

Las tecnologías Power Line Communications y LiFi como una alternativa de acceso a Internet para las zonas rurales de Ecuador

Power Line Communications and LiFi technologies as a alternative internet access for rural areas of Ecuador

Roberto Espin¹[0000-1111-2222-3333], Brandon Jaramillo¹[0000-0002-9845-9068], Alexander Montalvo¹[0000-0002-9051-2733], Carlos Yupa¹ [0000-0002-8418-8658], and Nathaly Vivas¹

RESUMEN

La pandemia de COVID-19 que afecta al mundo desde el 2020 ha perjudicado a varios sectores como el educativo, generando que gran parte de la población estudiantil tenga que optar por clases virtuales a través de Internet. Sin embargo, hay sectores rurales en los cuales los proveedores de Internet no prestan servicio. Como una alternativa aparecen tanto los PLC (Power Line Communications) como LiFi (Light Fidelity) como tecnologías novedosas e innovativas que nos permiten la transmisión de datos por el tendido eléctrico y bombillas LED. En el presente estudio se propone un modelo de conexión a internet mediante las tecnologías PLC y LiFi como una posible solución a los problemas de conectividad que existen en los sectores rurales de Ecuador. Se realizó una revisión documental sobre las tecnologías en mención. En la propuesta se analizó el posible modelo de red tanto en baja como en media tensión, realizando un esquema In-door y Out-door, indicando parámetros de funcionalidad y factibilidad. A pesar que PLC y LiFi presentan beneficios y ventajas, también hay que considerar que con los recursos tecnológicos que actualmente se poseen el nivel de factibilidad para la implementación de este sistema es muy bajo, ya que se debe considerar aspectos como el control de impedancia, atenuación y el número de hogares servidos por un transformador. No obstante, se espera que se continúen realizando estudios para una futura implementación de esta posible propuesta de solución.

Palabras claves: Conectividad, PLC (Power Line Communications), LiFi (Light Fidelity), impedancia, factibilidad.

Abstract

The COVID 19 pandemic that began in 2020 has affected several social, economic, and educational sectors, determining that in the latter sector, a large part of the student population has to opt for virtual classes through the Internet. However, there are rural sectors in which internet providers do not have services. As an alternative, PLC (Power Line Communications) and LiFi (Light Fidelity) appear as new and innovative technologies, which allow us to transmit data through power lines and LED bulbs. This study proposes a model of internet connection through PLC and LiFi technologies as a possible solution to the connectivity problems that exist in rural areas of Ecuador. A literature review of these technologies was carried out. The proposal analyzes the possible network model in both low and medium voltage making an In-door and Out-door scheme, indicating functionality and feasibility parameters. Although PLC and LiFi present benefits and advantages, it must also be considered that with the technological resources currently available, the feasibility level for the implementation of this system is very low, since aspects such as impedance control, attenuation, and the number of homes served by a transformer must be considered. However, it is expected that studies will continue to be carried out for future implementation of this possible solution proposal.

Keywords: Connectivity, PLC (Power Line Communications), LiFi (Light Fidelity), impedance, feasibility.

¹ Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Av. General Rumiñahui s/n, Sangolquí, Ecuador
{rjespin2, bsjaramillo, asmontalvan, cvyupa, nmvivas} @espe.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

A raíz de la pandemia de Covid-19, muchas de las actividades que se realizaban de manera presencial, tales como trabajo, entretenimiento, educación, tuvieron que migrar al uso de herramientas virtuales, lo que provocó el aumento de la demanda de conectividad y acceso a internet. De acuerdo con la Asociación de Empresas de Telecomunicaciones (Asetel) [1], en promedio el consumo de datos en la red de internet incrementó entre un 30 % y 50 %. Un análisis de YouGov señala que el 86 % de las personas en el mundo se han visto obligadas a cambiar sus actividades habituales por este mecanismo y realizarlas desde casa [1].

Uno de sus mayores demandantes ha sido el sistema educativo. La pandemia ha obligado al cierre masivo de las actividades presenciales de instituciones educativas en más de 190 países [2]. Dichas instituciones se han visto en la obligación de continuar con un sistema on-line, en el que los jóvenes estudiantes invierten un periodo de entre 2 y 6 horas diarias obligatorias en plataformas virtuales, tales como: Zoom, Google Meet, Microsoft Teams, entre otras. Y otro periodo en el autoaprendizaje e investigación para el cumplimiento de sus tareas.

Según la empresa estadounidense Ookla, en cuatro países latinoamericanos (entre ellos Ecuador), los índices de velocidad de transmisión y latencia en Internet —factores clave que afectan la calidad de contenidos audiovisuales, multimedia y el tiempo que tarda en cargar una página web respectivamente— sufrieron cambios degradantes importantes en las últimas semanas de marzo del 2020 [3].

De acuerdo a lo manifestado por la ministra de Educación del Ecuador [4], el 70 % de estudiantes tienen dificultades para acceder a las clases, debido a que poseen un internet de muy baja calidad y otros no cuentan con un proveedor de servicios de internet que les garantice una conexión óptima para recibir clases virtuales.

En Ecuador, el sector rural presenta estos problemas en mayor escala, ya que en los hogares que poseen conexión a Internet existen graves problemas de estabilidad por el mínimo alcance de las señales de ondas electromagnéticas, y esto se debe a que su ubicación geográfica los deja lejos del centro de recursos (torre). A octubre de 2010, apenas 23 de 779 parroquias rurales contaban con una penetración mayor al 10 % de telefonía fija ADSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica); mientras que 723 de ellas no llegaba al 3 % de cobertura de este servicio [4], lo que nos indica que una gran parte del sector rural no cuentan con ningún tipo de conexión a Internet.

Con este hecho, es evidente que la brecha digital continúa expandiéndose a medida que los estudiantes en sectores vulnerables siguen quedándose atrás en su aprendizaje.

Ante este escenario, una alternativa de solución sería utilizar los medios que llegan a los sectores rurales, como es la red eléctrica como medio de transmisión de datos. Entonces las tecnologías LiFi (xxxx) y PLC (Power Line Commucation) puede ser una opción. LiFi permite trans-

mitir grandes cantidades de información mediante la luz visible, es decir que mediante la bombilla o foco que está en su casa y, (PLC) permite una comunicación guiada a través del cableado de electricidad que todos conocemos y que un 95 % de la población cuenta en sus hogares [6].

Unificar estos dos recursos permitiría transmitir datos al mismo tiempo que iluminamos un espacio. Por lo que se podría aprovechar la electricidad como mejora de la transmisión de datos en hogares y ayudar a solucionar problemas como el bajo rendimiento y fallas en las redes de alto tráfico de información, teniendo un ahorro hasta de un 80 % en su posible implementación. Tomando en cuenta lo que en toda locación actual es indispensable, la luz eléctrica, inclusive en los sectores rurales [7].

Contribuir a la sociedad es parte del propósito de esta investigación. Buscamos brindar una fundamentación teórica de una posible solución para suplir las necesidades de conectividad que requiere la sociedad, empleando una metodología descriptiva con una revisión documental que dé a conocer mejor la arquitectura, modulación, ventajas y desventajas de una conexión a internet diferente a la que hemos utilizado durante mucho tiempo, principalmente en el contexto académico.

II. BACKGROUND

El Power Line Communications (PLC), es una tecnología que utiliza como medio de transmisión el cableado eléctrico común para transmitir señales de voz y datos [8]. Su estructura de funcionamiento se basa en el uso de los cables eléctricos de baja tensión como medio de transporte desde un centro transformador hasta el usuario final, permitiendo entregar servicios de transferencia de datos como el acceso a In-ternet de banda ancha [8].

Cuando se analiza la infraestructura que posee el sistema de transmisión de energía eléctrica es inevitable pensar en las grandes ventajas que se podrían aprovechar para la transferencia de datos que ingresan a esta red de alta potencia, pues es acreedora de una gran extensión de cableado dispuesto únicamente para conducir la electricidad [9], no obstante, puede ser utilizada como una alternativa de solución en el ámbito de las comunicaciones.

De acuerdo con Aguilar [6] PLC utiliza las redes de distribución eléctrica ya existentes de baja y media tensión para la transmisión de datos e información. Esto indica que la evolución de la tecnología hace posible la complementación entre las redes eléctricas convencionales y la de datos, pues ambas tienen como propósito “transmitir”, de acuerdo a los estándares establecidos para vatios/horas y para bits/segundos [10].

En este sentido, se plantea la posibilidad de establecer una conexión efectiva a través de PLC en los lugares más lejanos de la urbe donde los hogares carecen de una conexión ADSL o de fibra óptica. También puede ser una alternativa para aquellos sitios que, aun cuando cuentan con

todo lo necesario para entablar la interconexión, poseen un medio congestionado e inestable [11]. Una de sus ventajas es su costo, el aprovechamiento de las líneas eléctricas y su alcance en comunidades donde otro tipo de enlaces no son viables.

Durante aproximadamente 10 años se han realizado importantes esfuerzos de investigación para explorar distintas alternativas que hagan posible la descarga de una gran parte del tráfico de datos en la red y el inestable acceso a internet que esto provoca. Una de las propuestas más recientes es el uso de la nueva tecnología 5G LiFi [13], que está relacionada con la comunicación de luz visible (VLC) [14], la que ofrece algunas ventajas específicas y soluciones efectivas para los diferentes problemas que se enfrenta actualmente en la comunicación inalámbrica.

LiFi es una tecnología emergente que utiliza Visible Light Communications que, a diferencia del WiFi, utiliza la iluminación de una fuente de luz como medio de transmisión. En donde las bombillas LED permiten la transmisión de datos de forma más rápida y estable, debido a que su espectro de luz visible es diez mil veces más grande que todo el espectro radioeléctrico [15], proporcionándonos un mayor rango de frecuencias disponibles y una gran banda ancha.

A diferencia del uso de radiofrecuencia, la luz visible hace mejor uso de la infraestructura con la que ya cuenta el hogar. Las bombillas de luz normales pueden ser reemplazados por bombillas led emisores de internet que pueden manejar millones de cambios en la intensidad de luz por segundo, actuando como un router, lo que permite que grandes cantidades de datos binarios se transmitan a alta velocidad [15].

Otra de las ventajas del LiFi es que genera un ahorro en el consumo de energía muy grande, si una bombilla led LiFi deja de funcionar, solo basta con cambiar dicha bombilla y eso evitará gastos de mantenimiento y cableado, ya que su medio de transmisión es la red eléctrica de la vivienda.

III. METODOLOGÍA

La presente investigación responde a una metodología descriptiva con una revisión documental [16], donde se abordó la variable conexión en el contexto de la red de suministro eléctrico, fundamentada en la revisión de la teoría de transmisión a través de un medio de comunicación [10].

Esta propuesta surge de la problemática que está presente en las parroquias menos afortunadas respecto a su ubicación geográfica dentro del Ecuador, ya que, al encontrarse lejos de una zona urbana donde están las antenas que emiten la radiofrecuencia se los priva de disponer una conexión a internet estable y segura. Y aquellos sectores que alcanzan estas señales con la mínima intensidad son víctimas de las redes con alto tráfico de datos, del bajo rendimiento y de constantes fallas, como lo es la lentitud en responder y la no conectividad a la trama.

Además, este estudio corresponde a la necesidad de investigar y proyectar a la sociedad la capacidad de la tecnología Power Line Communications (PLC) junto con la tecnología LiFi, y expandir las redes de telecomunicaciones para mejores oportunidades de progreso en áreas con poco acceso a internet.

Para el desarrollo de este trabajo se ha utilizado un método analítico que consiste en descomponer un todo en sus partes, realizar un estudio detallado de su arquitectura, modulación y componentes y con base en los resultados obtenidos, plantear una posible implementación de un prototipo de PLC y LiFi en el sector rural, ya que la solución propuesta resulta ser más económica y con capacidad para cubrir el sector, no obstante, esta propuesta es la que se pretende sustentar.

Por ello, hemos hecho uso de diferentes técnicas tales como: una revisión documental y el fichaje, que nos han permitido aportar datos de fácil comprensión respecto a las metodologías actuales adoptadas, la identificación de cuáles son los equipos que se emplean y cómo se llevan a cabo los procesos en las empresas eléctricas para la mejora de la velocidad y transmisión de datos, como también la disminución de latencia. Puesto que, se espera obtener como resultados de esta investigación, la información necesaria sobre el funcionamiento, arquitectura y modulación de una red eléctrica como canal de transmisión de datos, y a su vez plantear una propuesta de solución, complementada con el uso de la tecnología 5G LiFi a la problemática que hemos presentado.

Cabe mencionar, que la red PLC existe y se encuentra en desarrollo en algunos lugares a nivel internacional [13]. Considerando su fácil instalación como principal ventaja, que beneficia tanto al usuario final como a la empresa que provee el servicio de acceso a internet.

IV. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

En esta sección se presenta una propuesta de solución a la problemática planteada, la cual busca mostrar una mejor alternativa para que los sectores rurales del Ecuador puedan tener una conexión a internet en sus propios hogares, y que la educación de los niños y adolescentes no se vea afectada por este factor.

PLC y LiFi son tecnologías que han ido desarrollándose en el transcurso de los años y ambas, al parecer, son una opción atractiva para solucionar problemas de conectividad. PLC utiliza redes eléctricas de baja tensión (13.8 KV y 120V) existentes para transmitir datos. Lo que significa que no requiere de una infraestructura adicional, lo que evita invertir más dinero en este aspecto. LiFi consiste en el uso de bombillas LED que parpadean a tal velocidad que es imperceptible para el ojo humano, pero sí para un fotoreceptor que debe conectarse a un dispositivo. Con las dos tecnologías trabajando juntas, la red eléctrica de un hogar

proporcionaría el internet y las bombillas serían los transmisores de datos simulando a un router para una comunicación inalámbrica.

4.1 Descripción de la propuesta

PLC, es una tecnología de última milla, gracias a su arquitectura, puede utilizar las redes de baja tensión, como también las redes de media tensión. Pero, en este último caso, los equipos repetidores deberían ser instalados cada 300 metros para mantener la señal viva [14].

La Tabla 1 muestra algunas características que inciden en el tipo de conexión y marcan algunas diferencias entre tecnologías de acceso a Internet.

En la comparativa tecnológica realizada, es interesante destacar, que, a largo plazo, por su menor mantenimiento, los accesos cableados tienen un mejor rendimiento. El tiempo de vida útil de los equipos exteriores está entre los 7 y 10 años [14], por lo que deberá sustituirse y tenerse en cuenta.

Tabla 1
Comparativo de PLC vs otras tecnologías de acceso a internet

Características	Tipo de conexión		
	ADSL	Fibra	PLC
Tipo de Línea que la soporta	RTB	Línea propia fibra óptica	Línea eléctrica
Velocidad de conexión	1,5-8 Mbps, 16- 640 Kbps	40-160 Mbps,	Puede llegar a 500 Mbps
Calidad	Alta (Digital)	Alta (Óptica)	Alta
Distancia máxima a central	5,5 km	48,3 km (Ampliable)	No hay Límite. Entre 100 y 300 Metros
Implantación de la tecnología	Completa con fallos continuos	Completa con fallos aislados	En proceso

La red de comunicación por línea eléctrica (PLC) usa la red que existe como refuerzo de comunicación. En la red de repartición de energía de bajo voltaje la distancia de comunicación es bastante corta, lo cual ofrece la probabilidad de conseguir la comunicación de línea de alta rapidez y banda estrecha [15].

Dado que la tecnología PLC depende directamente de la red eléctrica, la red PLC a implementarse debe ser cuidadosamente estudiada para el buen diseño y dimensionado de la red PLC. Teniendo el potencial de proporcionar a cada

casa, una rápida conexión de datos a los proveedores de servicios, dado que casi todas las casas están en una red de suministro eléctrico.

¿Cómo funciona?

Un proveedor de servicios de internet proporciona los datos a un terminal de onda portadora, el cual se ubica en una subestación eléctrica y se conecta a las redes de media tensión, por estas redes viajan juntas la señal eléctrica a 60 Hz [16] y la señal de datos a una alta frecuencia 20 KHZ [16], con el propósito de que no se vean afectadas entre sí (ver Fig. 1).

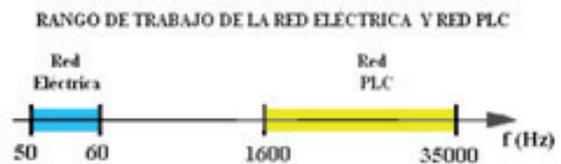


Fig. 1: Rango de trabajo de red eléctrica y red PLC

Una vez que la señal de datos está en el hogar, todos los tomacorrientes (PLC) se podrán utilizar como nodos para obtener internet y las bombillas LED (LiFi) de una lámpara, la cual distribuiría la señal de internet de manera inalámbrica permitiendo una transmisión de datos efectiva como lo muestra la Fig. 2.

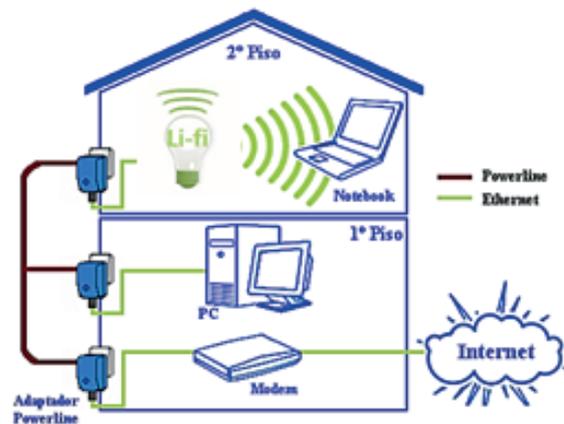


Fig. 2: Arquitectura de red Power Line Communications and LiFi indoor.

Diseño del sistema de red

Se deben considerar las dos redes sobre las cuales funciona PCL, estas son: la red eléctrica y la red de datos que es proporcionada por el proveedor de servicios de internet (ISP). En la red eléctrica, hay valores importantes que se deben tomar en cuenta, tales como los niveles de voltaje,

niveles de intensidad de corriente, frecuencia a la que se transmite la señal, topología de las redes de baja como de media tensión, impedancias de las líneas, número de usuarios promedios por cada transformador de distribución y el número de alimentadoras dentro de la subestación eléctrica para un crecimiento futuro del sistema [17].

En relación a la red de datos, se debe realizar un análisis de forma más idónea para la recepción de la señal de internet en la subestación eléctrica en la cual se va a instalar el PLC, esto es el tipo de enlace entre el ISP y la subestación eléctrica [17]. Los tipos de enlaces que se pueden tomar en consideración son wireless, fibra óptica, entre otros. También se deben analizar las direcciones IPs necesarias para establecer la red, así como la clase de estas direcciones, la

máscara de red, la dirección IP del Gateway para enlazarse al ISP, el ancho de banda necesario para satisfacer las expectativas del usuario, la forma en la que se creará la subred, el análisis de las redes privadas necesarias para el funcionamiento de la red PLC y de las direcciones para el control de acceso al medio (direcciones MAC) [18].

En la Fig. 3 se puede apreciar el funcionamiento del esquema de red. El nodo de la subestación eléctrica del que recibe la señal de forma inalámbrica tiene su propia ubicación. La dirección IP del Gateway (router) de la subestación que permite el enlace de la red PLC a la red pública de internet tiene una dirección IP asignada y privada. Puede ser creado por la propia subestación eléctrica dentro de sus subredes.

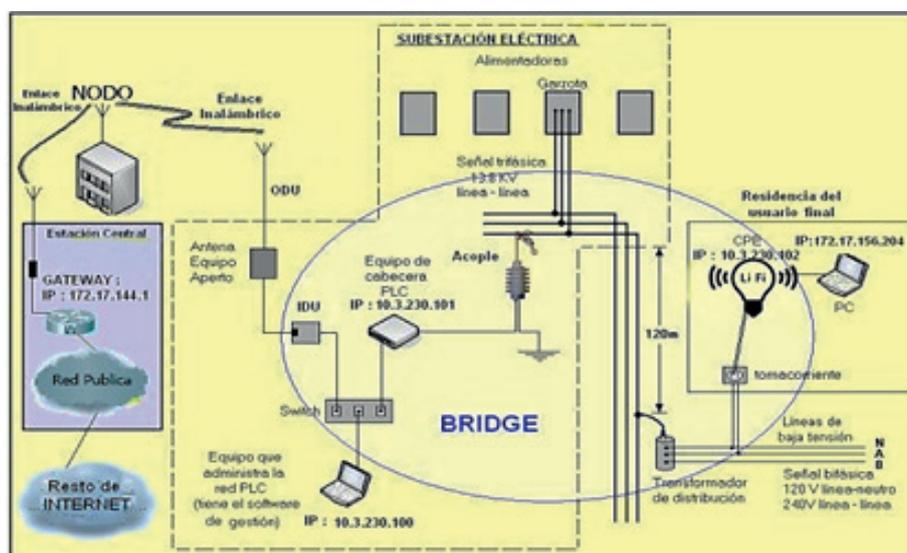


Fig. 3: Arquitectura de red Power Line Communications and LiFi out-door.

La antena con la que se establece el enlace, se encuentra instalada dentro de la subestación eléctrica, en un lugar adecuado para tener una buena recepción de la señal. A la salida del equipo ODU (OutDoorUnit) se tiene un cable UTP (Unshielded twisted pair) que se conecta a la IDU (In-DoorUnit), y de esta última un cable UTP que ingresa al switch.

Se tiene una PC que permite configurar, administrar y gestionar la red PLC, ya que tiene instalado el software PLC. Esta PLC se la conecta también al switch. Se tiene un cable UTP que conecta el switch a un puerto Ethernet del equipo de cabecera. El equipo de cabecera, el cual realiza una modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) con los datos provenientes de Internet, se conecta a la salida de una de las alimentadoras de la subestación eléctrica, el nivel de voltaje de estas salidas es de 13.8KV línea – línea [19]. Esta conexión se realiza a través de un acople capacitativo. Aquí en este nodo se unen la señal eléctrica que trabaja con baja frecuencia con la señal de datos con una alta frecuencia sin causar desviación la una a la otra.

Entre el PLC que administra la red, el equipo de cabecera PLC, los repetidores en el caso de que sea necesario su uso y los Modem PLC que se reemplazarán por las bombillas LED (LiFi) para una conexión inalámbrica, también se tiene una red de área local (LAN), dentro de esta red los equipos emplean direcciones IP privadas para su comunicación. Estas direcciones privadas son escogidas del grupo de direcciones IP reservadas para su uso en redes privadas.

La señal eléctrica y la de datos viajan juntas por todo el tendido eléctrico, cabe recalcar que viajan únicamente por la fase en la que está insertado el acople capacitativo. Conforme avanza el tendido eléctrico la señal de datos se va atenuando. Como el transformador de distribución.

Los datos de internet pasan por el transformador de distribución y avanzan por la red de baja tensión hasta el usuario final. Se estima que al pasar por el transformador existen pérdidas aproximadas de 10 Db (decibelios) [19].

Por último, el usuario final se conecta al internet en un tomacorriente usando como intermediario una lámpara con una Bombilla LED. El usuario final de esta prueba se encuentra en una vivienda del sector rural dentro de la misma subestación.

Factibilidad industrial

Desde varias décadas las empresas eléctricas en países como España han usado este tipo de envío y recepción de datos solo para uso interno (dentro de la propia empresa) con lo cual se envían datos de sus propios equipos para control; pero actualmente, luego de varias pruebas piloto, este sistema orientado a brindar un acceso a internet a alta velocidad se comercializa en varias ciudades de España como Madrid, Barcelona, Zaragoza. Mientras que, en otros países como México y Chile, se siguen haciendo pruebas para verificar la factibilidad de comercializar este servicio [20].

Factibilidad técnica

La propuesta de un proveedor de servicios de internet con tecnología PLC y conexión inalámbrica con tecnología LiFi, es factible debido a la evolución mostrada de la tecnología en los últimos años, que permitió la construcción de equipos con velocidades de 500 Mbps a bajo costo [20], con diferentes alternativas para escoger el que se adapte a nuestra infraestructura.

Además, al situarse en un sector rural donde las redes de media y baja tensión no están sobrecargadas [21] facilita la instalación de estos equipos.

Factibilidad operativa

Para implementar esta propuesta se necesita del apoyo de la infraestructura de la empresa eléctrica regional con sus redes eléctricas, subestación de distribución de energía eléctrica, la instalación de los dispositivos PLC que deben ser importados y del personal técnico capacitado para brindar el mantenimiento adecuado a los equi-pos.

Factibilidad económica

Su instalación y bajos costos de comercialización son factores que ayudarán a este servicio a tener muy buena aceptación por parte de los clientes. El usuario final no debe efectuar obras en su casa u oficina, solo se instalarán dispositivos PLC en el lugar donde solicite el usuario por medio de un transformador de acceso que cubre entre 150 y 200 hogares [22].

V. DISCUSIÓN

El análisis comparativo de velocidades de conexión y costos entre diferentes medios para acceder al servicio de internet revela que PLC y LiFi son tecnologías rentables para un proveedor de servicios de Internet. (Ver Fig. 4). Sin embargo, por ser un medio de comunicación guiado que comparte un medio de transmisión con la intensidad eléctrica, puede presentar problemas de seguridad debido

a la compartición entre varios hogares de un mismo transformador y la misma línea eléctrica, por lo que la información enviada y receptada puede verse en riesgo. Por tal motivo sería necesario acceder previamente a la red eléctrica para poder interceptar el tráfico de datos de una red PLC y así minimizar la cantidad de información que pueda transmitirse por la línea de otro usuario [24]. Con la ayuda de la tecnología LiFi la seguridad de los datos mejora, ya que como la luz no atraviesa las paredes se logra limitar la transmisión de datos a un determinado sitio de iluminación.

A pesar que las tecnologías propuestas pueden resultar atractivas para proveer de servicio de internet a varios sectores rurales, es pertinente que las instalaciones eléctricas estén en óptimas condiciones, debido a que, si no tienen un buen mantenimiento, la calidad de la señal será muy baja y por ende, su rendimiento también disminuirá, afectando a todos los servicios que brinda la Internet.

La implementación de las tecnologías propuestas puede beneficiar a los habitantes de los sectores rurales y a otros sectores del país que no cuenten actualmente con acceso y cobertura a Internet por banda ancha por la falta de proveedores de servicios de Internet en esos lugares.

El desarrollo de esta tecnología en Latinoamérica viene de la mano de varias compañías europeas como ASCOM, que tiene varios proyectos en países como Brasil, Honduras y Chile. En Santiago de Chile, junto con la compañía Chilectra del grupo español Enersis, se realizó una presentación sobre PLC dirigida al mercado empresarial [25].

Es evidente que los beneficios que nos ofrecen estas tecnologías (PLC y LiFi), como una banda ancha rápida, están a favor de los hogares, empresas eléctricas y comunidades, ya que a través de este sistema se integran, datos y energía eléctrica a sus usuarios finales.

VI. CONCLUSIONES

La falta de infraestructura en el Ecuador es una limitante para el crecimiento de redes de banda ancha, por lo que la tecnología PLC es una opción válida que permitiría dar servicio a usuarios que se encuentran lejos de la urbe.

Las tecnologías PLC y LiFi ofrecen una solución para el acceso a la red en los sectores rurales, permitiendo incrementar el índice de conectividad de servicios, tales como el Internet. Dado a que su funcionamiento se apoya en las líneas eléctricas existentes en los hogares, y es posible llegar a nuevos sectores geográficos en donde no se cuenta con tal servicio.

Con la implementación de los servicios de Internet con tecnología Power Line Communications y LiFi en los sectores rurales, la población se beneficiará de la conexión de banda ancha rápida y a bajo costo, y podrá disponer de una amplia variedad de servicios de telecomunicaciones. Sobre todo, con el acceso a Internet para los niños y adolescentes que tendrán acceso a sus clases virtuales sin los constantes problemas de interconexión y podrán tener la misma

oportunidad de una educación de calidad como la tiene la población del sector urbano.

REFERENCIAS

1. AM, Ángel Leguizamón Páez, J. Rojas Pineda, y E. C. Rodríguez Sánchez, «LiFi y su integración con la internet de las cosas», *Rev. vínculos*, vol. 16, n.º 1, pp. 42-56, jun. 2019.
2. Author, F., Author, S., Author, T.: Book title. 2nd ed. Publisher, Location (1999).
3. Author, F.: Contribution title. In: 9th International Proceedings on Proceedings, pp. 1–2. Publisher, Location (2010).
4. LNCS Homepage, <http://www.springer.com/lncs>, last accessed 2016/11/21.
5. AGUILAR, Arturo (2009). Soluciones de Telecomunicaciones de Banda Ancha para carriers Nacionales e Internacionales. Mexico, D.F.
6. ALEXANDER, Chales, y SADIKU, Matthew (2001). Fundamentos de Circuitos Eléctricos. Mc Graw-Hill Editores, México, D.F.
7. BERTERREIX, Germán, y BONET, Maximiliano (2006). Transmisión de Datos por la Red Eléctrica (PLC) en Banda Angosta. Argentina.
8. CARCELLE, Xavier (2004). Power Line Communications In Practice. Editorial Artech House. EEUU.
9. DIAZ, Jesús, LOPEZ Juan y GARCIA Teodoro (2003). Transmisión de Datos y Redes de Computadoras. Editorial Prentice Hall. España.
10. DOUGLAS, Fregin (1996). Plataformas tecnológicas de comunicación. Universidad de Argentina. Editorial Addison-Wesley.
11. FERREIRA, Hendrik, LAMPE, Lutz, y NEWBURY, John (2010). Power line Communications: Theory and Applications for Narrowband and Broadband Communications over Power Lines. Editorial Prentice-Hall.
12. GONZÁLEZ, José y GARCIA, Francisco. La Tecnología PLC en los Programas de Fomento de la Sociedad de la Información de Redes. (Documento en línea) Disponible: <http://www.rediris.es/difusion/publicaciones/boletin/68-69/enfoque4.pdf> (Consulta: 2012, abril, 9). GRAJALES, Cesar (2008). Análisis de PLC (Power Line Communications) utilizando la Transformada Wavelet. Universidad de las Américas Puebla – México.
13. JIMÉNEZ, Erica, y CEBALLOS, Edison (2005). Internet por Redes Eléctricas. Universidad de Antioquia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Electrónica. Medellín, Colombia.
14. SANZ, Alfredo, GARCÍA Nicolás, ESTOPIÑAN, Pedro, PURROY, Arturo (2005). Broad-band PLC Communication System in C Band. IEEE Consumer Communications and Networking Conference. Nevada, USA.
15. Velásquez Méndez, 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 – PLT (PLC). Bogotá.
16. Hail Hrasnica, Abdefatten Haidine, Ralf Lehnert, Broadband PowerLine Communications (1era edición), England, John Wiley & Sons Ltd, 2004) pp. 1-5
17. S. Barcia C. Fernández, Redes de Computadoras y Arquitecturas de Comunicaciones, Madrid: Prentice-Hall, 2005.
18. G. O. A. Mantilla, «Diseño de una Red PLC para dar Servicio de Transporte de Voz, Datos y Video.» Tesis Grado, Quito Escuela Politécnica Nacional, 2009.
19. G. Jimenez Rochabrum, «Redes y Cableado Estructurado,» Primera Edición, Perú, 2005.
20. Naranjo Coello, C. A. and Fuentes Cabezas, A. V. (2014). 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. B.S. tesis.
21. D. Karyabwite, «Manual sobre redes basadas en el protocolo Internet (IP) y sus anexos,» Place des Nations, Ginebra, 2005.
22. R. F. G. C. Miguel Ángel Toscano, «Estudio y Diseño de un ISP para la EPN y de la Conectividad entre la EPN y un nodo Principal del Backbone de Internet,» Tesis, Quito, 2004.
23. B. A. L. S. Aldaz Alexandra, «PLC Power Line Communications,» Periodico Academico, Ambato, 2015.
24. Signify, Philips Lighting presenta LiFi: datos de banda ancha a través de la luz, 16 marzo 2018. Signify, ©2018-2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.signify.com/es-es/sobre-nosotros/news/notas-de>

prensa/2018/20180316-philips-lighting-presenta-lifi-datos-de-banda-ancha-a-traves-de-la-luz [junio 2019].

25. Armijos De La Vera, E. E., Bermúdez, P., and Estefanía, G. (2015). Estudio, análisis y optimización del tráfico de las redes wifi en la facultad de ingeniería en electricidad y computación.
26. Barajas Belmonte, A. (2016). Seguridad de redes de telecomunicaciones en el PREP del IEEM.
27. Escudero, A. (2012). Estándares en Tecnologías Inalámbricas. Obtenido de Universidad de Cataluña.