



**REPUBLICA DEL ECUADOR**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EMPRESARIAL DE GUAYAQUIL**

**TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:  
INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES CON MENCIÓN EN REDES  
Y COMUNICACIONES**

**TEMA:**

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA PLC PARA  
TRANSMISIÓN DE DATOS DE INTERNET EN ZONAS RURALES  
PARA LA PROVINCIA DEL GUAYAS**

**AUTOR:**

**JUAN CARLOS CEDEÑO MACHARE**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2018**



**REPUBLICA DEL ECUADOR**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EMPRESARIAL DE GUAYAQUIL**

**TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:  
INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES CON MENCIÓN EN REDES  
Y COMUNICACIONES**

**TEMA:**

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA PLC PARA  
TRANSMISIÓN DE DATOS DE INTERNET EN ZONAS RURALES  
PARA LA PROVINCIA DEL GUAYAS**

**AUTOR:**

**JUAN CARLOS CEDEÑO MACHARE**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2018**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradeciendo en primer lugar a Dios porque él fue el que permitió que se cumpla el objetivo de terminar mi carrera universitaria brindándome salud y vida para poder seguir adelante en lo largo de mi trayectoria que esta conlleva. A mi madre que la admiro ya que es una guerrera que me ha sabido apoyar en momentos difíciles aun cuando nadie más creía en mí, ella se mantuvo siempre con sus esperanzas puestas y no dejo de creer y apoyarme, orientándome siempre por el buen camino. A mi abuelita por siempre estar pendiente de mí creyendo y animándome a continuar hasta el final. A mis hermanas que a pesar de la distancia se hicieron sentir con sus mensajes de apoyo y aliento. A la Msc. Diana López que supo guiarme y orientarme en la toma de decisiones claves en la trayectoria de mi carrera y en la orientación con la realización de mi artículo. Al Met. Diego Aguirre que como director de la carrera siempre tenía una solución cuando se presentaba un inconveniente. Y a la UTEG por brindarme los conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera universitaria que me servirán para aplicarlos en mi vida profesional.

## **DEDICATORIA**

Va dedicado de manera muy especial a Dios por sobre todo ya que permitió que se cumpla el objetivo de terminar mi carrera universitaria brindándome salud y vida para poder seguir adelante en lo largo de mi trayectoria. A mi madre que en todo momento me apoyó y no dejo de creer y apoyarme, a mis hermanas y abuela que siempre se mantuvieron de una manera u otra apoyándome a lo largo de mi carrera universitaria.

La responsabilidad de este trabajo de investigación, con sus resultados, conclusiones y recomendaciones, pertenece exclusivamente al autor.

.....

FIRMA

## **Resumen**

El artículo tiene como propósito plantear una implementación de una red de datos utilizando tecnología PLC (POWER LINE COMMUNICATIONS) para las zonas rurales del Ecuador provincia del Guayas. El problema de investigación fue: ¿De qué manera se puede implementar la tecnología PLC en el diseño de una red que permita distribuir la señal de internet hacia el sector rural de la provincia del Guayas? El objetivo general fue plantear la implementación de la tecnología PLC en el diseño de una red que permita distribuir la señal de internet hacia el sector rural de la provincia del Guayas. Teóricamente esta tecnología cuenta con disponibilidad económica de cobertura y de fácil acceso, por ende se realizó una comparación de PLC con otras tecnologías de acceso a internet. En Ecuador se han realizado varios estudios y diseños de redes PLC en varias ciudades con resultados positivos en las pruebas realizadas. Se hace énfasis en sus ventajas, limitaciones tanto como sus beneficios que permitan el desarrollo a una nueva alternativa de solución donde tecnologías existentes se les imposibilita o no tienen acceso para la transmisión de datos que beneficien al usuario final.

**Palabras clave:** *PLC, Red, Telecomunicaciones*

## **Abstract**

The purpose of the article is to propose an implementation of a data network using PLC technology (POWER LINE COMMUNICATIONS) for the rural areas of the Ecuador province of Guayas.

The research problem was: How can the PLC technology be implemented in the design of a network that allows distributing the internet signal to the rural sector of the province of Guayas? The general objective was to propose the implementation of PLC technology in the design of a network that allows distributing the internet signal to the rural sector of the province of Guayas.

Theoretically, this technology has affordable coverage and easy access, therefore a small PLC comparison was made with other Internet access technologies.

In Ecuador, several studies and designs of PLC networks have been carried out in several cities with positive results in the tests carried out.

Emphasis is placed on its advantages, limitations as well as its benefits that allow the development of a new solution alternative where existing technologies are impossible or do not have access to the transmission of data that benefits the end user.

**Keywords:** *PLC, Network, Telecommunications.*

## **Introducción**

Actualmente Internet tiene una serie de impactos en las sociedades donde su consumo se convierte en una práctica cotidiana, está dando lugar a profundas transformaciones en las comunicaciones, desde todos los enfoques posibles: una nueva forma de relacionarse entre las personas, contratar servicios como telefonía o televisión por cable.

En la provincia del Guayas se han presentado problemas dado que en diferentes zonas se encuentran excluidas de las centrales de distribución para el acceso a Internet. Los factores que han provocado estos problemas es la falta de recursos económicos y/o el poco interés que tienen ciertas empresas en invertir en estas zonas.

El estudio tiene como propósito plantear una propuesta para implementar una red de datos utilizando tecnología PLC (POWER LINE COMMUNICATIONS) para las zonas rurales del Ecuador provincia del Guayas. PLC es una tecnología capaz de entregar el servicio de internet a sus usuarios utilizando la red eléctrica.

La red eléctrica es la más extensa del mundo llega a millones de personas incluso a lugares donde no existe teléfono. El hecho de emplear el cableado ya existente de la red eléctrica reduce sin duda alguna el costo del sistema ya que no se necesitaría una instalación exclusiva para estos servicios.

Fue en el año 1919 que la compañía General Electric realizó la demostración de la transmisión de datos de este tipo y fue en el año de 1921 que se instaló el primer sistema de este tipo, su uso era limitado, y luego de esto diferentes compañías eléctricas utilizaron sus propias redes para su propia transmisión de datos incluido el servicio de telefonía. (Uribe & Villalobos, 2016).

En la actualidad nuestro país cuenta con varias tecnologías para el acceso a Internet tales como la fibra óptica comercializada por empresas de televisión por cable; línea telefónica; acceso inalámbrico ofrecido por las compañías celulares; todos estos prestan servicios con velocidades de transmisión no muy altas, y en algunos casos los precios de instalación no son económicos. Razón por la cual, sería muy conveniente contar con un acceso a Internet que no requiera de instalación y de cableado; alcance velocidades superiores alcanzadas por las tecnologías actuales y que además llegue a lugares a los que no se ha llegado aún, este tipo de acceso a Internet sería la tecnología PLC.

Son muchas las razones que crean la necesidad de la implementar una tecnología que permite acceder al servicio que ofrecen las Telecomunicaciones y PLC como alternativa de acceso a redes de comunicación a través de las líneas eléctricas es una alternativa económica y práctica para sectores que se les dificulta o no tienen acceso a servicios de comunicación. Pudiendo así que sectores con esta necesidad accedan a servicios de internet y demás tipos de Telecomunicaciones utilizando la tecnología PLC. (Palacio Rojas, 2014).

Esta tecnología consiste en utilizar la red eléctrica para la transmisión de datos convirtiendo a esta en un servicio de telecomunicación, planteando así la utilización de una infraestructura ya existente y presente en muchos lugares como lo es la red eléctrica. La implementación de esta tecnología en zonas rurales ayuda a las personas que no tienen acceso a internet debido a muchos factores, que puedan acceder a este servicio sin necesidad de realizar una instalación de cableado de red, con esto se plantea la necesidad de contar con un medio masivo

para acceder a internet, tomando en cuenta una de las limitaciones que ha estado presente que es la cobertura WIFI y el acceso a nodos para poder conectar a la red los dispositivos que no cuenten con WIFI, así también con el hecho de contemplar recintos históricos en los cuales está prohibido cualquier tipo de perforación o algún tipo de instalación extra a la existente, siendo esto un inconveniente en la actualidad ya que la conexión a internet es ya una necesidad. (Uribe & Villalobos, 2016).

La gran cobertura de la red eléctrica es un gran potencial que permitirá mediante tecnología PLC lograr servicios de telecomunicaciones ya sea de voz, video, telefonía IP, servicios de información, etc. En sitios rurales como también puede ser implementado en sitios urbanos, de aquí la gran importancia de explorar esta posibilidad tecnológica que daría una solución inmediata a los usuarios que no tienen acceso a estas tecnologías aun por motivos de rentabilidad económica o intereses políticos o personales.

En cuanto a la electrificación rural según los datos del censo de población y vivienda que se realizó en el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos los porcentajes de viviendas con energía eléctrica en el sector urbano es de 94,77% y en el área rural un 89,03%. (Ministerio de electricidad y energía, 2017).

No existen horarios de atención ni requisitos físicos de inscripción ni de idioma, permitiendo así fortalecer los lazos de comunicación ya que se encuentra disponible las 24 horas del día todos los días de la semana siendo esto de gran ayuda para el avance al campo que se está accediendo. (Vintimilla, 2017).

### **Power Line Communications**

Conocido por sus siglas en ingles PLC que se traduce por comunicaciones mediante cable eléctrico, este tipo de tecnología utiliza la línea de energía eléctrica convencional para transmisión de señales de radio con el fin de poder comunicarse. PLC utiliza la red eléctrica convirtiéndola en una línea digital de gran

velocidad para poder transmitir datos permitiendo así poder acceder a internet a través de banda ancha.

Se refiere a cualquier tecnología que pueda permitir la transferencia de datos ya sea de velocidad de banda estrecha (<100kbps) o banda ancha (>1Mbps) a través de la red eléctrica.

Sin embargo hay que tener en cuenta que este medio no es muy conocido y su implementación se ha llevado a cabo con más fuerza en países europeos por lo cual se quiere dar a conocer no solo como medio de suministro de energía eléctrica sino también como canal para transmitir datos digitales a altas velocidades y demás servicios innovadores que beneficiarían en gran manera al sector rural.

### **Redes PLC**

Para diseñar una red PLC en un sector rural es indispensable conocer el tipo de redes de electrificación existentes como también conocer cuál es el nivel de acceso a varios servicios de telecomunicaciones que exista en dicho sector. Este resultado ayudara a plantear la factibilidad al momento de querer implementar una red PLC en el sector rural. Luego de esto con las herramientas suficientes y necesarias se puede elaborar lo que sería la red PLC teniendo como meta en convertirse en una solución para ciertos habitantes del sector que no cuenten con un servicio de Telecomunicaciones pudiendo acceder a ellos de una manera eficiente (León Bustíos, 2011).

Estos se clasifican de la siguiente forma:

- Red de media tensión
- Red de acceso
- Red domestica

### **Red de media tensión**

En este tipo de redes esta tecnología se aplica a las líneas del cableado eléctrico de media tensión, se la puede utilizar como transporte de datos o también para

sistemas más complejos. Para esto es necesario equipos especiales que puedan conectarse a este tipo de red como también a las redes de baja tensión o una red de acceso. Esta red cuenta con los siguientes elementos:

Unidad de transmisión: Haciendo el rol de una interfaz entre el servicio de telecomunicación y la unidad acopladora.

Unidad acopladora: Es la que hace la conexión entre la unidad que va a transmitir los datos al cable de potencia.

### **Red de acceso**

Esta red es un sistema full dúplex que trabaja punto a multipunto, se encuentra entre el transformador de baja tensión y el lugar donde se encuentre el usuario y consta a su vez de los siguientes elementos:

Equipo de cabecera: este trabaja como router y se sitúa junto al transformador para el caso de baja tensión.

Modem PLC: es el que va a estar situado en la casa del usuario, y este a su vez cumplirá la función de esclavo del equipo de cabecera.

Repetidor PLC: este equipo se empleara en casos de que las distancias sean demasiadas grandes y esto produzca perdida de datos por la cantidad de señal que recibe sea muy pequeña. (Rivas & Espinosa, 2011)

### **Red doméstica**

Esta red es nada menos que el uso del cableado de energía y las tomas que se encuentran en las estructuras de cada hogar o local del usuario final. En este tipo de redes es donde más despliegue sobre las líneas de energía existe con el fin de convertir a este cableado en una red de área local convirtiendo a cada tomacorriente en un punto de acceso a la red. (Toctaguano & Zapata, 2011)

Esta red consta de los siguientes elementos:

- Pasarela doméstica: Esta cumple la función de interface entre la red eléctrica tanto como para la red eléctrica como para la red interior.

- Modem PLC: Es la que se encarga de cumplir la función de interface entre los equipos o dispositivos a conectarse a la red eléctrica interior.

### **Ventajas de la tecnología PLC**

- Convierte la red eléctrica que ya se encuentra implementada en una red de telecomunicaciones.
- Cualquier contacto eléctrico se convierte en un punto de acceso para la transmisión de datos.
- Representa un ahorro muy importante en cuestión de infraestructura.
- Puede llegar a lugares donde todavía no se cuente con el servicio de internet. (Rivas & Espinosa, 2011)
- Las redes PLC pueden crecer y adaptarse a los cambios sin perder la calidad del servicio brindado.
- Un dispositivo PLC permite acceso a internet, domótica, telefonía, seguridad, etc. Ya que utiliza la misma plataforma tecnológica IP.

### **Desventajas de la tecnología PLC**

- El mal estado de las instalaciones eléctricas puede afectar en el desempeño de la tecnología PLC.
- La red eléctrica es muy susceptible al ruido pudiendo perder estabilidad frente a estas interferencias pudiendo afectar a la llegada de los datos

Uno de los problemas más grandes que enfrenta la implementación de esta tecnología en el sector rural no es en la parte técnica sino en lo legal ya que el monopolio que controla el negocio de las Telecomunicaciones en el país, puede ser un obstáculo en el avance, desarrollo y explotación total de esta tecnología pudiendo quedar de lado su implementación y los beneficios que esta ofrece. (Rivera Pacheco, 2014).

## Metodología

Se realiza una investigación de tipo documental y alcance descriptivo. para lo cual se realizó una revisión bibliográfica de los temas que se trataron en este artículo, tales como modelos, tesis, artículos, revistas. Los resultados pueden ser aplicados a la realidad de los sectores rurales de la provincia del Guayas.

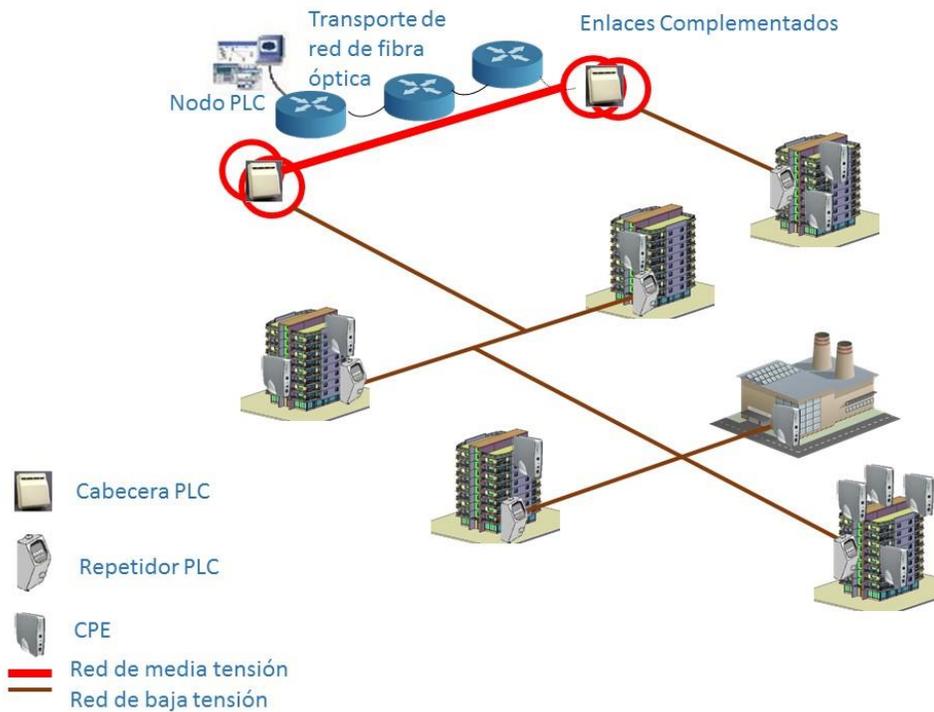
Gracias a la capacidad de la tecnología PLC de transmitir datos a través de la red eléctrica, esta puede extenderse a través de una red local o a su vez compartir una conexión de servicio de internet a través de un punto eléctrico con los equipos adecuados específicos. (Serna, 2011)

Debido a la topología de la red eléctrica y a las condiciones tecnológicas de PLC, es viable desarrollar un prototipo PLC en el sector rural donde se lo quiere implementar, ya que la metodología propuesta resulta ser más económica y con capacidad de brindar una buena cobertura en el sector.

En una topología de red PLC hay que tener en cuenta ciertos factores como lo es la ubicación ya que el área puede variar este puede llegar a ser residencial como también industrial o comercial ya que los requerimientos varían dependiendo el área.

Analizar la cantidad de usuarios de determinado sector, ya que no es lo mismo una casa familiar donde son pocos los usuarios con algún edificio u oficina donde el número de usuarios aumenta. La longitud es otro punto a tomar en cuenta ya que se debe tomar en cuenta la distancia entre usuario y transformador donde la red tiende a cambiar más que nada tomando en cuenta la zona urbana y rural.

Fig. 1 Topología de red PLC

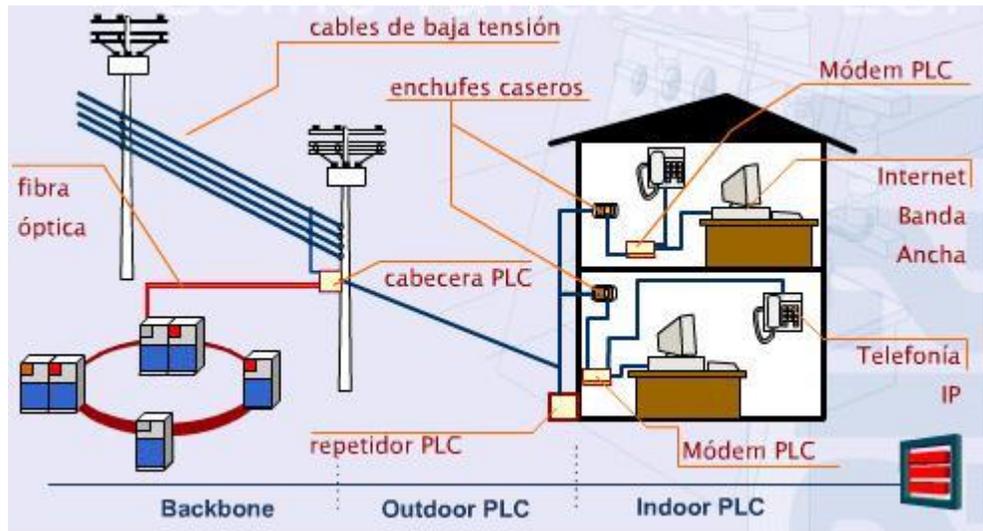


**Fuente:** Estudio técnico/económico comparativo entre la tecnología PLC (Powerline communications) y la tecnología ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) para el servicio de Internet. García, W. (2009).

**Elaboración:** Autor

En esta red se puede observar que su despliegue parte de una red de alta velocidad (fibra óptica), esta se encargara de llevar los datos hacia el nodo PLC de media tensión acoplándose a través de la cabecera PLC a la red de baja tensión, esta se encargara de inyectar los datos a la red eléctrica, luego comienza su despliegue a través de la red de baja tensión (BT) hasta llegar a cada infraestructura del usuario ya sea casa o edificio mediante el nodo PLC repetidor, este a su vez amplifica la señal para que llegue al usuario final, para así conectarse al modem (CPE) esto dentro del hogar mediante el tomacorriente. (GARCÍA, 2009).

Fig. 2 Esquema de funcionamiento de PLC en un hogar



**Fuente:** Estudio y diseño de Una Red Lan Para Voz y Datos, utilizando Tecnología Power Line Coomunications (Plc) como alternativa al cableado estructurado para un edificio de oficinas. Parra, E. (2008).

Las empresas que opten por prestar este servicio deben instalar en el transformador la cabecera PLC, este se conecta a la red por medio de un nodo que tiene acceso a un backbone de fibra óptica.

Este backbone permite brindar diferentes tipos de servicios tales como transmisión de voz, acceso a redes con interconexión a gran velocidad, transmisión de datos, siendo este el que va a proveer el servicio de internet, este debe acoplarse a la subestación de información, a su vez poniendo a disposición de la tecnología PLC un enlace dedicado de fibra óptica que deberá tener como mínimo 10 Mbps.

Backbone es conveniente utilizar un backbone de tipo colapsado debido a que permite una mejor distribución de servicios y no satura ningún sector de la red ofreciendo una mejor calidad de señal. Hay que tener en cuenta los siguientes límites:

3000 metros para fibra óptica en monomodo, 2000 metros para fibra óptica en multimodo.

También hay que tener en cuenta las normas estadounidenses donde la distancia para voz es de 800 metros.

Se utilizara el cable patch cords (7ft) categoría 5e del fabricante Nexxt Solutions con las siguientes características: Número de pares 4, Número de conductores 8, Calibre 24 AWG, Material Conducto cobre trenzado multifilar, Certificado UL.

Este tipo de cable se usara para la conexión de los módems plc hacia el modem proveedor de internet, recalcando que el tipo de cable para la red LAN a utilizar es el del cableado eléctrico que se encuentra existente.

Cabecera PLC o también Head End este procesa la señal en su interior y la inyecta a la red de baja tensión esto lo realiza mediante un acoplador de señal una vez introducida la señal de internet esta entra en una frecuencia llamada outdoor en un ancho de banda de 1.6 a 18 Mhz, este dispositivo trabaja con la red de fibra óptica y la red PLC. Existen 2 tipos de cabecera la de media tensión 600 metros de alcance y la de baja tensión de 300 metros, este equipo del fabricante Ascom brinda 10/100 Mbps en Ethernet con Certified CE 0682 que cumple con las descripciones mencionadas para realizar este tipo de instalación.

Repetidor PLC este se encargara de regenerar la señal donde se debilita cambiando la frecuencia de la señal que viene de 1.6 a 18 Mhz, elevándola de 18 a 36 Mhz. Entre características para implementar en el desarrollo de este articulo el fabricante es D-Link, el medio de transmisión es eléctrico, velocidad inalámbrica máxima 300 Mbps, velocidad máxima en banda 2.4 Ghz 300 Mbps, 2 antenas internas, 500 Mbps por corriente eléctrica, consumo de energía 8,9 W, 5,5 W (inactivo). Seguridad 128-bit AES de cifrado de enlace. Su instalación es a continuación del medidor de energía eléctrica y se lo relaciona con la cantidad de equipos modem que se encuentran en el interior de la vivienda o edificio teniendo en cuenta la distancia entre la cabecera y el modem PLC ya que la distancia máxima para utilizar un repetidor es de 300m, y el número de usuarios es de 256 máximo

Modem PLC en su interior tiene implementado un acoplador eléctrico el cual separa la corriente eléctrica de la señal que se desea transmitir, la demodula y entrega al usuario final. El tipo de modem que se ha tomado en cuenta para la propuesta de implementación en este artículo cuenta con las siguientes características: fabricante devolo, consumo energético 4,4 W, 1W (inactivo), compatibilidad con Windows Mac y Ubuntu 12.04, antena interna cumple con el estándar Wi-Fi IEEE 802.11n, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, distancia de funcionamiento 400m, algoritmo de seguridad 128-bit AES,WPA,WPA2,WPS-PBC,WPS-PIN con una velocidad en WLAN de transferencia de datos de 300 Mbps

El usuario final lo que hace es conectar el modem PLC al tomacorriente, el modem hace la conexión con el repetidor de la casa o edificio estando la información protegida por algoritmos de cifrado que viene implementado en el dispositivo

Al ser compatible con el estándar OSI y con la aprobación del estándar Internacional de la norma ITU GHN 9960 abre puertas a nuevas posibilidades, como lo es para el sector rural como para cualquier otro sector, en las que las tecnologías PLC puedan ser alternativas de uso independiente o trabajar con otras tecnologías (Interoperabilidad), o incluso el reemplazo de las mismas, puesto que cada día sus características mejoran de forma continua, esto ayudaría a esta tecnología a crecer y poder usarla en beneficio del sector al que va a ser aplicado. (Pedraza, C., & Alonso, G. 2012).

Para acceder a internet se conseguirá partiendo de la tecnología ya conocida ADSL ya que no existe un despliegue con la tecnología PLC. Así la red llegara a algún punto de fácil instalación y a través de los dispositivos PLC por el cual se podrá inyectar la señal a través del cableado eléctrico.

## Comparativa entre tecnología PLC y ADSL

Se hace esta comparación ya que ADSL tiene cierta similitud con la tecnología PLC ya que son por las cuales se puede ofrecer acceso a internet.

Los módems PLC llevan un acoplador eléctrico que es el que separa los datos de la señal eléctrica. Este consta de un filtro pasabajo y otro filtro pasa-alto, el primer filtro pasa la baja frecuencia de la señal eléctrica cancelando la señal de alta frecuencia, y el segundo filtro extrae la señal de alta frecuencia y cancela la de baja frecuencia. Este proceso es similar al “splitter” que utiliza ADSL. (Riffo LLancafilo, 2009).

Tabla 1. Características de tecnologías

Características	Tipos de conexión				
	MODEM	RDSI	ADSL	CABLE	PLC
Tipo de línea que soporta	RTB	RTB	RTB	Fibra óptica	Línea eléctrica
Velocidad de conexión	56 Kbps 33.6 Kbps	128 Kbps	1,5-2 Mbps 16-640 Kbps	10 – 38 Mbps 128 Kbps – 10 Mbps	Puede llegar hasta 45 Mbps
Calidad en el servicio	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
Distancia máxima a la central	Ninguna	5,8 Km.	5,5 Km.	48,3 Km.	No hay limite
Implantación de la tecnología	completa	Completa	Completa con fallos continuos	Completa con fallos aislados	Parcialmente completa

**Fuente:** Estudio técnico/económico comparativo entre la tecnología PLC (Powerline communications) y la tecnología ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) para el servicio de Internet. García, W. (2009).

**Elaboración:** Autor

En el tipo de línea se observa que ADSL utiliza RTB que es la línea telefónica básica y PLC utiliza la red eléctrica un punto importante es el estado en que se

encuentre la línea de transmisión para evitar pérdida y atenuación de señal. Un punto clave en esta comparación es la distancia máxima ya que ADSL lo máximo que puede cubrir entre la central y un usuario es 5.5 Km, siendo limitado en cuanto a cobertura esto no ocurre con PLC ya que esta llega donde hay líneas eléctricas donde se pueden ubicar repetidores en los transformadores, esta es una gran ventaja de PLC sobre ADSL sobre todo en lugares lejanos y de difícil acceso para ADSL.

La mayor calidad la ofrece PLC en cuestión de velocidad de transmisión también como su cobertura y de su fácil instalación, abriendo la posibilidad de que PLC pueda ser implementado en el sector rural donde el acceso al servicio de internet es aún muy bajo.

## **Resultados**

Las comunicaciones se han vuelto muy importantes en la actualidad siendo hoy en día un soporte fundamental para el desarrollo económico, de esta manera estableciendo un plan de negocios por compañías que quieran incursionar en la tecnología PLC deberían realizar pruebas que permitan verificar el comportamiento de esta tecnología en una red eléctrica particular, a pesar de ser una tecnología emergente los aspectos económicos son muy atractivos sobre todo en zonas con dificultades para su acceso.

Esta tecnología permite transmisión de datos a muy altas velocidades de hasta 300 Mbps, y existen fabricantes que ofrecen velocidades de hasta 500 Mbps, en cuanto a las frecuencias que pueden producir interferencia existen mecanismos para eliminarlas pudiendo aplicar técnicas adaptativas en sus equipos para evitar este tipo de inconveniente.

Según los datos del INEC desde el año 2012 al año 2016 a nivel nacional hubo un crecimiento de 13,5 puntos en cuanto al acceso de internet se refiere, siendo así

que hasta el año 2016 el total de acceso a internet es de 36,0 puntos. En el área urbana se registró 31,4 puntos en el año 2012 y hasta el año 2016 alcanza 44,6 puntos lo que muestra un crecimiento de 13,2 puntos, mientras que en el área rural para el año 2012 se registró el acceso a internet era de 4,8 puntos y para el año 2016 el acceso a este servicio es de 16,4 puntos con un incremento de 11,6 puntos.

El acceso a internet en la zona urbana con relación a la zona rural es casi del 50% de diferencia, pudiendo PLC cubrir ciertas áreas donde existan inconvenientes con otras tecnologías de algún tipo ya sea como el despliegue de su red a lugares más lejanos.

Según los datos de estadísticas sociales del INEC en la zona urbana el mayor porcentaje de acuerdo a los lugares donde realizan la conexión a internet es el hogar con un 59,5% a diferencia del sector rural que en su mayoría accede al servicio de internet en lugares de acceso público teniendo el 36,8% y el acceso desde el hogar con un 34,9%, pudiendo PLC cubrir esta área con su servicio. (INEC, 2016).

Tabla 2. Costos de implementar una red LAN PLC

Elemento	Valor Unitario (\$)	Unidades	Valor Total (\$)
Dispositivo PLC de 4 puertos	84,99	68	5779,32
Dispositivo PLC de 1 puerto	102,1	222	22666,2
Access Point PLC	189,65	10	1896,5
Firewall	970,8	1	970,8
Router	3790	1	3790
Gateway PLC	1250	1	1250
Patch cords (7 ft) Categoría 5e	13	489	6357
<b>Subtotal</b>			<b>42709,82</b>
Costo de diseño (por hora)	25	60	1500
Costo de instalación	200		200
<b>TOTAL</b>			<b>44409,82</b>

**Fuente:** Estudio y diseño de una Red Lan para voz y datos, utilizando Tecnología Power Line Communications (Plc) como alternativa al cableado estructurado para un edificio de oficinas. Parra, E. (2008).

Se puede apreciar en la tabla los diferentes tipos de dispositivos que se necesitan para una red LAN PLC que se pueda implementar en las diferentes áreas del sector rural aquí el costo se centra en los dispositivos que quieran adquirir mas no en infraestructura ya que esta no la requiere.

Tabla 3. PLC en el mundo

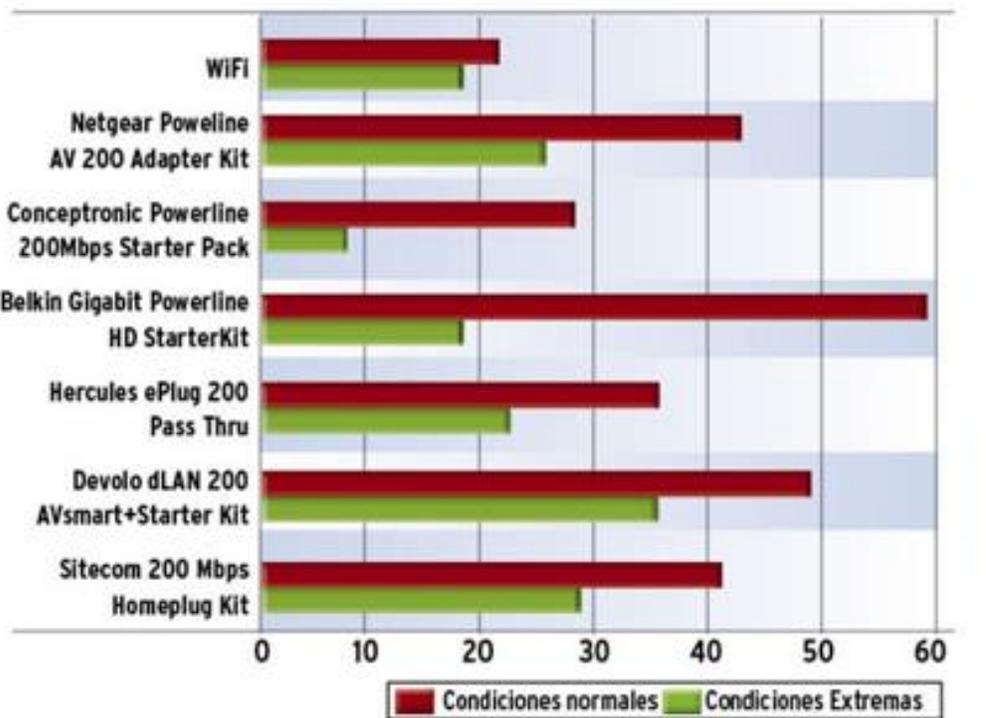
País	Operador	Servicios	Cobertura	Tecnología
<b>Despliegue comercial</b>				
Alemania	MW	PLC en acceso: servicios de Internet para segmento residencial	2.200 clientes en Mannheim	Mainnet
	EnBW	PLC en acceso e In-home: servicios minoristas de Internet (hoteles y escuelas)	700 clientes en Ellwangen	Ascom
	RWE (1)	PLC en acceso e In-home: servicios de Internet.	-	Ascom
Austria	Linz Strom AG	PLC en acceso e In-home: servicios minoristas de Internet y telefonía	800 clientes en Linz	Mainnet
	Tiwag	PLC en acceso: servicios minoristas de Internet (residencial, hoteles y escuelas)	250 clientes en Tirol	Ascom
Suiza	EFF	PLC en acceso: servicios mayoristas de Internet (acuerdo con ISP Sunrise)	1.000 clientes en Ginebra	Ascom
Suecia	Vattenfall	PLC en acceso: servicios de Internet para segmento residencial	500 clientes en I. Gotland	Mainnet
España	Endesa	PLC en acceso: servicios mayoristas de Internet y telefonía (acuerdo con AUNA)	2.200 clientes en Zaragoza <sup>1</sup>	DS2
	Iberdrola	PLC en acceso: servicios mayoristas de Internet	200 clientes en Madrid <sup>2</sup>	Nams, Ascom y DS2
<b>Pruebas piloto</b>				
España	Unión Fenosa	PLC en acceso e In-home: servicios de Internet y telefonía	50 usuarios Guadalajara y Madrid	Mainnet y DS2
Italia	Enel	PLC en acceso: servicios minoristas de Internet y telefonía	2.000 usuarios en Grosseto	Ascom, DS2 y Mainnet
Portugal	EDP	PLC en acceso: servicios minoristas de Internet y telefonía	300 usuarios en Lisboa	DS2
Holanda	Nuon	PLC en acceso: servicios mayoristas de Internet (acuerdo con Disgstrom)	250 usuarios en varias ciudades	Mainnet
Francia	EdF (2)	PLC en acceso: servicios minoristas de Internet	40 usuarios en Estrasburgo	Ascom, DS2 y Mainnet

**Fuente:** Estudio Y Diseño De Una Red Lan Para Voz Y Datos, Utilizando Tecnología Power Line Coomunications (Plc) Como Alternativa Al Cableado Estructurado Para Un Edificio De Oficinas. Parra, E. (2008).

Se observa en la tabla que esta tecnología se ha venido realizando desde hace mucho tiempo en otros países principalmente europeos, que ha contado con el apoyo por parte de las empresas eléctricas de los respectivos países. Lo que se aprecia que es una tecnología probada que puede ser utilizada como alternativa para acceso a internet.

Siendo así la propuesta en este trabajo de investigación aplicar una topología de red partiendo de la red de cableado eléctrico ya existente para poder acceder al servicio de internet en la zona rural.

Fig.3 Velocidad de transferencia media de los dispositivos PLC analizados



**Fuente:** Dispositivos PLC. Méndez, A. (2014).

En la gráfica se puede observar la comparación entre diferentes dispositivos PLC y a la vez con WIFI donde la mayoría de estos tienen muy buena respuesta tanto en condiciones normales como las extremas que pueden ser afectadas por el ruido superando incluso a la Tecnología WiFi que es una de las usadas mayormente en la actualidad.

## **Conclusión**

Ante la carencia de acceso a internet en el sector rural se crea la necesidad de desarrollar nuevas formas de acceso a este servicio teniendo en cuenta la reducción de costos y el acceso a un buen servicio como en este caso la tecnología PLC lo ofrece.

Para utilizar como un medio de prestación de servicio esta tecnología permite el poder brindar un servicio para las empresas que están a cargo de la distribución de energía, ya que es factible convertir cualquier tomacorriente en un punto de entrada y salida de datos.

A pesar de ser una tecnología que implica fuertes gastos en la parte de equipos el costo de instalación así como su mantenimiento es mucho más económico con relación a otras tecnologías usadas actualmente como una alternativa en beneficio a las zonas rurales para que puedan acceder a internet. Haciendo uso de la infraestructura que ya se encuentra desplegada como lo es la red eléctrica.

Hay que tener en cuenta que la tecnología PLC no se puede ver como un reemplazo de las tecnologías existentes si no desde el punto de vista complementario que junto con otras tecnologías se busque dar una solución a donde hay una necesidad, aprovechando su bajo costo y su infraestructura ya existente para así poder llegar a sitios donde otras tecnologías no llegan fácilmente.

Para implementar este tipo de proyecto se sugiere contar con un equipo con personas especialistas sobre todo en el área de las Telecomunicaciones sin dejar de lado a especialistas en áreas del ámbito legal y social por cuestión de autorizaciones y de licencias para llevar a cabo dicha implementación.

## Referencias

- Uribe Donjuan, M. D. C., & Villalobos Lory, U. (2016). Transmisión de datos a través de redes eléctricas tecnología powerline communications PLC en México.
- Palacio Rojas, D. C. (2014). Determine the Viability of Implementing Technology Plc in Electrical Networks in the Residential Sector, 18.
- Vintimilla, H. C. (2017). Uso de internet en el hogar mediante Power Line Communications. *dspace*. Obtenido de <http://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/reducacue/6000/1/USO%20DE%20INTERNET%20EN%20EL%20HOGAR%20MEDIANTE%20POWER%20LINE%20COMMUNICATIONS.pdf>.
- Ministerio de electricidad y energía. (2017). ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍAS RENOVABLES. Obtenido de <http://www.energia.gob.ec/electrificacion-rural-con-energias-renovables/>
- León Bustíos, R. J. (2011). Análisis de la factibilidad de una red PLC en el sector rural.
- RIVAS, I. E., & IGNACIO, E. (2011). Estudio del modelo del canal de comunicación de redes plc domésticas considerando el caso no uniforme (Doctoral dissertation).
- Toctaguano, W., & Zapata, E. (2011). Estudio Y Análisis De Diseño De Una Red De Acceso Con Tecnología Plc (Power Line Communications) Para Las Unidades Del Ejército Ecuatoriano. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/4420/1/M-ESPEL-0055.pdf>.
- García, W. (2009). Estudio técnico/económico comparativo entre la tecnología PLC (Powerline communications) y la tecnología ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) para el servicio de Internet (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2009).
- Pedraza, C., & Alonso, G. (2012). *Estudio y Análisis de la viabilidad de la implementación de la tecnología PLT (Power Line Telecommunications) en Colombia en el ámbito de la transmisión de datos sobre redes de baja tensión/Study and Analysis of the feasibility of implementing technology PLT (Power Line Telecommunications) in Colombia in the field of data transmission over low voltage networks* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Rivera Pacheco, A. C. (2014). *Investigación y análisis de la tecnología PLC, desde la perspectiva del mercado ecuatoriano* (Bachelor's thesis).

- Serna, V. H. (2011). Comunicaciones a través de la red eléctrica–PLC. Comunicaciones: MAXIM FRANCE Smart Grid, 62–65. Obtenido de [http://redeweb.com/\\_txt/676/62.pdf](http://redeweb.com/_txt/676/62.pdf).
- Riffo LLancafilo, R. (2009). Tecnología Plc: Propuesta De Conexión En Banda Ancha Para Un Sector Rural. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcir564t/doc/bmfcir564t.pdf>.
- INEC. (2016). Tecnologías de la Información TTITULO y Comunicaciones (TIC ´S) 2016. Estadísticas Sociales INEC 2016.
- Parra, E. (2008). Estudio Y Diseño De Una Red Lan Para Voz Y Datos, Utilizando Tecnología Power Line Coomunications (Plc) Como Alternativa Al Cableado Estructurado Para Un Edificio De Oficinas. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1013/1/CD-1453%282008-05-21-03-06-48%29.pdf>.
- DMI Computer. (2018). Catalogo 2018 productos Powerline. Obtenido de [https://www.dmi.es/devolo-dlan-550-wifi-plc-500mbit-s-ethernet-wifi-blanco-1pieza-s\\_28891/](https://www.dmi.es/devolo-dlan-550-wifi-plc-500mbit-s-ethernet-wifi-blanco-1pieza-s_28891/)
- Pc Factory. (2018). Producto extensor de red PLC. Obtenido de <https://www.pcfactory.cl/producto/19115-extensor-plc-via-red-electrica-kit-extensor-repetidor-de-wifi-n300-powerline-av-500#parentHorizontalTab2>
- Zornosa Fajardo, D. E. (2017). Método de análisis y selección de soluciones tecnológicas de seguridad informática para el sector empresarial y las organizaciones.
- Mendez, A. (2014). Dispositivos PLC, La tecnología PLC reduce también el cableado de nuestro hogar.
- Paucar, M., & Raziell, M. (2015). Diseño de una red de área local mediante tecnología Power Line Communication Indoor que permita la distribución de internet en un edificio habitacional ubicado en el distrito de Villa el Salvador.