

**DETERMINAR LA VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA  
TECNOLOGÍA PLC EN REDES ELECTRICAS EN EL SECTOR  
RESIDENCIAL**

**DIANA CAROLINA PALACIO ROJAS**

**CODIGO: 1300921**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESPECIALIZACION EN GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS**

**BOGOTA**

**2014**

# DETERMINAR LA VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA PLC EN REDES ELECTRICAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL

## DETERMINE THE VIABILITY OF IMPLEMENTING TECHNOLOGY PLC IN ELECTRICAL NETWORKS IN THE RESIDENTIAL SECTOR

Diana Carolina, Palacio Rojas  
Ing. Sistemas, Líder Grupo SAP Basis - Segá, Indra  
Bogotá, Colombia, [dicaro18@gmail.com](mailto:dicaro18@gmail.com)

### RESUMEN

En la actualidad la tecnología es una necesidad absoluta de la cual no se puede escapar; tiene un papel muy importante en la mayoría de los aspectos de la vida y responde a problemas de la humanidad.

La importancia de la tecnología en el día a día es innegable y ha inspirado a diferentes personas y empresas para hacer mejoras en el transcurso del tiempo a través de herramientas, nuevos dispositivos, canales de acceso para las diferentes tecnologías y hacer la vida más fácil.

Este es el caso de la tecnología PLC la cual brinda la posibilidad de acceder a las comunicaciones por cable eléctrico, simplemente conectando un dispositivo a un enchufe; cada toma de corriente eléctrica se convierte en un conector Ethernet o una red punto de conexión sin añadir nuevos cables.

La tecnología PLC se está implementando en algunos países del mundo no solo para aplicaciones de alta velocidad de datos como acceso a Internet o multimedia de comunicación si no como un facilitador para la detección, control y automatización en los sistemas grandes como por ejemplo Smart Grid.

En Colombia aunque hay grupos de investigación que se encuentran en proceso de maduración y se han realizado pruebas piloto todavía no se ha podido determinar qué tan efectiva sería su implementación.

Es por la importancia que tiene esta tecnología y el aporte para el desarrollo que puede brindar, se hace una revisión documental con el fin de determinar la aplicabilidad de esta tecnología en las zonas residenciales.

**Palabras Clave:** PLC, Tecnología, cable eléctrico, banda ancha, telecomunicaciones.

## ABSTRACT

Today technology is an absolute necessity that cannot escape, has an important role in most aspects of life and responds to most of the problems of humanity.

The fact that the importance of technology everyday is undeniable has inspired different people and companies, to make improvements over time through tools and new devices and access channels for different technologies, only to make life easier.

This is the case of PLC technology which provides the ability to access communications power cord, simply plug a device into an outlet, every electrical outlet becomes an Ethernet jack or a network connection point without adding new cables.

PLC technology is being implemented in some countries of the world not only for high-speed data and Internet access or communication media but as a facilitator for the detection, control and automation in large systems such as Smart Grid

In Colombia although there are research groups that are maturing and have pilot tested yet been able to determine how effective it would be its implementation in our country.

That is the importance of this technology and contribution to development that can deliver a document review is done in order to determine the applicability of this technology in residential areas.

**Keywords:** PLC, Technology, electric cable, broadband, telecommunications.

## INTRODUCCIÓN

Power Line Communications (PLC), consiste en hacer uso de las redes eléctricas como un medio físico convirtiéndola en una línea digital de alta velocidad de transmisión de datos, posibilitando el acceso a los usuarios finales a servicios de telecomunicaciones tales como internet banda ancha, voz sobre IP, video , audio por demanda, televisión , servicios de AMR (medición de servicios públicos, control remoto , mantenimiento de alumbrado público, acceso remoto a edificios inteligentes), domótica, entendiéndose como el conjunto de sistemas capaces de automatizar la vivienda (Arrabal, 2006), circuitos cerrados de seguridad, entre otros.

Esta tecnología ofrece a todos los usuarios servicios similares a los que ofrecen actualmente las compañías de telecomunicaciones tomando como

infraestructura de transporte y distribución, las redes eléctricas, conectando un dispositivo a una toma corriente.

La red eléctrica extiende su cobertura hasta los rincones más alejados, a diferencia de las redes de telecomunicaciones cableadas, las oportunidades de enlazar personas y comunidades antes incomunicadas permitiría lograr saltos insospechados en la interconectividad y el acceso de contenidos de telecomunicaciones, sobre todo en el nivel local, así como en zonas o regiones que antes no eran económicas para las empresas establecidas (Flores, 2005).

La idea de tener acceso a nuevas tecnologías es optimizar en forma positiva el control del mundo real, para que responda de manera rápida a la voluntad de la sociedad. Dentro de las diferentes tecnologías que se han venido implementando en diferentes países del mundo, existe la tecnología Power Line Communications de la cual en Colombia no se ha hecho una revisión importante de la documentación existente donde se pueda determinar qué beneficios puede traer esta tecnología así como la viabilidad de su implementación.

Las redes eléctricas tienen una enorme capilaridad, tanto en cobertura geográfica como dentro de los hogares y empresas; esta tecnología puede ser una alternativa de mejora y desarrollo tecnológico en las zonas residenciales, una valiosa e importante alternativa en el campo de la salud, específicamente en el área de telemedicina, permitiendo la transmisión en tiempo real y en diferido, de imágenes diagnósticas, análisis de situaciones médicas, monitoreo, control de signos vitales a distancia, a través de conexiones de alta velocidad, soportadas por sistemas de encriptación y seguridad, que al ser enviados por la red eléctrica, pueden llegar a zonas de difícil acceso supliendo las necesidades de salud, mejoramiento en la oportunidad y la oferta a la población más vulnerable.

Poder acceder a los diferentes servicios que brinda Power Line Communications, beneficiaría el nivel social, familiar, de educación, de salud, de las zonas residenciales especialmente a las personas que cuentan con red eléctrica pero no con antenas de las Empresas de Telecomunicaciones.

Aunque la Empresa de Energía EPM tuvo un proyecto piloto de PLC en hogares, una institución educativa y una zona comercial, no se tiene información de fácil acceso sobre los resultados ni las conclusiones que pudieron determinar en el posible uso de esta tecnología.

Al obtener esta información, surgen una serie de cuestionamientos sobre la aplicabilidad que puede tener esta novedosa tecnología en Colombia específicamente en las zonas residenciales donde el acceso a internet ha sido un elemento importante para la masificación de la información, siendo un medio de consulta, acceso a páginas de diferentes contenidos de información, redes sociales, correo electrónico, accediendo a servicios de voz, video, datos, generando la necesidad de contar con este servicio, elevando el nivel de vida, permitiendo mayor interactividad con el mundo entero.

Contar con el servicio de internet, así como con tecnologías novedosas, se convierte en un factor diferenciador dentro de los elementos de competitividad y la oportunidad que la gente tenga para acceder a servicios de voz y datos brindándoles la posibilidad de tener más opciones de desarrollo y comunicación.

Un ejemplo de éxito se dio en Chile en donde Enersis S.A. desarrollo con pleno éxito un plan piloto de PLC en la comuna de Las Condes, entregando servicio gratuito a cincuenta futuros clientes, así mismo Endesa S.A., en la ciudad española de Zaragoza, en donde más de 2.100 usuarios se conectaron a Internet Banda Ancha a través de esta tecnología con una velocidad promedio de 2 Mbps.

Einika, compañía de Nueva Jersey, que figura como una de las compañías más fuertes en el área en los Estados Unidos en la tecnología PLC, presentó su primer chip en diciembre del 2000, y está muy enfocada en el análisis y prueba de los sistemas PLC para soluciones particulares en el sector empresarial.

PLC se puede considerar como un elemento complementario en donde se puede combinar tramos de tecnologías tradicionales con esta nueva tecnología con el fin de llegar a lugares donde no han tenido la oportunidad de contar con diferentes servicios de comunicaciones, con la intención de contribuir a mejorar las diferentes brechas tecnológicas entre diferentes poblaciones.

Es por esto que se realiza una revisión documental de la tecnología PLC para determinar la viabilidad de su aplicación en zonas residenciales ofreciendo la posibilidad de innovación, así como nuevas herramientas de investigación que puedan agilizar el desarrollo de nuevos proyectos con esta tecnología Power Line Communications en diferentes partes de Colombia.

De esta manera, se analiza la información recopilada acerca de la tecnología PLC, su inclusión en el mercado tecnológico en Colombia con el fin de identificar la aplicación, importancia, requerimientos técnicos, ventajas, y desventajas en su uso.

La revisión documental realizada brinda una panorámica acerca de la información relevante de las fuentes consultadas, analizando su contenido, identificando las características objeto de análisis, estructurando las conclusiones, organizándolas de tal manera que cubra el tema propuesto, sintetizando ideas y presentando un artículo final para consulta.

## **1. PLC Y SU INCLUSIÓN EN EL MERCADO TECNOLÓGICO EN COLOMBIA**

Power Line Communications (PLC) ofrece servicios de telecomunicaciones hasta el usuario final a través de la red eléctrica brindándole acceso a servicios de telecomunicaciones más avanzados tales como Internet de alta velocidad, telefonía IP, mensajería, videoconferencia, televisión interactiva, radio y música, juegos en red, domótica, redes privadas, entre otros, aprovechando la extensa capilaridad de las redes eléctricas.

En sus orígenes el uso de Power Line Communications (PLC) se limitaba al control de líneas eléctricas y a la transmisión de las lecturas de los contadores a baja velocidad. Luego de esto, las compañías electrificadoras comenzaron a tomar la idea como propia. En los años 90 después de muchas investigaciones se llegó a considerar la tecnología PLC como una solución alternativa a las redes de telecomunicaciones tradicionales.

En 1998 Siemens y ENBW hacen madurar la tecnología usando la modulación OFDM (Orthogonal Frecuencia División Multiplexing, en español Multiplexación de división de Frecuencia Ortogonal) basada en una transmisión simultánea en N bandas de frecuencia entre 2 y 30 MHz con N cantidad de portadoras de banda. En la modulación OFDM la señal se comparte entre dos portadoras consiguiendo velocidades de hasta 1,2 Mbps; de esta manera y con este gran paso llegó a pensarse en PLC como en nuevas oportunidades de negocio (Vieitez, 2007).

A partir de la información examinada sobre la tecnología PLC, se observó que existe poca información disponible para ser consultada acerca de los avances, implementaciones, investigaciones, estudios, proyectos y estudios realizados en esta materia que se hayan ejecutado en Colombia. De esta manera, de la información consultada y analizada se describen los casos hallados en los cuales se ha utilizado la tecnología PLC como medio de desarrollo e investigación en Colombia.

Inicialmente, se puede mencionar la tesis de Maestría en Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional, titulada “Desarrollo de una metodología para el control de la señalización del tráfico y el sistema de semaforización utilizando las líneas de potencia eléctrica” : dando alcance a la aplicabilidad de PLC, el autor de este documento, Ingeniero Augusto Velásquez Méndez, realizó un estudio en donde se revisó la viabilidad de cambiar el sistema de semaforización de Bogotá utilizando como herramienta las líneas de potencia eléctrica, este estudio fue publicado en el año 2009.

Esta Tesis “se realizó por la necesidad de solución al sistema de telecomunicaciones de la semaforización de Bogotá D.C., el cual, en los últimos años y por diversos factores, ha afectado en gran parte el aumento de fallas sobre la movilidad de la ciudad” (Velazquez,2009), esto sumado al gran aumento del parque automotor que genera mayores inconvenientes que aun no han sido solucionados por algunas limitaciones de los entes encargados; además de la falta de compatibilidad de los equipos usados para el control del tráfico con el sistema de comunicación.

Este estudio reviso la posibilidad de otra alternativa tecnológica, utilizando las Líneas de potencia eléctrica, la cual está enfocada a dar una solución puntual sobre el sistema semafórico de la ciudad de Bogotá, en un futuro podría ser aplicable en cualquier parte del mundo donde se encuentren sistemas inteligentes de transporte, sistemas de control de tráfico y sistemas de control semafórico.

El sistema de semaforización de Bogotá es de manejo centralizado y está conformado por 3 centros de control de tráfico ubicados geográficamente en el Chico (Norte), Paloquemao (Centro) y Muzú (Sur), interconectados mediante una red LAN (red de área local). Esta red enlaza todos los procesos y permite el control y operación de las computadoras de tráfico dispuestas en los centros de control (Velázquez, 2009).

Con la realización de esta metodología se pudo determinar que con la aplicación de esta tecnología se podrían reducir estos tres centros de control de tráfico a una sola central semafórica, gracias a que con esta tecnología se puede cubrir la ciudad con un solo punto de interconexión. En este modelo utilizando tecnología PLC, existe una conexión de la central semafórica a un concentrador en una subestación eléctrica (S/E) de media tensión, y aprovechando la red eléctrica se llega a los diferentes transformadores de distribución que alimentan los controladores de tráfico en cada intersección semaforizada, dando la posibilidad de comunicación desde la central hasta los controladores de tráfico.

Adicionalmente, gracias a la topología de la red eléctrica, a las condiciones técnicas de los contadores de tráfico y a las condiciones tecnológicas de los proveedores de PLC, los autores del estudio determinaron que si es viable desarrollar un prototipo de Power Line Modem PLM para telecomunicaciones en sistemas de gestión de tráfico teniendo en cuenta que la metodología propuesta resulta ser más económica, con mejor cobertura, y con capacidades de ancho de banda superiores de la ampliación semafórica actual en Bogotá.

Por otra parte, en La Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito los estudiantes del Grupo de Investigación Electrónica del programa Ingeniería Electrónica y autores del documento "Diseño e implementación de una red domótica para un laboratorio de Ingeniería Electrónica", al notar el aumento de usuarios, estudiantes y profesores en los laboratorios de Ingeniería Electrónica buscaron por medio de la implementación descrita

Aprovechar el tendido de distribución eléctrica para crear una red domótica que ofreciera facilidades de acceso, control de los equipos del laboratorio, ahorro de energía y mejoramiento de la calidad de servicio para los estudiantes. Para ello se aplicó la tecnología Power Line Communications (PLC) y se exploraron mejores alternativas de modulación digital, codificación y detección de errores, acoples, protocolos de transmisión de datos y nuevas aplicaciones (Paz, 2006).

En la implementación de esta red se definieron dos campos de trabajo: la línea de transmisión la cual se ocupa de la caracterización del medio, el diseño, la optimización e implementación de acoples trifásicos de red, de los moduladores y demoduladores. La segunda, los aplicativos que tienen a cargo el diseño y la construcción de los sistemas control on-off y de control de acceso al laboratorio de prácticas libres de la Escuela, así como de software de control de aviso e integración de todos los sistemas.

Con esta implementación los autores determinaron que en Colombia si es viable la aplicación de la tecnología PLC pero se debe experimentar más con técnicas de modulación para transmisión de datos como OFDM (Multiplexación de división de Frecuencia Ortogonal), GMSK (Esquema de Modulación binaria simple Gaussian Minimum Shift Keying), y spread spectrum los cuales ofrecen rendimientos más altos de transmisión y reducen las condiciones de ruido del medio utilizado.

Por otro lado, Glenn Elmer Hernández Camelo (Ingeniero Electrónico Uniandes) y Nadim Miserque C.(Médico Cirujano Jefe Urgencias Fundación Cardiovascular Colombia) quienes pertenecen a Gnet (Grupo de Trabajo de nuevas tecnologías) de la ciudad de Bucaramanga luego de ver la necesidad de controlar y monitorear a distancia diferentes dispositivos y sensores ubicados en lugares donde por diferentes razones, no es posible contar con la presencia de un profesional del área de la salud que realice un diagnóstico pertinente, realizaron un estudio para revisar la viabilidad de tener una tecnología que permitan realizar funciones de monitoreo y control de signos vitales a través del envío de datos a distancia utilizando como medio de transmisión la red Eléctrica.

Para las empresas, industrias y lugares de trabajo que se caracterizan por manejar diversos procesos químicos, espacios con altos niveles de ruido, áreas de trabajo expuestas a altas temperaturas, zonas con altos niveles de contaminación a causa de gases tóxicos, lugares de difícil acceso, así como poblaciones del territorio nacional, apartadas de las ciudades capitales, donde es evidente, no sólo la carencia de equipos especializados para realizar el diagnóstico de cuadros clínicos específicos, sino también la presencia de un profesional altamente calificado en un área específica de la salud, este sistema de control electrónico mediante la tecnología PLC es la solución ideal para monitorear, supervisar, controlar, ejecutar y operar diversos procesos sin poner en riesgo la vida e integridad física de las personas que habitan en dichas áreas y territorios, debido a que todas las acciones o comandos de control y supervisión son enviados a través de la red eléctrica.

Gracias a este estudio se considera la tecnología PLC como una valiosa e importante alternativa en el campo de la salud, específicamente en el área de telemedicina, permitiendo la transmisión en tiempo real y en diferido, de imágenes diagnósticas análisis de situaciones médicas, monitoreo y control de signos vitales a distancia, a través de conexiones de alta velocidad, soportadas por sistemas de encriptación y seguridad, que al ser enviados por la red eléctrica, pueden llegar a zonas de difícil acceso y suplir las necesidades de salud y mejoramiento en la oportunidad y la oferta a la población más vulnerable, no sólo en Colombia, sino en todo el mundo.

De la misma manera, en el departamento de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana los Alumnos Germán Eduardo Castro Díaz, Wilson Yesid Guzmán Arias Karín Mónica Munar Bohórquez desarrollaron un sistema de manejo remoto de dispositivos domésticos. La aplicación es un desarrollo en domótica acorde con la realidad y necesidades Colombianas,



haciendo uso de herramientas disponibles en el entorno, aportando además, adaptaciones novedosas, dentro de las cuales se encuentran el brindar amplia movilidad para el desarrollo domótico.

Aunque en la parte de internet se han realizado varios desarrollos en la Universidad Javeriana, sobre el tema de la transmisión inalámbrica de datos a través de redes de telefonía, se ha investigado poco en el ámbito de trabajos de grado y no se encuentra referencia alguna acerca de las últimas tendencias en tecnología inalámbrica y protocolos, lo cual implica, que el desarrollo del trabajo puede aportar una base para trabajos futuros, ampliando la visión de los estudiantes con respecto a nuevos desarrollos en este campo .

Para hacer uso del dispositivo el usuario se conecta a Internet por medio de un dispositivo móvil o PC convencional, a través de una red inalámbrica de transmisión de datos o de una acceso físico (Telefónico, fibra óptica, entre otros) respectivamente. Dentro del proceso de navegación, el usuario ingresa a la página principal para el control remoto de dispositivos domésticos, donde el sistema distingue el tipo de dispositivo usado para el ingreso. Para ingresar a la aplicación, se realiza un control de acceso por medio de un nombre de usuario y una clave. La información que visualiza es el estado de los electrodomésticos de su hogar (Castro, Guzmán y Munar, 2014)

Por otra parte, Smart People, empresa Colombiana que administra el portafolio de soluciones PLC de Mitsubishi Electric, uno de los principales proveedores de esta tecnología en el mundo, ha establecido contactos con las compañías de energía eléctrica y con proveedores de telecomunicaciones para presentarles la tecnología.

Una de las compañías con las que Smart People se ha reunido para avanzar en el tema de PLC es Empresas Públicas de Medellín en donde se realizó un proyecto piloto de PLC en hogares, una institución educativa y una zona comercial. El propósito de EPM fue comparar los resultados con los de cable y DSL, con el fin de evaluar si los clientes valoran los beneficios adicionales que ofrece PLC. Respecto a esta prueba piloto no se tiene información alguna sobre los resultados y las conclusiones que pudieron determinar en el posible uso de esta tecnología.

Por último, se han conformado grupos de investigación interesados en saber acerca de esta tecnología que se encuentra en proceso de maduración, algunos son: Escuela Colombiana de Ingeniería, Red colombiana de semilleros de investigación, CINTEL: Centro de Investigación de las Telecomunicaciones, CCD: Corporación Colombiana Digital.

De acuerdo a lo anterior, el desarrollo de la tecnología PLC en Colombia debe tener un mayor nivel investigativo tanto desde el punto de vista Universidad, como desde el punto de vista de mercado, debido a que gracias a las

propiedades de la red eléctrica, es posible alcanzar un nivel aplicativo bastante alto, comparado con otras tecnologías.

Aunque las comunicaciones por líneas de potencia es una área que ha sido estudiada por muchos años y se han enfocado en resolver problemas específicos como el ruido y velocidad, en Colombia hace falta enfocar aún más los estudios sobre estos problemas y poder identificar que puede mejorar el comportamiento de esta tecnología para poder ser aplicada sobre los tendidos eléctricos de las zonas residenciales. PLC ha sufrido un proceso de evolución en los últimos años que ha propiciado su madurez pero en Colombia no se ha involucrado lo suficiente ni ha mostrado a la gente lo valiosa que puede llegar a ser.

## **2. USO DE PLC EN LA ZONA RESIDENCIAL**

### **2.1 APLICACION**

Se tiene la aplicación Power Line Indoor Communications (PLIC), la cual está diseñada para la implementación de redes en el hogar o también llamado Home Networking, implementación de redes LAN y en domótica.

Los sistemas de automatización realizados por PLC se construyen sin la instalación adicional de redes de comunicaciones y se pueden emplear en varias labores como el control de dispositivos que están conectados con la instalación eléctrica interna tales como: la iluminación, el aire acondicionado, los electrodomésticos, las tareas de seguridad como visualización de cámaras y sensores de movimiento, servicios de intercomunicación entre las distintas redes del hogar, comunicación con redes externas, compartición de dispositivos, tele servicios, servicio de videos bajo demanda, juegos en red, tele banca, interconexión de los sistemas eléctricos y telefónica, entre otros.

La aplicación consiste en tomar las señales telefónicas que llegan a una vivienda y retransmitirlas a través de la red eléctrica interna, dándole la facilidad al usuario de utilizar el teléfono en cualquier sitio de la vivienda en donde se encuentre una toma eléctrica. Adicional a los servicios anteriores, se puede utilizar en Telemedicina, lo cual se conoce como la prestación de servicios de medicina a distancia entre las cuales están las consultas, diagnósticos y hasta cirugías a distancia en tiempo real. En términos generales podríamos hacer de la casa un hogar inteligente.

Igualmente, existe la aplicación Power Line Outdoors Communications (PLOC), específicamente para el desarrollo de redes de acceso, abriendo la posibilidad de ofrecer el servicio de Internet por la línea eléctrica desde la subestación, planteando así una solución a la comunicación entre la subestación y la instalación doméstica, es decir el tramo de baja tensión conocido como "última 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 está ubicado cerca del transformador de baja tensión. Además, está el MODEM PLC, el cual es el equipo ubicado dentro del domicilio y funciona como interfaz entre el ordenador y la red eléctrica, 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.

Existe otro tipo de aplicación el cual permite la transmisión través de tramos de media tensión entre transformadores de alta/media tensión hasta los transformadores de media/baja tensión, este tipo de red está 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. 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.

## **2.2. IMPORTANCIA**

La tecnología PLC brinda una solución alternativa a las redes de telecomunicación tradicionales, dando más cubrimiento a los diferentes usuarios que lo requieran. Este tipo de red de acceso puede abrir el mercado a las empresas de servicio eléctrico brindándoles la oportunidad de darle un mayor uso a las líneas de distribución, brindando más servicios a las zonas residenciales, teniendo la ventaja de contar con una de las redes de más extensa cobertura.

Power Line Communication cubre las necesidades y estándares de comunicación, a través de su amplia gama de productos, cabeceras o equipo master y repetidores o regeneradores de señal PLC en su formato de tiempo o por frecuencia, suministrando una solución técnica real para resolver el dilema de la transmisión de datos aprovechando la extensa capilaridad de las redes eléctricas. En la parte de red Interna la tecnología PLC es una buena opción tanto de banda ancha como estrecha, es un método bastante amigable que permite automatizar los hogares por la facilidad de los puertos de conexión para el equipo que se quiera controlar.

La extensión de redes Smart Grid, definidas como “un sistema que permite la comunicación bidireccional entre el consumidor final de la energía y las compañías eléctrica” (Brown, 2005). permitiría reducir enormemente la saturación de las redes eléctricas, los cortes en el suministro lo que conlleva a un ahorro en los costos de mantenimiento, lo que generaría a las empresas Eléctricas Colombianas mayor beneficios económicos así como la ejecución de una operación más eficiente de la red eléctrica.

Los sistemas basados en la generación distribuida garantizan obtener una mayor predicción del costo de la energía, mejor control y administración de la fuente de producción y de las cargas, incrementando el rendimiento y optimizando la eficiencia energética. Por otro lado, este tipo de redes inteligentes permiten el uso del combustible o fuente energética disponible en el lugar, así como combustibles que se desechan de otros procesos, esto quiere decir que se tendría menor contaminación ambiental y aumento de la demanda.

### **2.3 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS**

Es importante tener claridad de algunos conceptos técnicos para entender mejor el funcionamiento de la red PLC. Dentro de ellos tenemos la descripción de los cuatro segmentos de una red Eléctrica como son:

Red de Alto Voltaje: Esta red transporta la energía desde los centros de generación hasta las grandes áreas de consumo. Las distancias de transporte son grandes y esto implica altos voltajes (110Kv – 38 Kv) y esto permite minimizar las pérdidas. Red de Medio Voltaje: distribuye la energía dentro de un área de consumo determinada. Rango 10Kv a 30 Kv. Red de Bajo Voltaje: distribuye la energía a los locales de usuario final, a los voltajes de utilización final (110V-220V-380V). Red de distribución doméstica: Comprende el cableado de energía y las tomas dentro de los locales del usuario final. (Echeverri, 2014)

Por otro lado es necesario conocer los elementos de un Sistema de Distribución, los cuales el autor Echeverri los detalla en su documento llamado Power Line Communication de la siguiente manera: Alimentadores Primarios de Distribución: estos llevan la energía eléctrica desde las subestaciones de potencia hasta los transformadores de distribución. Transformadores de Distribución: se encargan de cambiar la tensión primaria a un valor menor de tal manera que el usuario pueda utilizarla sin necesidad de equipos e instalaciones costosas y peligrosas. Alimentadores Secundarios: Distribuyen la energía desde los transformadores de distribución hasta las acometidas a los usuarios. Acometidas: Son las partes que ligan al sistema de distribución de la empresa suministradora con las instalaciones del usuario.

Así mismo dentro de la estructura básica de una red PLC se tienen segmentos de distribución los cuales son: el segmento de distribución doméstica que es donde más despliegue real de telecomunicaciones se da sobre líneas de energía existentes, el objetivo es convertir el cableado de distribución doméstico en una red de área local, siendo cada enchufe un punto de acceso a la red.

El segmento de Bajo y Medio Voltaje, constituye lo que en el dominio de las telecomunicaciones se ha dado en llamar “la última milla”, se extiende desde el transformador de media a baja tensión hasta los contadores de los abonados y por último el Segmento de bajo voltaje: las distancias más comunes desde el

transformador al usuario es de 200 metros, siendo un medio compartido, con numerosas ramificaciones para servir a los usuarios.

De la misma manera se debe tener conocimiento sobre los elementos que constituyen una red PLC los cuales el Autor Honary en el libro "Power line communications: State of the art and future trends," (2006) los detalla y entre los cuales se encuentran: Las redes Eléctricas: convierten (mediante los transformadores situados en las subestaciones), los voltajes de media tensión a líneas de baja tensión 220V, lo más cerca posible de los usuarios. Módem de Cabecera: la cabecera PLC convierte los datos de la red PLC de baja tensión al estándar de Internet (Ethernet/USB) que se encarga de interconectar las diferentes redes de servicio (Internet, Televisión, Telefonía, entre otros) con la línea de baja tensión garantizando una conexión a alta velocidad lo suficientemente potente para dar servicio a todos los usuarios. Repetidor PLC: Si la distancia entre la cabecera PLC y el usuario es mayor de 300 metros, se hace necesario el uso de este, ya que la señal atenúa en la línea con el aumento de la distancia. Equipo de Acceso de Usuario: es el equipamiento de telecomunicaciones instalado en el domicilio del cliente final para la prestación de los servicios . Módem de Usuario: posibilita el envío y recepción de datos por la línea eléctrica Home Gateway: posibilita a los distintos usuarios conectados a la red compartir la conexión utilizando cualquier enchufe o tomacorriente de la edificación, estos últimos serán un puerto de comunicación siempre y cuando dispongan de un Módem PLC.

Adicional a lo anterior teniendo en cuenta que en conjunto el contenido de la caja de medición genera interferencias al paso de la señal PLC, dificultando el paso de la señal a través de esta, se conocen técnicas de modulación las cuales son: DDSSM Direct Sequence Spread Spectrum Modulation, que se caracteriza porque puede operar en baja densidad espectral de potencia. OFDM Orthogonal Frequency División Multiplexing que utiliza un gran número de portadoras con anchos de bandas muy estrechos y por último la técnica de modulación GMSK Gaussian Minimun Shift Keying que optimiza el uso de ancho de banda realizando un pre filtrado previo a la modulación.

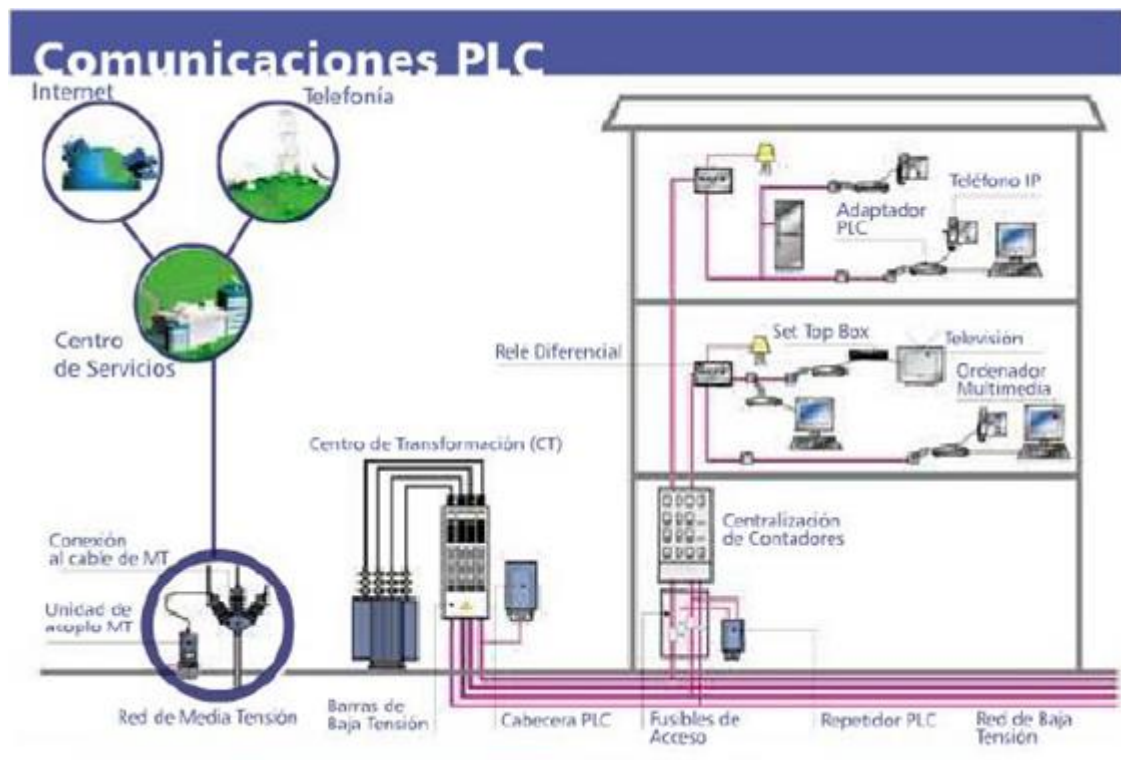
Teniendo un conocimiento más amplio de los conceptos básicos, se puede a continuación detallar como se establece una red PLC. Se lleva la señal de internet a través de fibra óptica o de manera inalámbrica hasta alguna subestación eléctrica, en esta subestación el equipo de cabecera PLC inyecta los datos en el tendido eléctrico de media tensión. Desde este punto hasta el usuario final, el cable eléctrico transporta energía y datos, los cuales han de ser leídos por un Modem PLC colocado junto a cada equipo terminal.

Los Modem PLC situados en los hogares tienen en su interior dos filtros: el pasa bajo, libera la corriente eléctrica de 50 – 60 Hz para su alimentación, además sirve para limpiar los ruidos generados en la red por lo electrodomésticos conectados. El filtro pasa alto es el que libera los datos que viajan en frecuencias portadoras de entre 2.4 hasta 38 MHz y facilita el tráfico bidireccional entre el cliente y la red.

Se debe tener en cuenta que 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 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.

Además según el cable de acometida o de sub-acometida y por el número de usuarios se tendrá tres clases de conexión: Conexión simple entendiéndose como el suministro a un solo usuario, usando una caja de medición. Conexión Doble: Es el suministro a dos usuarios pero usando una sola acometida. Conexión en Derivación: Es el suministro de energía eléctrica a más de dos usuarios, para esto se empleara una sub-acometida y cajas de derivación. 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.



**Figura 2. Esquema general de un PLC**

Fuente: Paez, H. (2005). Sistema de comunicación de datos a través de la red eléctrica domiciliaria. Biblioteca Digital Universidad de Los Andes.

### **3. DETERMINACION DE LA APLICABILIDAD DE LA TECNOLOGIA EN LAS ZONAS RESIDENCIALES**

Tomando como base la información brindada anteriormente se determina la tecnología PLC como una importante alternativa para el acceso a servicios de telecomunicaciones en donde se requiere mecanismos de control de acceso al medio y técnicas de modulación para poder garantizar que las señales transmitidas puedan llegar a su destino de forma confiable.

Además es importante tener en cuenta que las redes eléctricas aunque no fueron diseñadas como medio de transmisión para sistemas de comunicaciones convirtiéndolas vulnerables, se puede enfrentar escogiendo equipos de reconocida solvencia y múltiples pruebas comerciales, lo que a través de la aplicación de las técnicas de encriptación y detección de errores , manejo variable de niveles de potencia y modulación OFDM han garantizado el óptimo funcionamiento de sus sistema de comunicación de banda ancha operando sobre un medio de transmisión variable, como el cable eléctrico .

De acuerdo a lo analizado se puede decir que existe factibilidad técnica para una futura implementación de la tecnología PLC sobre las redes eléctricas residenciales utilizando la red de media y baja tensión y los equipos necesarios que están disponibles en el mercado , considerando así esta tecnología como un elemento complementario en donde se puede combinar tramos de tecnologías tradicionales con esta nueva tecnología con el fin de llegar a lugares donde no han tenido la oportunidad de contar con diferentes servicios de comunicaciones , con la intención de mejorar el servicio y poder contribuir a mejorar las diferentes brechas tecnológicas entre diferentes poblaciones Teniendo en cuenta las definiciones anteriores podemos entender un poco más el concepto PLC definido como:

Una tecnología de comunicaciones que usa como medio de transmisión el cable eléctrico, tanto de baja tensión (BT) como de media tensión (MT), este permite ofrecer servicios de telecomunicaciones de Banda Ancha de una manera diferente y sin implicar mayores gastos. En cada enchufe del cliente además de disponer de energía eléctrica tendría acceso a servicios de telecomunicaciones como internet y conexión telefónica, esto sin tener que disponer de nuevo cableado o antenas adicionales (Guiomar, 2010).

### **CONCLUSIONES**

La creación de este artículo el cual está enfocado a validar la diversa información encontrada sobre PLC, ha de ser una herramienta que brinde a los próximos interesados en conocer algo de lo que ya existe de esta novedosa tecnología. Esta revisión permite ahondar un poco más en el conocimiento de Power Line Communications, que al momento no ha sido muy expandida a nivel Colombia pero concluimos que si es posible su implementación sobre el tendido eléctrico de las zonas residenciales.

Las comunicaciones a través de las líneas eléctricas constituyen una alternativa económica para sectores donde existen limitaciones de infraestructura telefónica, es por esto que la tecnología PLC es una importante alternativa para el acceso a servicios de comunicación identificando las redes eléctricas de media y baja tensión en Colombia como medio posible para transmitir datos con lo que se puede interconectar a gran parte del país y de esta manera se podría contar con un nuevo servicio de acceso a internet y otros tipos de telecomunicaciones basado en la tecnología PLC.

PLC como medio de transmisión de servicios de telecomunicaciones no es un servicio nuevo, es una opción que se ha venido estudiando y analizando durante años en diferentes partes del mundo pero se hace necesario indagar más sobre esta tecnología teniendo en cuenta los grandes beneficios de cobertura y acceso tecnológico que nos puede brindar.

De igual manera a pesar que las redes Eléctricas no fueron diseñadas como medio de transmisión de sistemas de comunicaciones convirtiéndola en un medio vulnerable, se han estudiado diferentes técnicas de modulación, encriptación y modulación de errores que garantizan el buen funcionamiento de la comunicación banda ancha sobre un medio de comunicación como el tendido eléctrico.

Adicional a lo anterior teniendo en cuenta el campo interdisciplinario que tiene el estudio de esta tecnología se identifica algunos estudios que se podrían profundizar a futuro como lo son: la domótica como campo en la tecnología PLC, estudio de aplicación de Smart Grid, acceso a la telemedicina con la tecnología PLC, regulación de la tecnología PLC en Colombia, estudio económico que conlleva la implementación de la tecnología PLC en Colombia, Seguridad en las redes PLC, Capacidad de la red eléctrica a nivel nacional para soportar redes PLC, desempeño de las redes PLC en redes similares a las Colombianas.

Es por esto que Power Line Communication es una tecnología que brinda un valor agregado a las líneas eléctricas, permitiendo que las conexiones existentes en los hogares se puedan adaptar para utilizar conexión banda ancha y disfrutar de diferentes servicios que permiten a las personas interactuar y que promueven el desarrollo en diferentes campos y distintas zonas del país.

Así mismo PLC en términos de prestación de servicios es una oferta innovadora de tecnología que permite nuevas oportunidades de servicios para las empresas distribuidoras de energía conociendo la factibilidad de convertir una toma corriente de la casa, oficina, empresas, en puntos de entrada y salida de voz video y datos.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Agudelo AM, Bernal PC. (2007). Transmisión de información a través de líneas eléctricas de potencia mediante multiplicación por división. Artículo 2007. Disponible en la Biblioteca Digital Universidad Nacional de Colombia.
- [2] Aquilue R. (2006). Power line communications for the electrical utility: physical layer design and channel modeling.2007. Tomado de: [http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/9138/phd\\_raquilue\\_part\\_I.pdf?sequence=1](http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/9138/phd_raquilue_part_I.pdf?sequence=1)
- [3] Arrabal LD. (2006). Analysis of the cyclic short-term variation of indoor power line channels, vol. 24, no. 7, pp. 1327-1338, IEEE Journal on Selected Areas in Communications.
- [4] Bastidas HA. (2005). Modelando algunas características de las redes eléctricas usadas como canal para proveer telecomunicaciones. Revista Ingeniería e Investigación Vol. 25 N 3 Dic 2005.
- [5] Brown PA. (2005). Power line communications -- past, present, and future, Proceedings of International Symposium on Power-line Communications and its Applications.
- [6] Flores AI. (2005). Gestion y Politica Publica. Tomado de: [http://www.gestionypoliticapublica.cide.edu/num\\_anteriores/Vol.XIV\\_Noll\\_2dos\\_em/IBARRA.pdf](http://www.gestionypoliticapublica.cide.edu/num_anteriores/Vol.XIV_Noll_2dos_em/IBARRA.pdf)
- [7] García WM. (2009) Estudio técnico/económico comparativo entre la tecnología PLC (Powerline Communications) y la tecnología ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) para el servicio de internet. Libro digital tomado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1857>
- [8] Guiomar C, (2010) P4. OPERA Specification Based PLC System, Washington, IEEE Computer Society, DC USA.
- [9] Hernandez GE, Miserque N. (2007). Funciones de Monitoreo y Control de Signos Vitales a través del Envío de Datos, a Distancia, usando la Red Eléctrica en Colombia. Tomado de: <http://archivo.revistaesalud.com/index.php/revistaesalud/article/viewArticle/170/461>
- [10] Huidobro JM. (2006) Voz y Datos por la Red Eléctrica. 2006. Disponible en: [http://www.networkworld.es/Voz-y-datos-por-la-red-electrica\\_Power-Line-Commun/seccion-Telecomunicaciones/articulo-133133](http://www.networkworld.es/Voz-y-datos-por-la-red-electrica_Power-Line-Commun/seccion-Telecomunicaciones/articulo-133133)
- [11] Hrasnic, H. (2005) P 11-23 Broadband Powerline Communications. Network Design USA.
- [12] Moreno JP. (2010) Estudio De Factibilidad Técnica Y Económica Para El Servicio De Internet En Riobamba A Través De La Red Eléctrica Utilizando La

Tecnología PLC. Tomado de:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/635/1/38T00252.pdf>

[13] Páez H. (2005). Sistema de comunicación de datos a través de la red eléctrica domiciliaria vol. 1 p 35-49 Disponible en la Biblioteca Universidad de Los Andes.

[14] Pavlidou, A. J. Han J. (2006) p. 34. Power line communications: State of the art and future trends," Canada.

[15] Paz, H. (2006) Diseño e Implementación de una red domótica para un laboratorio de Ingeniería Electrónica. Artículo Digital, disponible en la Biblioteca Universidad de La Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

[16] Velásquez A. (2009). Desarrollo de una metodología para el control de la señalización del tráfico y el sistema de semaforización utilizando las líneas de potencia eléctrica PTL (PLC). 130p. Tesis Maestría de Telecomunicaciones. Disponible en la Biblioteca Digital Universidad Nacional de Colombia.

[17] Vieitez, M. (2007). Desarrollo de un emulador de Powerline Communications. 2007. Recuperado de:  
<http://www.epen.gov.ar/archivos/educativo>