



**REPÚBLICA DEL ECUADOR**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EMPRESARIAL DE GUAYAQUIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**PARA LA OBTENCIÓN AL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN GESTIÓN DE TELECOMUNICACIONES MENCIÓN REDES DE  
ACCESO Y TELEFONÍA**

**TEMA:**

**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE TECNOLOGÍA PLC EN RED ELÉCTRICA EN  
COOP. LUIS VARGAS TORRES – GUAYAQUIL.**

**AUTOR:**

**LUIS ANIBAL PANTOJA RUIZ**

**2018**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

## **AGRADECIMIENTO**

Expresar mis sinceras gratitudes a cada una de las personas que a pesar de todo siempre confiaron en mí, ayudándome de forma incondicional, pero principalmente darle las gracias a Dios que siempre ha estado presente en mi vida en lo bueno y en lo malo dándome esa fortaleza en momentos de debilidad pudiendo llegar a la culminación de tan deseado logro, reconocer también a mi madre que ha estado siempre pendiente de mi superación personal y ha sido una fiel testigo de mi progreso, a mi hermana que constantemente está dándome ese aliento y oraciones, a mi padre que a pesar de no estar en mi etapa de niño con sus consejos y palabras sabias aunque fuertes a la vez, eso me ha fortificado mi espíritu y mi temperamento; agradecer a mi esposa Karla Katalina ya que estuvo pendiente con sus ánimos dándome siempre y apoyándome a finalizar este proceso de culminación de artículo académico.

Agradezco a mis maestros en especial al Ing. Diego Aguirre del cual ha dado lo mejor de sí durante el proceso de enseñanza en la carrera dentro de la universidad.

Muchas gracias a todos ustedes y deseándoles todas las bendiciones.

## **DEDICATORIA**

A mi madre, Glenda Sofía Ruiz Gutiérrez, que fue y siempre será mi guía y ejemplo a seguir; a mi padre, Luis Aníbal Pantoja Obando, que a pesar de todo ha sabido guiarme; a mi hermana Sofía Belén, ya que sin ella no hubiera logrado ese cambio en mi vida y a mi amada esposa Karla Katalina Orellana Vergara, mi compañera ideal sin tu empuje no hubiera logrado alcanzar la meta y a mi querido hijo que está por venir.

A ustedes, mi familia, les dedico este logro que no solo es mío, es nuestro logro, sin su apoyo no hubiera sido posible.

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

.....  
Luis Aníbal Pantoja Ruiz

# **ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE TECNOLOGÍA PLC EN RED ELÉCTRICA EN COOP. LUIS VARGAS TORRES – GUAYAQUIL.**

Luis Aníbal Pantoja Ruiz

Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil

luisanibal.pantojaruiz97@ymail.com

## **RESUMEN**

La transmisión de datos por líneas eléctricas; PLC (Power Line Communications) es un sistema de comunicación novedoso, ya que se utiliza el tendido eléctrico para la funcionalidad del mismo (con el servicio de telefonía, televisión y datos).

El presente artículo académico fue con la finalidad de conocer si es factible la implementación del sistema PLC tomando como lugar de estudio la Coop. Luis Vargas Torres ubicado al sur de la ciudad de Guayaquil; desglosando en cuatro capítulos, iniciando con el Marco Teórico donde se dan los antecedentes con una reseña histórica del tema; la funcionalidad del sistema PLC (estructura en la parte eléctrica y de red, y las modulaciones a utilizar). Seguido se presenta la Metodología, del cual se utilizó los métodos descriptivos y observacional, realizando investigación de campo y evidenciando el estado técnico actual en la parte eléctrica y de red; se analiza el posible modelo de red tanto en baja como en media tensión realizando un esquema de red de cada una, indicando parámetros de funcionalidad. Con el debido análisis se dan los Resultados, con lo cual se evidencia las dificultades para la posible funcionalidad del sistema ya que se debe de tomar en consideración aspectos como: impedancia, atenuación, SNR, el número de hogares servidos por el transformador, el efecto armónico (que más se va a dar en sectores industriales), etc. Y finalmente concluyendo que, por el momento no es posible la factibilidad de implementación, ya que, hay factores que no ayudan al correcto funcionamiento del sistema PLC tanto en B.T. como en M.T., factores que más que todo son de tipo eléctrico.

## **PALABRAS CLAVES:**

**PLC:** Power Line Communication

**M.T. y B.T.:** Media y Baja Tensión

**ISP:** Internet Service Provider

**SNR:** Relación señal ruido

## INTRODUCCIÓN

Power Line Communications ofrece utilizar el sistema eléctrico como medio para la transmisión de red; sin embargo siendo una tecnología novedosa no se ha implementado en Guayaquil, influyendo factores a considerar tales como: características técnicas del cableado, el modelo de red de baja y media tensión, la centralización, no existen patrones a seguir para la regularización; por ello, se plantea la necesidad de desarrollar el presente estudio **¿Es posible la tecnología PLC en la red de distribución eléctrica de sectores urbanos Guayaquil? (Coop. Luis Vargas Torres)**. Durante el desarrollo del artículo académico se analizará la factibilidad de implementación del sistema sobre la red eléctrica de baja y media tensión en los sectores rurales de Guayaquil, para ello se revisará las tecnologías disponibles, inconvenientes al implementarlo, ruido, atenuación y la compatibilidad electromagnética entre la transmisión usando PLC y la red eléctrica.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 Sistema Power Line Communications

### 1.1.1 Antecedentes

PLC (Power Line Communication), permiten brindar el servicio de Internet de Alta Velocidad sostenido en las Redes de Distribución de Energía Eléctrica tanto a nivel de Media como de Baja Tensión, esto resulta atractivo para las empresas eléctricas, ya que, por la extensión y cobertura de sus redes, pueden ofertar el servicio a lugares donde les resulta muy difícil llegar con otras tecnologías a empresas de telecomunicaciones por los elevados costos que involucra. (Peralta, 2016)

La tecnología PLC parece tener un futuro prometedor, sin embargo, pocos lugares la tienen implementada ya que hay que realizar un análisis en la parte eléctrica como el sistema de red.

Existen problemas que no están resueltos del todo. **Esta es la principal razón para realizar el presente artículo**, pues se espera saber si es factible la implementación analizando los obstáculos que presentará el sistema, tales como, el ruido causado por distintos factores tanto internos como externos, la estructura de la red eléctrica, el efecto JOULE, el efecto armónico; factores que pudieran llegar a la comunicación del cual se darán a conocer en el transcurso del artículo.

El desarrollo del conocimiento, y de la comunicación e información es de gran importancia para el desarrollo de la tecnología e intelectual de las personas; analizar la factibilidad de esta nueva forma de transmisión de datos por medio del cableado eléctrico y de los diferentes factores que implican para la aplicación y justificación del sistema tanto en el ámbito técnico y económico, ya que de ser posible no existiría la necesidad por parte de las empresas de telecomunicaciones la inversión en cuanto a materiales. "Existe una necesidad de información

que requiere nuestra sociedad, con el advenimiento de la era de la informática” (CABEZAS, 2010)

### 1.1.2 Funcionamiento del sistema de red eléctrico y estructura del Sistema PLC

Para entender el funcionamiento y la estructura de la red PLC se debe considerar los diferentes factores de la parte de red eléctrica y su funcionamiento:

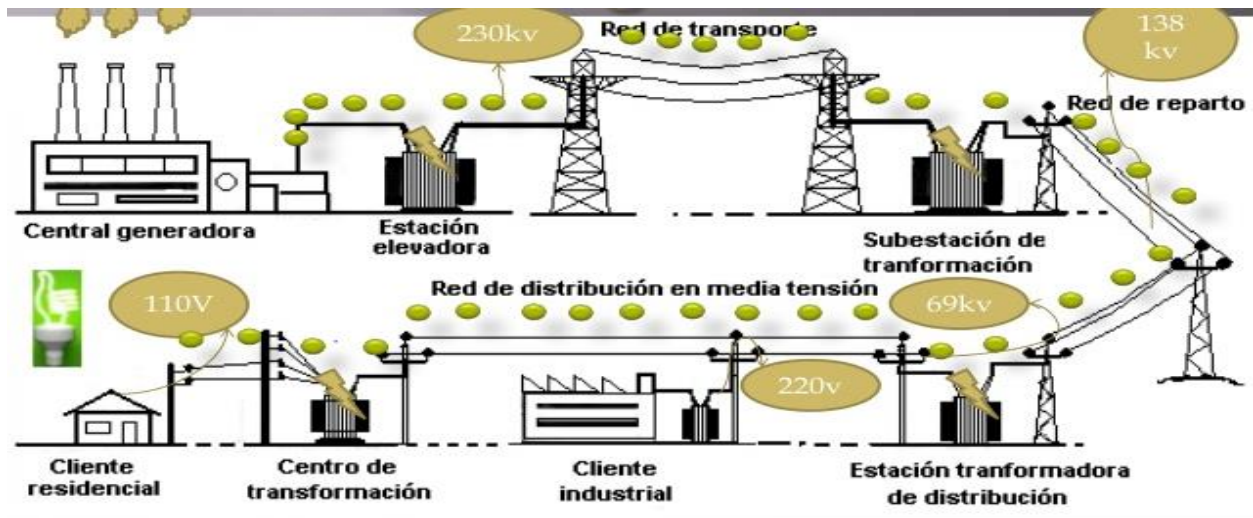
**Red de Alto Voltaje:** Esta red transporta la energía desde los centros de generación hasta las grandes áreas de consumo. Las distancias de transporte son grandes y esto implica altos voltajes (110Kv –38 Kv).**Red de Medio Voltaje:** distribuye la energía dentro de un área de consumo determinada. Rango 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 domestica:** Comprende el cableado de energía y las tomas dentro de los locales del usuario final. (CABEZAS, 2010)

El sistema de red eléctrica en el País es producido mediante centrales de generación Hidroeléctricas del cual se basa utilizando el recurso natural (agua) realizando la transformación de la energía (potencia – cinética – rotación – mecánica y finalmente a eléctrica).

La energía eléctrica llega a los hogares mediante el recorrido que cumple un Sistema Eléctrico de Potencia, inicia su recorrido desde una fuente de generación, aquí se da un primer tramo de media tensión ( $\cong$  de 4,16 KV), los cables viajan desde el generador de energía hasta el primer transformador elevador. Luego se da un segundo tramo de recorrido que ya es de alta tensión (138 KV a 220 KV), este llega hasta la subestación de transporte. Pasa a un tercer tramo que es de media tensión nuevamente (46 KV a 138 KV) el cual va desde la subestación de transporte hasta la subestación de distribución. Y el último recorrido que va desde la subestación de distribución hasta el centro de distribución, donde se oferta el servicio a los usuarios con baja tensión (110 V a 240 V).(Robalino, 2013)

Del cual realiza un recorrido bastante amplio es que existen las diferentes etapas de transmisión donde las centrales de subestación elevadoras y reductoras de voltaje tienen un papel fundamental para evitar la caída de voltaje durante el recorrido. Las subestaciones reductoras de voltaje ubicadas en diferentes sectores de la ciudad, distribuyendo voltaje de alta tensión donde finalmente el transformador se encarga de reducir el voltaje que finalmente es llevado al usuario.





**Figura 1: Diagrama del Sistema de suministro eléctrico**  
Fuente: (Sarango, 2013)

**Generación:** La energía eléctrica se genera en las centrales eléctricas, instalación que utiliza una fuente de energía primaria para mediante un proceso mecánico, químico, luminoso etc., hacer girar una turbina u otros elementos que, a su vez, hace girar un alternador, lo cual causa una transformación de la energía no eléctrica (mecánica por medio del generador) en electricidad. El voltaje producido en las centrales de generación es de 4 a 13.8 KV, una tensión suficiente para alcanzar distancias de 5 a 25 km. (Gonzalez, 2014)

Del cual en el País existen diferentes tipos de centrales de generación eléctrica tales como se muestra en la **figura 2**, Hidroeléctricas (Daule Peripa, Agoyan, Paute), Térmicas, Eólicas, siendo la más importante la de Paute estando conectado al Sistema Nacional Interconectado que va de norte a sur por todo el Ecuador.



**Figura 2: Daule Peripa, Agoyan y Paute**  
Fuente:(Quiñonez, 2014)

Es necesario que las líneas de transporte estén interconectadas entre sí, para que puedan transportar electricidad entre puntos muy alejados, en cualquier sentido y con las menores pérdidas posibles.

**Subestaciones Elevadoras:** Están junto a las centrales generadoras y se encargan de elevar la tensión de la energía eléctrica a un nivel de alta tensión que varía entre 138 KV y 230 KV, lo que facilita su transporte minimizando las pérdidas de energía eléctrica. **Transporte:** Se encarga de enlazar las centrales con los puntos de utilización de energía eléctrica. Para un uso racional de la electricidad”.(Marin Ruiz Edwin Erick, 2016)



**Figura 3: Estación elevadora**  
**Fuente:**(V., 2017)

**Subestaciones Reductororas** Están formadas por transformadores y circuitos de transmisión que disminuyen el nivel de voltaje a un rango de media tensión comprendido entre 46 KV y 69KV. La energía es transportada mediante la red de reparto hacia las subestaciones de distribución.(Marin Ruiz Edwin Erick, 2016)

Las subestaciones eléctricas elevadoras y reductoras que están ubicadas en diferentes etapas durante el recorrido, del cual la elevadora situada en las inmediaciones de las centrales generadoras de energía eléctrica, cuya función es elevar el nivel de tensión, hasta 132, 220 o incluso 400 KV, antes de entregar la energía a la red de transporte; y la reductora tiene bancos de transformadores que se encargan de disminuir el nivel de tensión de la fuentes de alimentación con niveles de voltajes de 69 Kv y 34,5 Kv de subtransmisión y 13,8 Kv de distribución llegando finalmente a los cuartos de transformadores del cual se encarga de la reducir el voltaje a uno deseado para el usuario final electricidad entre puntos muy alejados, en cualquier sentido y con las menores pérdidas posibles.

**Centro de Transformación:** Cuenta con transformadores y los diferentes elementos de protección, alimentados por las líneas de distribución en media tensión, son los encargados de realizar la última transformación. Desde estos centros se distribuye la energía de baja tensión (110V-220V o 220V-440 V) a los usuarios. El centro de transformación puede ser aéreo o de cámara.(Comuval, 2016)



**Figura 4: Transformadores: aéreo y de cámara**  
Fuente: (Montajes, 2017)

## 1.2 Sistema PLC

“La banda ancha sobre PLC empezó a finales de la década de 1990: En 1950 se empezó con una frecuencia de 10Hz y 10kW de potencia, con comunicación en un solo sentido, aplicándose para el control de líneas eléctricas y para el control remoto de relés”(Vieira, 2013).Consiste principalmente en la trasmisión de datos a través del tendido eléctrico dando los servicios de telecomunicaciones basándose en el protocolo IP, dando con esto los diferentes servicios convergentes como la mensajería, video, televisión, música, telefonía IP, etc; ayudándose de la infraestructura de la red eléctrica.

Con un poco de historia sobre la tecnología PLC, los intentos de transmisión de datos por medio de la red eléctrica han sido varios, del cual las empresas eléctricas lo utilizaban para realizar monitoreos en los medidores con velocidades de transmisión de datos limitadas a unos 500 Kbps. “Hace muchos años que empresas e ingenieros están tratando de hacer realidad esta

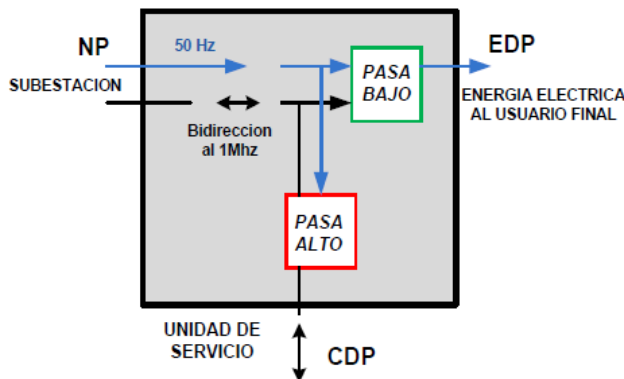
idea porque se trata de aprovechar la red existente (más de 3.000 millones de personas cuentan con energía eléctrica en todo el mundo)”.(Javier Álvarez Valle, 2016). Debido a esto, a los diferentes factores eléctricos que merman la comunicación es que se centra más la inversión en la red de baja tensión por la última milla dando una oportunidad de negocio para las empresas de comunicaciones.

Para el funcionamiento del sistema PLC, separar las señales tanto eléctricas como de datos se utiliza HFCPN (Red Condicionada de alta frecuencia de energía), del cual utiliza una serie de implementos como Unidades de Concentración (UC) y de Usuario (UU).La unidad de concentración se encarga de enviar ambas señales, es decir, eléctricas y de datos a los tomacorrientes, al decodificar los datos, van a la unidad de usuario del cual se encarga de otorgar los canales múltiples para datos, voz y video. “Las unidades usuario proporcionan interfaces para datos (USB, Ethernet), reportan a unidades de concentración, y estas a su vez a enrutadores y/o switches de una red de transporte clásica para producir conmutación local o redes (Telefonía Pública, Internet, etc.).

Las unidades de concentración suelen tener capacidad de establecer entornos VLAN, pudiendo prescindir del enrutador”. (CABEZAS, 2010). Tanto las unidades de usuario como la de concentración contienen filtros para las señales de datos y de electricidad ayudando al acoplamiento. Las unidades reciben las señales eléctricas de media o baja tensión, pasando por un filtro Pasa – Bajo permitiendo pasar señales de baja frecuencia en el cual las señales de electricidad van al puerto eléctrico para su distribución, quitándole el paso a las señales de altas frecuencias. De igual forma un filtro pasa – alto obtiene las señales de alta frecuencia donde van las señales de datos cancelando las señales de bajas frecuencias. El equipo libera los datos por

los diferentes puertos de distribución.” El filtro pasa bajo también sirve para atenuar los ruidos provocados por las aplicaciones eléctricas, ya que si se dejaran pasar estos ruidos se provocaría distorsiones significativas en la red”.(CABEZAS, 2010)

La unidad consta de 3 puertos del cual, el primer dispositivo recibe la entrada agregada en su puerto de red, como se muestra en la figura pasa por un filtro pasa alto.



**Figura 5: HFCPN unidad de acoplamiento**

Fuente: (Javier Álvarez Valle, 2016)

La tecnología PLC trabaja dentro de dos capas principales, la física, del cual es la energía eléctrica de consumo y la de red, del cual son los datos. “La integración de las capas de red y de la física permite que los datos de alta velocidad sean transmitidos sobre las líneas de energía, para uso general directamente a la premisa de los usuarios de forma ininterrumpida, sin errores, de manera intacta y asegurada (cifrado), esta comunicación es protegida por algoritmos propietarios implementados en hardware, transcurre en el tramo de BT”.(CABEZAS, 2010)

### 1.2.1 Modulaciones en el Sistema PLC

“La señal PLC tiene modulación de entre 1,6 y 30 Mhz dependiendo del sistema, aunque actualmente no hay un estándar si no un grupo de sistemas diferentes e incompatibles entre sí; básicamente se usan tres tipos de modulación, los cuáles ocupan el espectro de HF (onda

corta)".(Delgado Carey, 2016).Las técnicas de modulación para el sistema PLC deben de ser óptimas al funcionamiento del cual no serían útiles las modulaciones comunes como ASK, PSK o FSK; del cual las más favorables serian:

- **DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation):**“Modulación de espectro ensanchado por secuencia directa”,(COLORADO AGUIRRE, 2013) del cual genera un patrón de bits redundante para cada uno de los bits que componen la señal. Cuanto mayor sea este patrón de bits, mayor será la resistencia de la señal a las interferencias. El estándar IEEE 802.11 recomienda un tamaño de 11 bits, pero el óptimo es de 100. En recepción es necesario realizar el proceso inverso para obtener la información original. La secuencia de bits utilizada para modular los bits se conoce como secuencia de Barker (también llamado código de dispersión o pseudo ruido). Es una secuencia rápida diseñada para que aparezca aproximadamente la misma cantidad de 1 que de 0. Un ejemplo de esta secuencia es el siguiente. +1-1+1+1-1+1+1+1-1-1-1 solo los receptores a los que el emisor haya enviado previamente las secuencias podrán recomponer la señal original. Además, al sustituir cada bit de datos a transmitir, por una secuencia de 11 bits equivalente, aunque parte de la señal de transmisión se vea afectada por interferencias, el receptor aún puede reconstruir fácilmente la información a partir de la señal recibida. Para el sistema PLC resulta beneficioso este tipo de modulación ya que posee una gran inmunidad a interferencias o de atenuación, pero la desventaja es que su velocidad de datos es baja debido a utiliza gran ancho de banda cuando distribuye la potencia.
- **GMSK (Gaussian Minimun Shift Keying):**“Modulación por desplazamiento mínimo gaussiano”.(ANDRES AGUDELO R., 2014)*GMSK* es un esquema de modulación continua en fase. Se trata de una técnica que consigue suavizar las transiciones de fase

entre estados de la señal, consiguiendo por lo tanto reducir los requerimientos de ancho de banda. Con GMSK, los bits de entrada representados de forma rectangular (+1;-1) son transformados en pulsos *Gaussianos* (señales de forma acampanada) mediante un filtro *Gaussiano*, para posteriormente ser suavizados por un modulador de frecuencia. En la figura 1 es posible apreciar como la fase se suaviza debido a la introducción del filtro *Gaussiano*, al hacer pasar la secuencia de datos 0100 por el modulador.

- **OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex):**“División de frecuencia múltiple ortogonal”.(Agudelo Ramírez, 2014)Modula un gran número de portadoras, no existe problemas de reflexiones, tiene alta eficiencia espectral.

MODULACIÓN	Eficiencia Espectral [bps / Hz]	Máx. Tasa de Datos [Mbps]	Robustez frente a Distorsiones sobre el Canal	Robustez frente a Ruido Impulsivo	Flexibilidad y Características Adaptativas	Compatibilidad Electromagnética y Regulación
Técnica Spread Spectrum	< 0.1	≈ 0.5	Malo	Razonable	Muy Malo	Muy Bueno
Modulación de portadora única en banda ancha	1-2	≈ 2	Bueno	Bueno	Razonable	Malo
Modulación de multiportadoras en banda ancha	1-4	≈ 3	Bueno	Razonable	Razonable	Razonable
OFDM	>> 1	> 10	Muy Bueno	Razonable	Muy Bueno	Bueno

**Figura 6: Tabla de comparación de los tipos de modulación para el Sistema PLC**  
Fuente: Mantilla

### 1.2.2 Estructura y equipos a utilizar en Sistema PLC

Se requieren los siguientes equipos:

**Acopladores:** Existen dos tipos de acopladores, el primero es el acoplador capacitivo, muy utilizado para redes exteriores. Entre sus características se encuentran:



- Dimensiones reducidas
- Instalación rápida, sencilla y segura
- Dispone dos niveles de aislamiento

**Figura 7: Acoplador capacitivo**  
Fuente: (Peralta, 2016)



Equipo de Cabecera Gateway MV: Este equipo realiza su función de cabecera y es un Gateway que tiene tres modos de funcionamiento, de Máster, Esclavo y de repetidor.

**Figura 9: Equipo cabecera y repetidor**

**Fuente:** (Peralta, 2016)

El Segundo acoplador es del tipo inductivo, que es muy utilizado en redes subterráneas. Entre sus características se encuentran:



- Aislamiento 5 Kv
- Instalación rápida, sencilla y segura
- Bajas pérdidas de inserción en todo el rango de frecuencias de 2 40Mhz.

**Figura 8: Acoplador inductivo**

**Fuente:** (Peralta, 2016)



Modem de Usuario: Consisten en un adaptador, un router, un ADSL2 más Wireless Gateway, un adaptador Cable LAN y un Router CableLAN en aplicaciones de red coaxial, son capaces de soportar la distribución de video como HDTV, voz sobre IP y acceso a banda ancha

**Figura 10: Modem de usuario**

**Fuente:** (Peralta, 2016)



Esquema de conexión para el sistema PLC:

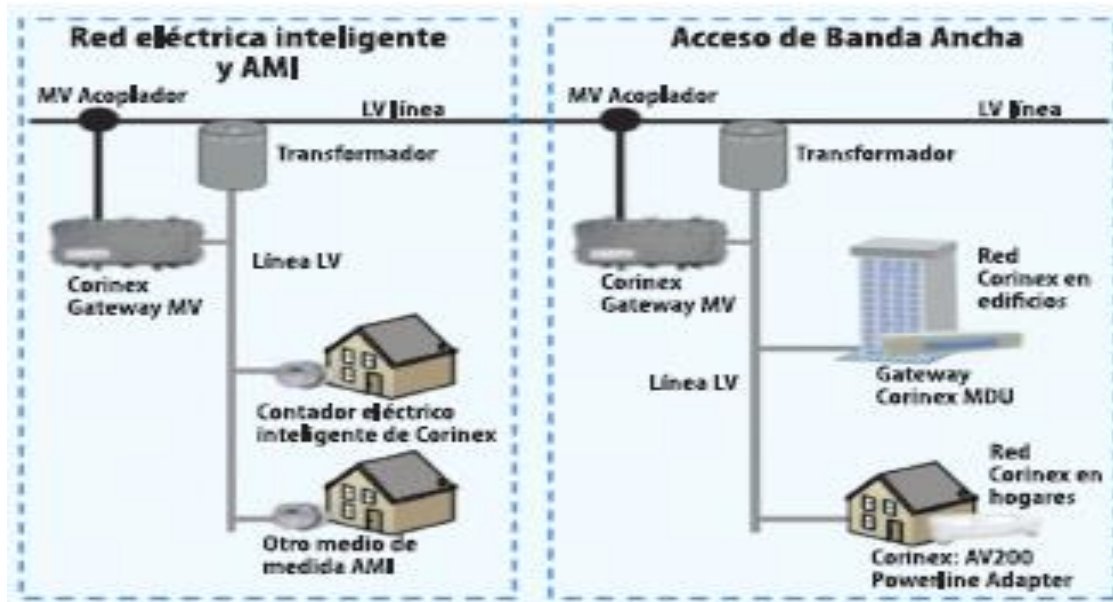


Figura 11: Esquema de conexión  
Fuente: Peralta S.

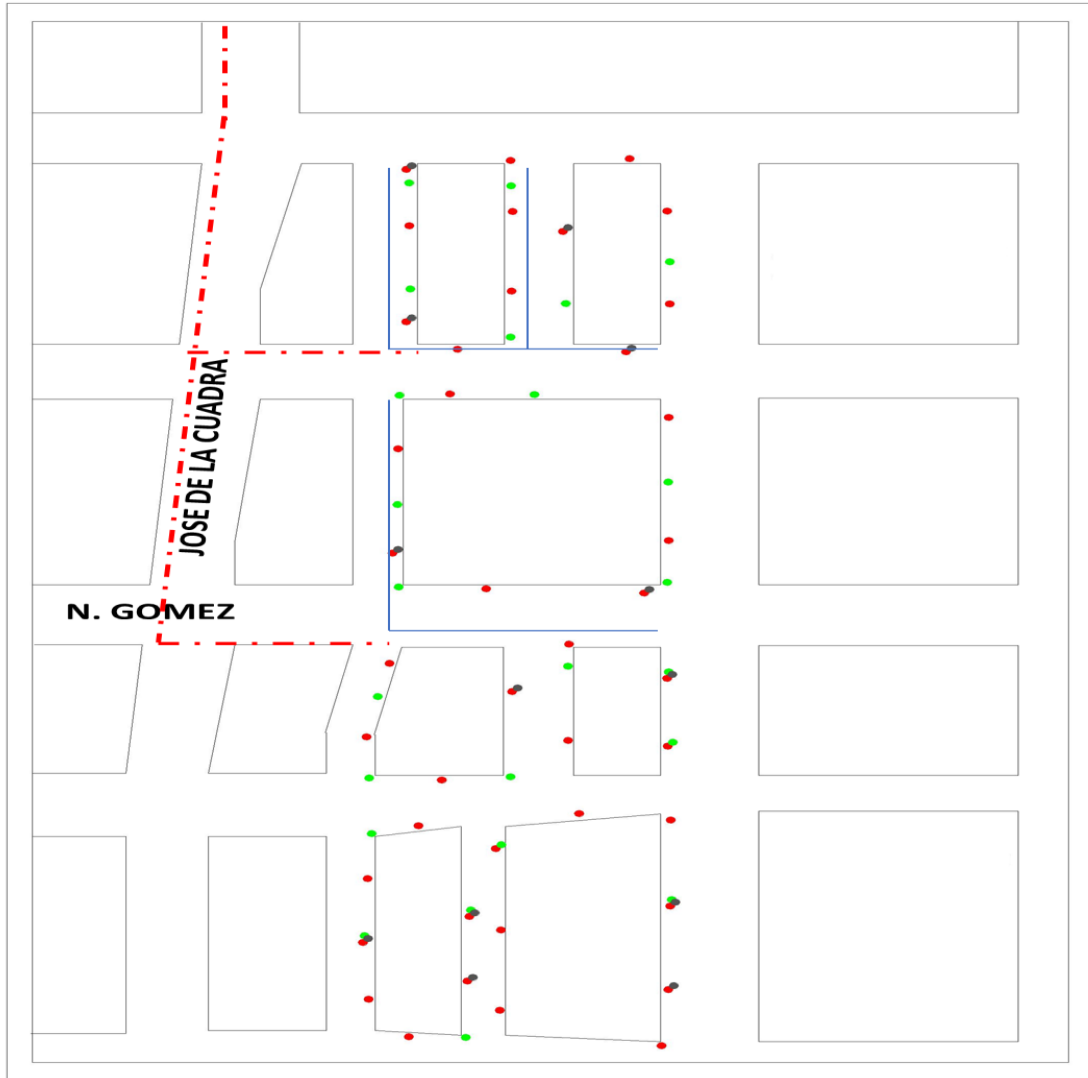
## 2. METODOLOGIA

### 2.1 METODOLOGIA

El modelo de investigación empleado en el presente artículo académico fue **descriptivo**, y **observacional**, puesto que se debe tomar datos técnicos del estado de la red eléctrica de la zona sur de la ciudad de Guayaquil, siendo objeto de estudio para la factibilidad del sistema la **Coop. Luis Vargas Torres**, del cual se pretende analizar si es aplicable la tecnología PLC, mediante la observación detallando el circuito eléctrico, mostrando diagramas unifilares y un mapa del lugar tanto en alta, media y baja tensión, y analizando los diferentes parámetros que se deben tomar en consideración, entre estos, presupuestos a emplear en cuanto a los materiales a utilizar en la parte de red, los efectos causados en la parte eléctrica del cual puede mermar la transmisión de datos, se realizó una investigación bibliográfica en artículos de revistas tecnológicas, tesis y estudios de aplicación de la factibilidad relacionados al tema de la investigación.

### 2.2 ESQUEMA DE RED

Se procede a realizar la inspección de la zona indicada anteriormente, del cual es el despliegue de la red de M.T. (Media Tensión) y B.T. (Baja Tensión) ya que es el objeto de estudio, del cual se muestra en la siguiente imagen el esquema unifilar de la zona, detallando tanto la parte eléctrica como la de telecomunicaciones.



**Figura 12: Esquema unifilar Coop. Luis Vargas Torres  
Fuente: Luis P.**

Postes eléctricos. ●

Línea de Media Tensión. - - - - -

Postes telefónicos. ●

Línea de Baja Tensión - - - - -

Armarios de Distribución existentes (de ● haberlos).

Las Líneas de Media tensión del cual se distribuyen por medio de CNEL en diferentes partes de Guayaquil, del cual salen de una Subestación Eléctrica, se encargan de llevar el suministro a

la zona con un voltaje de 13,8 Kv llegando finalmente a los transformadores, encargándose de bajar la tensión a 110 – 220 voltios para finalmente dar el suministro eléctrico al cliente; mientras se realizaba el levantamiento se encontró lo siguiente:



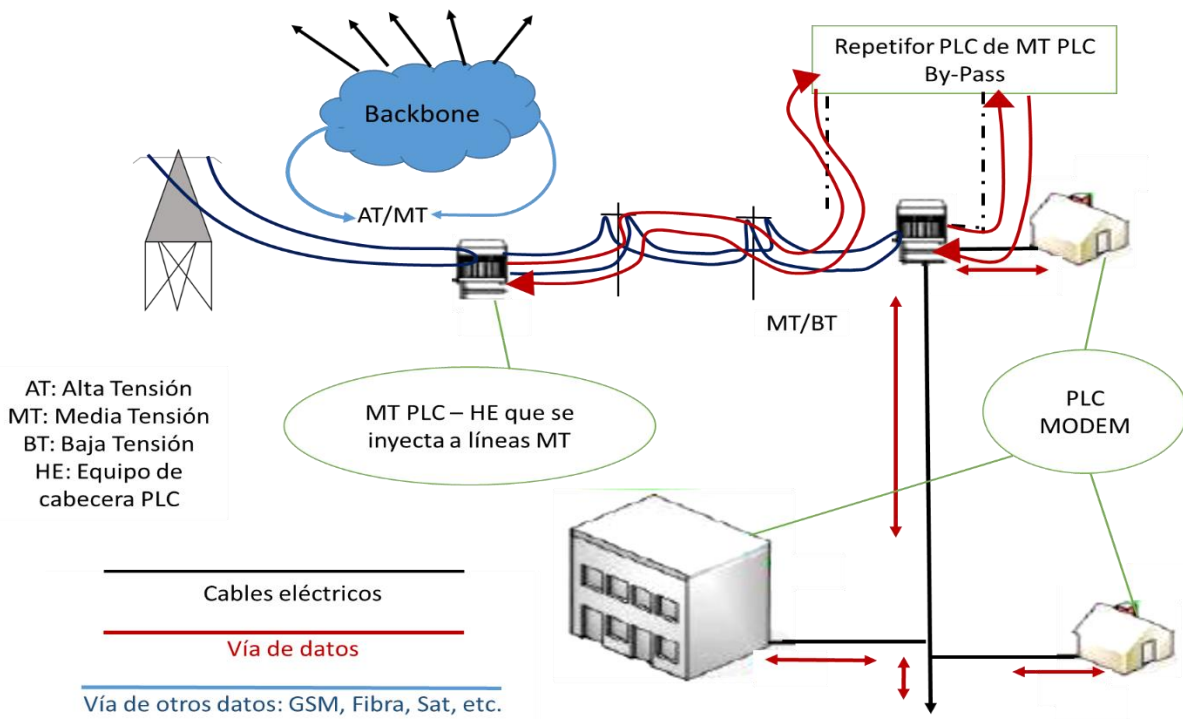
**Figura 13: Coop. Luis Vargas Torres**  
**Fuente: Luis P.**

Instalaciones en la parte de telecomunicaciones técnicamente inadecuadas, cableados excesivos, instalaciones de servicio hacia las residencias estéticamente mal ya que en algunas el cable cruzaba la calle hacia los usuarios. Sin cable guía o tensor; a punto de caerse.



**Figura 14: Coop. Luis Vargas Torres**  
**Fuente: Luis P.**

Para que el sistema PLC sea factible en M.T. los equipos a implementar, partirían en una subestación eléctrica, del cual se inyectaría la señal de datos. Una empresa del servicio de Telecomunicaciones debe de asociarse con la empresa eléctrica y realizar el proyecto de implementación, verificando los parámetros y equipos a utilizar, pero es precisamente aquí donde se complica la utilización del sistema PLC, ya que existen altos niveles de interferencias en M.T.



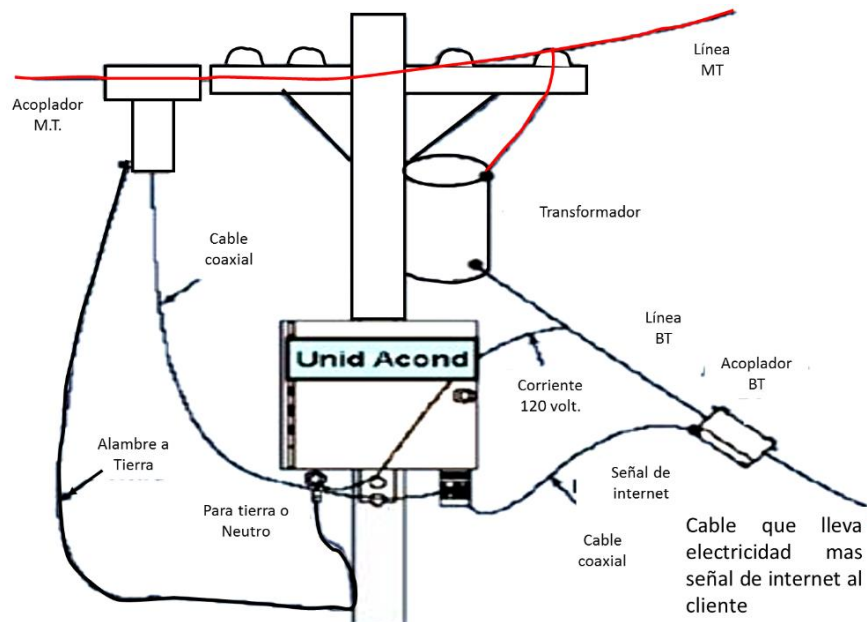
**Figura15: Instalación de PLC incluyendo la red de MT.**  
**Fuente:(Vite, 2013)**

Para aplicar el sistema en M.T. se necesitan equipos de PLC diseñados especialmente para trabajar bajo los parámetros de M.T. y que proporcionen altos SNR, para viajes a largas distancias y repetidores de señal. En este diseño el sistema se centrará más desde las subestaciones, debiendo ser las señales de datos (dadas por las ISP) de un rango alto ya que se deberá suministrar el servicio a un total de usuarios (dependiendo de a qué zona suministra la S/E) y esto ocasionaría lentitud en el servicio de datos y atenuaciones debido a las distancias

recorridas es por ello que se necesitaría más unidades de PLC para cubrir el área de la red.” Al menos dos unidades MT deben estar instaladas en la línea de MT, una para proporcionar accesibilidad al Backbone y otra para la repetición de la señal y puentear el transformador MT/BT y la inyección de señal”. (Vite, 2013)

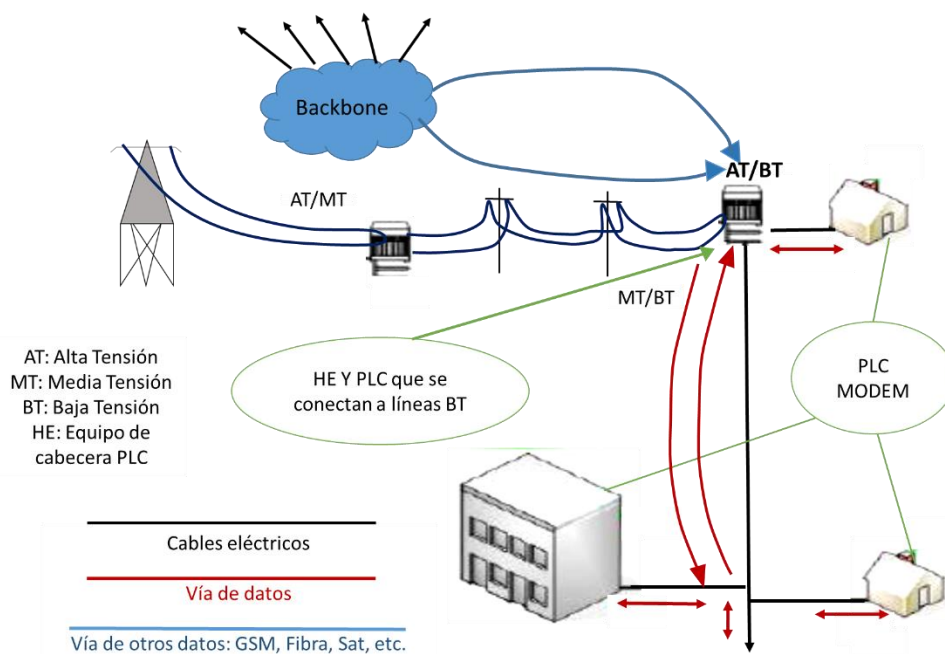
Otro problema es la ubicación de la cabecera del cual es el punto donde se efectúa la conversión de un transporte de telecomunicaciones convencional (por ejemplo, fibra óptica) a la tecnología PLC, ya que se debe ubicar de acuerdo al número de usuarios a dar el servicio.

Para poder realizar la instalación del sistema en B.T. se trabajaría la interconexión con los transformadores; recordar que cada transformador distribuye el servicio a un promedio de 15 a 20 usuarios, ubicado las cabeceras, también hay que considerar que, si se colocan los puntos de interconexión en los transformadores, se tiene que llegar a ellos con la infraestructura dada por el ISP, esto incrementará el costo al usuario.



**Figura 16: Bypass en el transformador eléctrico**  
Fuente:(Vite, 2013)

En la red de B.T. es más sencilla la adaptación. Ya que los datos viajan a distancias más cortas justamente porque el cliente está más cercano a los puntos de acceso Backbone. Como se muestra en la figura y esto se debe a que las infraestructuras en esta parte son mejor establecidas.



**Figura 17: Instalación de PLC en la red BT**  
 Fuente: (Vite, 2013)

Se toma en consideración para el funcionamiento del sistema en B.T. lo siguiente:

- La cantidad de clientes para dar el servicio (de acuerdo a la cantidad de usuarios que tendrá dentro del circuito el Transformador), con esto se evita realizar la conexión en M.T.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 PRIMEROS RESULTADOS**

Una vez realizado la investigación de campo en el lugar, verificando la topología de red en la parte eléctrica y de telecomunicaciones, se presentan los siguientes resultados:

- Reconocimiento del sistema de red eléctrico: teniendo un conocimiento adecuado en esquemas unifilares, tanto en M.T. donde viene la alimentación a la zona y que subestación lleva el servicio eléctrico (Subestación esmeraldas), identificando la calidad de red, realizando un diagrama para el debido análisis.
- El tendido de red de datos actual no cumple con los estándares de conexión ya que es visible (como se ve en las imágenes tomadas) el impacto visual que genera afecta en muchos parámetros, entre ellos, al momento de presentar un fallo (con las instalaciones actuales por parte de los ISP) en el tendido tanto eléctrico (ya que los ISP utilizan los postes eléctricos) como de red, será de difícil detección al encontrar las posibles fallas por parte del personal de mantenimiento.
- Se identificó la cantidad de transformadores hay en el lugar (4 transformadores), sus KVA (Kilovoltios Amperios) del cual es de 50 KVA cada uno, con el cual da un servicio a 20 usuarios normales (sin tener alguna vivienda con local), con ello se encontró la ubicación de los módems cabeceras (ya que se ubicarían en las salidas de cada transformador) si es el caso de que el sistema se lo realice en B.T.
- Se encontró varios usuarios sin contar con un medidor, esto indica que existe posibles robos de luz, con ello afectaría el sistema de red PLC ya que no se contaría con un



servicio óptimo, porque no cuenta en los registros de la empresa eléctrica y con ello no se sabría qué tipo de cargas utilizaría dichos usuarios.

- Se plantea un esquema de la red PLC, como se muestran en las figuras 16 y 17(trabajando en B.T.) allí se puede observar la conexión del modem cabecera, del cual se contaría con 4 módems cabecera con la debida conexión por parte de un ISP llegando al transformador; y la figura 16 (trabajando en M.T.) del cual se centraría el servicio por parte de un ISP en la subestación eléctrica con la colocación de diferentes repetidores en la zona.
- Se presenta un análisis económico en adquisición de materiales y un porcentaje de inversión:

<b>COSTOS</b>	
<b>COSTOS DIRECTOS</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>
<b>Costos de inversión inicial</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos red</li> <li>• Módems de usuario</li> <li>• Acopladores</li> <li>• Equipos de control y servidores ISP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos por imprevistos</li> <li>• Adquisición de equipos para usuarios futuros</li> </ul>
<b>Costos de operación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alquiler del canal de datos hacia Internet</li> <li>• Mano de obra</li> </ul>	
<b>Costos de mantenimiento</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reposición y mantenimiento de equipos</li> </ul>	
<b>Costos de logística</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salarios del personal y servicios básicos</li> </ul>	

**Tabla 1: Materiales a requerir**

Los valores por cada equipo a utilizar serian:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO [USD]
Head-End	ILV22B2, Backplane 2 PLC slots	300
	ILV22P1, Power supply unit	705
	ILV22M2, PLC Fast Ethernet module	1270
Modem usuario	ILV220, CPE	120
Repetidor	ILV2120, Division de frecuencia	350.10
Convertidores de Medio FO/Ethernet	Convierte la señal de Fibra Optica a Ethernet	110.55
Unidades de Acoplamiento Inductivo para BT	Acoplarse los cables de las lineas subterráneas de M.T	300

**Tabla 2: Materiales a requerir**

- Se realizó un presupuesto aproximado de la inversión a realizar en el caso de M.T.:

A NIVEL DE MEDIA TENSION				
MATERIALES	VALOR UNITARIO	N° DE EQUIPOS	N° DE USUARIOS	VALOR TOTAL
HEAD - END	\$ 2.275,00	1	\$ 5.000,00	\$ 11.375.000,00
REPETIDOR	\$ 350,10	100		\$ 35.010,00
UNIDADES DE ACOPLAMIENTO	\$ 300,00	1500		\$ 450.000,00
MODEN URUARIOS	\$ 120,00	5000		\$ 600.000,00
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>\$ 12.460.010,00</b>

### 3.2 RESULTADOS FINALES

La tecnología PLC necesita ser más analizada debido a que presenta inconvenientes de los cuales, uno es el excesivo ruido que existe en la red de tendido eléctrico y más aún en M.T. como indica Vite en su tesis publicada el año 2013. El rango de usuarios, el diseño y topología de red

es muy amplio ya que para que el sistema funcione los ISP partirían conjuntamente desde una subestación eléctrica colocando los módems cabeceras desde este punto, esto implicaría que durante el transcurso (el recorrido) puede existir atenuaciones y por ende variaciones de frecuencia del cual se necesitaría colocar en áreas de forma estratégica (todo lo que abarcaría el servicio eléctrico por parte de dicha subestación); esto implicaría una gran inversión, pruebas y el debido análisis para el correcto funcionamiento del sistema.

En el caso de que el sistema PLC trabaje en B.T. se producen otros efectos, de los cuales uno de ellos son los diferentes tipos de cargas de cada usuario tanto en residencias como en empresas comerciales o industriales, por frecuentes conexiones y desconexiones de los equipos.

Otras desventajas más a considerar como:

- Impedancia
- Atenuación
- Relación Señal – Ruido
- Número de hogares servidos por transformador

#### 4. CONCLUSIONES

En el estudio realizado se concluye lo siguiente:

- 1) Por el momento no es factible la implementación, ya que hay factores que no ayudan al correcto funcionamiento del sistema PLC tanto en B.T. como en M.T., factores que más que todo son de tipo eléctrico; el efecto **JOULE**, el **Ruido**, el efecto **Armónico**, y la parte eléctrica a nivel del usuario (interna) debiendo cumplir con todas la normas y exigencias como indica Peralta en su tesis publicada en el 2016 para que exista la correcta compatibilidad electromagnética.
- 2) Si el funcionamiento al implementar este sistema de red (PLC) en la red eléctrica de B.T, se lograría un ahorro en cuanto a la implementación en servicios, pero para ello se debe realizar el debido estudio de acuerdo a la cantidad de usuarios a dar el servicio y estas redes PLC son variables en el tiempo y varían de acuerdo a la topología de la red eléctrica.
- 3) En cuanto a los equipos necesarios para las redes PLC existe pocas marcas o empresas que los distribuye en el mercado internacional, ya que en el **mercado nacional por el momento no se los puede adquirir**. Si se desea la implementación de ellos en el país se tendrá que hacer convenios con empresas internacionales para la adquisición.
- 4) Necesita un mecanismo robusto para proporcionar **Seguridad. Autenticación, Auditoría y Control de acceso**, al igual que con todo el despliegue público de los servicios inalámbricos de Internet.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo Ramírez, B. G. (2014). Transmisión de información a través de líneas eléctricas de potencia mediante multiplexación por división de frecuencias ortogonales. *ResharchGate*, 8.
- ANDRES AGUDELO R., P. C. (2014). MODULACIÓN GMSK PARA TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN A TRAVÉS DE LÍNEAS ELÉCTRICAS. *Universidad Tecnológica de Pereira*, 5.
- CABEZAS, C. A. (2010). *ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA DE ACCESO A INTERNET POWERLINE COMMUNICATIONS (PLC) Y SU APLICACIÓN EN LA TRANSMISIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL MEDIANTE EL TENDIDO DE LAS REDES ELÉCTRICAS LOCALES*. riobamba , ecuador: tesis.
- COLORADO AGUIRRE, R. H. (2013). TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN USANDO LA MODULACIÓN (DSSS). En R. H. COLORADO AGUIRRE. Pereira - Colombia: Tesis recuperado de Universidad Tecnológica de Pereira .
- Comuval. (22 de Junio de 2016). *Comuval*. Obtenido de <http://www.comuval.com/blog/Que-es-un-centro-de-transformacion.html>
- Delgado Carey, M. O. (2016). DISEÑAR UNA RED BASADA EN TECNOLOGIA PLC. *Tesis*, 126.
- Eduardo, D. B. (2016). *DISEÑAR UNA RED BASADA EN TECNOLOGIA PLC (COMUNICACIÓN POR LINEA ELECTRICA) PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS, HOGARES Y EMPRESAS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL*. Guayaquil: Tesis. Universidad de Duayaquil - Carrera: Ing. en Telecomunicaciones.
- Gonzalez, W. D. (2014). Impacto de la Implementacion del Sistema de Coocion de induccion electromagnetica. Cuenca - Ecuador: Tesis.
- Javier Álvarez Valle, V. G. (25 de Junio de 2016). *Transmisión de datos por la red eléctrica*. Obtenido de <data:image/jpeg;base64,/9j/4AAQSkZJRgABAQAAQABAAD/2wCEAAkGBxMSEhUTExMWFhUXFxbkGBgXGBoZGBcYFhcdGB4YGBgaHSggGholGxoVlJhJSkrhhttp://www.victorgarcia.org/files/PLC-v2.0RC.pdf>
- Marin Ruiz Edwin Erick, T. R. (2016). ESTUDIO DE LA REDISTRIBUCION DE LAS CARGAS ELECTRICAS DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA. Chimbote - Peru: Tesis.
- Montajes, M. (23 de Octubre de 2017). *Moya Montajes y Electricidad*. Obtenido de <http://electricidadmoya.com/wp-content/uploads/2017/10/3.png>
- Peralta, A. (2016). BPL (Broadband Power Line): una alternativa para brindar el servicio de internet de alta velocidad. *Ingenius*, 1- 10.
- Quiñonez, E. T. (23 de Junio de 2014). *academia.edu*. Obtenido de [http://www.academia.edu/10366797/CENTRALES\\_HIDROELECTRICAS\\_DEL\\_ECUADOR](http://www.academia.edu/10366797/CENTRALES_HIDROELECTRICAS_DEL_ECUADOR)
- Robalino, Q. (2013). Fuentes de generacion de energia electrica. *Ciencia Tecnologia y Sociedad*, 9.
- Sarango, A. C. (26 de Junio de 2013). *Slideshare*. Obtenido de <https://image.slidesharecdn.com/estructuradelsistemadegeneracintransmisinydistribucindeene>

rgaenelecuador-130626002307-phpapp02/95/estructura-del-sistema-de-generacin-transmision-y-distribucion-de-energa-en-el-ecuador-7-638.jpg?cb=1372206236

serna, v. h. (2011). Comunicaciones a través de la red eléctrica – PLC. *maxim innovation delivered*, 1 - 4.

V., J. (23 de Diciembre de 2017). *ERENOVABLE.COM*. Obtenido de <https://erenovable.com/wp-content/uploads/2017/12/subestaciones-electricas-que-son-600x399.jpg>

Vieira, J. R. (2013). La tecnología PLC en los Programas de Fomento de la Sociedad de la Información de Red.es. *ENFOQUES*, 11.

Vite, R. (2013). *ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE ÁREA LOCAL BAJO TECNOLOGÍA DE COMUNICACIÓN POR RED ELÉCTRICA (PLC) PARA EL LABORATORIO DE ELECTRICIDAD DE LA FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE GUAYAQUIL*. Guayaquil: Tesis.