

Estudio de factibilidad técnica y operativa de las tecnologías Power Line Communications en el ITS de Martínez de la Torre

Keila Elena Ocaña Drouaillet¹, Francisco Javier Gutiérrez Hernández¹, Francisco Xavier Yáñez Bringas¹,
Fernando Hernández Guevara² Luis Ernesto Martínez Guerrero³

¹Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre.

²Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla.

³Investigador independiente.

Resumen

La tecnología Power Line Communications (PLC), es una alternativa en las telecomunicaciones para la transmisión de datos, voz y vídeo. La tecnología PLC resulta ser una opción atractiva, que se sirve de la infraestructura eléctrica, de las redes de media y baja tensión para su debido funcionamiento, lo cual abre la posibilidad de comunicar a más personas haciendo uso de ella. La presente investigación se lleva a cabo bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, en la cual expone un estudio de factibilidad técnica y operativa, con el fin de analizar la información necesaria para determinar si es factible utilizar en el laboratorio de cómputo de las instalaciones del ITSMT. Se proyecta un análisis tomado de una simulación de su forma de operatividad y mediante un programa de diseño gráfico y modelado, se realizó la planificación enfocándose en la simulación de la implementación de la tecnología PLC.

Abstract

Power Line Communications (PLC) technology is an alternative in telecommunications for the transmission of data, voice and video. PLC technology turns out to be an attractive option, which uses the electrical infrastructure, the medium and low voltage networks for its proper operation, which opens the possibility of communicating to more people making use of it. This research is carried out under the methodological approach of the quantitative approach, in which it presents a study of technical and operational feasibility, in order to analyze the information necessary to know if it is feasible to use in the computer laboratory of the facilities of the ITSMT. An analysis taken from a simulation of its form of operation is projected and by means of a graphic design and modeling program, the planning was carried out focusing on the simulation of the implementation of PLC technology.

Palabras clave: comunicación por línea eléctrica; banda sobre línea eléctrica; densidad espectral de potencia; telecomunicación; redes.

Keywords: communication by power line; band over power line; power spectral density; telecommunication; networks.

INTRODUCCIÓN

Desde que aparecieron las primeras civilizaciones hasta hoy, la comunicación ha sido un medio o una herramienta indispensable para el ser humano, que le ha permitido evolucionar en los ámbitos como el laboral, social, cultural, etc.

Actualmente una de las principales dificultades dentro de las telecomunicaciones y con las que se ha estado trabajando desde hace mucho tiempo es el poder conectar al servicio de internet al mayor número de usuarios posibles. Existen distintos métodos para facilitar la manera en la que sea posible transmitir el servicio de internet a través de una red LAN, la herramienta más utilizada comúnmente es el cableado estructurado, el problema es que genera una gran cantidad de costos materiales para el uso de este tipo de transmisión de red, además, es necesario contar con herramientas específica para su instalación, sin embargo, la tecnología en las

telecomunicaciones ha estado avanzando con el pasar de los años y ahora mismo se comienza a hacer uso de las infraestructuras que ya existen, como un método de acceso a internet, un ejemplo es la red eléctrica.

Hasta el momento la red eléctrica se utiliza exclusivamente para el abastecimiento de energía en los hogares y edificios, para el uso cotidiano de electrodomésticos, carga de teléfonos celulares, tabletas, etc., ahora bien, es posible utilizar la red eléctrica como un medio de transmisión de datos para aprovechar completamente el servicio de internet dentro de un edificio, la tecnología es conocida como PLC (Power Line Communications) y aunque aún se necesita mejorar, esta tecnología ya es utilizada en algunos países Europeos y otros más en el continente Americano como lo son Estados Unidos y Cuba. (Abdin, Kumar, & Nasiruddin, 2019)

PLC es una tecnología que permite transferir datos a velocidad de banda estrecha o banda ancha utilizando redes eléctricas como medio de transmisión de datos, audio y video a través de modulaciones. En México no es común escuchar sobre esta tecnología, prácticamente no existe y no es del todo funcional en el país por el momento, ya que la red eléctrica en la mayoría de hogares u oficinas no se encuentra estandarizada para su uso, sin embargo, la red eléctrica de las nuevas instalaciones del ITSMT se encuentra basada bajo los estándares y normas internacionales. Se busca mostrar la factibilidad de su funcionamiento y de ser posible abrir fronteras con la tecnología PLC, para que más instituciones educativas sean capaces de utilizarla y puedan tener acceso a los servicios de internet de una forma más práctica.

HIPÓTESIS

Mediante el estudio de la factibilidad operativa y técnica de la tecnología PLC en el laboratorio de cómputo del ITSMT, se desea implementar equipos que permitan los servicios de transmisión de datos, voz y video a través del cableado de la red eléctrica.

METODOLOGÍA

Ubicación del sitio

El edificio tipo H del Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre (Figura 1) se encuentra ubicado en las coordenadas 20.0542, -97.0300, en el municipio de Martínez de la Torre, ubicado entre aproximadamente a 730 metros de la carretera a Banderilla.



Figura 1. Edificio tipo H del Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre
Fuente: Autores

MÉTODO DE CÁLCULO

Análisis de la señal en la frecuencia

1. Se realiza una tabla de los valores obtenidos por la función, utilizando una frecuencia de 60 Hz.
2. Se representan gráficamente con el software GNU Octave, los valores obtenidos utilizando una frecuencia de 60 Hz.
3. Se realiza una tabla de los valores obtenidos por la función en una frecuencia de 10 Hz.
4. Se representan gráficamente con el software GNU Octave, los valores obtenidos por la función en una frecuencia de 10 Hz.
5. Posterior a esto, se realiza la simulación del diseño de la Red PLC en la Unidad Académica Departamental Tipo H del ITSMT.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Análisis de la señal en la frecuencia

El estudio y análisis de la tecnología PLC llevado a cabo en el laboratorio de cómputo del ITSMT, se desarrolló apoyándose del software GNU Octave, el cual nos proporcionó las herramientas requeridas para simular los objetivos planteados. Asimismo, con base al estudio elaborado acerca del funcionamiento de la tecnología PLC y su capacidad de canal de transmisión, se determinaron las funciones necesarias para la simulación del análisis de la señal en la frecuencia.

Para determinar el tipo de análisis, se utilizó la función de onda senoidal de voltaje, la cual nos permite calcular el desplazamiento en el que viaja la corriente alterna que nos proporciona Comisión Federal de Electricidad (CFE), dicha fórmula es percibida como: CFE, (2020).

$$e = E_m \operatorname{sen} \alpha \quad (1)$$

Donde:

E_m = pico o máxima amplitud de voltaje

α = ángulo de desplazamiento de onda

En el desarrollo de este análisis se determinó que se debía realizar una cierta modificación a la función planteada, lo que nos permite establecer la secuencia de onda senoidal del voltaje (S) de la corriente eléctrica. Ahora bien, los cambios realizados se establecieron de acuerdo a los objetivos planteados, por otra parte, las modificaciones llevadas a cabo son en la determinación del ángulo de la función sustituyendo el valor de α por los valores de ω , donde ω esta determinado por los valores de $2\pi f$ dando como resultado la siguiente función (Huidobro J.M., 2014):

$$S = E_m \cdot \sin(2\pi f) \quad (2)$$

Esta función nos permite conocer la secuencia (S) de la señal de onda de voltaje en el laboratorio de cómputo del ITSMT, para determinar la secuencia se utilizaron los siguientes datos:

$$E_m = 117.5 V$$

$$f = 60 Hz$$

$$f = 10 Hz$$

Cabe señalar que los valores utilizados para representar gráficamente la función son valores estándares manejados en nuestro país, como lo son 117.5 V y 60 Hz, valores de voltaje y frecuencia en corriente alterna proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2011). Así como también se manejan 10 Hz, el cual es un valor arbitrario comprendido dentro de la frecuencia utilizada en la tecnología PLC.

A continuación, se ejemplifica en la tabla los valores obtenidos por la función, utilizando una frecuencia de 60 Hz. Los datos mostrados, específicamente en la amplitud de voltaje (E_m) son valores utilizados en México, dichos valores son proporcionales en un 10%.

Tabla 1. Valores determinados por la función a 60 Hz.

E_m	S
0	0
11.75	3.43
23.50	6.86
35.25	10.30
47.00	13.73
58.75	17.16
70.50	20.60
82.25	24.03
94.00	27.46
105.75	30.90
117.50	34.33

Fuente: Autores

Los valores representados gráficamente en el software GNU Octave son los siguientes:

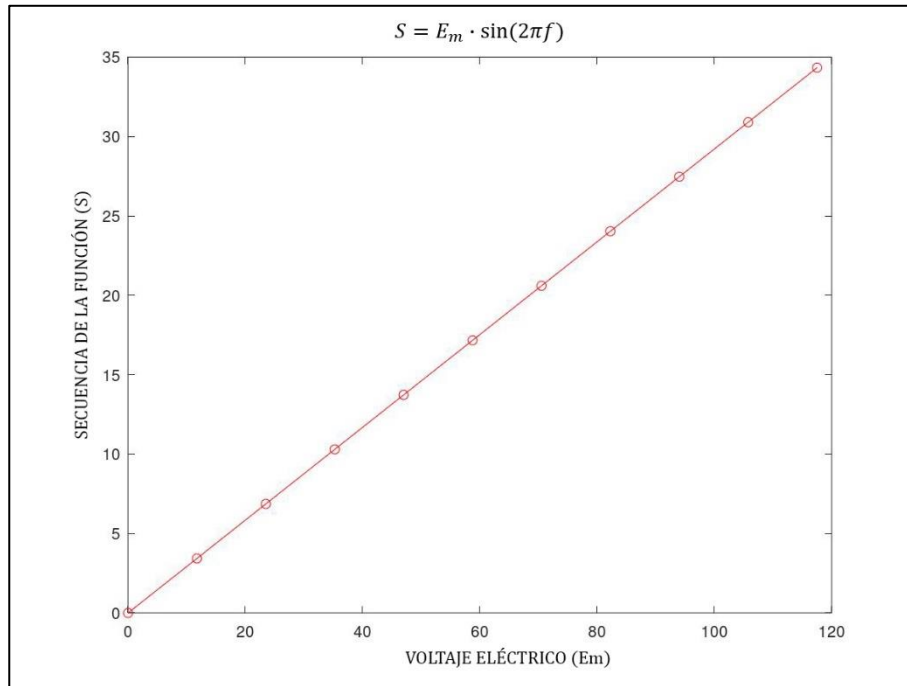


Figura 2. Gráfica realizada con valores de frecuencia de 60 Hz
Fuente: Autores

Los valores obtenidos por la función en una frecuencia de 10 Hz. Los datos mostrados, específicamente en la amplitud de voltaje (E_m) son valores utilizados en México, dichos valores son proporcionales en un 10%.

Tabla 2. Valores determinados por la función a 10 Hz.

E_m	S
0	0
11.75	10.45
23.50	20.90
35.25	31.36
47.00	41.81
58.75	52.26
70.50	62.72
82.25	73.17
94.00	83.62
105.75	94.08
117.50	104.53

Fuente: Autores

A continuación, se expresa gráficamente mediante el software GNU Octave los valores obtenidos:

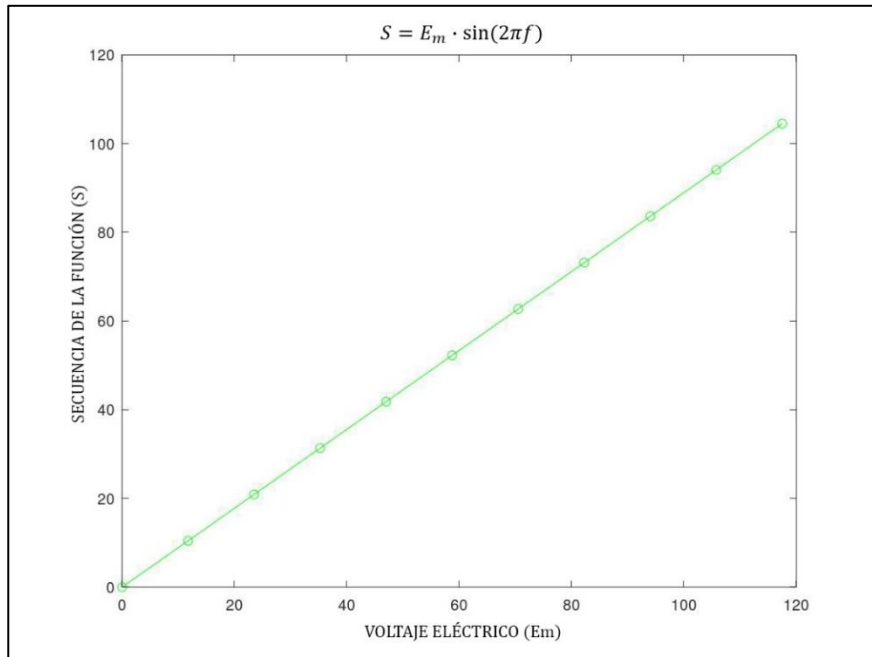


Figura 3. Gráfica realizada con valores de frecuencia de 10 Hz.
Fuente: Autores.

Asimismo, se muestra una comparativa entre ambas graficas con las frecuencias entre 60 Hz y 10 Hz:

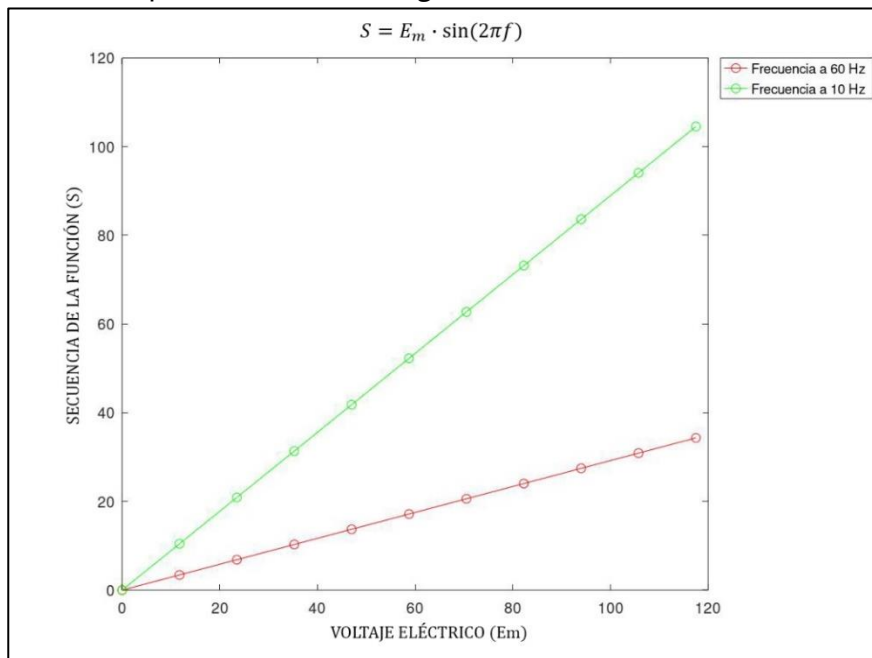


Figura 4. Comparación gráfica de frecuencias de 60 y 10 Hz.
Fuente: Autores

SIMULACIÓN DEL DISEÑO DE LA RED PLC EN LA UNIDAD ACADÉMICA DEPARTAMENTAL TIPO H DEL ITSMT

La simulación de la edificación fue llevada a cabo a través del software de diseño en 3D “SketchUp”, donde se presenta una perspectiva detallada sobre las nuevas instalaciones del ITSMT.

La siguiente figura muestra la subestación que se encuentra en el edificio, a través de ella llega el servicio de energía eléctrica, que a su vez recibiría el servicio de internet, el cual es suministrado por un Proveedor de Servicio de Internet (ISP), asimismo se observa un conector de energía eléctrica, donde se encuentra conectado un dispositivo PLC de tipo transmisor, que esta enlazado al módem de servicio de internet, este servicio se ve ejemplificado con una línea roja y una nube simbolizando la conexión hacia los servicios de internet.

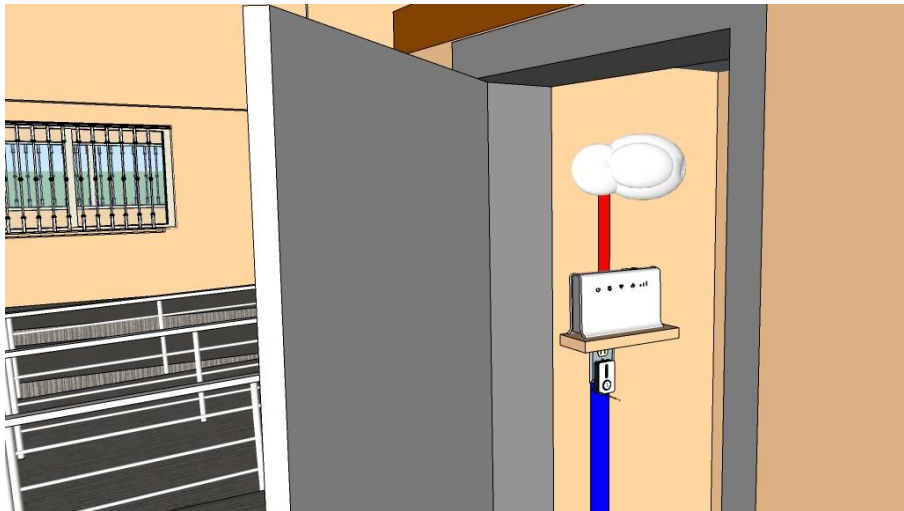


Figura 5. Subestación y conexión de Red PLC
Fuente: Autores

A continuación, se muestra la subestación de energía eléctrica pero esta vez con un enlace de energía eléctrica que se ve ejemplificado con líneas azules que van directamente hacia el tablero de control de manera subterránea. Esta conexión entre la subestación y el tablero de control ya se encuentra trabajando con la tecnología PLC, ya que uno de los dispositivos que se instala en la subestación filtra el servicio de internet a través de la línea eléctrica en la que se encuentra enlazada.

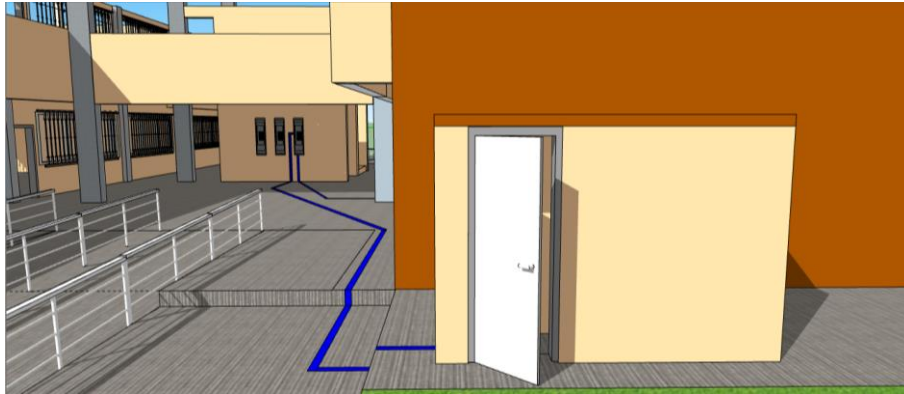


Figura 6. Subestación y conexión eléctrica
Fuente: Autores

La siguiente figura se observa el tablero de control, el cual permite que la instalación de energía eléctrica del edificio funcione correctamente y que no exista el riesgo de daños eléctricos en toda la edificación puesto que el tablero de control tiene diversas conexiones que se dirigen a distintas partes del edificio, así como también al alumbrado que se encuentra en los alrededores, sin embargo, en este caso únicamente se ilustra una conexión, la cual tiene como destino el aula más cercana que cuenta con un regulador de energía eléctrica.

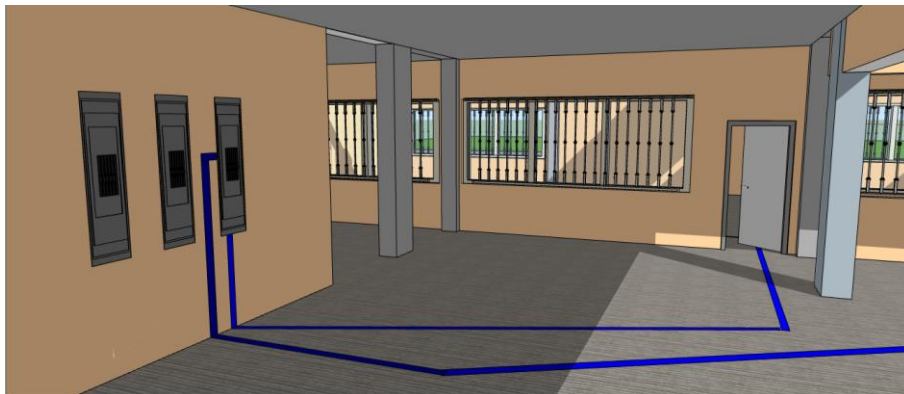


Figura 7. Tablero de Control
Fuente: Autores

Una vez que el cableado de energía eléctrica atraviesa la pared hacia el laboratorio de cómputo, la corriente eléctrica pasa a través de un segundo regulador de energía eléctrica, el cual únicamente abarca el laboratorio cómputo como se puede observar en la siguiente figura, además, el laboratorio cuenta con un pequeño tablero de control que manipula únicamente las conexiones del sitio.

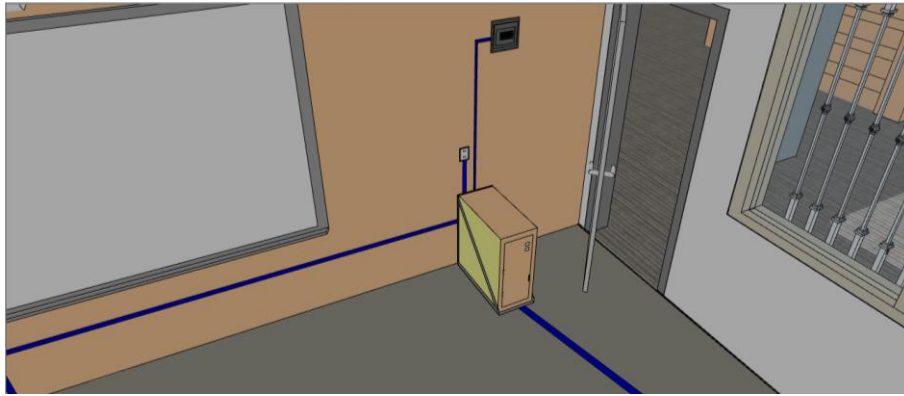


Figura 8. Regulador del Laboratorio de Cómputo
Fuente: Autores

A continuación, se muestra la instalación de un nuevo dispositivo PLC, el cual se conecta directamente en la primera línea que pasa a través del regulador de energía eléctrica, pero a diferencia del primer dispositivo, este es un dispositivo receptor, este se encarga de recibir la señal que envía el dispositivo PLC de tipo transmisor e interpreta la señal para transmitir el servicio de internet.

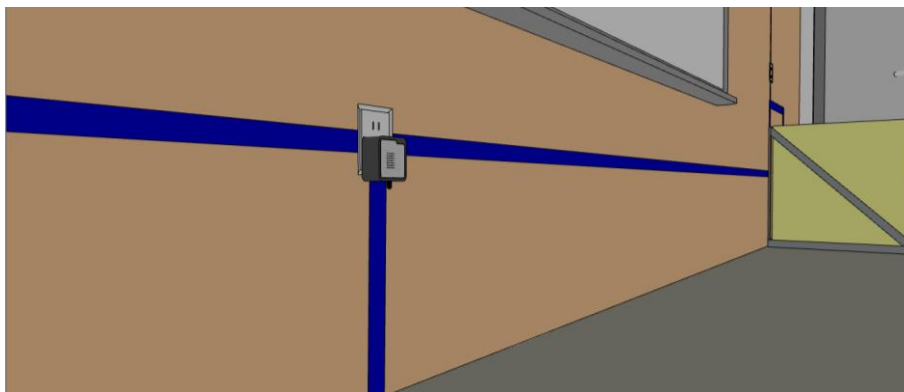


Figura 9. Dispositivo PLC receptor
Fuente: Autores

Como se puede observar en la figura, los dispositivos se encuentran distribuidos a lo largo del laboratorio de cómputo, en este caso será necesario adquirir ocho dispositivos PLC receptores y un único dispositivo transmisor, ya que es posible que un solo dispositivo emisor pueda enviar información a diversos receptores que se encuentren en la red, la distribución de los dispositivos receptores PLC y el diseño de la red PLC a través de las líneas eléctricas de las instalaciones se deberá realizar de la siguiente manera: el primer dispositivo PLC receptor se encontrará bajo el pizarrón blanco, este dispositivo se encargará de enviar y recibir señal directamente del cuarto de telecomunicaciones, además, este mismo dispositivo PLC tendrá interacción con los dispositivos del lado izquierdo, de ese mismo lado del laboratorio se instalarán 3 receptores PLC más, los cuales estarán distribuidos entre las tres líneas de computadores, cada uno de estos dispositivos cubrirá 3 computadoras. Del lado derecho del laboratorio se contará con 4 receptores PLC, 4 de ellos cubrirán las respectivas 4 líneas de computadores, de la misma manera cada dispositivo proveerá de los servicios de internet a 3 computadoras, para esto se espera que todas las computadoras cuenten con tarjeta de red inalámbrica para que sea posible la conexión sin necesidad de cableado ethernet.



Figura 10. Laboratorio de Cómputo No.1
Fuente: Autores

CONCLUSIONES

Se concluye que de acuerdo al análisis de onda senoidal de voltaje y tomando como premisa que solo tenemos una compañía que provee la energía eléctrica y que se puede acoplar una señal de diferente frecuencia a la señal empleada en nuestro país de 117.5 V y 60 Hz de la línea eléctrica, el proyecto es viable para su implementación futura, asimismo el estudio de factibilidad técnica arroja que este tipo de modulación es simple de implementar además de proteger la información transmitida de las perturbaciones externas a la línea de comunicación.

RECOMENDACIONES

Antes de implementar las tecnologías PLC es importante establecer técnicas de modulación que permitan minimizar ruidos y atenuación, ya que la infraestructura existente para la transmisión de energía eléctrica es considerada como un medio bastante ruidoso.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al ITS de Martínez de la Torre, por el apoyo para elaborar dicho proyecto y a la academia de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

REFERENCIAS

- [1] Abdin, Z., Kumar, M., & Nasiruddin, I. (25 de Febrero de 2019). *Broadband Power Line Communication: The Channel and Noise Analysis for A Power Line Network*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/330963860_Broadband_Power_Line_Communication_The_Channel_and_Noise_Analysis_for_A_Power_Line_Network
- [2] CFE. (2011). *Tensiones de corriente alterna empleadas en centrales generadoras*. Obtenido de CFE: <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/d/L0000-12.pdf>

- [3] Chicaiza, C., Orbea, M., & Del Carmen, M. (2015). *Diseño e implementación de un prototipo de red de datos con Tecnología PLC (Power Line Communication), para el laboratorio de comunicaciones de la universidad de las fuerzas armadas—ESPE*. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.
- [4] Huidobro, J. M. (2014). *Telecomunicacione. Tecnologías, Redes y Servicios* (2da. Edicion Actualizada ed.). Madrid, España: RA-MA.
- [5] Jee, G., Edison, C., Das, R., & Cern, Y. (27 de Noviembre de 2014). *Demonstration of the technical viability of PLC systems on medium- and low-voltage lines in the United States*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/3198939_Demonstration_of_the_technical_viability_of_PLC_systems_on_medium_and_low-voltage_lines_in_the_United_States

Correo de la autora: kdrouaillet@tecmartinez.edu.mx