormente.

c) Instalación de equipos:

Se debe proceder a instalar los equipos de la topología, principalmente los adaptadores PLC por usuario del servicio y uno que permite inyectar la señal en la distribución eléctrica. Como se mencionó antes; si el MODEM del servicio ADSL lo permite la PC del usuario que posee el MODEM podrá ser conectado directamente a este, si es que este mismo posee mas de un

puerto de red. También cada equipo deberá contar con una tarjeta de red Ethernet 10/100 Base T y/o con un puerto USB, interfases comunes en los adaptadores PLC.

La función de los adaptadores PLC es de simples bridges, por lo tanto es “transparente” para el usuario, esto permite que se pueda usar cualquier sistema operativo con facilidad y sin necesidad de mayor configuración.

d) Comprobaciones de cobertura:

Verificar el acceso en cada nivel del edificio, de existir algún punto con cierta dificultad para acceder al servicio, se usara un adaptador PLC como repetidor de la señal.

Primero se usará el comando PING, el cual es una aplicación TCP/IP que comprueba el estado de la conexión con un equipo remoto enviando uno o mas datagramas a un host determinado solicitando una respuesta y midiendo el tiempo que tarda en retornar, esta manera se puede determinar si un equipo IP específico es accesible en una desde un punto de red. Por ejemplo el MODEM de acceso, el servidor de Google, el servidor de la PUCP, etc. Con esta aplicación se comprueba que existe un enlace físico y conectividad.

Además, para medir el desempeño de la red se recomienda hallar la velocidad de transferencia de información de la red y no la de acceso que no es la velocidad útil para el usuario, medir la velocidad de transferencia entre la computadora y cualquier pagina Web u otra computadora conectada a la red, para esto se deberá correr un programa tipo servidor que envíe un archivo de prueba a ser descargado por el cliente (máquina desde donde se prueba la transmisión). Un programa sugerido es el SpeedTest, Freeware descargado de <http://www.raccoonworks.com/Downloads.htm>.

SpeedTest permite visualizar gráficamente los resultados obtenidos y permite fácilmente comparar la velocidad de transferencia o de conexión, pudiéndose realizar múltiples muestras para así obtener un promedio de la velocidad.

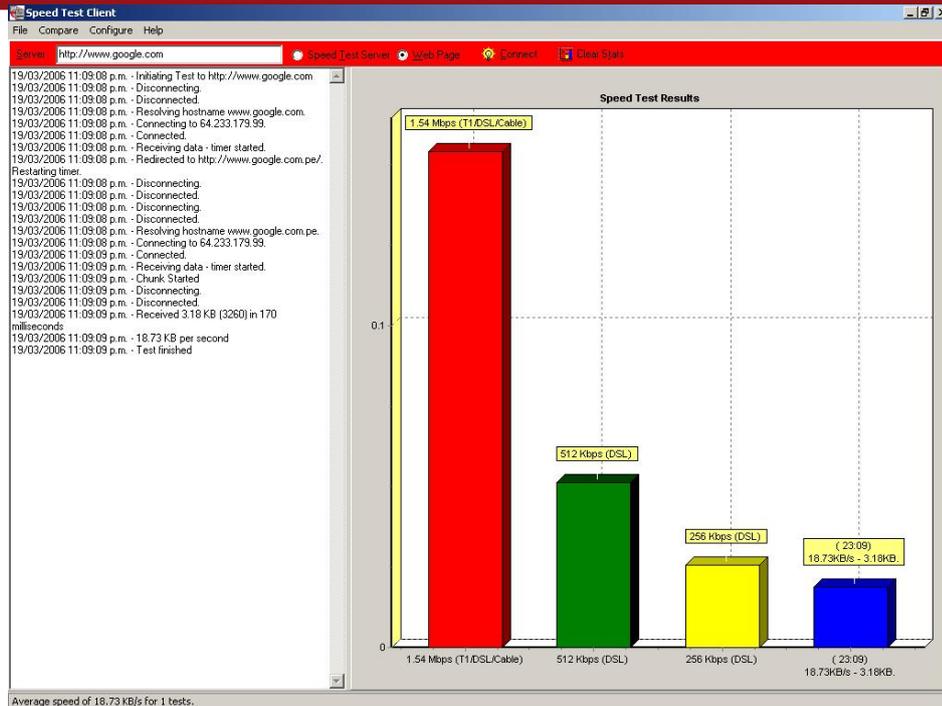


Figura 20: Prueba de velocidad

e) Realización de un diagrama de la red PLC:

Es necesario documentar la red, para en el futuro poder realizar una corrección, ampliación, etc.

4. Diseño de una red de área local para compartir el acceso

4.1 Análisis de costos y viabilidad

La información presentada en los dos primeros capítulos deja clara la necesidad de buscar alternativas eficientes y económicas en el acceso y la propuesta planteada se presenta como una manera de ofrecer un producto que ofrezca el acceso con estas características, es por eso que su viabilidad y aceptación estarían aseguradas.

El mercado ya ofrece productos con la tecnología PLC, Aproximadamente el costo de un adaptador PLC es de entre \$40 y \$50. El costo del servicio de acceso varía de acuerdo a los planes ofrecidos, y se presentan algunos ejemplos en la tabla 3 y 4.

Como ya se ha mencionado la propuesta debe ser económica, esto se da al estar compartido el acceso y por consiguiente el pago por el servicio de acceso entre los usuarios de la conexión. Por ejemplo si en una edificación, se tienen 4 personas que están de acuerdo en adoptar la propuesta. Se propone adquirir el servicio SPEEDY 200 de 200Kbps (downstream), el costo mensual es de S/.99. Entonces para cada usuario:

50 Kbps (downstream), → Por S/.25 (aprox.)

Esto significa poder acceder a un “nuevo plan” con un menor costo, un costo que definitivamente es atractivo y que no afectaría la economía del hogar y si bien es cierto el usuario paga menos y recibe menos en determinados momentos del día no todos los usuarios están usando el servicio o no todos se encuentran descargando información, esto significa que en el usuario tendrá más del ancho de banda que del que paga.

Entonces, dado que sin esta propuesta normalmente el usuario debería pagar S/. 99 se está dejando de pagar aproximadamente S/.75. Luego, como se han supuesto 4 usuarios sería necesario adquirir un Adaptador PLC por cada usuario (esto considerando que el MODEM de acceso solo posee un puerto de red) y uno a

conectarse en el MODEM ADSL para inyectar la señal. Entonces sería 5 adaptadores a costo aproximado de S/.140 soles.

$$\text{Pago por usuario para adquirir los Adaptadores} = \frac{5 \times 140}{4} = \text{S/. 175 aprox.}$$

$$\text{Pago por usuario por el servicio Speedy} = \frac{99}{4} = \text{S/. 25 aprox.}$$

Luego, por el primer mes el usuario deberá pagar S/. 200 y desde el segundo mes solo S/25, desde el primer mes el usuario tendrá un ahorro por el servicio Speedy de S/.75 aproximadamente, es decir en 3 meses se recuperaría el pago hecho por los adaptadores(S/. 225 aprox.).

Similarmente el cálculo se puede realizar si se eligiese otro plan u otra empresa que brinde acceso de banda ancha, para efectos de estudiar algunos casos se evalúa el caso anterior con los distintos planes de la empresa Telefónica obteniéndose el siguiente cuadro.

	Costo por equipos	Costo mensual por servicio	Costo mensual por servicio individual	Costo total individual 1er mes	Costo total individual desde el 2do mes	Ahorro	Tiempo en recuperar la inversion
Speedy 200	175	99.00	24.75	199.75	24.75	74.25	3
Speedy 400	175	119.00	29.75	204.75	29.75	89.25	2
Speedy 600	175	149.00	37.25	212.25	37.25	111.75	2
Speedy 900	175	229.00	57.25	232.25	57.25	171.75	2
Speedy 1200	175	349.00	87.25	262.25	87.25	261.75	1

Tabla 9: Análisis de de costos

Donde se aprecia que el tiempo máximo para recuperar el gasto invertido en los equipos es de 3 meses y que de darse el caso de adquirir un plan de mayor costo el tiempo para recuperar este gasto tiende a reducirse.

4.2 Diseño e implementación de un prototipo de red

Se desarrollará un ejemplo de implementación, tomando como modelo un edificio ubicado en la calle Paseo de la Castellana 783 en el distrito de Santiago de Surco (Figura 21). Esta es una edificación de 5 pisos con 7 familias residiendo en esta (Figura 22). El diseño empleado será el mostrado en la Figura 18.

4.3 Aplicación de la metodología para el diseño del prototipo

- a) **Reconocimiento de la red eléctrica:** Se identifica una distribución monofásica (Figura 23-1), comprobándose que todos puntos a conectar son alimentados por el mismo par de fases (Cáp. 2.3.1). Una inspección ocular así mismo descarta la presencia de cualquier dispositivo que pueda significar una fuerte fuente de ruido, es decir mayor nivel ya presente por los dispositivos usuales (Cáp. 2.3.2). Así mismo es una zona urbana y no existe zona industrial cercana (ver plano).

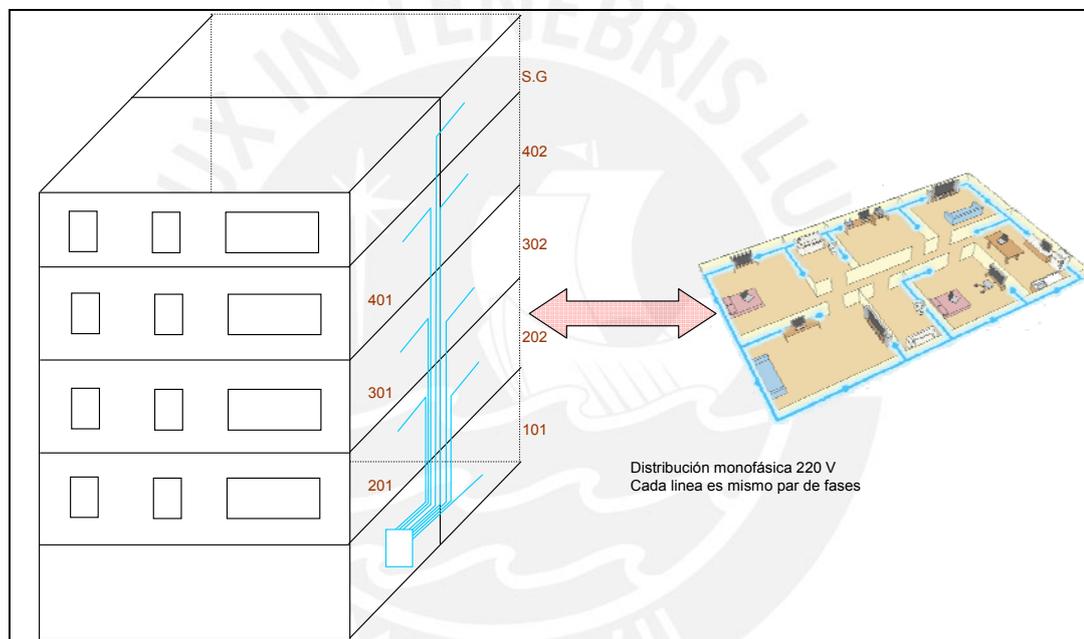


Figura 23-a: Distribución eléctrica



Figura 23-b: Tablero

- b) Selección de la Tecnología de acceso al servicio:** El edificio tiene conexión de derivación (Figura 9 b.). Dado que un usuario del piso 2 ya cuenta con el servicio de ADSL (MODEM: Prestige 645), se usará este como acceso a la Internet y desde este punto se inyectara la señal PLC.

Así mismo, en la tabla inferior se aprecia una comparativa de tres modelos distintos de adaptadores PLC, entre estos se tomara el D-Link DHP -100 por estar disponible y por tratarse de un prototipo

Marca	D-Link	NETGEAR	LINKSYS
Modelo	DHP-100	HDXB101	PLEBR10
Data Rate	- Ethernet: 10Mbps - HomePlug: up to 14Mbps	- One 200 Mbps† Powerline HD interface - One 10/100 Ethernet port	Powerline Up to 14Mbps LAN 10/100Mbps
Puertos	Ethernet: RJ-45 10BASE-T Conexión de alimentación	Ethernet: RJ-45 10BASE-T Conexión de alimentación	Ethernet: RJ-45 10BASE-T Conexión de alimentación
Estándar	HomePlug NETGEAR's Wall-Plugged	HomePlug	HomePlug
Alimentación	110 or 220 VAC @ 60Hz/50Hz	100-240 @ 50-60Hz	110 @ 50Hz
Encriptación	56-bit Data Encryption	56-bit Data Encryption	56-bit Data Encryption

Tabla 10: Cuadro comparativo de equipos

- c) Instalación de Equipos:** Para inyectar y extraer la señal se utilizaran los adaptadores PLC DHP-100 de la marca D-Link. Los adaptadores usados cumplen con la norma Homeplug y con una taza de transferencia Ethernet de 10Mbps y HomePlug de 14Mbps

Para las pruebas se usará una computadora portátil (Toshiba Portege 3440ct) para poder desplazarse con facilidad de piso a piso.

- d) Comprobaciones de cobertura:**

Dado que el desempeño de una conexión no es del 100% por el uso que dan los protocolos de un porcentaje del ancho de banda útil además de la congestión e interferencias es necesario medir el desempeño de la conexión. Las pruebas fueron realizadas en el 2do.piso dentro del mismo departamento donde se inyectó la señal y en el 1er piso de la edificación.

d1) Pruebas realizadas en el 1er. piso:**+ Resultado de pruebas con PING:**

Microsoft Windows 2000 [Versión 5.00.2195]
(C) Copyright 1985-2000 Microsoft Corp.

C:\>ping 192.168.1.1

Haciendo ping a 192.168.1.1 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=10ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=10ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=10ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=10ms TTL=254

Estadísticas de ping para 192.168.1.1:

Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),
Tiempos aproximados de recorrido redondo en milisegundos:
mínimo = 10ms, máximo = 10ms, promedio = 10ms

C:\>ping www.pucp.edu.pe

Haciendo ping a hermes.pucp.edu.pe [200.4.255.5] con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 200.4.255.5: bytes=32 tiempo=20ms TTL=54
Respuesta desde 200.4.255.5: bytes=32 tiempo=10ms TTL=54
Respuesta desde 200.4.255.5: bytes=32 tiempo=20ms TTL=54
Respuesta desde 200.4.255.5: bytes=32 tiempo=20ms TTL=54

Estadísticas de ping para 200.4.255.5:

Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),
Tiempos aproximados de recorrido redondo en milisegundos:
mínimo = 10ms, máximo = 20ms, promedio = 17ms

C:\>ping www.google.com

Haciendo ping a www.l.google.com [64.233.161.99] con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 64.233.161.99: bytes=32 tiempo=110ms TTL=241
Respuesta desde 64.233.161.99: bytes=32 tiempo=791ms TTL=241
Respuesta desde 64.233.161.99: bytes=32 tiempo=120ms TTL=241
Respuesta desde 64.233.161.99: bytes=32 tiempo=110ms TTL=245

Estadísticas de ping para 64.233.161.99:

Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),
Tiempos aproximados de recorrido redondo en milisegundos:
mínimo = 110ms, máximo = 791ms, promedio = 282ms

C:\>

+ Resultado de pruebas con Speed Test:

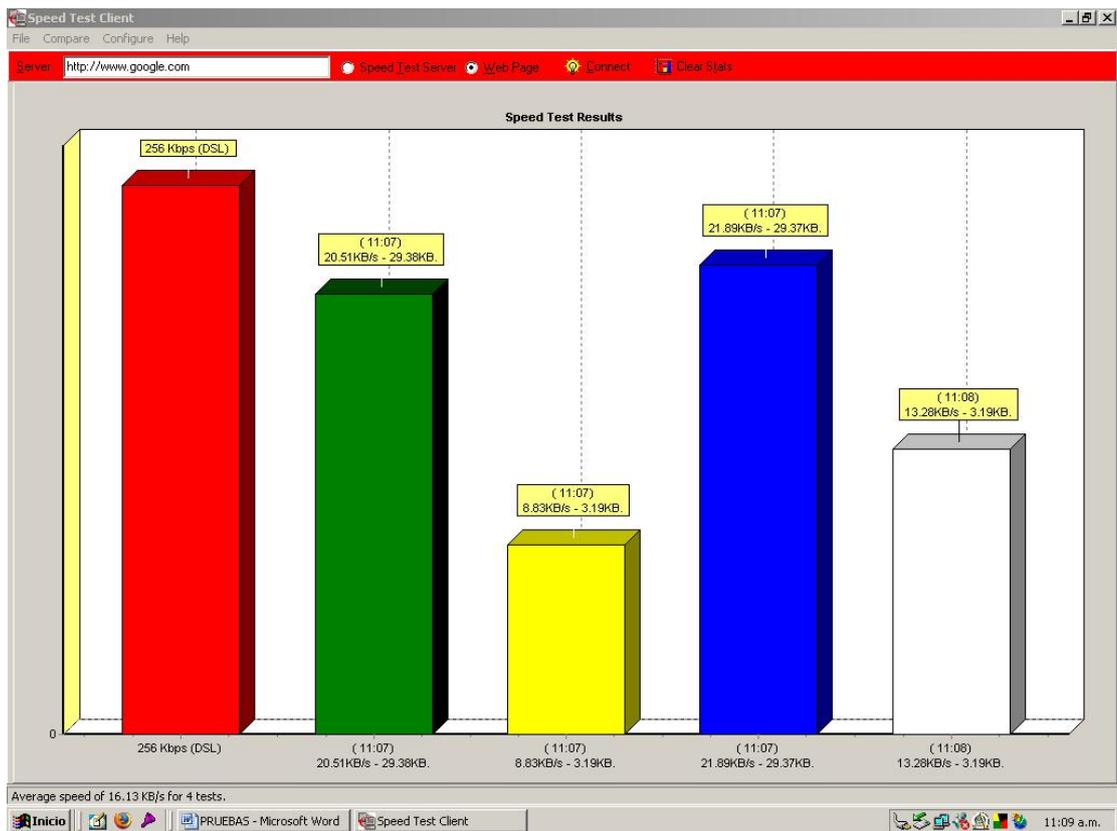


Figura 24: Prueba de velocidad 1er. piso

En la figura 24 se aprecia dos pruebas de conexión a www.pucp.edu.pe (verde y azul) con velocidades de 20.51 KB/s y 21.89 KB/s. Similarmente, dos pruebas de conexión a www.google.com (amarillo y blanco) con velocidades de 8.83 KB/s y 13.28 KB/s

d2) Pruebas realizadas en el 2do. piso:**+ Resultado de pruebas con PING:**

Microsoft Windows 2000 [Versión 5.00.2195]
(C) Copyright 1985-2000 Microsoft Corp.

C:\>ping 192.168.1.1

Haciendo ping a 192.168.1.1 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=10ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo=10ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo<10ms TTL=254
Respuesta desde 192.168.1.1: bytes=32 tiempo<10ms TTL=254

Estadísticas de ping para 192.168.1.1:

Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),
Tiempos aproximados de recorrido redondo en milisegundos:
mínimo = 0ms, máximo = 10ms, promedio = 5ms

C:\>ping www.pucp.edu.pe

Haciendo ping a hermes.pucp.edu.pe [200.4.255.5] con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 200.4.255.5: bytes=32 tiempo=20ms TTL=54
Respuesta desde 200.4.255.5: bytes=32 tiempo=10ms TTL=54
Respuesta desde 200.4.255.5: bytes=32 tiempo=10ms TTL=54
Respuesta desde 200.4.255.5: bytes=32 tiempo=10ms TTL=54

Estadísticas de ping para 200.4.255.5:

Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),
Tiempos aproximados de recorrido redondo en milisegundos:
mínimo = 10ms, máximo = 20ms, promedio = 12ms

C:\>ping www.google.com

Haciendo ping a www.l.google.com [64.233.161.99] con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 64.233.161.99: bytes=32 tiempo=110ms TTL=244
Respuesta desde 64.233.161.99: bytes=32 tiempo=100ms TTL=245
Respuesta desde 64.233.161.99: bytes=32 tiempo=110ms TTL=245
Respuesta desde 64.233.161.99: bytes=32 tiempo=100ms TTL=245

Estadísticas de ping para 64.233.161.99:

Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0 (0% perdidos),
Tiempos aproximados de recorrido redondo en milisegundos:
mínimo = 100ms, máximo = 110ms, promedio = 105ms

C:\>

+ Resultado de pruebas con Speed Test:

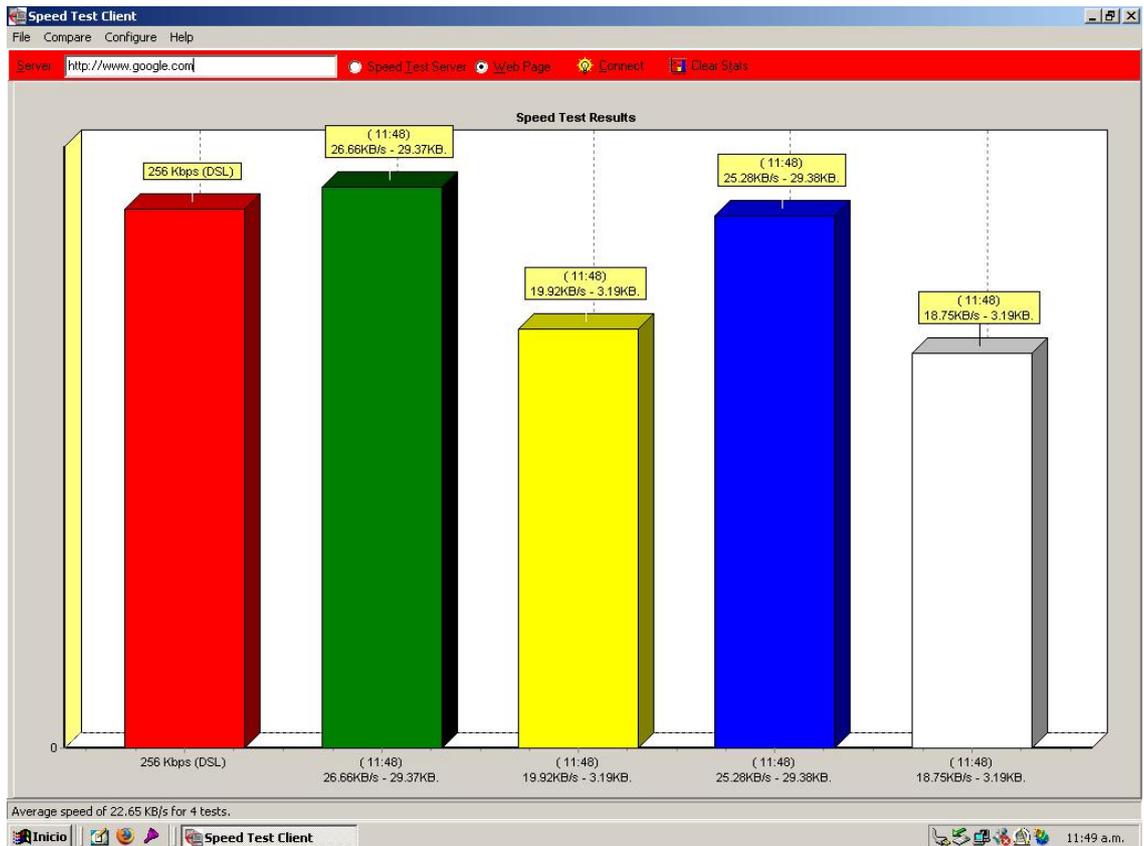


Figura 25: Prueba de velocidad 2do. Piso

Donde se aprecia dos pruebas de conexión a www.pucp.edu.pe (verde y azul) con velocidades de 26.66 KB/s y 25.28 KB/s. Similarmente, dos pruebas de conexión a www.google.com (amarillo y blanco) con velocidades de 19.92 KB/s y 18.75 KB/s.

e) Realización de un diagrama de la red PLC:

Dado que es un prototipo y no se dispone de suficientes adaptadores para mantenerlos conectados mientras se hacen las pruebas en otros pisos. La red no se ha mantenido conectada ya que se ha tenido que trasladar los adaptadores en los 2 pisos donde se hicieron las pruebas. Es por eso que no se tiene un modelo total de la red, sin embargo se puede tomar como modelo referencial el mostrado en la figura 18.

4.4 Análisis de resultados

El prototipo de red implementado comprueba la facilidad de conexión con esta tecnología, permitiendo hacer las pruebas desde cualquier punto de conexión en distintos departamentos del edificio.

Los resultados del análisis de desempeño de la red muestran información importante de esta a medida que se extiende el medio físico, notándose velocidades de transferencia bastante satisfactorias aunque algo distintas, estas diferencias podrían deberse a que el medio de transmisión es variable de un piso a otro ya sea en ruido, longitud de cable, etc., estas diferencias podrían ser medidas y relacionadas con el pago por el servicio.

No se probó en todos los pisos, sin embargo de darse algún decremento considerable de la velocidad de transferencia se podrá emplear un adaptador PLC como repetidor y así corregir cualquier atenuación considerable en la señal. Asimismo, como ya se menciona en el capítulo 2, los medidores de consumo eléctrico representan un obstáculo para la señal PLC (alta frecuencia) por las bobinas internas que usan estos dispositivos, si bien es cierto en nuestro ejemplo práctico no se tuvo problemas más adelante se recomendará un estudio para definir el efecto de estos en la señal.

Los usuarios del edificio se mostraron satisfechos con facilidad de conexión, y con el rendimiento de la red, al desarrollar por unos minutos sus tareas habituales en la red.

4.5 Ventajas y desventajas

Ventajas:

- a. Reducción en el costo de acceso al servicio, esto dado que se compartirá la tarifa mensual del servicio de acceso a Internet.
- b. No será necesario adquirir una tecnología adicional por usuario, basta con un solo acceso. Los usuarios solo pagarán por los equipos PLIC.

- c. La implementación del servicio no requiere obras civiles, y de por sí es estético, al no ser necesario instalar cableado adicional.
- d. El servicio permitirá a los usuarios compartir recursos, carpetas, música, videos y otros dispositivos de red como impresoras, etc.
- e. Se proyecta una futura red de acceso PLC, de esta manera no se dependerá una tecnología extra, lo que permitirá bajar aun más los costos.

Desventajas:

- a. La ausencia de una normativa única a nivel mundial.
- b. La ausencia una normativa peruana para PLC.
- c. Los dispositivos no son ampliamente comercializados en nuestro medio.
- d. Las interferencias, que por los estudios mostrados podrían afectar otros servicios.

Conclusiones

1. Dado el incremento en el uso de Internet, es necesario brindar soluciones de acceso más eficientes para cada realidad.
2. Métodos tradicionales de acceso como Dial-UP brindan una solución de que presenta muchas limitaciones, además de un limitado ancho de banda. La evolución de Internet requiere cada vez más una mayor velocidad de transferencia.
3. Ante la falta de competitividad en el mercado por ofrecer mejores servicios y a un menor costo, es necesario diseñar y desarrollar nuevas formas de acceso, que sobre todo reduzcan el costo de acceso y otorguen una mayor velocidad de transferencia.
4. Las soluciones a desarrollar deben ser económicas, tanto para la entidad que las brinde como para el usuario final. Los costos elevados para cualquiera de los dos lados dificultan la viabilidad de la solución.
5. El medio de transmisión empleado (línea eléctrica domiciliaría) es un medio hostil y con muchas fuentes de interferencia; por lo cual deben ser utilizadas técnicas y métodos adecuados para tener una comunicación confiable.
6. Muchas de las características del canal han sido presentadas en base a estudios realizados en otros países con distribuciones eléctricas domiciliarias similares, por lo tanto aplicables a nuestra realidad.
7. La implementación de la red es sencilla al igual que la gestión, sin embargo es necesario ciertos conocimientos básicos para la gestión de esta, como para poder agregar y retirar usuarios del servicio, etc.
8. Es posible que haya interferencias de la señal PLC a las transmisiones de onda corta como son las empleadas por radioaficionados, policías, etc. y

viceversa. Así mismo, es posible que existan dificultades en la conexión con la presencia de motores, lámparas fluorescentes y similares en la edificación o en residencias cercanas.

9. Se prevé que en algunos años se dotará a más dispositivos con conexión de red, esto en combinación con la solución planteada ofrecería una facilidad para la interconexión de todos estos dispositivos en complejos habitacionales y edificaciones similares y ofrecer aplicaciones del tipo domótica.



Recomendaciones

1. Para lograr un mejor conocimiento de las características del canal sería adecuado realizar un estudio de las características de este en nuestro sistema de distribución.
2. Se podría evaluar el desempeño de la propuesta bajo distintos entornos, como un edificio de varios pisos o cercanos a una zona industrial.
3. Se recomienda un estudio con los distintos medidores de consumo eléctrico que en la actualidad se usan, esto dado que representan un obstáculo para la transmisión de la señal y si bien es cierto en nuestro ejemplo practico no se tuvo problemas sería importante definir con claridad el efecto de estos en las distintas marcas que se usan.
4. Utilizar o desarrollar un programa que permita una mejor y mas fácil gestión de la red, de tal manera que se permita a los usuarios del servicio y sobre todo del administrador de la red, total autonomía y no requerir algún tipo de soporte adicional para controlar el número de usuarios, cantidad de nodos, etc.
5. Se recomienda el estudio de la factibilidad de desarrollar el acceso a través de PLC, esto permitiría abaratar aun más los costos, y brindaría un mayor rango de cobertura para la aplicación de la propuesta presentada.
6. Si bien es cierto se busca dar un solución que permita el acceso masificado a Internet, permitiendo así el desarrollo del país. Se deja a aun estudio posterior el análisis completo de costos del servicio y la constitución de este de manera comercial.

Bibliografía

- [1] DE LA TORRE, Isabel
2004 Tecnologías de acceso de banda ancha. Universidad de Valladolid.
Valladolid
- [2] VEÀ I BARÓ, Andreu
2002 Historia, Sociedad, Tecnología y Crecimiento de la Red. Una
aproximación divulgativa a la realidad más desconocida de Internet.
Universidad Ramon Llull
Barcelona
- [3] TORNERO, Ruben et al.
2003 Power Line Communications. Osiptel
Lima
- [4] GONZALES, J. R. y GARCIA, F. J.
2004 La tecnología PLC en los Programas de Fomento de la Sociedad de
la Información de Red.es. Boletín de RedIRIS. Septiembre, pp. 68-
69.
España
- [5] GARCIA, Francisco
2005 INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA PLC
Antena de Telecomunicación. Marzo, pp.19-23
España
- [6] UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID. CENTRO DE PREDICCIÓN
ECONOMICA
2003 PLC o acceso a Internet a través del cableado eléctrico.
Madrid
- [7] CHAPADO, Luís
2004 Efectos negativos de los PLC sobre los servicios de
telecomunicación. Antena de Telecomunicación .Diciembre
España

- [8] CABRE, Carles
2004 El acceso online a través de la red eléctrica, a paso lento
Expansión. IESE Business School
Barcelona - Madrid
- [9] HUIDOBRO, José
2002 PLC. ¿Una alternativa para el acceso?
BIT n136.Noviembre-Diciembre. pp. 80-82
- [10] WOLFF, Laurence
Acceso de alta velocidad al Internet:
El futuro del mundo y sus implicaciones para los países en
desarrollos
- [11] Martin, Eva y Marcelo, Juan F
Sobre el bucle local eléctrico Power Line Communication
Comunicaciones World
- [12] XELHUANTZI, María
2005 Redes de próxima generación, VoIP y evolución tecnológica en
telecomunicaciones Sindicato de Telefonistas de la Republica.
Mexicana. STRM.
México
- [13] ALCÓCER, Carlos
2000 Redes de computadoras. Infolink
Lima
- [14] KUHN, Marc y WITTNEBEN, Armin
2002 PLC enhanced wireless access networks: a link level capacity
consideration University of Saarland. Institute of Digital
Communications
Alemania
- [15] UNION EUROPEA. OFFICIAL JOURNAL OF THE EUROPEAN UNION
2005 Commission recommendation on broadband electronic
communication through powerlines

- [16] ABAD, Jose et al.
2003 Extending the Power Line LAN Up to the Neighborhood Transformer.
Communications Magazine . IEEE. 41(4): 64-70.
- [17] LEE, M.K et al.
2000 HomePlug 1.0 Powerline Communication LANs –*Protocol*. q
International journal of communication systems. 00:1–6.
- [18] HAKKI, I.
2004 A Solution to Remote Detection of Illegal Electricity Usage via Power
Line Communications. IEEE.
- [19] TORRES, María del Pilar
2004 Prestación de Servicios de telecomunicaciones a través de las redes
Eléctricas y Competencia. Alfa-Redi 67.
España
- [20] Comunidad Alfa-Redi [Consultado 2005/12/9]
2005 Alfa-Redi
<http://www.alfa-redi.org>
- [21] NEMZOW, Martin
1995 Implementing wireless networks New York: McGraw-Hill,
- [22] FOROUZAN, Behrouz y CHUNG , Sophia
2003 Local area networks. 5a ed.
Boston, MA : McGraw-Hill,
- [24] Universidad Politécnica de Cataluña
2005 IPv6 [Consultado 2005/12/9]
<http://www-pagines.fib.upc.es/~si/treballs>
- [25] PALET, Jordi
2004 IPv6, PLC and WiFi the next generation cocktail for home appliances.
Consulintel.
Las Vegas

- [26] STALLINGS, William
2004 Comunicaciones y Redes de Computadoras. 7a ed.
Person Educación.
- [27] CATALDO, Alejandro
2003 Business: Integrando el comercio electrónico y la empresa.
Departamento de Ingeniería en Informática y Ciencias de la
Computación (DIICC). Universidad de Atacama.
Chile
- [28] CANTU, Gustavo
2004 El Papel Estratégico de las Tecnologías de Información:
Convergencia de la Telecomunicaciones. Telecom CIDE
México
- [29] CHILEWIRELESS
2005 Guía para clientes CWL [en línea]
[Consultado 2006/03/05]
<http://www.chiclewireles.cl>
Chile
- [30] UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID. CENTRO DE PREDICCIÓN
ECONOMICA
2003 PLC o acceso a Internet a través del cableado eléctrico
España
- [31] UNION DE RADIOAFICIONADOS DE ESTELLA-NAVARRA
2005 Una visión global sobre la tecnología PLC [en línea].
[Consultado 2005/05/09]
<http://usuarios.lycos.es/urde/plc/plc.htm>
- [32] CHIRINOV, Roumen.
2005 Internet por la red eléctrica (PLC) [en línea].
[Consultado 2005/06/12]
<http://www.noticias3d.com/articulos/200306/plc/1.asp>

- [33] TEJERO, Luis.
2003 ¿Qué aporta el PLC a los usuarios? [en línea].
[Consultado 2005/06/12]
www.elmundo.es/navegante/2003/10/17/esociedad/1066394301.html
- [34] The International Engineering Consortium
2003 Home Networking [en línea]. [Consultado 2005/07/20]
http://www.iec.org/online/tutorials/home_net/
- [35] The International Engineering Consortium
2000 Cable Modems [en línea].
[Consultado 2005/07/23]
http://www.iec.org/online/tutorials/cable_mod/
- [36] THE INTERNATIONAL ENGINEERING CONSORTIUM
2000 Cable Modems [en línea].
[Consultado 2005/07/25]
http://www.iec.org/online/tutorials/cable_mod/
- [37] MONTOYA, Luis
1998 Performance overview of the physical layer of available protocols.
University of Florida
Estados Unidos
- [38] MURRAT, Maryanne
2004 Power Play. TIME Inside Business [en línea].
[Consultado 2005/07/30]
<http://www.time.com/time/insidebiz/printout/0,8816,1101040503-629395.00.html>
- [39] NOTICIAS 3D ESPAÑA
2005 Internet Por La Línea Eléctrica (PLC) [en línea].
[Consultado 2005/08/01]
<http://www.noticias3d.com/articulos/200306/plc/1.asp>

- [40] THE NATIONAL ASSOCIATION FOR AMATEUR RADIO
2005 Broadband Over Power Line (BPL) and Amateur Radio [en línea]
[Consultado 2005/08/01]
<http://www.arrl.org/tis/info/HTML/plc/>
- [41] CHEN, Jie
2004 OFDM
Division of Engineering
Brown University
- [42] MATIÆ, Dušan
1998 OFDM as a possible modulation technique for multimedia applications in the range of mm waves. Introduction to OFDM. 2da. Edición. Delft University of Technology
- [43] UNIVERSIDAD DE ALCALÁ DE HENARES
2005 Aplicaciones practicas de Internet: pautas de actualización en la búsqueda de empleo.
- [44] MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA. CENTRO VIRTUAL DE RECURSOS "MARÍA MOLINER"
2005 Internet E/LE [en línea].
[Consultado 2005/09/10]
<http://www.sgci.mec.es/br/cv/int/index.html>
- [45] BERROCAL, Julio et al.
2003 Redes de Acceso de Banda Ancha.Arquitectura, Prestaciones, Servicios y Evolución. Ministerio de Ciencia y Tecnología España
- [46] BRICENO, Arturo et al.
2000 Peru: IP Telephony and the Internet. New Initiatives.General Secretariat of the International Telecommunication Union (ITU).
- [47] THIELEMANN, Torge
2003 The Diffusion of the Internet in Perú
Technische Universität Braunschweig

- [48] CORVERA, Luis
2003 Tendencia eléctrica.La Columna de APOYO. APOYO Publicaciones [en línea].
[Consultado 2005/10/06
<http://www.apoyo.com/entorno-1318-1-0-internet.html>
- [49] TELEFONICA DEL PERU
2002 La sociedad de la Información en el Perú Presente y perspectivas 2003-2005 [en línea].
[Consultado 2005/010/10]
<http://www.telefonica.com.pe/sociedad/>
- [50] WEI, Wei et al.
2004 Classification of Access Network Types: LAN, Wireless LAN, ADSL, Cable or Dialup? Computer Science Technical Report 2004-46
Department of Computer Science University of Massachusetts
- [51] MONTAÑANA, Rogelio
1999 Acceso Residencial de Banda Ancha [en línea]. Departamento de Informática. Universidad de Valencia [Consultado 2005/10/10]
<http://www.uv.es/~montanan/>
- [52] GRUPO DE TRABALHO POWERLINE GT POWERLINE
2003 Power line communications-PLC ou Broadband over powerlines-BPL. White Paper versão Final, ver 01
- [53] MINIWATTS MARKETING GROUP
2005 Internet World Stats [en línea].
[Consultado 2005/10/07]
<http://www.internetworldstats.com/stats2.htm>
- [54] MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD
2004 Normas DGE “Conexiones eléctricas en baja tensión en zonas de concesión de distribución”
Peru

- [55] PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTROS COMISION
MULTISECTORIAL PARA EL DESARROLLO DE LA SOCIEDAD DE LA
INFORMACION.
2005 Plan de desarrollo de la sociedad de la información en el Perú : la
agenda digital peruana Perú.
- [57] FEDERACHI
2004 Verificación del nivel de interferencia de la tecnología PLC sobre
bandas HF del servicio de aficionados a las radiocomunicaciones.
Chile
- [58] PALET, Jordi
2003 Cómo IP puede llegar a todo el planeta: 6POWER
Boletín de RedIRIS, nº 62-63,
- [59] LIU, Er, et al.
2004 Broadband Characterization of indoor powerline channel
Communications Laboratory. Helsinki University of Technology
Finlandia
- [60] ZIMMERMANN, Manfred y DOSTERT, Klaus
2000 An analysis of the broadband noise scenario in powerline
networks. Institute of Industrial Information Systems
University of Karlsruhe
Alemania
- [61] GALLI, Stefano y BANWELL, ThomasC.
2003 Modeling the indoor power line channel: new results and modem
design considerations. Telcordia Technologies, Inc. IEEE Consumer
Communications and Networking Conference, CCNC'04,
Estados Unidos
- [62] ESMAILIAN, Tooraj, et al
2003 In-building power lines as high-speed communication channels:
channel characterization and a test channel ensemble.
International journal of communication systems 16:381-400
Canadá

[63] BILAL, Osama et al.

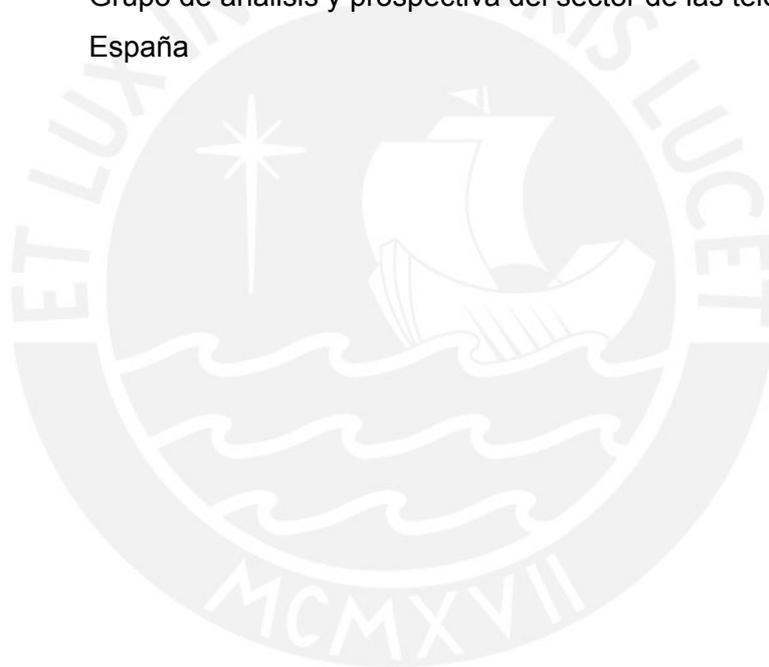
2004 Design of broadband coupling circuits for powerline communication.
Communications Laboratory. Helsinki University of Technology
Finlandia

[64]ASO, Nacho

2005 La banda ancha rural, cuando la ultima milla se convierte en la
Primera. Antena de Telecomunicación. Diciembre
España

65) PEREZ, Jorge et al.

2003 Wi-Fi, análisis, diagnósticos y políticas públicas
Grupo de análisis y prospectiva del sector de las telecomunicaciones
España



Anexo N°1

La sociedad de la Información en el Perú Presente y perspectivas 2003-2005

Anexo N°2

Conexiones eléctricas en baja tensión en zonas de concesión de distribución

Anexo N°3

Verificación del nivel de interferencia de la tecnología PLC sobre bandas HF del servicio de aficionados a las radiocomunicaciones.

Anexo N°4: Hoja de datos de equipos

- NETGEAR HDXB101
- D-Link DHP-100
- LINKSYS PLEBR10

