

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **IMPLEMENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN BASADA EN PLC PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD EN UNA VIVIENDA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR  
EN REDES Y TELECOMUNICACIONES**

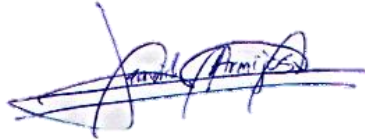
**DAVID ISRAEL ARMIJOS CHALAN**

**DIRECTOR: LEANDRO ANTONIO PAZMIÑO ORTIZ**

**DMQ, febrero 2023**

## **CERTIFICACIONES**

Yo, David Israel Armijos Chalan declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



---

**David Israel Armijos Chalan**

**david.armijos@epn.edu.ec**

**deivid1998-@hotmail.com**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por David Israel Armijos Chalan, bajo mi supervisión.



---

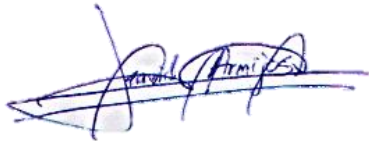
**Leandro Antonio Pazmiño Ortiz**

**DIRECTOR**

**leandro.pazmino@epn.edu.ec**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.



David Israel Armijos Chalan

CI: 175211531-9

## **DEDICATORIA**

Dedico a Dios este proyecto por todas las bendiciones recibidas al transcurso de mi vida estudiantil, así mismo, a mi familia por ser el impulso para culminar mi carrera en la Escuela Politécnica Nacional, especialmente agradecido con mi padre Yonson y mi madre Rosario por brindarme su confianza incondicional y apoyo en los momentos más difíciles de mi vida, mi hermano Josue por darme el impulso emocional en cada caída de la universidad, así mismo, mi hermano José por sus sabios consejos a lo largo de mi vida. Este proyecto de titulación es dedicado a ustedes.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a los ingenieros de la ESFOT por su paciencia y dedicación para formar nuevos profesionales en la Escuela Politécnica Nacional, especial agradecimiento al Ing. Leandro Pazmiño por su exigencia y paciencia en las actividades propuestas en el presente proyecto de titulación, además que su conocimiento en el tema me ayudo en el desarrollo de la tesis. Por último, agradezco a Vanesa por su compañerismo a lo largo de la carrera y por brindarme su amistad en estos años de carrera.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general .....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco Teórico.....	2
Redes PLC .....	2
Dispositivos <i>Powerline</i> PLC .....	3
NetSpot .....	3
<i>HomePlug AV2</i> .....	3
<i>Wi-fi move</i> .....	3
802.11b/g/n mixta .....	3
802.11a/n/ac mixta .....	4
2 METODOLOGÍA.....	4
3 RESULTADOS .....	5
3.1 Análisis del estado inicial de la conectividad en la vivienda .....	5
Identificación de los dispositivos que necesitan conectividad a Internet.....	5
Televisor <i>Smart TV</i> .....	5
Teléfono celular.....	5
<i>Tablet</i> .....	6

Pruebas cualitativas para verificar la conectividad de la vivienda .....	6
Análisis inicial de la banda <i>Wi-fi</i> de 2.4 (GHz) del primer piso.....	6
Nivel de señal.....	6
Relación señal/interferencia .....	7
Velocidad de descarga.....	8
Velocidad de subida .....	8
Velocidad de transmisión .....	10
Número de APs.....	10
Banda de frecuencia .....	10
Análisis inicial de la banda <i>Wi-fi</i> de 2.4 (GHz) del segundo piso .....	12
Nivel de señal.....	12
Relación señal/interferencia .....	12
Velocidad de descarga.....	13
Velocidad de subida .....	13
Velocidad de transmisión .....	15
Número de APs.....	15
Banda de frecuencia .....	15
Análisis inicial de la banda <i>Wi-fi</i> 5 (GHz) del primer piso .....	17
Nivel de señal.....	17
Relación señal/interferencia .....	18
Velocidad de descarga.....	18
Velocidad de subida .....	18
Velocidad de transmisión .....	20
Número de APs.....	20
Banda de frecuencia .....	20
Análisis inicial de la banda <i>Wi-fi</i> de 5 (GHz) del segundo piso.....	22
Nivel de señal.....	22
Relación señal/interferencia .....	22
Velocidad de descarga.....	23
Velocidad de subida .....	23
Velocidad de transmisión .....	25
Número de APs.....	25
Banda de frecuencia .....	25
3.2 Analizar las soluciones PLC disponibles en el mercado local .....	27
Dispositivo <i>Wi-fi</i> TP-Link AC750 AV1000 Powerline TL-WPA7517.....	27

Dispositivo <i>Wi-fi</i> TP-Link AC1200 Mbps AV1000 Powerline TL-WPA7617 .....	27
Dispositivo <i>Wi-fi</i> TP-Link AV600 Powerline TL-WPA4220 .....	27
Dispositivo <i>Wi-fi</i> NETGEAR.....	28
Selección del dispositivo PLC para la solución .....	29
3.3 Diseño de la solución.....	29
Diagrama de la solución PLC.....	29
Cable Ethernet para la conexión de los televisores.....	31
3.4 Implementación de la solución.....	31
Conexión de los dispositivos PLC.....	32
Ponchado del cable Ethernet para los televisores.....	32
Conexión del televisor <i>Smart TV</i> del primer piso.....	33
Conexión del televisor <i>Smart TV</i> del segundo piso.....	35
Guiado del cable Ethernet del primer piso .....	36
Guiado del cable Ethernet del segundo piso.....	37
Configuración de la red <i>Wi-fi</i> de 2.4 (GHz).....	37
Canal para la red <i>Wi-fi</i> de 2.4 (GHz) .....	38
Configuración de la red <i>Wi-fi</i> de 5 (GHz).....	39
Canal para la red <i>Wi-fi</i> de 5 (GHz).....	40
Filtrado MAC.....	40
Red <i>Wi-fi</i> de invitados de 2.4 (GHz).....	41
Red <i>Wi-fi</i> de invitados de 5 (GHz).....	42
<i>Wi-fi move</i> .....	43
Horario LED.....	44
Horario <i>Wi-fi</i> .....	45
OpenDNS .....	45
3.5 Pruebas de funcionamiento .....	48
Análisis final de la banda <i>Wi-fi</i> de 2.4 (GHz) del primer piso.....	48
Nivel de señal.....	48
Relación señal/interferencia .....	49
Velocidad de descarga.....	49



Velocidad de subida .....	49
Velocidad de transmisión .....	51
Número de APs.....	51
Banda de frecuencia .....	51
Análisis final de la banda <i>Wi-fi</i> de 2.4 (GHz) del segundo piso .....	53
Nivel de señal.....	53
Relación señal/interferencia .....	53
Velocidad de descarga.....	55
Velocidad de subida.....	55
Velocidad de transmisión .....	55
Número de APs.....	57
Banda de frecuencia .....	58
Análisis final de la banda <i>Wi-fi</i> de 5 (GHz) del primer piso.....	58
Nivel de señal.....	58
Relación señal/interferencia .....	58
Velocidad de descarga.....	59
Velocidad de subida .....	60
Velocidad de transmisión .....	60
Número de APs.....	60
Banda de frecuencia .....	60
Análisis final de la banda <i>Wi-fi</i> de 5 (GHz) del segundo piso .....	62
Nivel de señal.....	62
Relación señal/interferencia .....	62
Banda de frecuencia .....	63
Velocidad de descarga.....	64
Velocidad de subida .....	64
Velocidad de transmisión .....	64
Número de APs.....	66
Comparativa de la banda <i>Wi-fi</i> de 2.4 (GHz) del primer piso.....	67
Comparativa de la banda <i>Wi-fi</i> de 2.4 (GHz) del segundo piso .....	68
Comparativa de la banda <i>Wi-fi</i> de 5 (GHz) del primer piso .....	69
Comparativa de la banda <i>Wi-fi</i> de 5 (GHz) del segundo piso.....	70
Pruebas de velocidad .....	70
Pruebas de velocidad en el primer piso .....	71

Prueba de velocidad conectado al <i>Access Point</i> principal .....	71
Prueba de velocidad conectado a la red <i>Wi-fi</i> de 2.4 (GHz) del PLC.....	71
Prueba de velocidad conectado a la red <i>Wi-fi</i> de 5 (GHz) del PLC.....	72
Prueba de velocidad del segundo piso .....	72
Prueba de velocidad conectado al <i>Access Point</i> principal .....	73
Prueba de velocidad conectado a la red <i>Wi-fi</i> de 2.4 (GHz) del PLC.....	73
Prueba de velocidad conectado a la red <i>Wi-fi</i> de 5 (GHz) del PLC.....	73
Costo de la solución PLC.....	74
Video de funcionamiento .....	75
4 CONCLUSIONES .....	75
5 RECOMENDACIONES.....	77
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
7 ANEXOS.....	82
ANEXO I: Certificado de Originalidad .....	i
ANEXO II: Reportes de análisis de NetSpot .....	i

## RESUMEN

La primera sección del proyecto describe la introducción, se presentan los objetivos a desarrollar, además se muestran los conceptos de los términos utilizados para mejorar la comprensión del lector.

La segunda sección describe la metodología y el procedimiento para cumplir los objetivos planteados y se presenta el proceso para implementar la solución PLC.

La tercera sección muestra los resultados logrados, tal que se indica el estado inicial de la vivienda y se analizan las características de la red, además se explica la selección del equipo dependiendo de la disponibilidad. Se presenta el diseño de la solución PLC y su implementación en la vivienda. Por último, se ejecutan pruebas para comprobar las mejoras de conectividad.

En la cuarta sección se muestran las conclusiones con el fin de relacionar los resultados obtenidos con el aprendizaje adquirido de la implementación. La quinta sección contiene las recomendaciones para corregir errores y optimizar la red *Wi-fi*.

Las últimas secciones indican las referencias bibliográficas utilizadas, además contienen el certificado de originalidad y el código QR del video que muestra la implementación del proyecto.

**PALABRAS CLAVE:** PLC, NetSpot, banda de frecuencia, *Wi-fi*, velocidad de descarga, velocidad de subida, cobertura.

## **ABSTRACT**

*In the first section of the project describes the introduction, and the objectives to be developed are presented. Furthermore, the concepts of the terms used are shown to improve the reader's understanding.*

*The second section describes the methodology and procedure for achieving the stated objectives, and it also presents the process for implementing the PLC solution.*

*The third section shows the results achieved, indicating the initial state of the home, and analyzing the characteristics of the network. Furthermore, it explains the selection of the PLC device depending on availability. The design of the PLC solution and its implementation in the house are presented. Finally, tests are run to verify the improvements in the connectivity.*

*In the fourth section, the conclusions are presented to relate the results obtained with the learning acquired from the implementation. The fifth section contains recommendations to correct errors and optimize the Wi-fi network.*

*The final sections indicate the bibliographical references used, and it also contains the certificate of originality and the QR code of the video that shows the implementation of the project.*

**KEYWORDS:** *PLC, NetSpot, frequency band, Wi-fi, download speed, upload speed, coverage.*

# 1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

La conectividad del Internet en las viviendas (inalámbrico/cableado) con el pasar de los años se ha visto afectada, debido a que varios proveedores no optimizan la posición del *Access Point*, por consiguiente, la navegación en la vivienda es deficiente provocando inestabilidad en la red.

La mejor alternativa para cubrir la vivienda con conexión a Internet es optar por el uso de *Access Points* y extensores de red, pero estos dispositivos presentan varias complicaciones, en el primer caso resulta molesto y poco agradable a la estética de la vivienda cablear del *Modem* hacia el *Access Point*, en el caso de los extensores inalámbricos presentan problemas en la calidad de la señal *Wi-fi*, debido a que dependen de la cobertura del *Access Point* principal.

Mediante el presente proyecto se implementa una solución para la problemática de conectividad en las viviendas, de tal manera que se mejore la cobertura de la red *Wi-fi* y se conecte de manera cableada a los dispositivos que permanecen en posiciones fijas como un *Smart TV* y se obtengan velocidades superiores de las que se tiene anteriormente en la vivienda. En otras palabras, se trata de mejorar la señal *Wi-fi* del segundo piso para que sea comparable con la velocidad del primer piso de la vivienda, así mismo, se busca la mejora de la velocidad de descarga y subida.

El propósito del proyecto es mejorar la conectividad mediante la implementación de la solución *Power Line Communications* (PLC) en la vivienda para evitar el cableado que se tiene entre el *Modem* del proveedor hacia los *Access Points* y disminuir posibles errores en las configuraciones, debido a que los dispositivos PLC son *Plug and Play* (conecta y usa). Además, es una buena alternativa para dejar a un lado los extensores inalámbricos por todos los inconvenientes que estos equipos presentan.

La implementación se realiza para las bandas de 2.4 (GHz) y 5 (GHz) con el objetivo de posicionar de manera correcta los equipos que presentan movimiento para mejorar la conectividad mediante la optimización de las velocidades de descarga y subida. Además, se realizan funcionalidades de seguridad tales como: filtrado MAC, *Wi-fi* move, clonado *Wi-fi*, administración de clientes, horario *Wi-fi*, OpenDNS, control parental y red de invitados para las redes de 2.4 (GHz) y 5 (GHz). El dispositivo utilizado para la implementación es el *Powerline Wi-fi AC1200/PLC AV1000* marca TP-Link, debido a sus funcionalidades y su vigencia en Ecuador.

## 1.1 Objetivo general

Implementar una solución PLC para mejorar la conectividad en una vivienda.

## 1.2 Objetivos específicos

- Analizar el estado inicial de la conectividad en la vivienda.
- Analizar las soluciones PLC disponibles en el mercado local.
- Diseñar la solución.
- Implementar la solución.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

## 1.3 Alcance

El presente proyecto tiene por objetivo la implementación de una solución PLC para mejorar la conectividad de una vivienda. No obstante, se realizará un análisis inicial para descubrir las zonas que presentan menor cobertura *Wi-fi* e iniciar la identificación de los dispositivos PLC presentes en el mercado ecuatoriano para buscar la solución más idónea para la vivienda. Por último, se realizarán pruebas para evidenciar las mejoras de conectividad en la vivienda, estos se evidenciarán a través de las mediciones de las velocidades de descarga y subida.

El diseño se caracteriza por proveer acceso a Internet de manera cableada a dispositivos fijos dentro de la vivienda (*Smart TVs*) y equipos inalámbricos (*tablet* y celulares), de tal manera que se mejora la conectividad de estos dispositivos, cabe recalcar que para el presente proyecto se realizarán las configuraciones pertinentes para garantizar la optimización y seguridad de la red de la vivienda con la finalidad de evitar posibles intrusos.

## 1.4 Marco Teórico

### Redes PLC

Las redes PLC permiten extender la red cableada mediante el tendido eléctrico, por lo tanto, los datos van a viajar por los conductores eléctricos presentes en la vivienda. Las redes PLC separan las señales eléctricas de las señales de datos que circulan por los conductores [1]. Las características que presentan las redes PLC son: tecnología rápida debido a que sus dispositivos son conecta y usa, incrementan la cobertura de la red, idóneas para extender el alcance evitando cableado y precio elevado en el mercado [2].

## **Dispositivos *Powerline* PLC**

Los dispositivos PLC son un conjunto de adaptadores que se utilizan en pares, existen versiones de PLC que extienden la conexión cableada mediante el puerto Ethernet, pero también existen versiones que expanden la conexión *Wi-fi* de la vivienda. Además, son dispositivos que se conectan directamente a los tomacorrientes, por lo tanto, existen modelos de PLC que tienen incluido un conector de tomacorriente para reutilizar el que está siendo usado por el PLC, cabe recalcar, que el equipo cuenta con su puerto Ethernet para proporcionar conectividad de manera cableada a dispositivos fijos, tales como: televisores, consolas de videojuegos y computadoras [3].

## **NetSpot**

Es el software empleado para realizar el análisis de la señal inalámbrica en las redes *Wi-fi* y muestra parámetros de la red, tales como: nivel de señal, interferencias, velocidad de descarga y subida, banda de frecuencia, canales y ruido presente en el entorno de la red. El software funciona para el sistema operativo de Windows y macOS, además tiene la opción de visualizar las redes *Wi-fi* presentes alrededor de la vivienda tanto para la banda de 2.4 (GHz) como para la banda de 5 (GHz) y realizar escaneos de la red *Wi-fi* mediante planos diseñados a escala [4].

## ***HomePlug AV2***

*HomePlug AV2* es la tecnología de la familia *HomePlug* que usa el tendido eléctrico para la transmisión de datos. *HomePlug AV2* fue creado para mejorar la transmisión de datos para el video *High Definition* (HD), por lo tanto, extiende la cobertura de la red con una mayor tasa de velocidad de transmisión. Cabe recalcar, que es compatible con las versiones anteriores de *HomePlug* [5].

## ***Wi-fi move***

Es la tecnología implementada de manera predeterminada en los dispositivos PLC de la marca TP-Link que permite la sincronización de los cambios realizados en los dispositivos PLC que estén conectados por el tendido eléctrico. Las configuraciones que se sincronizan son: SSID, contraseña, horario *Wi-fi*, horario LED, filtro MAC, controles parentales y la red de invitados [6].

## **802.11b/g/n mixta**

Es una configuración que permite la combinación de los estándares 802.11b, 802.11g y 802.11n, debido a que, si no se utiliza la configuración mixta, los dispositivos que se conecten a la red deben ser específicamente del estándar configurado, de tal manera

que se limita el acceso al resto de dispositivos que pertenezcan a otro estándar. En cambio, en la configuración mixta, los dispositivos que funcionen con los estándares b, g y n se conectan sin problemas al PLC [7].

### **802.11a/n/ac mixta**

Esta configuración es similar a la descrita previamente con la diferencia que esta permite combinar los estándares 802.11a, 802.11n y 802.11ac, por lo tanto, los dispositivos que funcionen con los estándares a, n y ac pueden conectarse sin ningún problema al dispositivo PLC. Por el contrario, si no se aplica la configuración mixta solo se conectan los dispositivos que tengan el mismo estándar que el PLC [7].

## **2 METODOLOGÍA**

Para recopilar la información necesaria para el desarrollo del proyecto primero se realizó un análisis del estado inicial de conectividad en la vivienda con lo que se identificó a todos los dispositivos que requieren una conexión a Internet y el tipo de conexión que tienen (cableada o inalámbrica). Además, se ejecutaron pruebas cualitativas mediante NetSpot para determinar el nivel de servicio que tienen estos dispositivos para que sirva como base para la comparación luego del despliegue de la solución.

Se desarrolló un análisis que identifique ventajas y desventajas de las soluciones PLC disponibles en Ecuador, con la finalidad de identificar cuál de estas se adapta de mejor manera a los requerimientos del proyecto en base a características y precios.

En base al análisis inicial de la conectividad en la vivienda y de las soluciones PLC disponibles en el mercado local se diseñó una solución para mejorar la conectividad de los dispositivos con conexión cableada e inalámbrica, tales como televisores *Smart TV*, celulares y *tablet*.

En base a la solución diseñada se realizó la instalación de los equipos (tomas eléctricas y de datos) y las configuraciones necesarias tanto en los equipos desplegados como en los dispositivos finales.

Finalizada la implementación de la solución PLC se realizaron pruebas de funcionamiento mediante NetSpot que validaron la correcta operación de la red, en base a una comparativa de los resultados obtenidos antes y después de la implementación. Los resultados de las pruebas de funcionamiento se emplearon para corregir errores y de esta manera se garantizó que el proyecto cumple con su alcance.



### **3 RESULTADOS**

La presente sección contiene información sobre el análisis inicial de la conectividad en la vivienda, análisis de las posibles soluciones PLC en el mercado ecuatoriano, diseño de la solución para la vivienda, implementación de la solución y pruebas finales para verificar la mejora de la conectividad en la vivienda mediante los objetivos planteados en el plan de titulación.

#### **3.1 Análisis del estado inicial de la conectividad en la vivienda**

El análisis inicial realizado a la vivienda determinó el estado de conectividad de los dispositivos y la deficiencia de cobertura para acceder a la red, por lo tanto, con los equipos PLC presentes en el mercado se creó el diseño específico para mejorar los problemas de conexión, con el fin de aumentar el alcance de la red y permitir a los dispositivos conectarse a Internet.

##### **Identificación de los dispositivos que necesitan conectividad a Internet**

El presente requerimiento consiste en la identificación de los dispositivos de la vivienda, por lo tanto, se realizó el análisis previo de los dispositivos que necesitan conectividad a Internet tanto sea de forma cableada como inalámbrica. Los dispositivos que se encuentran en la vivienda son: dos televisores *Smart TV*, tres celulares y una *tablet*.

##### **Televisor *Smart TV***

El televisor *Smart TV* tiene la capacidad de conectarse de manera cableada o inalámbrica hacia Internet dependiendo las configuraciones del usuario, si se desea realizar la conexión cableada se debe considerar el cable desde el *Modem* hacia el televisor. Además, los televisores *Smart TV* cuentan con la conectividad *Wi-fi* para las bandas de frecuencias de 2.4 (GHz) y 5 (GHz) dependiendo la posición del televisor [8]. En el estudio realizado en la vivienda se encontraron televisores que pueden trabajar en las dos bandas de frecuencias.

##### **Teléfono celular**

Los dispositivos celulares funcionan con conectividad *Wi-fi* o datos móviles para obtener acceso a Internet, pero se tiene en cuenta que, dependiendo del modelo, dicho celular trabajará en diferentes bandas de frecuencias para *Wi-fi*, tales como: 2.4 (GHz) y 5 (GHz) [9]. En el estudio realizado a la vivienda no se encontraron celulares que

funcionen en la banda de 5 (GHz). Por consiguiente, se tiene en cuenta dicho parámetro para el diseño de la solución.

### ***Tablet***

La *tablet* es un dispositivo similar a un teléfono celular, pero con pantalla más grande. La conectividad *Wi-fi* de la *tablet* funciona en las bandas de frecuencias de 2.4 (GHz) y 5 (GHz) dependiendo de la marca y modelo del fabricante [10]. En el estudio realizado a la vivienda se encontró una *tablet* que trabaja en 2.4 (GHz) y 5 (GHz). Cabe recalcar, que al tratarse de un dispositivo portátil se seleccionará la banda de frecuencia adecuada para obtener las mejores velocidades de navegación.

### **Pruebas cualitativas para verificar la conectividad de la vivienda**

En la presente sección se muestran las pruebas cualitativas realizadas a la vivienda previo a la instalación del PLC, incluso se separa el análisis de las bandas de frecuencias en diferentes partes, debido a que, se requiere de un análisis específico para implementar la solución adecuada al problema de conectividad. Además, se realiza el análisis correspondiente de los mapas de calor para verificar las zonas que presentan problemas de conectividad.

### **Análisis inicial de la banda *Wi-fi* de 2.4 (GHz) del primer piso**

La banda de frecuencia de 2.4 (GHz) se caracteriza por tener mayor alcance, por lo tanto, la cobertura *Wi-fi* en el primer piso es superior [11]. No obstante, se consideró que para la banda de frecuencia de 2.4 (GHz), las velocidades de transmisión son menores pero la movilidad de los dispositivos es mayor [12]. El análisis inicial se realizó mediante el software NetSpot para el escaneo de la zona en el punto exacto que se marca en el mapa importado al software.

### **Nivel de señal**

El nivel de señal para la banda de frecuencia de 2.4 (GHz) es amplio, e incluso el alcance de la señal se muestra en zonas alejadas al *Access Point* principal para el primer piso, por lo tanto, los problemas de conectividad son mínimos. Por consiguiente, se analizó mediante el mapa de calor obtenido por medio del NetSpot, los problemas de conectividad mediante colores, de tal manera que el nivel de señal se representa de color rojo para las zonas sin problemas de conectividad, por otro lado, las zonas que se representan de color azul son las zonas con menor nivel de señal, como se observa en la Figura 3.1. En este caso, ninguna zona se mostró de color azul, pero si se evidenció zonas de color verde claro. Cabe recalcar, que las zonas con valores más cercanos a 0 (dBm) tienen mayor nivel de señal [13].



**Figura 3.1** Nivel de señal *Wi-fi* de la banda de 2.4 (GHz) del primer piso

### Relación señal/interferencia

La relación señal/interferencia es un parámetro utilizado para evaluar la calidad de la señal en una zona específica. Por consiguiente, Si la relación es alta, significa que la señal no tiene obstáculos ni ruidos perjudiciales para la red, por lo tanto, la conectividad es buena. Por otro lado, si la relación es baja, significa que existe presencia de interferencias en la zona provocando que la conectividad sea mala [14]. No obstante, se consideró que la señal/interferencia para el primer piso es aceptable por el mapa de calor que se aprecia en la Figura 3.2 Además, los valores que se obtuvieron corresponden a niveles aceptables de señal/interferencia, incluso presentan colores verdes en el mapa de calor indicando que la señal/interferencia no es un problema para la conectividad de los dispositivos a la red.



**Figura 3.2** Relación señal/interferencia de la banda de 2.4 (GHz) del primer piso

### **Velocidad de descarga**

La velocidad de descarga es uno de los parámetros que se deben optimizar, debido a que mediante la velocidad de descarga los usuarios navegan por Internet [15]. Las velocidades de descarga se representaron con un mapa de calor obtenido del NetSpot para evidenciar las zonas que tienen mayor velocidad de descarga. El mapa de calor muestra de color rojo las zonas que poseen mayor velocidad de descarga, así mismo, se marca de color azul las zonas que presentan menor velocidad de descarga, como se observa en la

Figura 3.3 donde se aprecia que el primer piso cuenta con velocidades de descarga aceptables, pero existe una zona en el borde de la casa que presenta fallas por la interferencia de la zona.

### **Velocidad de subida**

La velocidad de subida es utilizada para subir contenido hacia Internet, la utilidad de la velocidad de subida radica en que en los últimos años la población tiene una tendencia de generar y publicar contenido en las redes sociales [15]. Las velocidades de subida son aceptables para el primer piso, debido a que se muestra el mapa de calor en color rojo y amarillo que representa buena calidad, como se observa en la

Figura 3.4 por lo tanto, se consideró que el primer piso no presenta problemas para la velocidad de subida en las diferentes zonas de la vivienda.



Figura 3.3 Velocidad de descarga de la banda de 2.4 (GHz) del primer piso



Figura 3.4 Velocidad de subida de la banda de 2.4 (GHz) del primer piso

### Velocidad de transmisión

La velocidad de transmisión hace referencia al número de bits que se transmiten por un canal específico, por lo tanto, mientras más grande el número de bits será mayor la velocidad de transmisión [16]. El análisis que se realizó en el primer piso muestra que las velocidades de transmisión son altas, por lo tanto, la red *Wi-fi* es funcional para el primer piso de la vivienda. Además, se analizó el mapa de calor obtenido del NetSpot, donde se observa en la Figura 3.5 que el primer piso se encuentra de color rojo, por lo tanto, tiene altas velocidades de transmisión para la banda de 2.4 (GHz).



**Figura 3.5** Velocidad de transmisión de la banda de 2.4 (GHz) del primer piso

### Número de APs

El parámetro número de APs hace referencia a la cantidad de *Access Points* que se encuentran en la vivienda. El primer piso tiene el *Access Point* principal, por lo tanto, se observó que todo el mapa mostrado por NetSpot se encuentra de color celeste, lo cual indica la existencia de un solo *Access Point*, tal como se muestra en la Figura 3.6.

### Banda de frecuencia

La banda de frecuencia analizada es la de 2.4 (GHz). Según el análisis, la Figura 3.7 muestra el mapa de color rojo para el primer piso, debido a que mediante este color se representa la banda de 2.4 (GHz). Cabe recalcar, la existencia de la leyenda de colores

que identifica cada banda de frecuencia con un color específico, tal como se muestra en la parte inferior de la Figura 3.7.



**Figura 3.6** Número de APs de la banda de 2.4 (GHz) del primer piso



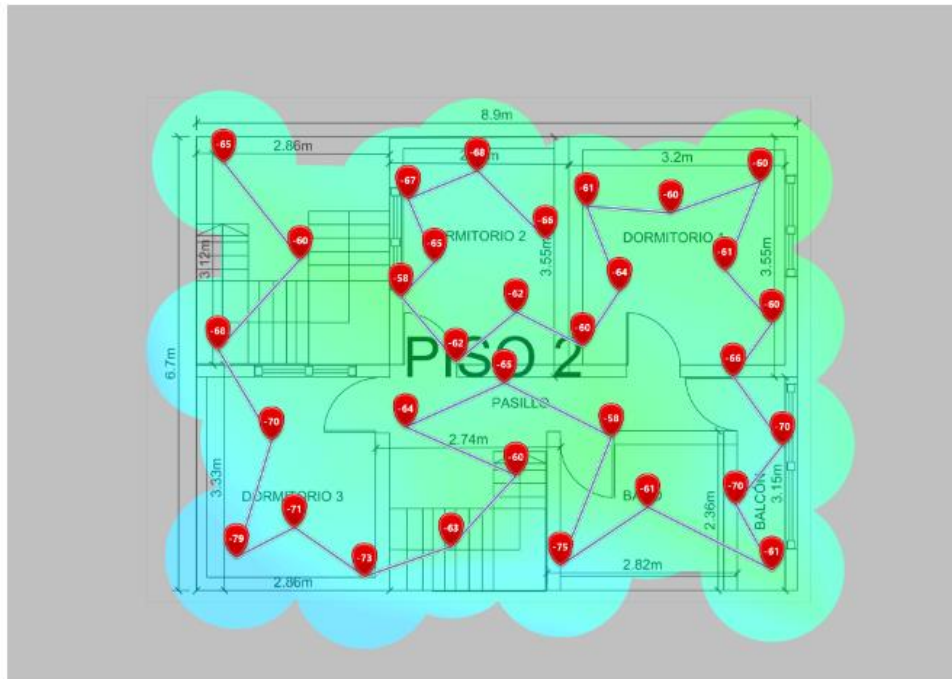
**Figura 3.7** Banda de frecuencia de 2.4 (GHz) del primer piso

## Análisis inicial de la banda *Wi-fi* de 2.4 (GHz) del segundo piso

El análisis que se realizó en la vivienda demuestra que los problemas de conectividad son evidentes en el segundo piso, debido a que disminuye el nivel de señal y se reducen las velocidades de descarga y subida. Por consiguiente, el segundo piso será el objeto de estudio y prueba para la mejora en la conectividad.

### Nivel de señal

Según el análisis realizado se observa que el nivel de señal para el segundo piso es bajo, debido a que el *Access Point* principal se encuentra en el primer piso, la señal para el segundo piso es escasa, como se observa en la Figura 3.8 el mapa de calor varía entre zonas de color celeste y verde claro, lo que indica que la cobertura disminuye en el segundo piso.



Requisitos:

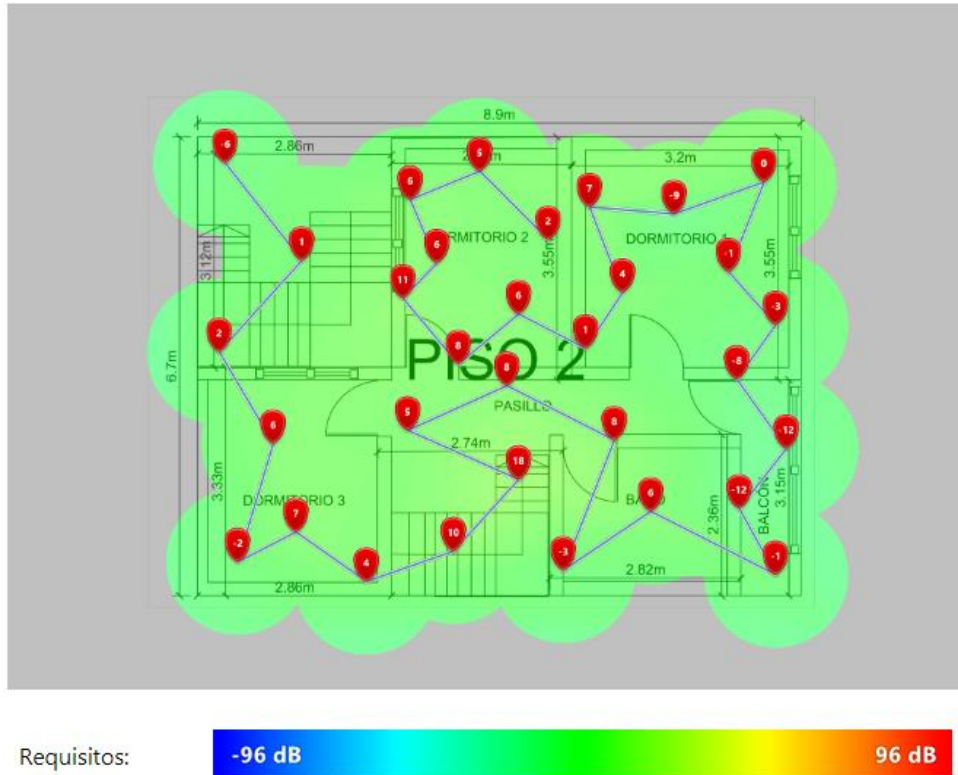


**Figura 3.8** Nivel de señal de la banda de 2.4 (GHz) del segundo piso

### Relación señal/interferencia

La relación señal/interferencia en el segundo piso es buena, debido a que el mapa de calor se muestra de color verde, lo que significa que la cantidad de ruido en la zona no es perjudicial para la red, de tal manera que en dicho sitio se podría instalar el dispositivo PLC para la mejora de la conectividad de la red. El mapa de calor para la relación señal/interferencia se observa en la Figura 3.9





**Figura 3.9** Relación señal/interferencia de la banda de 2.4 (GHz) del segundo piso

### **Velocidad de descarga**

Según el análisis realizado se obtuvo que la velocidad de descarga es baja en el dormitorio 2, el pasillo y una zona del baño. Además, se observa en la Figura 3.10 el mapa de calor de las zonas con bajas velocidades de descarga, las zonas afectadas se muestran de color azul, por otro lado, las áreas de color rojo representan buena calidad.

### **Velocidad de subida**

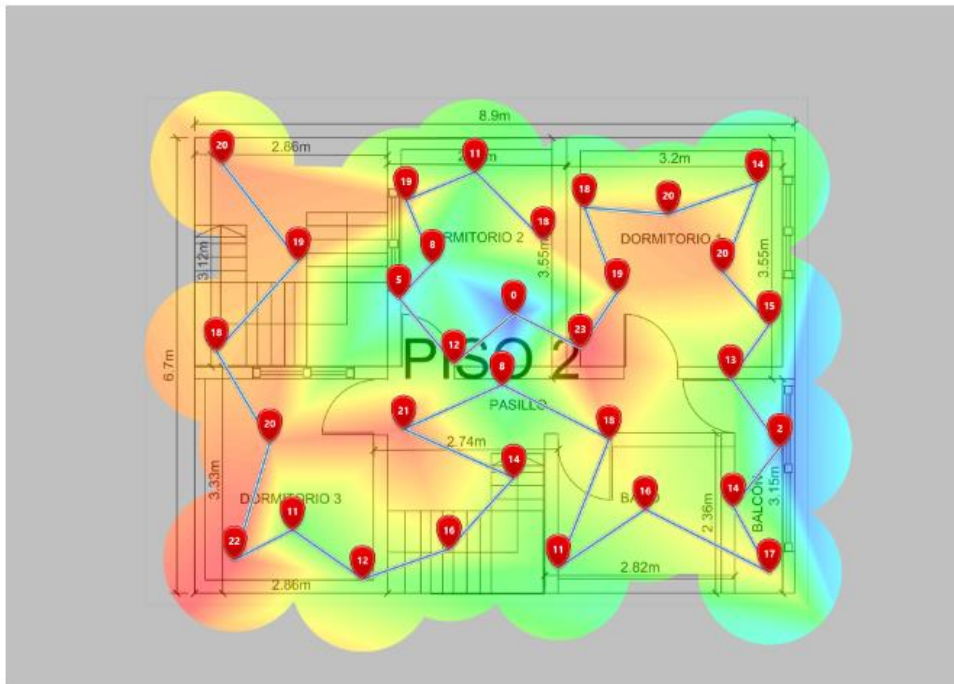
El mapa de calor muestra que la velocidad de subida para el segundo piso es aceptable, pero tiene problemas en el dormitorio 2, debido a que existe un punto de color azul, además alrededor de la vivienda se muestra el mapa de color celeste y verde, lo cual representa que la velocidad de subida es de baja calidad, tal como se indica en la Figura 3.11



Requisitos:



**Figura 3.10** Velocidad de descarga de la banda de 2.4 (GHz) del segundo piso



Requisitos:



**Figura 3.11** Velocidad de subida de la banda de 2.4 (GHz) del segundo piso

### Velocidad de transmisión

La velocidad de transmisión es buena en el segundo piso, pero con valores más bajos en comparación al primer piso, además existe un punto en el dormitorio 2 donde no muestra ningún valor para el mapa de calor, tal como se observa en la Figura 3.12 que complementa lo que se describió anteriormente.



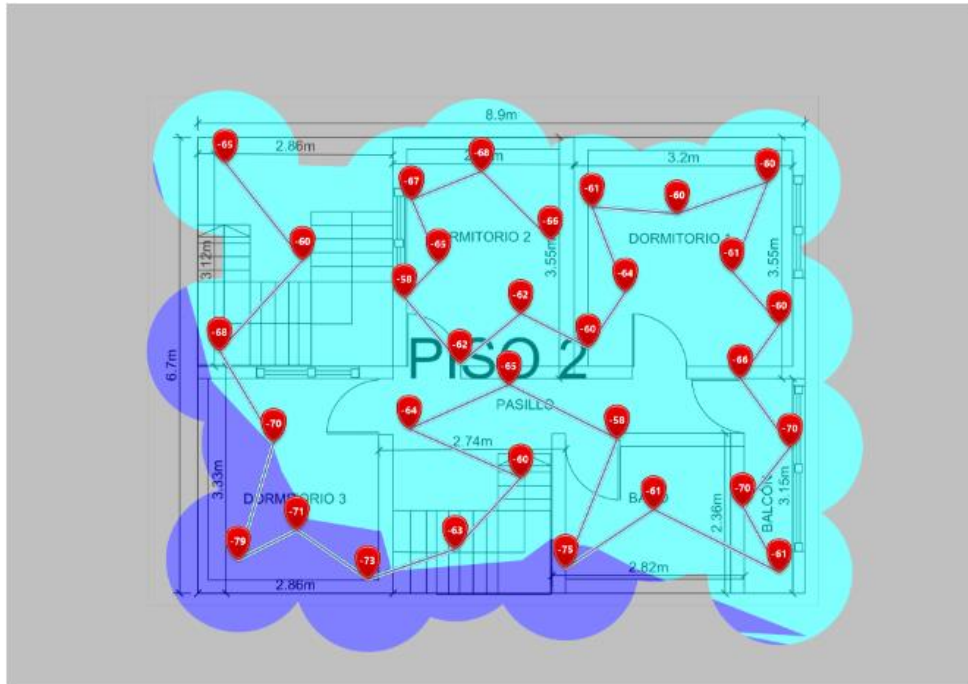
**Figura 3.12** Velocidad de transmisión de la banda de 2.4 (GHz) del segundo piso

### Número de APs

El segundo piso no dispone de un *Access Point*, pero toma la señal del *Access Point* principal, por lo tanto, se observa en la Figura 3.13 la mayor parte de la zona de color celeste, que representa la presencia de un *Access Point*, así mismo, el color morado representa que no existe ningún *Access Point*, tal como se indica en la parte inferior de la Figura 3.13

### Banda de frecuencia

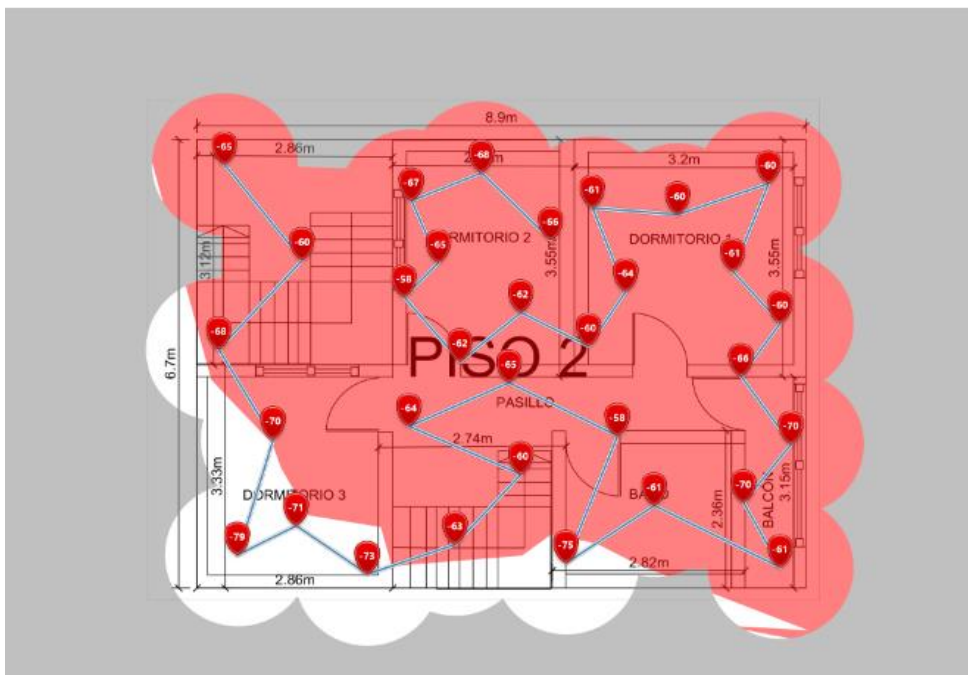
En base al análisis realizado en la banda de frecuencia de 2.4 (GHz), se observa en la Figura 3.14 el segundo piso de color rojo. Por el contrario, en la parte restante del mapa de calor se visualizaron zonas de color blanco, lo cual representa que no funciona ninguna banda de frecuencia para estas áreas. Cabe recalcar, que al inferior de la Figura 3.14 se encuentra la leyenda de colores para la identificación de las bandas de frecuencias.



Requisitos:



**Figura 3.13** Número de APs de la banda de 2.4 (GHz) del segundo piso



Requisitos:



**Figura 3.14** Banda de frecuencia de 2.4 (GHz) del segundo piso

## Análisis inicial de la banda *Wi-fi* 5 (GHz) del primer piso

En la presente sección se analizó la banda de frecuencia de 5 (GHz) en los dos pisos de la vivienda, con el fin de detectar las fallas de conectividad. La herramienta utilizada para el análisis fue NetSpot, debido a que realiza descubrimientos y escaneos de las redes *Wi-fi*. El escaneo de la red se efectuó mediante mapas importados en formato de imagen para tomar datos específicos de las áreas analizadas, de tal manera que se obtuvo un mapa de calor de las zonas.

La red *Wi-fi* de 5 (GHz) proporciona menor cobertura, pero con velocidades superiores de transmisión, por lo tanto, dicha banda fue utilizada para dispositivos cercanos y fijos para mantener estable la velocidad de navegación. No obstante, es la banda que presenta menores deficiencias en cuanto a interferencias [12].

### Nivel de señal

Según el análisis realizado a la banda de frecuencia de 5 (GHz) el nivel de señal es reducido, por lo tanto, en el mapa de calor se muestra con menor intensidad la cobertura, debido a que se trata de una red de poco alcance, además se observó que las zonas alejadas toman colores de verde claro hasta celeste en donde la señal es mala. Por consiguiente, la calidad de la conectividad se reduce, tal como se observa en la Figura 3.15



**Figura 3.15** Nivel de señal para la banda de 5 (GHz) del primer piso

### Relación señal/interferencia

En el análisis se obtuvo que la relación de señal/interferencia para la banda de 5 (GHz) en el primer piso es buena, por lo tanto, en la Figura 3.16 se observa el mapa de calor de la relación señal/interferencia de color amarillo, lo cual representa que no existe ruido ni obstáculos que perjudiquen la red *Wi-fi*.



**Figura 3.16** Relación señal/interferencia de la banda de 5 (GHz) del primer piso

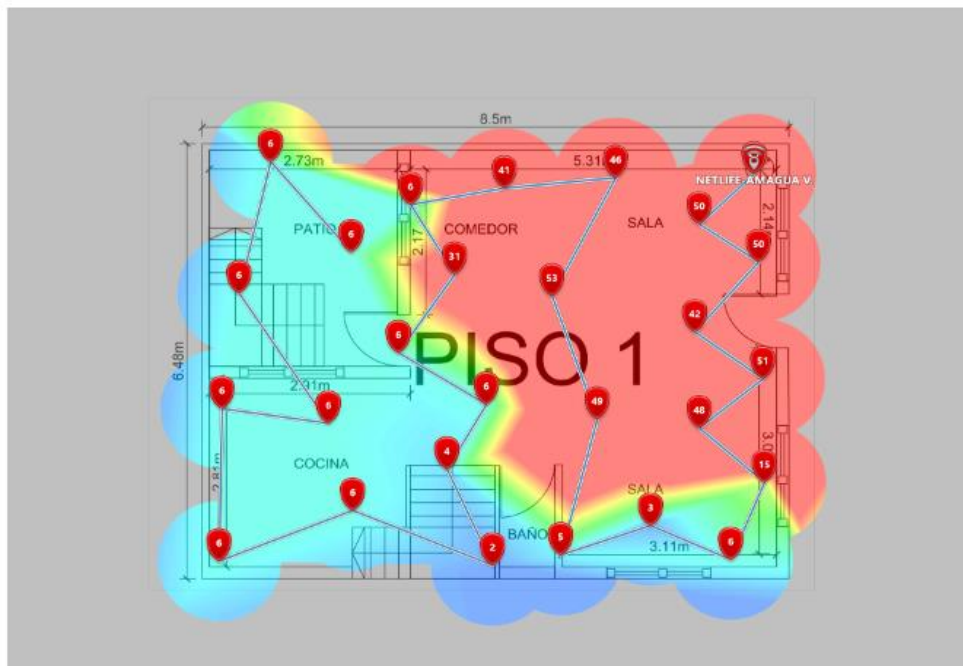
### Velocidad de descarga

La velocidad de descarga para la banda de 5 (GHz) es superior que la banda de 2.4 (GHz), pero tiene menor alcance y presenta problemas de conectividad a largas distancias [12]. En la Figura 3.17 se observó la velocidad de descarga hasta la mitad del primer piso, por lo tanto, el comedor y la entrada al baño serán los límites para las excelentes velocidades de descarga en la banda de 5 (GHz). Cabe recalcar, que las zonas en azul tienen baja calidad, pero existe conectividad en dichas áreas.

### Velocidad de subida

El análisis demostró que la velocidad de subida para la banda de 5 (GHz) es similar a la velocidad de descarga por el área que cubre, debido a que la velocidad de subida se presenta en el comedor y en la entrada al baño con velocidades aceptables. No obstante, las zonas de color verde de la Figura 3.18 si tienen conectividad a la red de 5

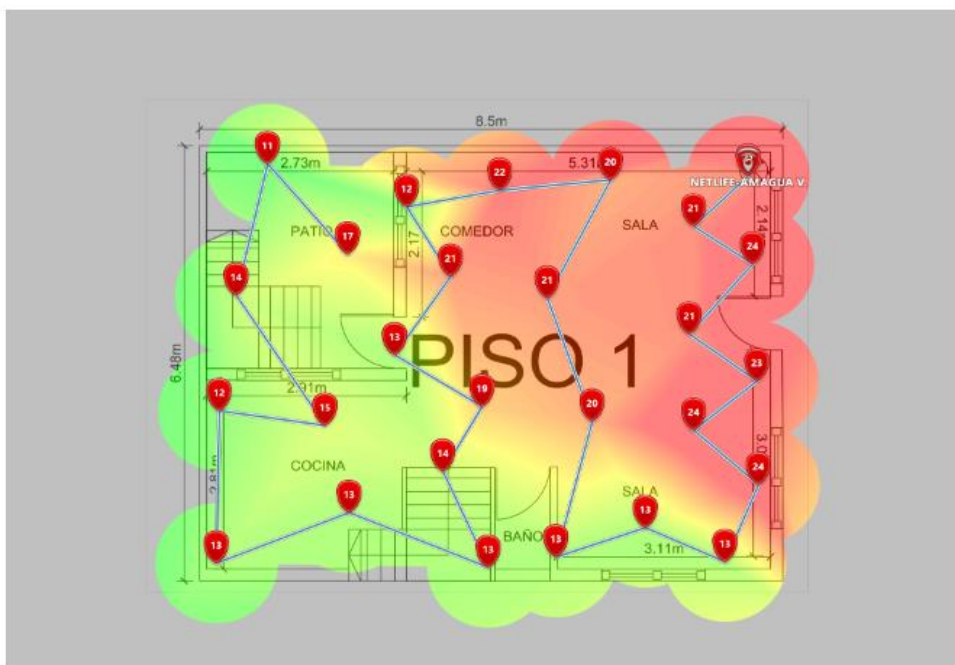
(GHz), pero sus velocidades son menores en comparación a las zonas marcadas de color rojo.



Requisitos:



**Figura 3.17** Velocidad de descarga para la banda de 5 (GHz) del primer piso



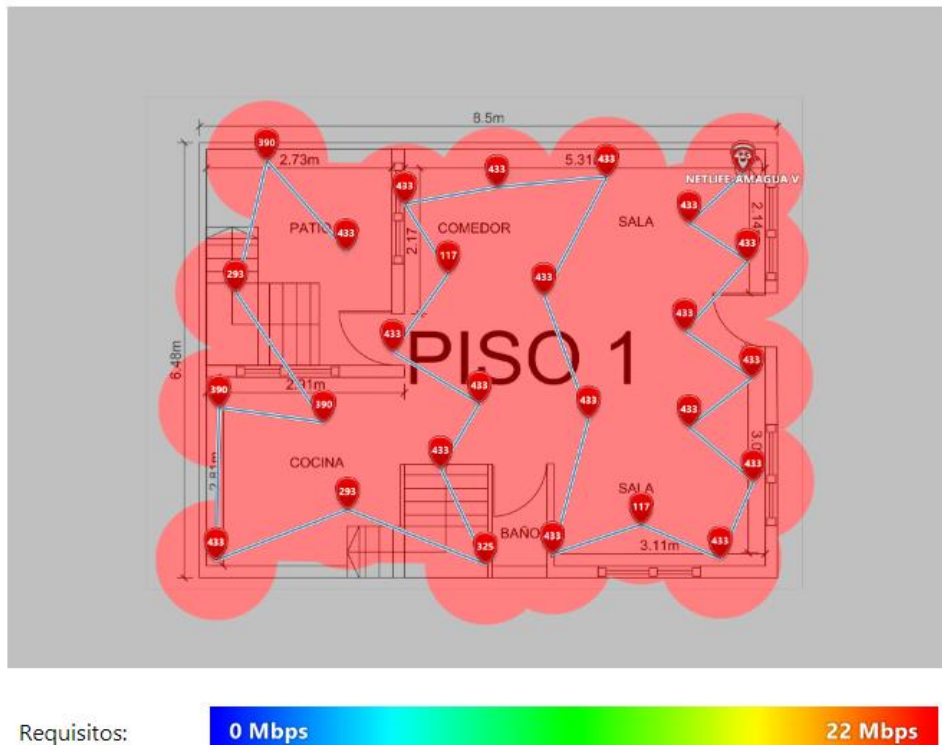
Requisitos:



**Figura 3.18** Velocidad de subida de la banda de 5 (GHz) del primer piso

### Velocidad de transmisión

La velocidad de transmisión para la banda de 5 (GHz) es superior y se observó dicho comportamiento en la Figura 3.19. El mapa de calor muestra la zona de color rojo, debido a que son altas las velocidades de transmisión en el primer piso. No obstante, se identificó que las zonas más cercanas al *Access Point* principal presentan mayores velocidades.



**Figura 3.19** Velocidad de transmisión de la banda de 5 (GHz) del primer piso

### Número de APs

En el análisis se identificó que el *Access Point* principal emite frecuencias desde el primer piso hacia el segundo piso, por lo tanto, se observa en la Figura 3.20 la presencia de un único *Access Point*. El color celeste representa lo anteriormente descrito mediante la leyenda de colores que se encuentra en la parte inferior de la Figura 3.20

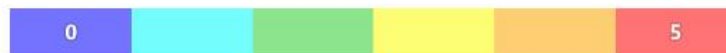
### Banda de frecuencia

La banda de frecuencia analizada es la de 5 (GHz). El análisis muestra en la Figura 3.21 el mapa de calor con color amarillo, lo cual representa a esta banda. La identificación de las bandas de frecuencias se encuentra en la parte inferior de la Figura 3.21 con el color específico para cada frecuencia.

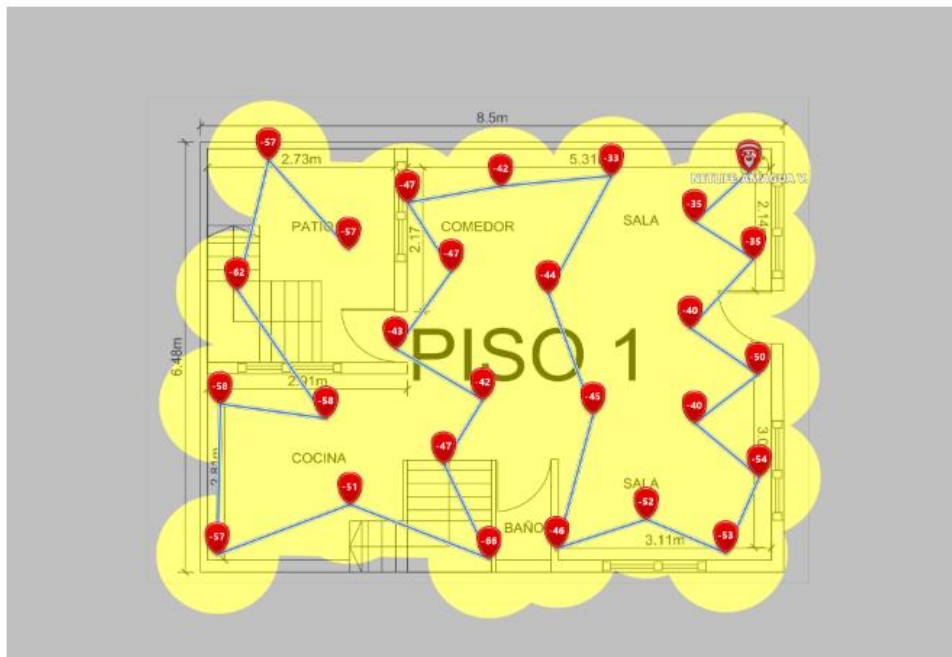




Requisitos:



**Figura 3.20** Número de APs de la banda de 5 (GHz) del primer piso



Requisitos:



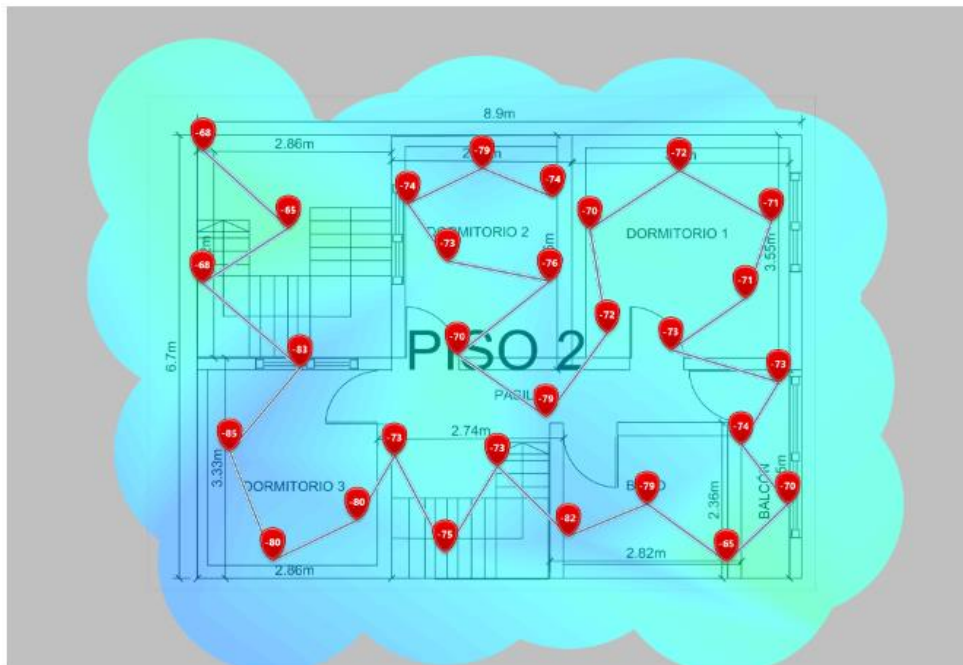
**Figura 3.21** Banda de frecuencia de 5 (GHz) del primer piso

## Análisis inicial de la banda *Wi-fi* de 5 (GHz) del segundo piso

El análisis inicial del segundo piso es el que muestra más problemas de conectividad a la red *Wi-fi*, debido a que el *Access Point* principal se encuentra en el primer piso. El nivel de señal es limitado y las velocidades son bajas para la navegación, por lo tanto, se evidenció mediante mapas de calor el comportamiento anteriormente descrito.

### Nivel de señal

El nivel de señal es grave para el segundo piso, debido a que la banda *Wi-fi* de 5 (GHz) tiene escasa cobertura, por lo tanto, el segundo piso resultó afectado, se observa en la Figura 3.22 el mapa de calor de color azul y celeste, lo cual representa que el nivel de señal es deficiente e incluso existen áreas del piso donde la cobertura es totalmente inaccesible para la banda de 5 (GHz).



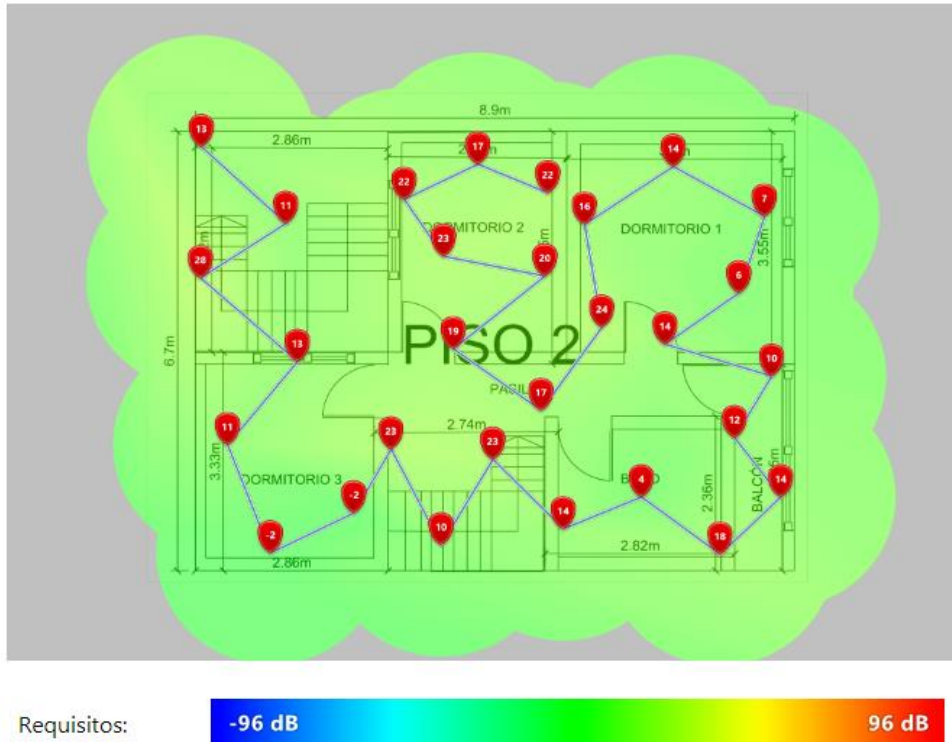
Requisitos:



**Figura 3.22** Nivel de señal para la banda de 5 (GHz) del segundo piso

### Relación señal/interferencia

La relación señal/interferencia en el segundo piso es adecuada, debido a que el mapa de calor es de color verde, tal como se indica en la Figura 3.23. Por consiguiente, se analizó la posibilidad de implementar el dispositivo PLC en esta área, debido a que no tendría problemas de interferencia.



**Figura 3.23** Relación señal/interferencia para la banda de 5 (GHz) del segundo piso

### **Velocidad de descarga**

El análisis realizado en el segundo piso demostró que la velocidad de descarga se muestra de color azul, tal como se observa en la Figura 3.24 debido a que las velocidades son mínimas. No obstante, se consideró la posibilidad de conexión de los dispositivos a la banda de 5 (GHz), pero las velocidades de navegación son menores debido al alcance de la red.

### **Velocidad de subida**

La velocidad de subida para la banda de 5 (GHz) es aceptable, pero presenta problemas en el dormitorio 2 y el pasillo, debido a que estas zonas se mostraron de color azul, tal como se observa en la Figura 3.25, además se observó la disminución de la velocidad de subida en el extremo del balcón como efecto del nivel de señal de la banda de 5 (GHz).



Requisitos:



**Figura 3.24** Velocidad de descarga de la banda de 5 (GHz) del segundo piso



Requisitos:



**Figura 3.25** Velocidad de subida de la banda de 5 (GHz) del segundo piso

### Velocidad de transmisión

La velocidad de transmisión en el segundo piso es inferior comparado con las velocidades que se tomaron en el primer piso, además al tratarse de la banda de 5 (GHz) las velocidades de transmisión deberían ser elevadas. El comportamiento es todo lo contrario, tal como se observa en la Figura 3.26 Cabe recalcar, que se muestra de color rojo el segundo piso, debido a que las mediciones se realizan a escala de 22 (Mbps), pero los valores de los puntos tomados son mínimos comparando con los del primer piso en donde la intensidad de la señal es adecuada para la red.



**Figura 3.26** Velocidad de transmisión de la banda de 5 (GHz) del segundo piso

### Número de APs

El análisis de la red *Wi-fi* de 5 (GHz) se realizó con el *Access Point* principal de la vivienda con el propósito de evidenciar la cantidad de *Access Points* en la vivienda, por lo tanto, en la Figura 3.27 se muestra la zona del segundo piso de color morado, lo cual representa que no existe ningún *Access Point* en el piso. El color celeste indica la presencia de un dispositivo irradiando frecuencias de *Wi-fi*, esto sucede por el *Access Point* principal de la vivienda.

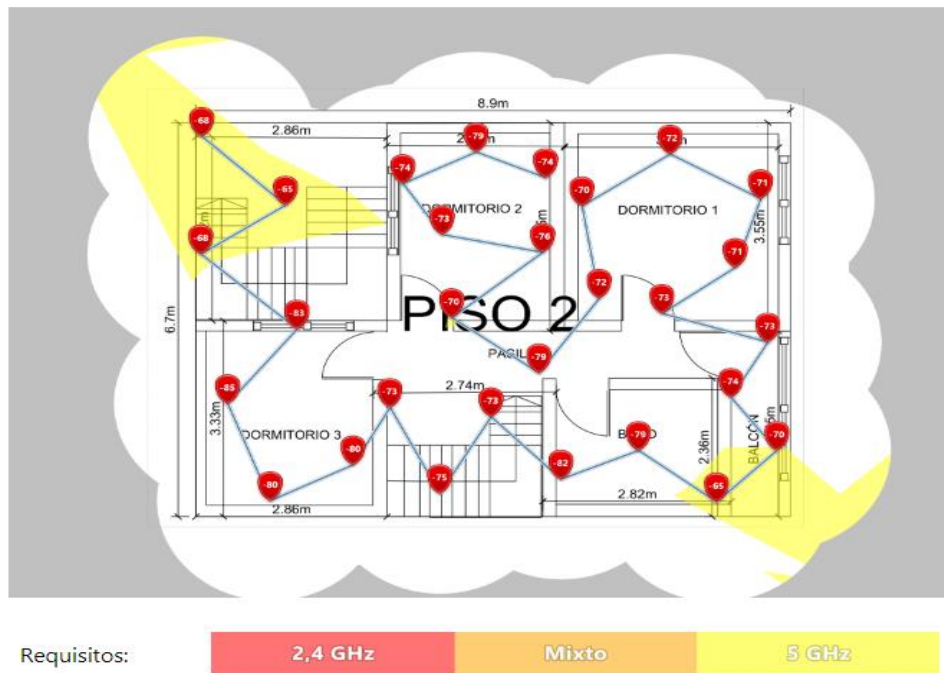
### Banda de frecuencia

El análisis muestra que la banda de frecuencia de 5 (GHz) no está presente en el segundo piso, debido a que la cobertura de la red *Wi-fi* de 5 (GHz) es de escasa

cobertura. Las esquinas de la vivienda se presentaron de color amarillo, por tanto, están receptando la banda de frecuencia de 5 (GHz) del *Access Point* principal. No obstante, la Figura 3.28 muestra que el segundo piso se encuentra de color blanco por la ausencia de banda de frecuencia.



**Figura 3.27** Número de APs de la banda de 5 (GHz) del segundo piso



**Figura 3.28** Banda de frecuencia de 5 (GHz) del segundo piso

## 3.2 Analizar las soluciones PLC disponibles en el mercado local

En la presente sección se muestran las soluciones PLC disponibles en el mercado, las ventajas y desventajas de cada dispositivo PLC, además se seleccionó el equipo PLC adecuado para la solución mediante la comparación de características, precio y disponibilidad en Ecuador.

### **Dispositivo *Wi-fi* TP-Link AC750 AV1000 Powerline TL-WPA7517**

TP-Link AC750 AV1000 se compone de un dúo de dispositivos PLC que extiende la red mediante el tendido eléctrico. El puerto Ethernet prolonga la conexión cableada, así mismo, cuenta con las redes *Wi-fi* de 2.4 (GHz) y 5 (GHz), el estándar inalámbrico es el 802.11ac. La tecnología que usa es la *HomePlug AV2*, la velocidad que alcanza es de 1000 (Mbps) para el alcance máximo de 300 (m). Cabe recalcar, que la banda de 2.4 (GHz) ofrece velocidades de hasta 300 (Mbps) y la red de 5 (GHz) ofrece velocidades de hasta 433 (Mbps). No obstante, se considera que son velocidades en condiciones ideales. El tipo de enchufe es latinoamericano que se instala en las viviendas de Ecuador. La administración de la red PLC se realiza mediante navegador web y aplicación móvil [17] [18].

### **Dispositivo *Wi-fi* TP-Link AC1200 Mbps AV1000 Powerline TL-WPA7617**

Los dos dispositivos TP-Link AC1200 AV1000 cuentan con la tecnología *HomePlug AV2*. La velocidad es de 1000 (Mbps) para la cobertura de 300 (m). La red *Wi-fi* funciona en las bandas de 2.4 (GHz) y 5 (GHz), tal como define el estándar 802.11ac, además la velocidad para la primera banda mencionada es de 300 (Mbps) y para la segunda banda es de 867 (Mbps), cabe recalcar, que se tratan de velocidades en excelentes condiciones. El tipo de enchufe es europeo, así mismo, cuenta con un tomacorriente integrado. La administración de los dispositivos PLC es mediante la interfaz web y aplicativo móvil [19] [20].

### **Dispositivo *Wi-fi* TP-Link AV600 Powerline TL-WPA4220**

TP-Link AV600 usa la tecnología *HomePlug AV*. La banda de frecuencia de operación es de 2.4 (GHz), debido a que, funciona con el estándar 802.11b/g/n. La velocidad es de 300 (Mbps) para 300 (m) de cobertura. El tipo de enchufe es *EU, UK, US* y *AR*, cabe recalcar, que no tiene un tomacorriente integrado. La administración del dispositivo PLC se realiza por navegador web y aplicación móvil [21] [22].

### Dispositivo *Wi-fi* NETGEAR

Los dos dispositivos NETGEAR 1000 (Mbps) usan la tecnología *HomePlug AV2*. Trabaja en las bandas de 2.4 (GHz) y 5 (GHz) con velocidad de hasta 1000 (Mbps), cabe recalcar, que esta velocidad es tomada del estándar 802.11ac. El dispositivo tiene dos antenas integradas para la red *Wi-fi*, además posee un puerto Ethernet para la conexión cableada. El tipo de enchufe es latinoamericano y tiene un botón para crear una encriptación momentánea de la red, de tal manera que se protege la red de intrusos. La administración del dispositivo es mediante navegación web [23] [24].

En la Tabla 3.1 se observa la comparativa de las soluciones PLC disponibles en el mercado, de tal manera que se identificó las ventajas y desventajas de cada dispositivo. Cabe recalcar, que mediante la tabla se escogió la solución PLC óptima para la vivienda.

**Tabla 3.1** Comparativa entre los dispositivos PLC y NETGEAR [18] [20] [22] [24]

	<b>TP-Link AC 750 AV 1000</b>	<b>TP-Link AC 1200 AV 1000</b>	<b>TP-Link AV 600</b>	<b>Dispositivo <i>Wi-fi</i> Netgear</b>
<b>Tecnología <i>HomePlug</i></b>	AV2	AV2	AV	AV2
<b>Bandas de frecuencias</b>	2.4 (GHz) y 5 (GHz)	2.4 (GHz) y 5 (GHz)	2.4 (GHz)	2.4 (GHz) y 5 (GHz)
<b>Velocidad</b>	300 (Mbps) para 2.4 (GHz) y 433 (Mbps) para 5 (GHz)	300 (Mbps) para 2.4 (GHz) y 867 (Mbps) para 5 (GHz)	300 (Mbps)	600 (Mbps) para 2.4 (GHz) y 866.7 (Mbps) para 5 (GHz) Teóricos
<b>Administración</b>	Navegador web y tpPLC	Navegador web y tpPLC	Navegador web y tpPLC	Navegador web
<b>Enchufe</b>	US/LATAM	EU	EU, UK, US, AR	US/LATAM
<b>Estándar</b>	802.11ac	802.11ac	802.11b/g/n	802.11ac
<b>Antenas externas</b>	No	No	No	Si
<b>Encriptación / Cifrado</b>	WPA-PSK, WPA2-PSK y WEP / AES	WPA-PSK, WPA2-PSK y WEP / AES	WPA-PSK, WPA2-PSK y WEP / AES	WPA-PSK, WPA2-PSK y WEP / AES



	<b>TP-Link AC 750 AV 1000</b>	<b>TP-Link AC 1200 AV 1000</b>	<b>TP-Link AV 600</b>	<b>Dispositivo Wi-fi Netgear</b>
<b>Enchufe integrado</b>	No	Si	No	No
<b>Precio</b>	\$ 64.99	\$ 91.84	\$ 54.99	\$ 242.98

La velocidad para el dispositivo *Wi-fi Netgear* es tomada de la velocidad teórica del estándar 802.11ac, debido a que en la hoja de datos del dispositivo no se especifica las velocidades admitidas por el equipo.

### **Selección del dispositivo PLC para la solución**

Posterior al análisis de las soluciones PLC disponibles, se identificaron las ventajas y desventajas de cada dispositivo en base a sus características. El precio es otro factor que se tomó en consideración para la compra del equipo, por lo tanto, el PLC elegido para la implementación es el TP-Link AC750 AV 1000, debido a que su precio es asequible y funciona con el estándar 802.11ac permitiendo las bandas de frecuencias de 2.4 (GHz) y 5 (GHz).

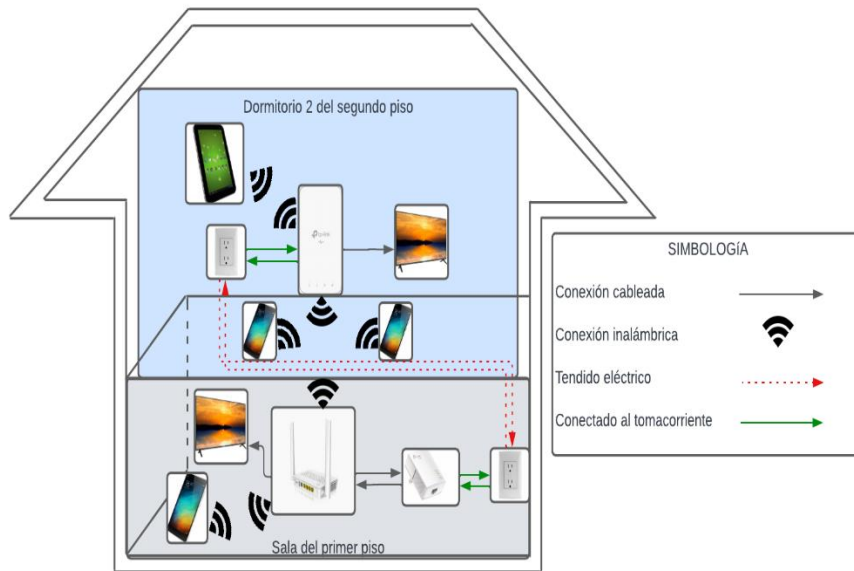
El tipo de conector es latinoamericano para no incluir un adaptador de tomacorriente, usa la tecnología *HomePlug AV2* para alcanzar velocidades más elevadas para la transmisión de datos por los conductores eléctricos. La administración de la red es posible mediante navegador web y aplicación móvil. La encriptación y cifrado utilizan los protocolos más seguros para la seguridad de la red inalámbrica. Por último, el precio es aceptable para la adquisición del dispositivo, además las características son adecuadas para la vivienda.

## **3.3 Diseño de la solución**

### **Diagrama de la solución PLC**

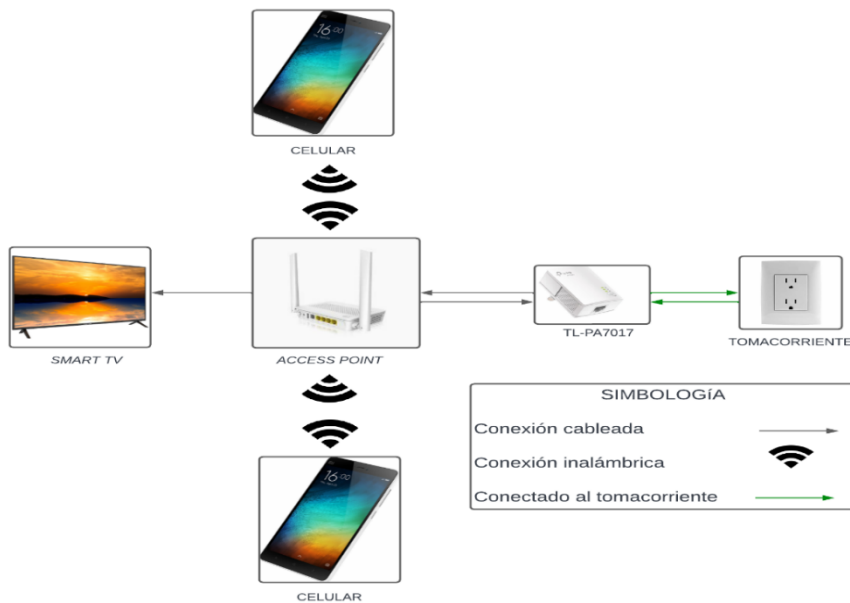
Después de seleccionar el dispositivo PLC disponible en el mercado, se realizó el diseño de la solución, de tal manera que se comprenda mediante una ilustración el diagrama de implementación, por lo tanto, para el diseño se usa el equipo TP-Link AC750 AV 1000 que extiende la conectividad de la red por el tendido eléctrico. En la Figura 3.29 se muestra la conexión cableada del televisor *Smart TV* mediante el puerto Ethernet del dispositivo PLC, así mismo, el *Access Point* principal del primer piso brinda la conexión cableada al otro televisor.

La red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) y 5 (GHz) están implementadas para la conexión de los equipos inalámbricos presentes en los dos pisos de la vivienda. La simbología indica las conexiones del diagrama, tales como: conexión cableada, conexión inalámbrica, tendido eléctrico y conexión al tomacorriente.



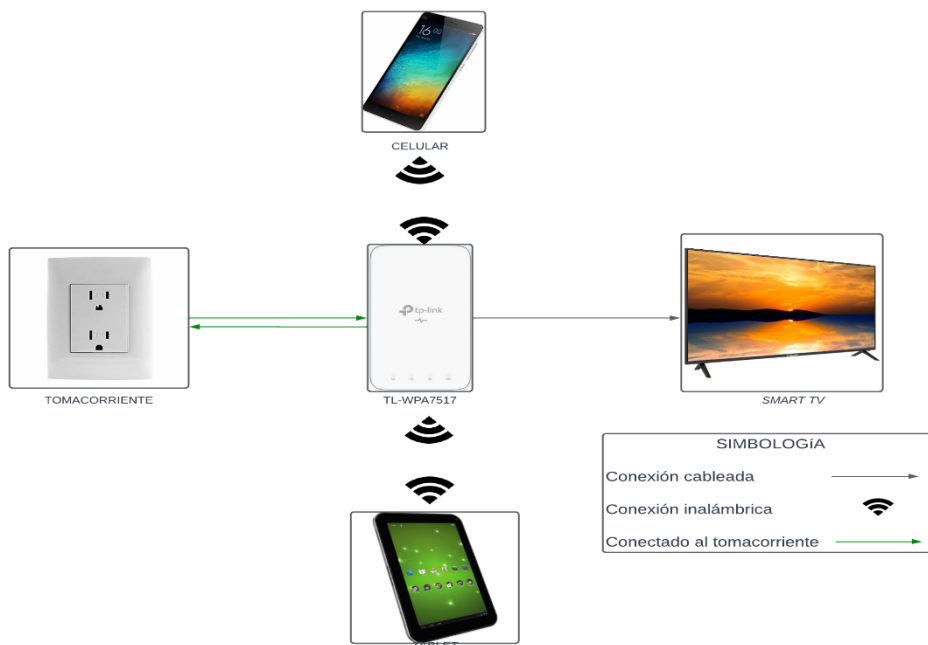
**Figura 3.29** Diagrama de la vivienda con la solución PLC

En la Figura 3.30 se muestra el diagrama del primer piso, este presenta la conectividad del dispositivo PLC hacia el *Access Point* y los equipos conectados de manera cableada e inalámbrica.



**Figura 3.30** Diagrama de conectividad del primer piso

En el segundo piso se realizó el diagrama correspondiente para evidenciar los equipos que están conectados al dispositivo PLC mediante conexión cableada e inalámbrica, debido a que el PLC funciona para las bandas de 2.4 (GHz) y 5 (GHz). La conectividad de los equipos y la simbología del diagrama se muestra en la Figura 3.31.



**Figura 3.31** Diagrama de conectividad del segundo piso

### **Cable Ethernet para la conexión de los televisores**

El diagrama de la solución muestra que los televisores están conectados de manera cableada, por lo tanto, se consideró la realización del cableado hacia los *Smart TVs*, de tal manera que la conectividad sea estable. Las características del cable son: *Unshielded twisted pair* (UTP) categoría 5e con conectores RJ45, la cantidad de cable Ethernet se compró dependiendo de la distancia medida desde el televisor hacia el PLC y *Access Point* con la finalidad de dimensionar de manera correcta el cable para su posterior transporte por la pared.

## **3.4 Implementación de la solución**

El dúo de dispositivos PLC fueron implementados en los dos pisos de la vivienda, debido a que el primer dispositivo se conecta de manera cableada al *Access Point* principal permitiendo la transferencia de datos por el tendido eléctrico, además se colocó el segundo PLC en el otro piso para extender la red, debido a que mediante el análisis inicial se determinó que el dormitorio 2 es el lugar adecuado para implementar la solución PLC.

## Conexión de los dispositivos PLC

El presente requerimiento consiste en la conexión de los dispositivos PLC a los tomacorrientes, por lo tanto, se localizó el *Access Point* principal para usar uno de sus puertos Ethernet con el dispositivo PLC. La Figura 3.32 muestra la conexión del equipo al tomacorriente más cercano para conducir los datos por el tendido eléctrico.



**Figura 3.32** Dispositivo PLC conectado al tomacorriente del primer piso

En el segundo piso, se conectó el segundo dispositivo PLC al tomacorriente. El dormitorio 2 es el lugar adecuado para desplegar el equipo, debido a que es un lugar céntrico de la vivienda con el objetivo de cubrir la mayor área posible de cobertura *Wi-fi*. El dispositivo PLC del segundo piso es el que extiende la conectividad, además funciona en las bandas de 2.4 (GHz) y 5 (GHz) para la red inalámbrica. El puerto Ethernet incorporado es utilizado para conectar el televisor *Smart TV* del dormitorio. Además, la sincronización de los dos dispositivos PLC se realiza mediante el botón de emparejamiento, las luces se vuelven intermitentes hasta que se sincronicen los equipos, tal como se muestra en la Figura 3.33.

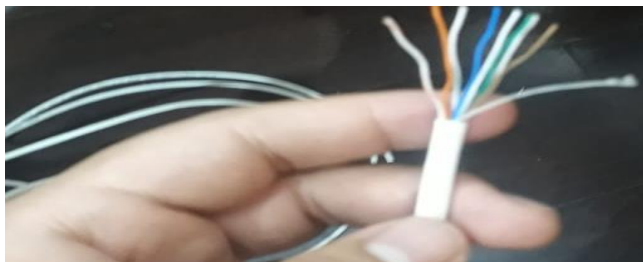


**Figura 3.33** Dispositivo PLC conectado al tomacorriente del segundo piso

## Ponchado del cable Ethernet para los televisores

El cableado para los televisores se realizó mediante el cable UTP categoría 5e, por lo tanto, se determinó la cantidad necesaria de cable Ethernet para el primer piso y

segundo piso. Después de adquirir el cable se peló su cubierta para separar los pares trenzados según el estándar 568B, tal como se muestra en la Figura 3.34



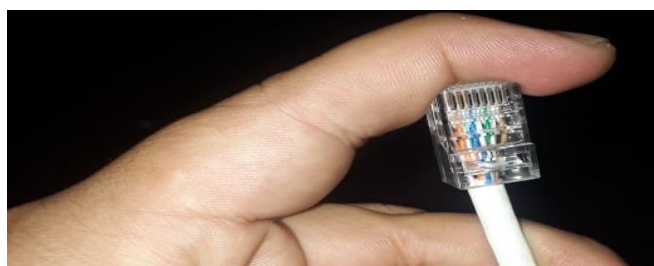
**Figura 3.34** Separación de los pares trenzados según el estándar 568B

Posterior a la separación de los pares trenzados y ordenamiento de estos según el estándar, se insertó el conector RJ45 en los pares trenzados para terminar con el pochado del cable. La Figura 3.35 muestra el uso de la pochadora para fijar el conector RJ45, de tal manera que el conector esté rígido y adherido al cable para su uso en el televisor *Smart TV*.



**Figura 3.35** Uso de la pochadora para fijar el conector RJ45

La Figura 3.36 muestra el resultado final del pochado del cable Ethernet para utilizarlo en la conectividad cableada del televisor *Smart TV*.



**Figura 3.36** Cable Ethernet pochado para la conectividad del televisor *Smart TV*

### **Conexión del televisor *Smart TV* del primer piso**

Después del pochado del cable Ethernet, se realizó la conexión de la televisión mediante su puerto de red, tal como se indica en la Figura 3.37. El otro extremo del

cable Ethernet se conectó al *Access Point* principal para el transporte de datos hacia el televisor, como se muestra en la Figura 3.38.

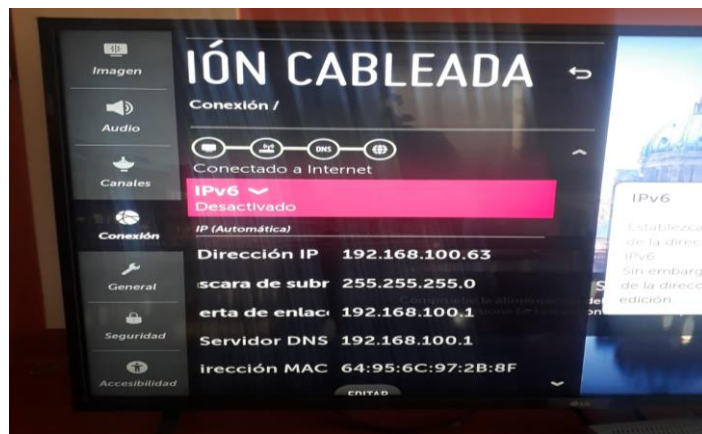


**Figura 3.37** Puerto Ethernet de la televisión del primer piso



**Figura 3.38** Puerto Ethernet del *Access Point*

A continuación, se verificó que la conexión cableada es exitosa mediante las configuraciones de red del televisor. En la Figura 3.39 se observa que la conectividad es cableada y se visualiza la dirección IP otorgada por el *Access Point*, por lo tanto, la conexión del televisor es correcta.



**Figura 3.39** Verificación de la conexión por cable del televisor del primer piso

### Conexión del televisor *Smart TV* del segundo piso

En el segundo piso se conectó de manera cableada el televisor del dormitorio 2 mediante el dispositivo PLC para mantener una conectividad estable. La Figura 3.40 muestra la utilización del puerto de red de la televisión, así mismo, se usó el puerto Ethernet del dispositivo PLC tal como se indica en la Figura 3.41.



**Figura 3.40** Puerto Ethernet de la televisión del segundo piso



**Figura 3.41** Puerto Ethernet del dispositivo PLC del segundo piso

Después de conectar el televisor mediante el cable Ethernet, se validó la conexión cableada, por lo tanto, se ingresó a la configuración de red para verificar el tipo de conexión. La Figura 3.42 indica que la conectividad es cableada.



**Figura 3.42** Verificación de la conexión cableada de la televisión del segundo piso

### Guiado del cable Ethernet del primer piso

Después del ponchado del cable, se analizó la alternativa adecuada para guiar el cable Ethernet por la pared, de tal manera que no exista contaminación visual. El propietario de la vivienda rechazó la posibilidad de utilizar grapas de clavos para guiar el cableado, debido a que no quería que su pared sea perforada, además el uso de canaletas fue descartado por el precio de estos elementos.

La alternativa adecuada para la vivienda fue utilizar bases adhesivas cuadradas y amarras plásticas con el propósito de no perforar la pared con clavos, además la adquisición de estos elementos resulta más económica. La Figura 3.43 muestra las bases adhesivas cuadradas y las amarras plásticas utilizadas para guiar el cableado entre los equipos.



**Figura 3.43** Bases adhesivas cuadradas y amarras plásticas

Una vez que se seleccionó la mejor forma de transportar el cable Ethernet, se colocaron las bases adhesivas cuadradas teniendo en cuenta la ruta del cableado. Después de mantener fijas las bases, se utilizaron las amarras plásticas para asegurar el cable Ethernet, tal como se muestra en la Figura 3.44, cabe recalcar, que se repite el proceso hasta mantener fijo todo el cableado desde el *Access Point* hacia el televisor.



**Figura 3.44** Fijación del cable Ethernet con la base adhesiva cuadrada y amarra plástica



### Guiado del cable Ethernet del segundo piso

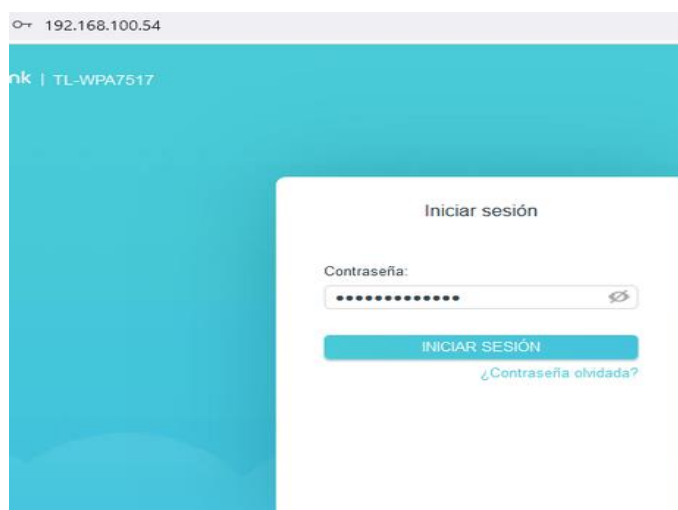
En el segundo piso se realizó el mismo procedimiento anteriormente descrito con las bases adhesivas cuadradas y amarras plásticas para la fijación del cable Ethernet. En la Figura 3.45 se observa el guiado del cable por el segundo piso hacia el televisor, evitando la contaminación visual para los usuarios de la vivienda.



**Figura 3.45** Transporte del cable Ethernet en el segundo piso

### Configuración de la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz)

La configuración se realizó mediante navegador web con la dirección IP otorgada al dispositivo PLC para el ingreso a las configuraciones por interfaz gráfica, posterior a ello, se digitó las credenciales de acceso, la primera vez se usa la contraseña por defecto, como se observa en la Figura 3.46.



**Figura 3.46** Ingreso a la interfaz gráfica de configuraciones del PLC

A continuación, se ingresó a las configuraciones básicas del dispositivo PLC. En la Figura 3.47 se observan los parámetros de la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz), tales como: SSID, seguridad, cifrado, contraseña, canal, modo, ancho de banda y fuerza de transmisión. Posterior a ello, se ingresó la información correspondiente para cada parámetro, además se usa el protocolo WPA2-PSK y cifrado AES para la seguridad. Por último, se consideró el canal de operación para evitar interferencias, por lo tanto, se implementó la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) en el canal 11.

The screenshot shows a web-based configuration page for a PLC device's wireless settings. The page is titled "configuración inalámbrica" and has a toggle for "2.4GHz | 5 GHz". Under "Inalámbrico de 2.4GHz", there is a checked "Habilitar" option and a "Red de intercambio" link. The SSID is set to "\_TP-Link\_0494" with an "Ocultar SSID" checkbox. Security is set to "WPA2-Personal (Recomenda)", version to "WPA2-PSK", and encryption to "AES". The password is "UIO2o2224G". The channel is set to "11", mode to "802.11b/g/n mixta", and bandwidth to "Auto". Transmission power is set to "Alta" (High). At the bottom, there are links for "SOPORTE" and "VOLVER ARRIBA", and a "GUARDAR" button.

**Figura 3.47** Configuración de la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) del PLC

### **Canal para la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz)**

El canal de operación es optimizado para la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) de tal manera que se evitan interferencias entre la red principal de la vivienda y el dispositivo PLC. El canal 11 fue utilizado para el despliegue de la red inalámbrica en el segundo piso. NetSpot comprueba el canal de operación de las redes inalámbricas mediante la herramienta de descubrir.

En la Figura 3.48 se muestra la red *Wi-fi* principal de la vivienda de color marrón y la del dispositivo PLC con color azul, por lo tanto, se verificó que no existen interferencias entre las redes inalámbricas desplegadas porque no se encuentran unidas. Cabe recalcar, que la gráfica de la solución PLC es más grande, debido a que las mediciones se tomaron en el segundo piso de la vivienda.



**Figura 3.48** Canales de operación de las redes *Wi-fi* de 2.4 (GHz) de la vivienda

### Configuración de la red *Wi-fi* de 5 (GHz)

Dentro de la pestaña de configuraciones básicas, se configuró la red *Wi-fi* de 5 (GHz). Los parámetros modificados fueron similares a los de 2.4 (GHz), pero teniendo en cuenta que funciona en diferente canal, así mismo, se cambió el modo de operación, debido a que trabaja con el estándar 802.11ac para la banda de 5 (GHz), además el ancho de banda se estableció en automático y las configuraciones con respecto a seguridad se mantuvieron iguales que la banda de 2.4 (GHz), pero con diferente contraseña, tal como se observa en la Figura 3.49.

configuración inalámbrica 2.4GHz | 5 GHz

Inalámbrico de 5GHz:  Habilitar Red de intercambio

SSID:   Ocultar SSID

Seguridad:

Versión:

Cifrado:

Contraseña:

Canal:

Modo:

Ancho de banda:

Fuerza de transmisión:  Alta  Media  Baja

[SOPORTE](#) [VOLVER ARRIBA](#) [GUARDAR](#)

**Figura 3.49** Configuración de la red *Wi-fi* de 5 (GHz) del PLC

## Canal para la red *Wi-fi* de 5 (GHz)

La red inalámbrica de 5 (GHz) se configuró con diferente canal con respecto a la red principal de la vivienda para evitar interferencias entre las redes *Wi-fi* desplegadas, la Figura 3.50 indica los canales ocupados por el dispositivo PLC y el *Access Point* principal. La gráfica muestra a la red inalámbrica del PLC en la parte izquierda, por otro lado, en la derecha se ubica la red *Wi-fi* de 5 (GHz) principal de la vivienda, la red del dispositivo PLC es superior, pues las mediciones se realizaron en el segundo piso.



**Figura 3.50** Canales de operación de las redes *Wi-fi* de 5 (GHz) de la vivienda

## Filtrado MAC

El filtrado MAC es utilizado con el objetivo de asegurar las redes *Wi-fi*, de tal manera que solo los dispositivos registrados en la lista blanca se conecten a la red inalámbrica. Existen dos listas para el filtrado MAC, la primera es la lista negra que bloquea a todos los dispositivos desconocidos, por otro lado, la lista blanca solo acepta conexiones de los dispositivos registrados en esta lista [25]. En la Figura 3.51 se observa la creación de la lista blanca para la red *Wi-fi* con los dispositivos que se encuentran registrados para la conectividad, además existe la posibilidad de eliminar a dispositivos registrados mediante el icono de la parte derecha.



**Figura 3.51** Filtrado MAC para las redes *Wi-fi* del PLC

La Figura 3.52 muestra los dispositivos conectados a la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) y 5 (GHz) mediante su nombre, dirección MAC y banda de frecuencia.

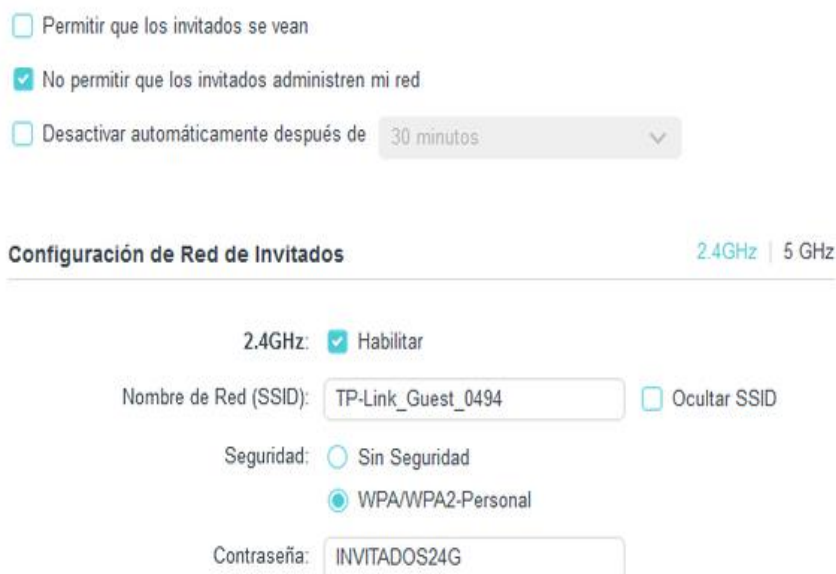


**Figura 3.52** Dispositivos conectados a las redes *Wi-fi* del PLC

### Red *Wi-fi* de invitados de 2.4 (GHz)

Una vez configurada la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) del dispositivo PLC, se habilitó la red de invitados con diferente nombre para su identificación. Además, se agregó el correspondiente protocolo de seguridad para ingresar los caracteres de la contraseña y, por último, se activó una restricción para que los invitados no puedan administrar la red inalámbrica desplegada, tal como se indica en la Figura 3.54.

El despliegue de esta red presentó un inconveniente debido a las interferencias con la red inalámbrica desplegada del dispositivo PLC, dado que copia exactamente el mismo canal de operación que la red *Wi-fi* desplegada, como se muestra en la Figura 3.55 La red de invitados no está habilitada para el presente proyecto por la razón anteriormente mencionada. Cabe recalcar, que en esta banda se muestra el canal como 11-1, debido a que está haciendo un ensanchamiento del canal 11 para completar los 40 (MHz) de ancho de banda.



**Figura 3.53** Red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) para invitados del PLC

### Red *Wi-fi* de invitados de 5 (GHz)

Después de configurar la red inalámbrica de 5 (GHz) de la solución PLC, se configuró la red *Wi-fi* de invitados, La Figura 3.55 muestra los parámetros a modificar, estos son similares a la red de invitados de 2.4 (GHz) con excepción del nombre y la contraseña. Además, se presentó el mismo problema de interferencias con la red *Wi-fi* de 5 (GHz) del PLC, debido a que copia idénticamente el canal para el despliegue de la red de invitados, tal como se indica en la Figura 3.55 La red de invitados no fue implementada por la razón mencionada.

SSID	BSSID	Alias	Gráfico	Señal	%	Min.	Máx.	Prome...	Nivel	Ba...	Canal	Ancho	Vendedor	Seguridad	Modo
UIOSURCTU01	4C:5E:0C:CD:FC:DA			-86	12	-87	-78	-83		5	52	20	Routerboard...	Open	n
TP-Link_Guest_0494_5...	B2:A7:89:58:04:95			-69	31	-71	-69	-70		5	36	80	-	WPA2 Personal	ok
TP-Link_Guest_0494	B2:A7:89:58:04:94			-56	47	-56	-50	-53		2,4	11-1	40	-	WPA2 Personal	n
TERRANOVA3	9C:71:3A:58:79:64			-60	42	-69	-10	-59		2,4	4	20	HUAWEI	WPA2 Personal	n
Sbinter	24:4C:07:48:69:EC			-85	13	-96	-75	-83		2,4	1	20	HUAWEI	WPA2 Personal	n

**Figura 3.54** Canales de las redes *Wi-fi* de invitados

Permitir que los invitados se vean  
 No permitir que los invitados administren mi red  
 Desactivar automáticamente después de 30 minutos

---

**Configuración de Red de Invitados** 2.4GHz | 5 GHz

---

5GHz:  Habilitar

Nombre de Red (SSID):   Ocultar SSID

Seguridad:  Sin Seguridad  
 WPA/WPA2-Personal

Contraseña:

**Figura 3.55** Red *Wi-fi* de 5 (GHz) para invitados del PLC

### ***Wi-fi move***

Se activó *Wi-fi move* para la sincronización de las configuraciones entre los dispositivos PLC mediante el tendido eléctrico, debido a que mediante esta configuración cualquier cambio que se realiza en el equipo se va a sincronizar con el otro PLC. La Figura 3.56 muestra la activación de *Wi-fi move* para los dispositivos.

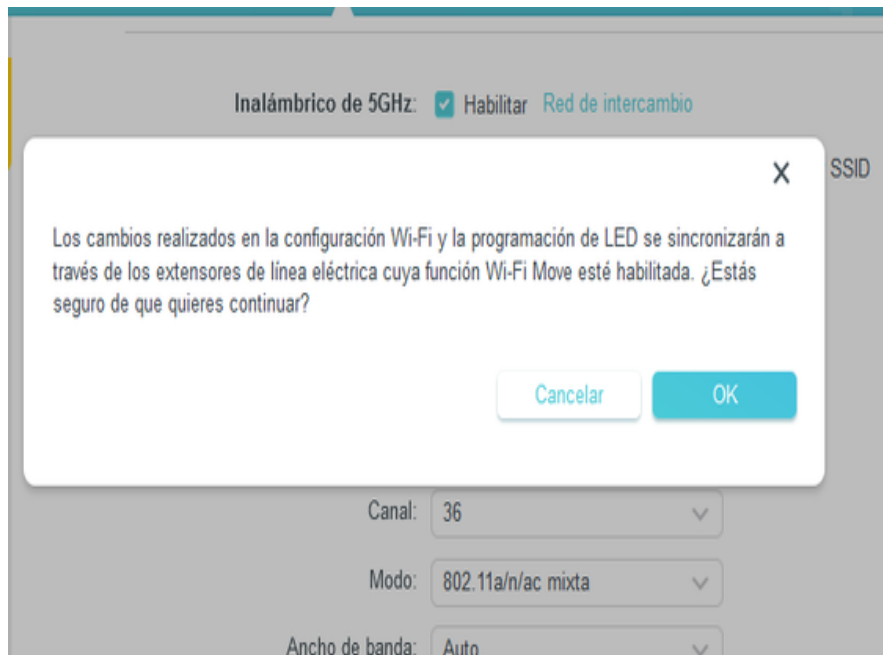
Una vez activado *Wi-fi move*, se realizó la sincronización de los ajustes entre los dispositivos PLC mediante el tendido eléctrico, la Figura 3.57 indica el procedimiento de sincronización de los equipos.

### **Wi-Fi Move**

**Nota:** La función Wi-Fi Move sincroniza todos los ajustes de Wi-Fi y horarios de LED.

Wi-Fi Move:

**Figura 3.56** Activación de *Wi-fi move* para el dispositivo PLC



**Figura 3.57** Sincronización de las configuraciones mediante *Wi-fi move*

### Horario LED

Este parámetro es utilizado para apagar y encender automáticamente los indicadores LED de los dispositivos PLC. No obstante, si están apagados se van a mantener activas las redes *Wi-fi* de 2.4 (GHz) y 5 (GHz), la Figura 3.58 indica la activación del control LED y su horario de funcionamiento.



**Figura 3.58** Horario LED para el dispositivo PLC



## Horario Wi-fi

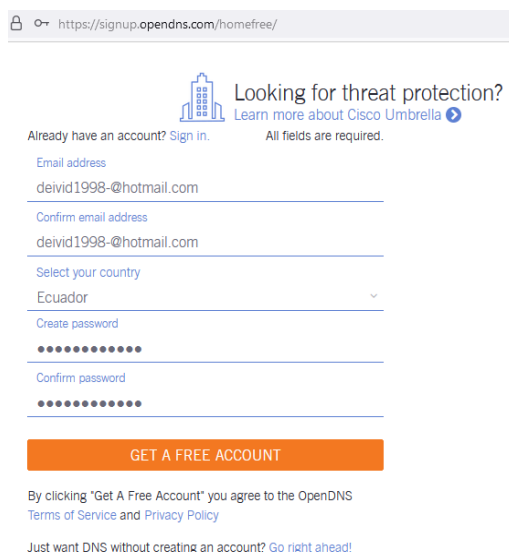
Después de configurar las redes inalámbricas de 2.4 (GHz) y 5 (GHz), se determinaron las horas de funcionamiento, este parámetro se utilizó para especificar el horario de uso del servicio *Wi-fi*, debido a que cumplida la hora programada automáticamente se apagan las redes inalámbricas, tal como se observa en la Figura 3.59.



**Figura 3.59** Horario *Wi-fi* para la conectividad de los dispositivos

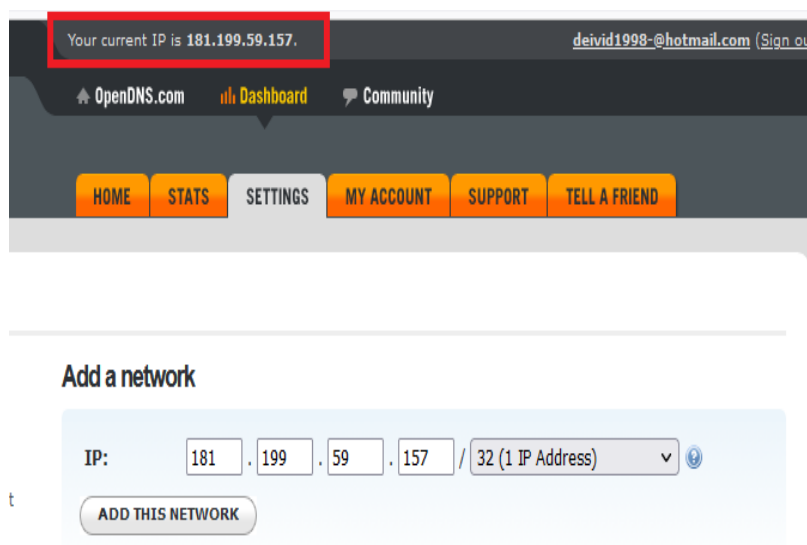
## OpenDNS

En la página principal de OpenDNS se eligió la versión *home*, debido a que es un servicio gratuito para usuarios finales. La Figura 3.60 indica la creación de la cuenta mediante el portal de OpenDNS.



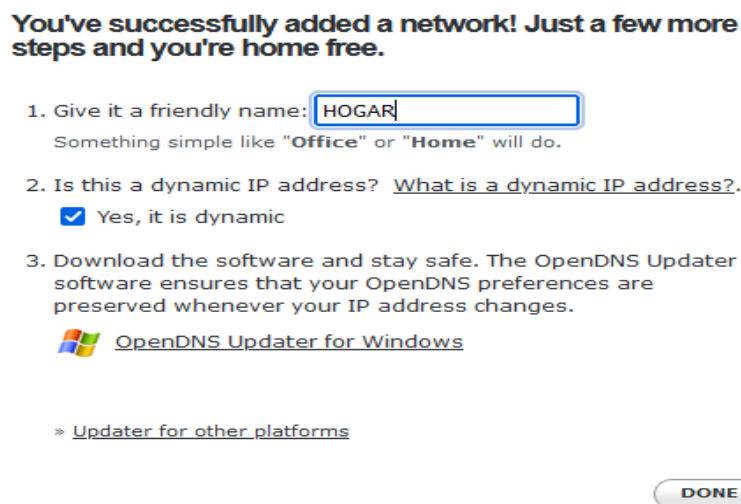
**Figura 3.60** Creación de la cuenta en OpenDNS

Después de crear la cuenta, se configuró el apartado de *settings* dentro de la página, además se agregó la dirección IP de la parte superior de la Figura 3.61, debido a que esta es la designada por el proveedor para el acceso a Internet.



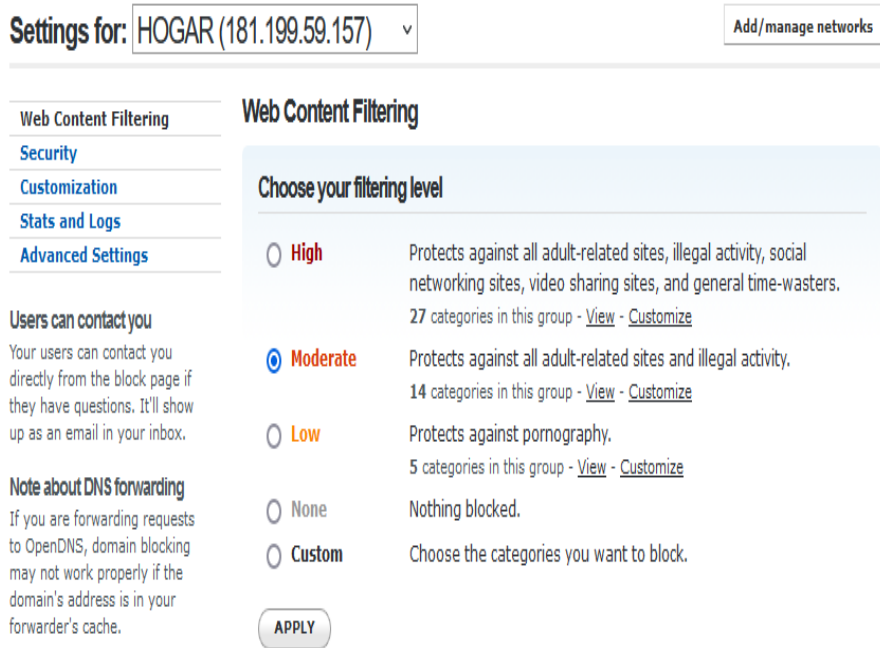
**Figura 3.61** Agregación de la dirección IP de la vivienda en OpenDNS

A continuación, se escribió un nombre para la configuración y se marcó el casillero de dirección IP dinámica, tal como se observa en la Figura 3.62



**Figura 3.62** Nombre de las configuraciones de OpenDNS

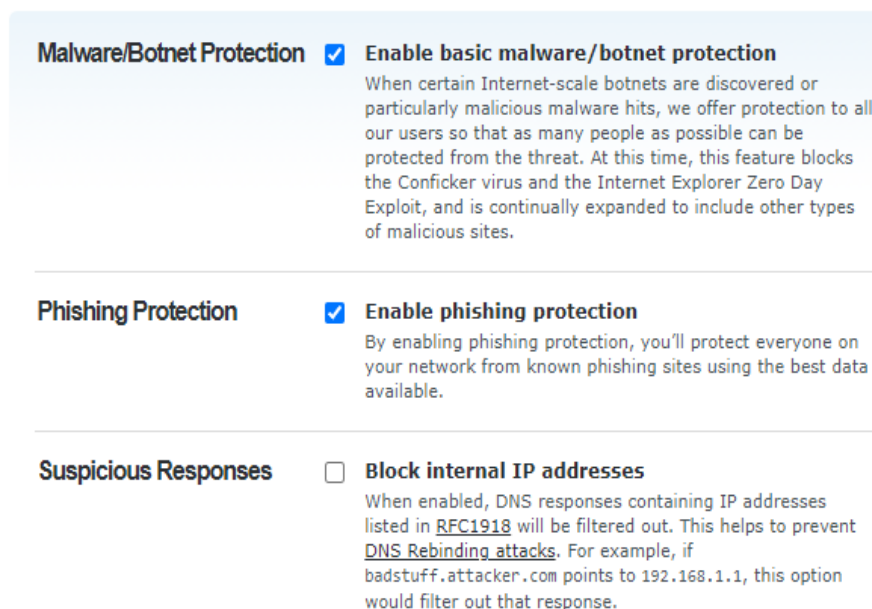
Una vez creada la configuración, se eligió el nivel de filtro en moderado para las navegaciones por Internet, debido a que permite la restricción de contenido adulto y actividad ilegal en las páginas web. La Figura 3.63 muestra los otros niveles de filtro para mayor seguridad, la elección del nivel depende de los requerimientos del usuario.



**Figura 3.63** Elección del filtro para la navegación por Internet

Posterior a la habilitación del filtro, se activó la seguridad contra programas maliciosos tales como: *malware*, *botnet* y *phishing*, la Figura 3.64 muestra estos ataques que se realizan a los dispositivos con el objetivo de perjudicar a los usuarios dentro de la red.

### Security



**Figura 3.64** Activación de la seguridad contra programas maliciosos

Una vez que se configuraron todos los parámetros de seguridad, se colocaron los servidores de OpenDNS en la configuración LAN del dispositivo PLC. Las direcciones IP de los servidores son: 208.67.222.222 y 208.67.220.220, tal como se observa en la

Figura 3.65 Además, se colocó una dirección IP estática para el dispositivo PLC para futuras configuraciones mediante la interfaz web, así mismo, se configuró la máscara y la puerta de enlace.

The image shows a network configuration interface with two radio buttons at the top. The first radio button is unselected and labeled 'Obtenga una dirección IP automáticamente (Recomendado)'. The second radio button is selected and labeled 'use la siguiente dirección IP'. Below the radio buttons are five input fields for network configuration: 'Dirección IP:' with the value '192.168.100.54', 'Máscara de subred:' with the value '255.255.255.0', 'Puerta:' with the value '192.168.100.1', 'DNS primario:' with the value '208.67.222.222', and 'DNS secundario:' with the value '208.67.220.220' followed by '(Opcional)'.

**Figura 3.65** Agregación de las direcciones IP de los servidores de OpenDNS

### 3.5 Pruebas de funcionamiento

En el presente requerimiento se realizaron las pruebas finales para comprobar el correcto funcionamiento de la solución PLC mediante el software NetSpot, además se presenta una comparativa entre el análisis inicial y final de la vivienda para evidenciar las mejoras de conectividad.

#### **Análisis final de la banda *Wi-fi* de 2.4 (GHz) del primer piso**

Posterior a la implementación del dispositivo PLC, se realizó el barrido de las zonas mediante NetSpot para evidenciar las mejorías. La banda analizada para el primer piso es la de 2.4 (GHz), cabe recalcar, que implementada la solución PLC no existen mejoras significativas para esta banda en el primer piso, debido a su largo alcance. El *Access Point* principal de la vivienda cubre la mayor parte de la zona, pero las mejoras se van a presentar en el segundo piso.

#### **Nivel de señal**

Según el análisis realizado, se evidenció que el primer piso tiene buena calidad para el nivel de señal, debido a que se presenta el mapa de calor con color amarillo y verde, tal como se observa en la Figura 3.66



**Figura 3.66** Nivel de señal *Wi-fi* de la banda de 2.4 (GHz) con el PLC en el primer piso

#### **Relación señal/interferencia**

El análisis realizado demostró que la relación señal/interferencia para el primer piso se encuentra en buenas condiciones, debido a que el mapa de calor es de color verde, por lo tanto, el ruido en la zona no es perjudicial para la red *Wi-fi* de la vivienda, tal como se observa en la Figura 3.67

#### **Velocidad de descarga**

El mapa de calor se muestra de color rojo, debido a que la calidad de la red *Wi-fi* para la velocidad de descarga es buena en el primer piso, con excepción de la parte inferior de la vivienda, en donde se consideró una caída en la velocidad de descarga en el momento del barrido. El mapa de calor se muestra en la Figura 3.68.

#### **Velocidad de subida**

El presente parámetro es uno de los más importantes para ser optimizados. La Figura 3.69 muestra el mapa de calor del primer piso con buena calidad para la velocidad de subida. Los colores que se muestran en el mapa de calor son el rojo y el amarillo, lo cual representa buenas condiciones para la navegación.



Requisitos:



**Figura 3.67** Relación señal/interferencia de la banda de 2.4 (GHz) con el PLC en el primer piso



Requisitos:



**Figura 3.68** Velocidad de descarga de la banda de 2.4 (GHz) con el PLC en el primer piso

### Velocidad de transmisión

La Figura 3.70 muestra el mapa de calor correspondiente a la velocidad de transmisión para la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz), esta indica valores altos para la velocidad de transmisión, tal como se esperaba para la solución, cabe recalcar, que el color rojo del mapa de calor representa buena calidad para la velocidad de transmisión.

### Número de APs

Después de implementar el dispositivo PLC en la vivienda, el mapa de calor es verde, tal como corresponde a la leyenda de colores de la Figura 3.71, este color indica la presencia de dos *Access Points*, lo cual es correcto, debido a que este análisis es posterior a la implementación de la solución PLC.

### Banda de frecuencia

Según el análisis que se realizó al primer piso de la vivienda, se identificó la señal de la red inalámbrica de 2.4 (GHz) en la vivienda, la Figura 3.72 indica el mapa de calor con color rojo, debido a que mediante este color se representa a esta banda.



**Figura 3.69** Velocidad de subida de la banda de 2.4 (GHz) con el PLC en el primer piso



Requisitos:



**Figura 3.70** Velocidad de transmisión de la banda de 2.4 (GHz) con el PLC en el primer piso



Requisitos:



**Figura 3.71** Número de APs de la banda de 2.4 (GHz) con el PLC en el primer piso





Requisitos:

2,4 GHz

Mixto

5 GHz

**Figura 3.72** Banda de frecuencia de 2.4 (GHz) con el PLC en el primer piso

### **Análisis final de la banda *Wi-fi* de 2.4 (GHz) del segundo piso**

En el segundo piso, se realizaron las respectivas pruebas de conectividad mediante NetSpot para corroborar las mejoras, por lo tanto, se identificaron las mejoras por medio de los mapas de calor, así mismo, se realizó el respectivo análisis para cada parámetro.

#### **Nivel de señal**

El nivel de señal para el segundo piso mejoró, debido a que el mapa de calor se muestra de color amarillo para las zonas cercanas al dormitorio 2, además se muestra en la Figura 3.73 la presencia del dispositivo PLC y el correspondiente mapa de calor.

#### **Relación señal/interferencia**

En el presente parámetro se observó una mejoría para el dormitorio 2 y las zonas cercanas al equipo, la Figura 3.74 muestra mejoras en contra de la presencia de ruido, debido a que se observa el mapa de calor con colores amarillo y verde para las zonas cercanas al dispositivo PLC.



Requisitos:



**Figura 3.73** Nivel de señal de la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) con el PLC en el segundo piso



Requisitos:



**Figura 3.74** Señal/interferencia del *Wi-fi* de 2.4 (GHz) con el PLC en el segundo piso

### Velocidad de descarga

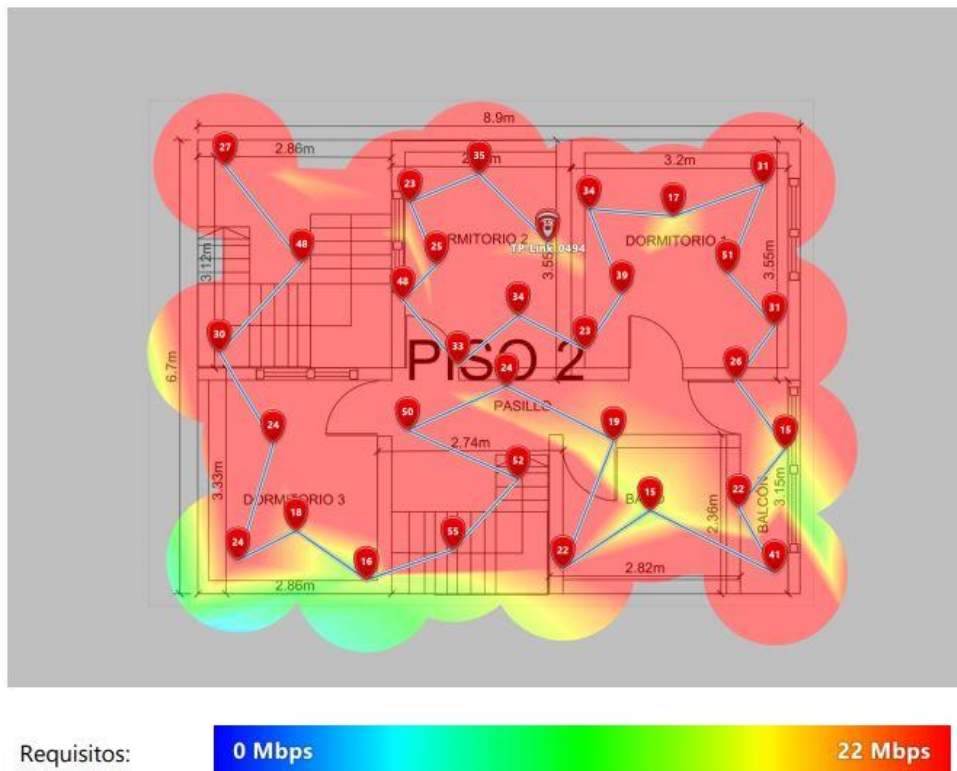
Posterior a la implementación de la solución PLC, se observaron mejoras para la velocidad de descarga en el segundo piso, debido a que las zonas analizadas se muestran de color rojo y amarillo, lo cual representa mejores condiciones para la navegación de los usuarios, tal como se muestra en la Figura 3.75

### Velocidad de subida

Al igual que la velocidad de descarga, la velocidad de subida es de gran importancia para la navegación. El presente parámetro presentó mejoras para la conectividad de los usuarios, debido a que se muestra el mapa de calor de color rojo y amarillo para las zonas del segundo piso, la Figura 3.76 corrobora lo anteriormente descrito, por lo tanto, se consideró que la velocidad de subida tiene buenas condiciones.

### Velocidad de transmisión

En este caso se analizó la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) con la implementación del dispositivo PLC, por lo tanto, se observó que existen mejoras en los puntos analizados en el mapa de calor, debido a que se observan valores más elevados en comparación al estado inicial de la vivienda, además se observa la presencia del dispositivo PLC en la Figura 3.77



**Figura 3.75** Velocidad de descarga *Wi-fi* de 2.4 (GHz) con el PLC en el segundo piso



Requisitos:



**Figura 3.76** Velocidad de subida *Wi-fi* de 2.4 (GHz) con el PLC en el segundo piso



Requisitos:



**Figura 3.77** Velocidad de transmisión *Wi-fi* de 2.4 (GHz) con el PLC en el segundo piso

### Número de APs

Después de la implementación del dispositivo PLC, se observó un cambio de color en el mapa de calor para la cantidad de APs, debido a que la solución PLC está desplegada en el segundo piso. El color que representa la presencia de dos equipos radiando frecuencias es el color verde, tal como se observa en la Figura 3.78

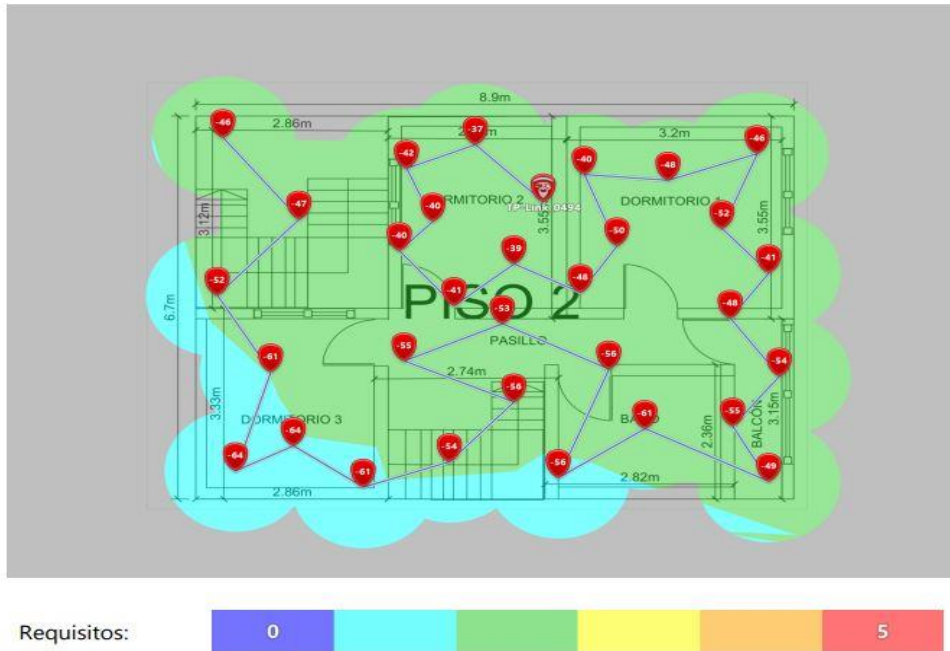


Figura 3.78 Número de APs de la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) con el PLC en el segundo piso

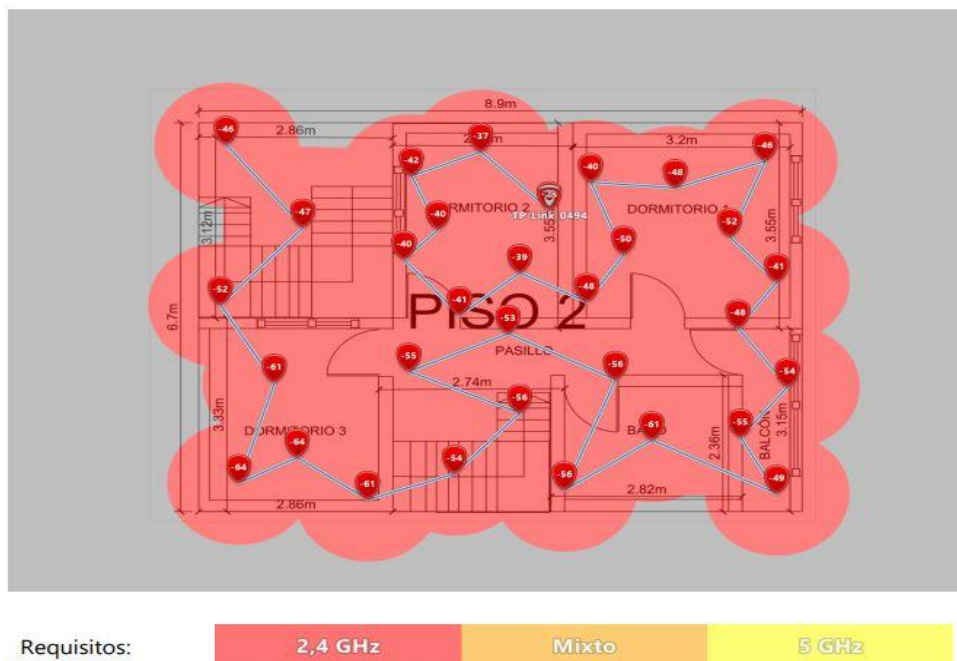


Figura 3.79 Banda de frecuencia de la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) con el PLC en el segundo piso

### Banda de frecuencia

La red *Wi-fi* analizada es la de 2.4 (GHz) para el segundo piso, por lo tanto, el mapa de calor se muestra de color rojo, tal como se indica en la Figura 3.79 según la leyenda de colores, este color representa a la banda de 2.4 (GHz) para NetSpot. Además, en el dormitorio 2 se muestra el dispositivo PLC desplegado.

### Análisis final de la banda *Wi-fi* de 5 (GHz) del primer piso

Adicional al análisis de la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz), se realizaron las respectivas pruebas para la banda de 5 (GHz) con la solución PLC. Esta banda se caracteriza por tener baja cobertura, pero elevadas tasas de transmisión, por lo tanto, se observó este comportamiento en los mapas de calor.

### Nivel de señal

El nivel de señal es bueno para las zonas cercanas al *Access Point* hasta la entrada del comedor y el baño. Además, al tratarse de una red inalámbrica de poca cobertura se observaron zonas de color celeste en los alrededores de la vivienda, lo cual representa que la conectividad es escasa, tal como se observa en la Figura 3.80.

### Relación señal/interferencia

Posterior a la implementación de la solución PLC, se observó el mapa de calor con zonas de color amarillo, debido a que estos lugares presentan bajo nivel de ruido para la red inalámbrica, además se observa en la Figura 3.81 la presencia del *Access Point* principal de la vivienda.



Figura 3.80 Nivel de señal *Wi-fi* de 5 (GHz) con el PLC en el primer piso



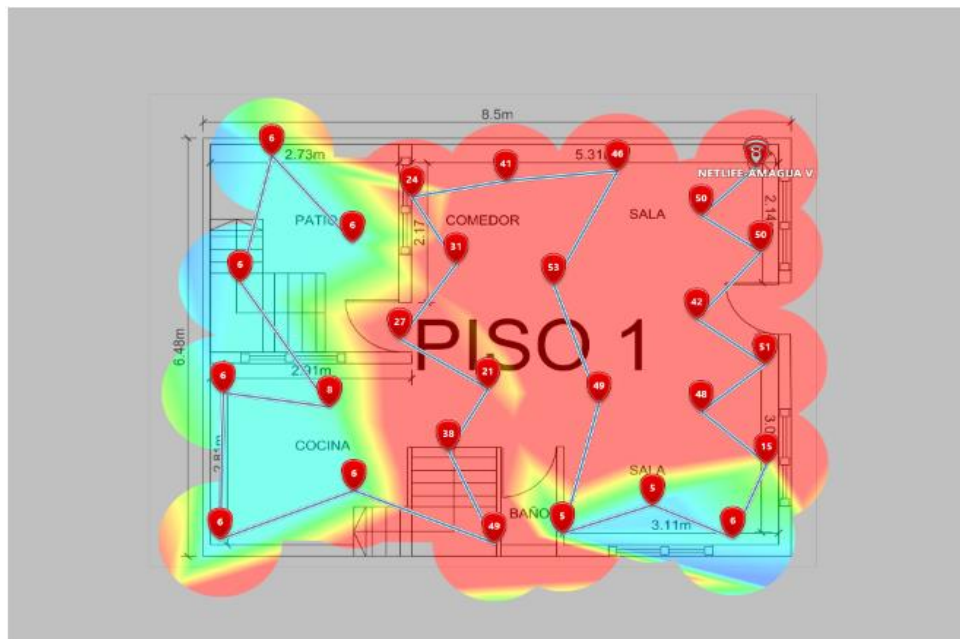
Requisitos:



**Figura 3.81** Relación señal/interferencia *Wi-fi* de 5 (GHz) con el PLC del primer piso

**Velocidad de descarga**

Una vez implementado el dispositivo PLC en la vivienda, se analizó el mapa de calor del primer piso, este es de color rojo hasta la cocina, debido a que el equipo PLC está mejorando la conectividad para la velocidad de descarga, tal como se muestra en la Figura 3.82



Requisitos:



**Figura 3.82** Velocidad de descarga *Wi-fi* de 5 (GHz) con el PLC en el primer piso

### Velocidad de subida

La velocidad de subida se visualiza mediante el mapa de calor de la Figura 3.83 en donde se observa que las zonas se presentan de color rojo y verde. La conectividad es funcional y se incrementó la cobertura en comparación al estado inicial de la vivienda, pero con bajas velocidades para las zonas marcadas de color verde a comparación de las zonas de color rojo.

### Velocidad de transmisión

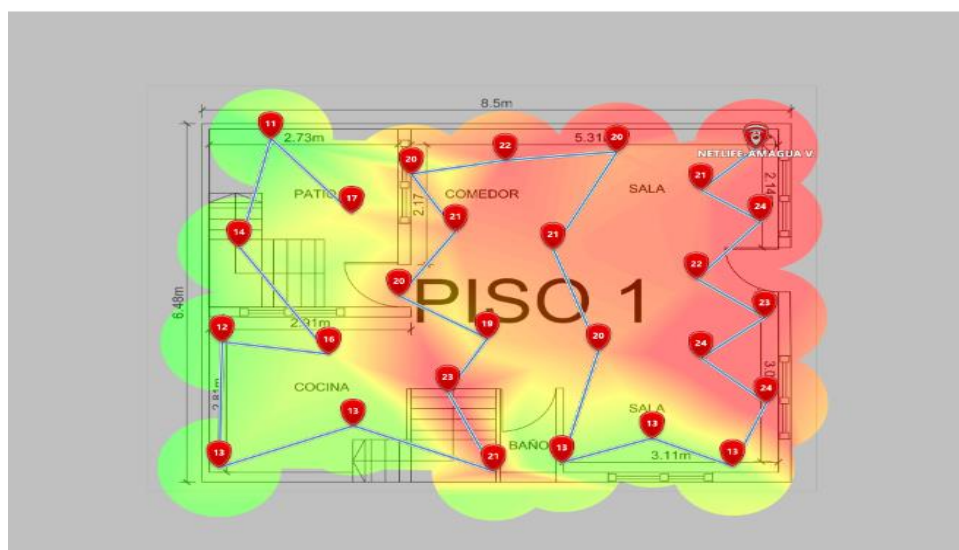
El mapa de calor para este parámetro se presentó de color rojo para todo el primer piso, debido a que tiene altas tasas de transmisión por las velocidades de la banda de 5 (GHz), además se observó la presencia del *Access Point* principal de la vivienda en la Figura 3.84

### Número de APs

Después de la implementación de la solución PLC en la vivienda, se observó el mapa de calor de dos colores, debido a la presencia de dos equipos irradiando frecuencias para las redes inalámbricas. La Figura 3.85 indica la presencia de los dos APs mediante el color verde dentro del mapa de calor, el resto de la zona se muestra de color celeste por la presencia del *Access Point* principal.

### Banda de frecuencia

Según el respectivo análisis que se realizó a la vivienda después de la implementación de la solución PLC. En la Figura 3.86 se observa el mapa de calor con color amarillo, lo cual representa a la red *Wi-fi* de 5 (GHz) para el primer piso, según la leyenda de color que se indica en la parte inferior de la misma.



Requisitos:

0 Mbps

22 Mbps



**Figura 3.83** Velocidad de subida *Wi-fi* de 5 (GHz) con el PLC en el primer piso



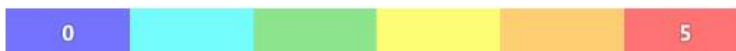
Requisitos:



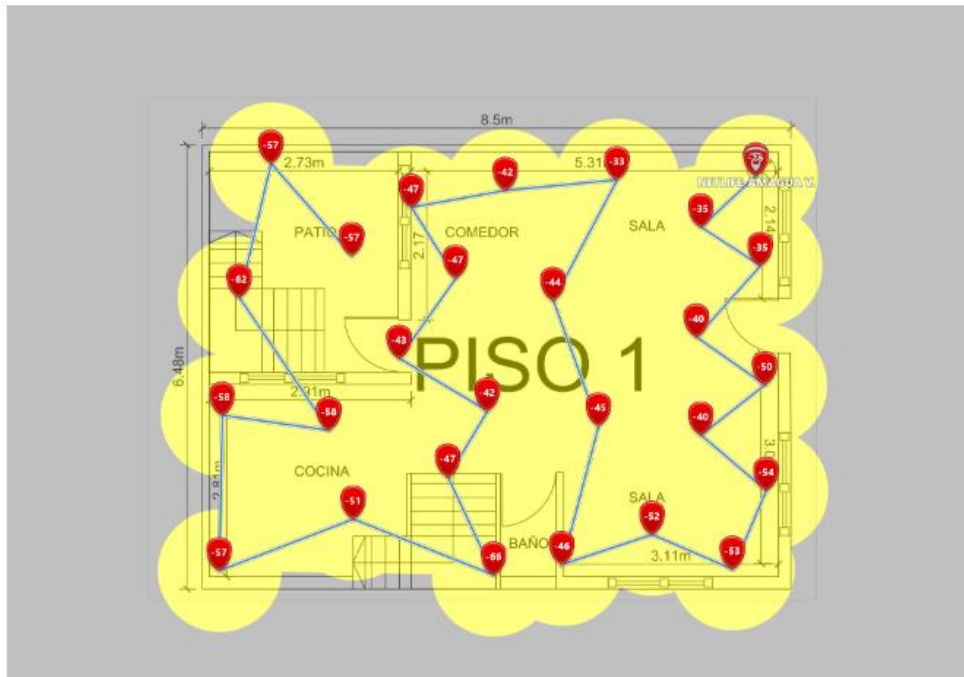
**Figura 3.84** Velocidad de transmisión *Wi-fi* de 5 (GHz) con el PLC en el primer piso



Requisitos:



**Figura 3.85** Número de APs de la red *Wi-fi* de 5 (GHz) con el PLC en el primer piso



Requisitos:

2,4 GHz

Mixto

5 GHz

**Figura 3.86** Banda de frecuencia de la red *Wi-fi* de 5 (GHz) con el PLC en el primer piso

### **Análisis final de la banda *Wi-fi* de 5 (GHz) del segundo piso**

En el segundo piso se realizó el respectivo análisis de la red inalámbrica de 5 (GHz) después del despliegue del dispositivo PLC mediante el software NetSpot para la obtención de los mapas de calor de la vivienda.

#### **Nivel de señal**

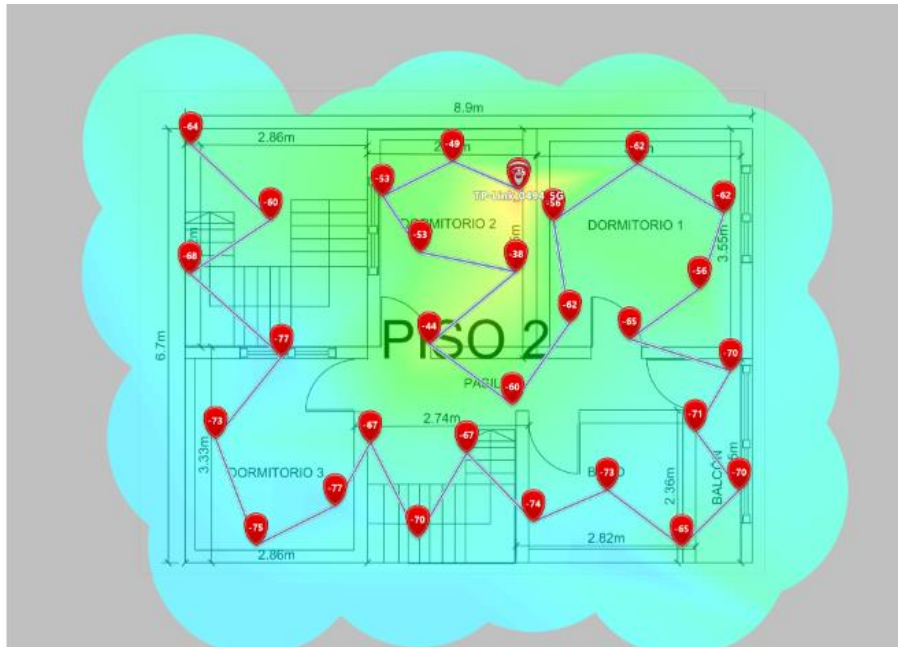
En el nivel de señal se observó el mapa de calor con color amarillo en la zona de implementación de la solución PLC, por lo tanto, se evidenció que el dispositivo PLC está aumentando la cobertura de la red inalámbrica para el segundo piso, tal como se observa en la Figura 3.87

#### **Relación señal/interferencia**

El presente parámetro muestra el ruido presente en el segundo piso después de la implementación de la solución PLC. El mapa de calor identificó las zonas de color amarillo, lo cual representa que no existe afectación por el ruido, tal como se observa en la Figura 3.88 y con ello se evidenció las mejoras para el segundo piso.

### Banda de frecuencia

La red *Wi-fi* analizada es la de 5 (GHz), el mapa de calor se muestra de color amarillo, debido a que mediante este color se representa a esta banda de frecuencia para NetSpot, tal como se indica en la parte inferior de la Figura 3.93



Requisitos:



**Figura 3.87** Nivel de señal *Wi-fi* de 5 (GHz) con el PLC en el segundo piso



Requisitos:



**Figura 3.88** Relación señal/interferencia *Wi-fi* de 5 (GHz) con el PLC en el segundo piso

### Velocidad de descarga

Posterior al despliegue de la solución PLC, se observó el mapa de calor con color rojo para el dormitorio 2 y las zonas cercanas, debido a que el dispositivo desplegado está proporcionando velocidades de descarga y mejorando la conectividad. En la Figura 3.89 se observa la presencia del dispositivo PLC con las mejoras para la red inalámbrica.

### Velocidad de subida

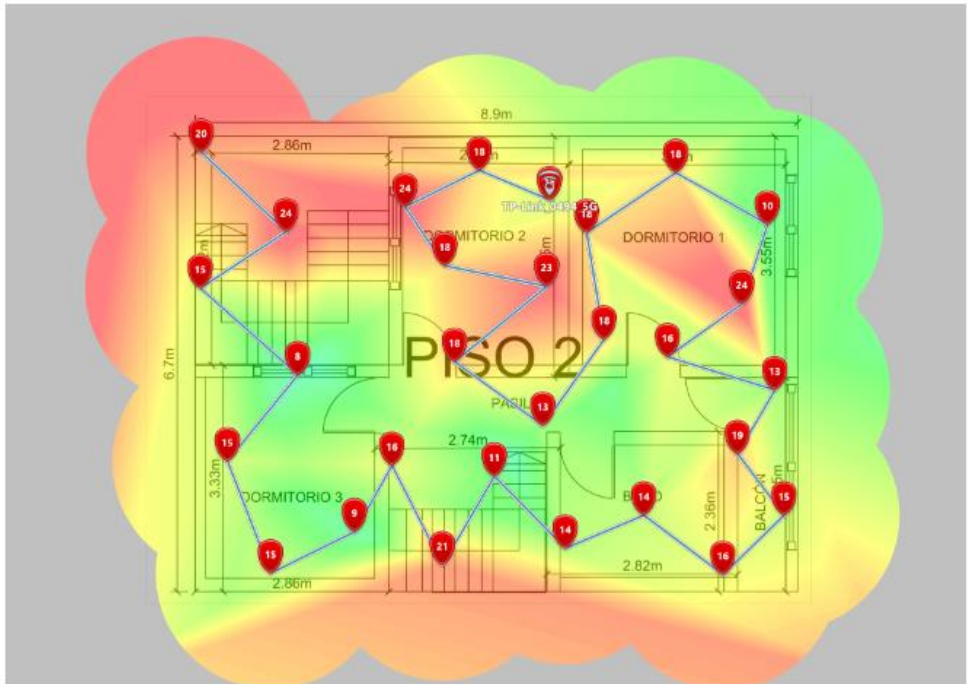
El mapa de calor se muestra de color rojo y verde para las zonas cercanas al despliegue del equipo, debido a que el dispositivo PLC está mejorando la conectividad para la velocidad de subida, tal como se observa en la Figura 3.90

### Velocidad de transmisión

La velocidad de transmisión presentó mejorías, debido a que el mapa de calor se muestra de color rojo y con altos valores en cada punto de muestra, tal como se muestra en la Figura 3.91

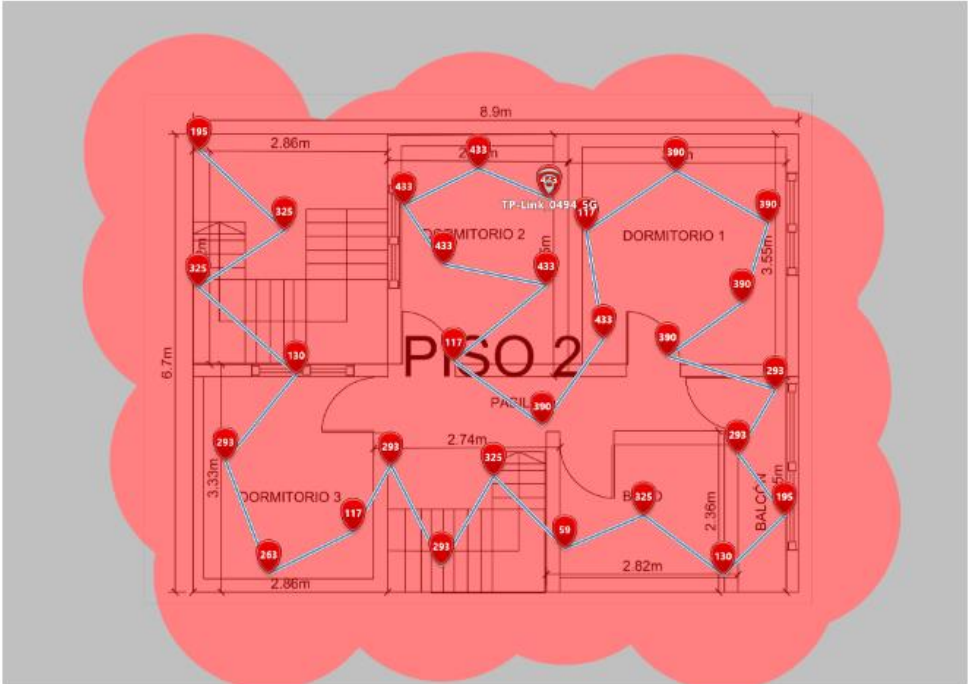


**Figura 3.89** Velocidad de descarga *Wi-fi* de 5 (GHz) con el PLC en el segundo piso



Requisitos:  0 Mbps 22 Mbps

**Figura 3.90** Velocidad de subida *Wi-fi* de 5 (GHz) con el PLC en el segundo piso



Requisitos:  0 Mbps 22 Mbps

**Figura 3.91** Velocidad de transmisión *Wi-fi* de 5 (GHz) con el PLC en el segundo piso

### Número de APs

Posterior a la implementación de la solución PLC, se observó el mapa de calor de varios colores, debido a que existe la presencia de equipos que se encuentran irradiando frecuencias para las redes inalámbricas, tal como se observa en la Figura 3.92 además se evidenció la presencia del dispositivo PLC en el mapa de calor del segundo piso.



Figura 3.92 Número de APs de la red Wi-fi de 5 (GHz) con el PLC del segundo piso

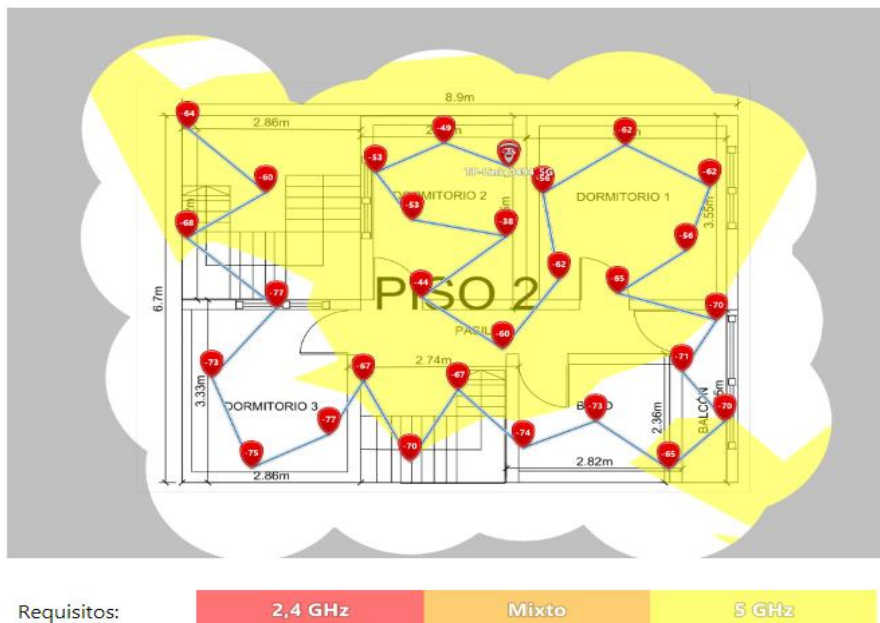


Figura 3.93 Banda de la red Wi-fi de 5 (GHz) con el PLC en el segundo piso

### Comparativa de la banda *Wi-fi* de 2.4 (GHz) del primer piso

En el presente requerimiento se comparó la conectividad antes y después de la implementación de la solución PLC con el propósito de evidenciar las mejoras de conectividad en la vivienda para el primer piso. Se compararon todas las características obtenidas de las redes inalámbricas mediante NetSpot. En el primer piso para la banda de 2.4 (GHz) no se obtuvieron mejoras significativas, las mejoras son evidentes en el segundo piso.

**Tabla 3.2** Comparativa entre el estado inicial y final de la banda de 2.4 (GHz) del primer piso

<b>Mejora</b>	<b>Primer piso sin solución PLC</b>	<b>Primer piso con solución PLC</b>	<b>Figuras</b>
<b>Nivel de señal</b>	El mapa de calor se muestra de color amarillo y verde hasta la cocina y zonas alrededor del <i>Access Point</i>	El mapa de calor se muestra de color amarillo y verde hasta la cocina y zonas alrededor del <i>Access Point</i>	Sin PLC: Figura 3.1 Con PLC: Figura 3.66
<b>Relación señal/interferencia</b>	El mapa de calor se muestra de color verde	El mapa de calor se muestra de color verde	Sin PLC: Figura 3.2 Con PLC: Figura 3.67
<b>Velocidad de descarga</b>	El mapa de calor se muestra de color rojo para el primer piso	El mapa de calor se muestra de color rojo para el primer piso	Sin PLC: Figura 3.3 Con PLC: Figura 3.68
<b>Velocidad de subida</b>	La velocidad de subida es buena y se evidencian zonas rojas	Las zonas son de color rojo y amarillo para todo el primer piso	Sin PLC: Figura 3.4 Con PLC: Figura 3.69
<b>Velocidad de transmisión</b>	La tasa de transmisión muestra al mapa de calor de color rojo	Los valores obtenidos son altos con el mapa de calor de color rojo para las zonas	Sin PLC: Figura 3.5 Con PLC: Figura 3.70

### Comparativa de la banda *Wi-fi* de 2.4 (GHz) del segundo piso

Una vez que se comparó la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) del primer piso, se realizó la comparativa para evidenciar las mejoras en el segundo piso de la vivienda.

**Tabla 3.3** Comparativa entre el estado inicial y final de la banda de 2.4 (GHz) del segundo piso

<b>Mejora</b>	<b>Segundo piso sin solución PLC</b>	<b>Segundo piso con solución PLC</b>	<b>Figuras</b>
<b>Nivel de señal</b>	El mapa de calor se muestra de color celeste	El dormitorio 2 y las zonas cercanas al PLC se muestran de color amarillo y verde	Sin PLC: Figura 3.8 Con PLC: Figura 3.73
<b>Relación señal/interferencia</b>	El mapa de calor se muestra de color verde	El mapa de calor se muestra de color amarillo para las zonas cercanas al PLC	Sin PLC: Figura 3.9 Con PLC: Figura 3.74
<b>Velocidad de descarga</b>	Se encuentran zonas de color azul en el dormitorio 2, pasillo y parte del baño	El dormitorio 2, pasillo y parte del baño se muestra de color rojo	Sin PLC: Figura 3.10 Con PLC: Figura 3.75
<b>Velocidad de subida</b>	Existe una caída de velocidad en el dormitorio 2, tal que se muestra una zona de color azul	El mapa de color se muestra de color rojo para todas las zonas del segundo piso	Sin PLC: Figura 3.11 Con PLC: Figura 3.76
<b>Velocidad de transmisión</b>	Se muestra un punto del mapa de color celeste en el dormitorio 2	No se muestra ningún punto con bajos valores, además el mapa es de color rojo	Sin PLC: Figura 3.12 Con PLC: Figura 3.77



### Comparativa de la banda *Wi-fi* de 5 (GHz) del primer piso

En la red *Wi-fi* de 5 (GHz) se realizó la comparativa entre el estado inicial y final de la vivienda con el objetivo de evidenciar las mejoras en la vivienda para el primer piso con la solución PLC. En esta banda las mejoras de conectividad son evidentes en la velocidad de descarga y subida para el primer piso.

**Tabla 3.4** Comparativa entre el estado inicial y final de la banda de 5 (GHz) del primer piso

<b>Mejora</b>	<b>Segundo piso sin solución PLC</b>	<b>Segundo piso con solución PLC</b>	<b>Figuras</b>
<b>Nivel de señal</b>	El mapa de calor es de color verde y amarillo hasta el comedor y entrada a la cocina	Las zonas del comedor y entrada a la cocina se muestran de color amarillo y verde	Sin PLC: Figura 3.15 Con PLC: Figura 3.80
<b>Relación señal/interferencia</b>	El mapa de calor se muestra de color amarillo	El mapa de calor se muestra de color amarillo	Sin PLC: Figura 3.16 Con PLC: Figura 3.81
<b>Velocidad de descarga</b>	Se muestra de color rojo hasta el comedor y parte del baño	El mapa de calor se muestra de rojo hasta la entrada al patio y la entrada a la cocina	Sin PLC: Figura 3.17 Con PLC: Figura 3.82
<b>Velocidad de subida</b>	Se muestra de color rojo hasta el comedor y la mitad del primer piso	Incrementa la velocidad de subida hasta la entrada a la cocina y la entrada al patio	Sin PLC: Figura 3.18 Con PLC: Figura 3.83
<b>Velocidad de transmisión</b>	Se muestran valores altos con zonas de color rojo para el mapa de calor	Se muestran valores altos y el mapa de calor se muestra de color rojo	Sin PLC: Figura 3.19 Con PLC: Figura 3.84

### Comparativa de la banda *Wi-fi* de 5 (GHz) del segundo piso

Posterior al análisis del primer piso para la red *Wi-fi* de 5 (GHz), se realizó la comparativa de mejoras entre los dos pisos de la vivienda. En el segundo piso las mejoras son evidentes en todos los parámetros obtenidos mediante los mapas de calor.

**Tabla 3.5** Comparativa entre el estado inicial y final de la banda de 5 (GHz) del segundo piso

<b>Mejora</b>	<b>Segundo piso sin solución PLC</b>	<b>Segundo piso con solución PLC</b>	<b>Figuras</b>
<b>Nivel de señal</b>	El mapa de calor se muestra de color azul y celeste	El dormitorio 2 y sus alrededores se muestran de color verde y amarillo	Sin PLC: Figura 3.22 Con PLC: Figura 3.87
<b>Relación señal/interferencia</b>	El mapa se muestra de color verde	Las zonas del mapa se muestran de color amarillo y verde	Sin PLC: Figura 3.23 Con PLC: Figura 3.88
<b>Velocidad de descarga</b>	El mapa de calor se muestra de color azul	El dormitorio 2, dormitorio 1 y parte de las escaleras se muestran de color rojo	Sin PLC: Figura 3.24 Con PLC: Figura 3.89
<b>Velocidad de subida</b>	Se muestran dos zonas de color celeste con bajos valores	Se muestran las zonas del segundo piso de color rojo y verde	Sin PLC: Figura 3.25 Con PLC: Figura 3.90
<b>Velocidad de transmisión</b>	Se muestran bajos valores en las zonas del segundo piso, pero el mapa de calor es rojo	Se muestran altos valores en el segundo piso, además el mapa de calor es de color rojo	Sin PLC: Figura 3.26 Con PLC: Figura 3.91

### Pruebas de velocidad

Las velocidades de descarga y subida son fundamentales para la navegación de los usuarios por Internet, estos parámetros fueron optimizados para mejorar la conectividad,

por lo tanto, se muestran los valores obtenidos mediante la página web de *speedtest* para evidenciar las mejoras y con ello asegurar buenas condiciones de navegación de los usuarios.

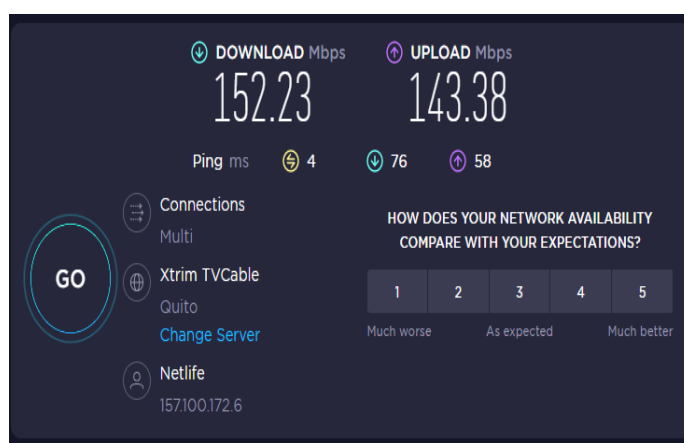
En el primer piso se realizó la prueba de velocidad conectado a la red *Wi-fi* principal de la vivienda, por ende, al estar ubicado en el primer piso las velocidades van a ser superiores para la red principal de la vivienda, pero menores para las redes inalámbricas desplegadas en el segundo piso de la vivienda. No obstante, se realizó la prueba de velocidad en el segundo piso conectado a la red principal y a las redes inalámbricas del dispositivo PLC, en donde las velocidades para las redes desplegadas son mayores en comparación de la red principal.

### Pruebas de velocidad en el primer piso

Una vez implementada la solución PLC en la vivienda, se ubicó la computadora cerca al *Access Point* principal para realizar la prueba de velocidad de descarga y subida en el primer piso.

#### Prueba de velocidad conectado al *Access Point* principal

Para la prueba de velocidad de descarga y subida del primer piso, se ubicó la computadora cerca al *Access Point* principal con el objetivo de evidenciar la calidad del servicio *Wi-fi*. La Figura 3.94 muestra 152.23 (Mbps) para la velocidad de descarga y 143.38 (Mbps) para la velocidad de subida. Por consiguiente, se consideró excelentes condiciones para la red *Wi-fi* principal de la vivienda ubicando la computadora en el primer piso.



**Figura 3.94** Prueba de velocidad en el primer piso conectado al *Access Point*

#### Prueba de velocidad conectado a la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) del PLC

Después de identificar las velocidades de navegación para la red *Wi-fi* principal de la vivienda, se realizó la prueba de velocidad para verificar la calidad inalámbrica del PLC

para la banda de 2.4 (GHz). Los datos obtenidos fueron de 57.08 (Mbps) para la velocidad de descarga y 45.51 (Mbps) para la velocidad de subida, tal como se observa en la Figura 3.95 Se consideró que las velocidades son aceptables para el primer piso, pero teniendo en cuenta que la velocidad de navegación de la red inalámbrica principal es superior.



**Figura 3.95** Prueba de velocidad en el primer piso conectado a la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) del PLC

#### **Prueba de velocidad conectado a la red *Wi-fi* de 5 (GHz) del PLC**

La última prueba de velocidad para el primer piso se realizó para la red inalámbrica de 5 (GHz). La Figura 3.96 indica la velocidad de 69.93 (Mbps) de descarga y 86.45 (Mbps) de subida, por lo tanto, se consideró que la red de 5 (GHz) tiene mejor calidad con respecto a la de 2.4 (GHz), pero sigue siendo inferior a la red *Wi-fi* principal.



**Figura 3.96** Prueba de velocidad en el primer piso conectado a la red *Wi-fi* de 5 (GHz) del PLC

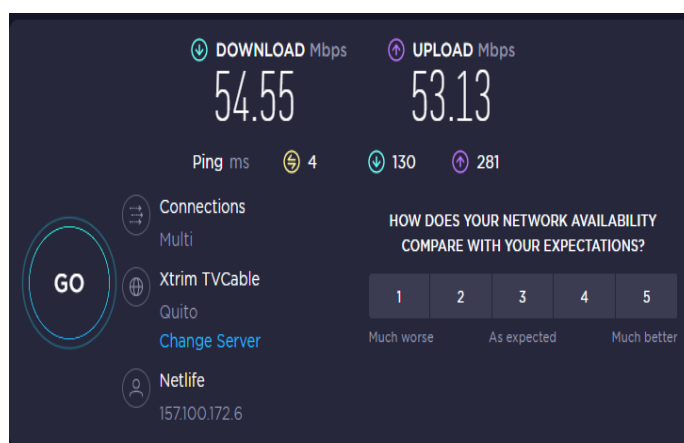
#### **Prueba de velocidad del segundo piso**

Después de realizar las pruebas de velocidad en el primer piso, se colocó la computadora en el dormitorio 2 del segundo piso para evaluar los parámetros de

velocidad de descarga y subida, de tal manera que se evidenció que las redes inalámbricas desplegadas del dispositivo PLC proporcionan velocidades similares al primer piso de la vivienda mediante la solución implementada.

### **Prueba de velocidad conectado al *Access Point* principal**

La computadora se ubicó en el dormitorio 2 del segundo piso para la prueba de velocidad, debido a que en esta zona se implementó la solución PLC. En la primera medición se analizó la red *Wi-fi* principal para evidenciar las velocidades de navegación. La Figura 3.97 muestra el valor de 54.55 (Mbps) para la velocidad de descarga y 53.13 (Mbps) para la velocidad de subida, por lo tanto, se identificó que la red *Wi-fi* principal para el segundo piso presenta valores inferiores en comparación de las obtenidas en el primer piso.



**Figura 3.97** Prueba de velocidad en el segundo piso conectado al *Access Point*

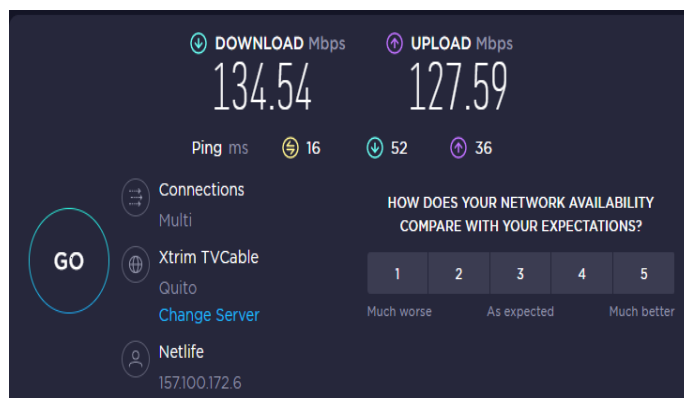
### **Prueba de velocidad conectado a la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) del PLC**

Una vez que se realizó la prueba de velocidad de la red inalámbrica principal de la vivienda en el segundo piso, se analizó la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) del dispositivo PLC para evidenciar las mejoras de conectividad. En la Figura 3.98 se observa el valor de 134.54 (Mbps) para la velocidad de descarga y 127.59 (Mbps) para la velocidad de subida, por tanto, se observó una mejoría en la navegación con respecto a la red *Wi-fi* principal de la vivienda.

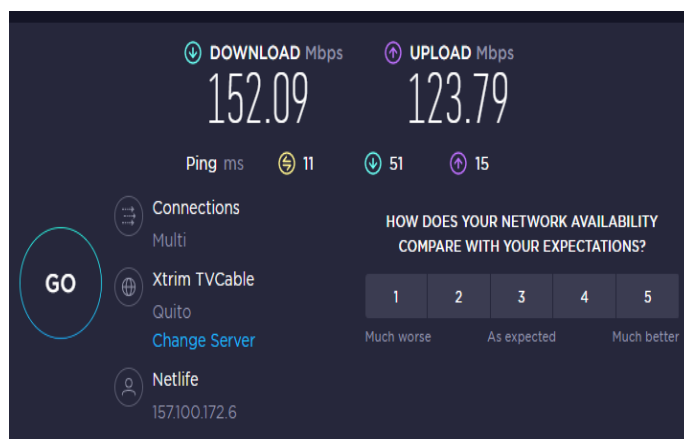
### **Prueba de velocidad conectado a la red *Wi-fi* de 5 (GHz) del PLC**

Por último, se realizó la medición de la velocidad de descarga y subida para la red *Wi-fi* de 5 (GHz) del dispositivo PLC en el segundo piso. En la Figura 3.99 se observa el valor de 152.09 (Mbps) para descarga y 123.79 (Mbps) para subida, en consecuencia, se consideró que la navegación de Internet presenta mejoras para la red *Wi-fi* de 5 (GHz)

con respecto a la velocidad de la red inalámbrica principal de la vivienda en el segundo piso.



**Figura 3.98** Prueba de velocidad en el segundo piso conectado a la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz) del PLC



**Figura 3.99** Prueba de velocidad en el segundo piso conectado a la red *Wi-fi* de 5 (GHz) del PLC

### Costo de la solución PLC

La Tabla 3.6 describe los costos de los elementos necesarios para la implementación de la solución PLC, el precio del dispositivo es de la tienda en línea de Bestcell, el cable Ethernet y los elementos de soporte son de una tienda física de la ciudad.

**Tabla 3.6** Tabla de costos para la solución PLC [17]

Material	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Dispositivo PLC TP-Link AC750 AV 1000	1 (u)	\$ 64.99	\$ 64.99
Cable UTP cat 5e	5 (m)	\$ 0.75	\$ 3.75
Conectores RJ45	2 (u)	\$ 0.50	\$ 1.00

Material	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Funda de bases adhesivas cuadradas	1 (u)	\$ 5.00	\$ 5.00
Funda de amarras plásticas	1 (u)	\$ 1.00	\$ 1.00
Mano de obra	27 (h)	\$ 8.00	\$ 216.00
<b>Total</b>			291.74

### Video de funcionamiento

En la Figura 3.100 se presenta el código QR que conduce al video del funcionamiento de la solución PLC implementada en la vivienda.



Figura 3.100 Código QR del video demostrativo de la solución PLC

## 4 CONCLUSIONES

- En el presente proyecto de titulación para el análisis inicial de la vivienda con el uso de NetSpot se obtuvieron valores erróneos para la velocidad de descarga y subida en los mapas de calor, debido a que se realizó el barrido para la red Wi-fi de 2.4 (GHz) y 5 (GHz) al mismo tiempo, por lo tanto, se dividieron los análisis en dos partes, el primer barrido para la red inalámbrica de 2.4 (GHz) y el segundo

para la red de 5 (GHz) con el propósito de obtener valores reales para los mapas de calor.

- La selección del dispositivo PLC se realizó tomando en consideraron el precio, disponibilidad en Ecuador y el estándar de trabajo debido a que se requería un equipo que permita el despliegue de las redes *Wi-fi* de 2.4 (GHz) y 5 (GHz), por lo tanto, el equipo electo fue el *TP-Link AC750 AV 1000*, debido a que brinda conectividad para los dispositivos que trabajan en las bandas de 2.4 (GHz) y 5 (GHz) y se encuentra disponible en el mercado ecuatoriano con un precio asequible.
- El diseño de la solución PLC mejoró la conectividad de la vivienda, debido a que cubre la mayor área de cobertura *Wi-fi* por la ubicación del dispositivo PLC en el segundo piso, además la conectividad de los televisores *Smart TV* es cableada para mantener la conectividad estable a Internet.
- La implementación del dispositivo PLC se llevó a cabo mediante el tendido eléctrico para facilitar el despliegue del equipo en el segundo piso, por lo tanto, se tiene en cuenta la distancia del *Access Point* al dispositivo PLC, debido a que este usa un puerto Ethernet para el guiado de los datos, además el uso de bases adhesivas cuadradas y amarras plásticas permitió guiar al cable para no afectar la visualización de los usuarios de la vivienda.
- Se concluyó que para el despliegue de las redes inalámbricas de 2.4 (GHz) y 5 (GHz) no es viable la opción de clonar y levantar la red *Wi-fi* de invitados, debido a que estas redes inalámbricas se implementan en el mismo canal de operación que la red principal provocando interferencias y problemas de conectividad en los dispositivos.
- Las pruebas de funcionamiento evidencian las mejoras de conectividad de la vivienda para las bandas de frecuencias de 2.4 (GHz) y 5 (GHz), además se puede concluir que el dispositivo PLC ofrece velocidades similares al *Access Point* del primer piso, debido a que estando en el lugar de despliegue del dispositivo PLC se obtienen velocidades similares a estar cerca del *Access Point* principal de la vivienda.
- La habilitación de OpenDNS para el presente proyecto proporcionó seguridades extras a las redes inalámbricas desplegadas, debido a que defiende a los dispositivos de ataques tales como: *phishing*, *botnet* y *malware* presente en las navegaciones por Internet para el robo de información de los usuarios.
- La velocidad de descarga y subida es superior en la red *Wi-fi* principal cuando los dispositivos están en el primer piso. Sin embargo, esta red reduce sus



velocidades en el segundo piso, por lo tanto, los dispositivos que se encuentran en el primer piso tienen que conectarse a la red *Wi-fi* principal, en cambio los dispositivos que se encuentren en el segundo piso tienen que conectarse a las redes inalámbricas desplegadas del dispositivo PLC para obtener las mejores velocidades.

- El análisis final de conectividad demostró que los dispositivos que están cercanos al dispositivo PLC y permanecen estáticos se conectaron a la red *Wi-fi* de 5 (GHz) para obtener mayores velocidades de descarga y subida, por otro lado, los dispositivos que presentan mayor movilidad se conectaron a la red *Wi-fi* de 2.4 (GHz).
- Las pruebas de velocidad mediante *speedtest* son mediante el navegador web, por lo tanto, una vez que se desconecte de una red y se conecte a una nueva red *Wi-fi*, se considera un tiempo de 5 segundos o se recarga la página del navegador para que el aplicativo en línea realice la prueba de velocidad de manera correcta.
- En el escaneo de las redes inalámbricas mediante NetSpot se eliminó todas las redes inalámbricas registradas en el computador, debido a que algunas veces la cantidad de claves guardadas en el ordenador puede afectar al análisis realizado por NetSpot en los mapas de calor de la velocidad de descarga y de subida.

## 5 RECOMENDACIONES

- Se recomienda importar los planos de AutoCAD a NetSpot en formato de imagen, debido a que en este software se puede definir las medidas exactas en la escala correcta, de tal manera que NetSpot no presente problemas en el escaneo de las redes inalámbricas de la vivienda.
- Se recomienda la utilización del filtrado MAC para evitar que posibles intrusos ingresen a las redes inalámbricas, así mismo, se debe considerar que cada vez que se adquiera un nuevo dispositivo, este dispositivo debe ser registrado en la lista blanca para su acceso a la red.
- En el caso que existan niños en la vivienda, se recomienda que se limite la navegación por Internet a estos usuarios, debido a que se debe precautelar que no ingresen a páginas de adultos o lugares prohibidos, por lo tanto, se debe configurar el control parental y el horario *Wi-fi* para proteger a los menores de edad.

- El despliegue de las redes inalámbricas de 2.4 (GHz) y 5 (GHz) deben ser con el valor de ancho de banda en automático, debido a que mediante esta configuración la red *Wi-fi* toma la mayor cantidad de ancho de banda para ofrecer el servicio, de tal manera que incrementa la velocidad de descarga y subida.
- Se recomienda descargar el aplicativo móvil de TP-Link para los dispositivos PLC, de tal manera que desde el celular se pueda administrar la red con opciones tales como: configurar la red inalámbrica de 2.4 (GHz) y 5 (GHz), modificar el nombre, contraseña y horario *Wi-fi*.
- Las configuraciones mediante interfaz gráfica se realizaron con el navegador web, por lo tanto, es importante configurar una dirección IP estática para el dispositivo PLC para futuras configuraciones.
- La adquisición de nuevos dispositivos PLC para repotenciar la solución es viable, pero se tiene en consideración que se deben realizar nuevos análisis para optar por la mejor ubicación para los equipos, así mismo, se recomienda utilizar dispositivos PLC que cuenten con el tomacorriente incorporado para reutilizar este que fue utilizado para conectar el equipo PLC.
- El uso de canaletas para el cableado existente entre los equipos debe ser considerado para futuras implementaciones, debido a que las canaletas mejoran la estética y el ordenamiento de los cables Ethernet en la vivienda.

Se recomienda dirigirse al Quito, D.M. 28 de febrero de 2023

De mi consideración:

Yo, LEANDRO ANTONIO PAZMIÑO ORTIZ, en calidad de Director del Trabajo de Integración Curricular titulado IMPLEMENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN BASADA EN PLC PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD EN UNA VIVIENDA elaborado por DAVID ISRAEL ARMIJOS CHALAN estudiante de la carrera en TECNÓLOGÍA SUPERIOR EN REDES Y TELECOMUNICACIONES, certifico que he empleado la herramienta Turnitin para la revisión de originalidad del documento escrito completo, producto del Trabajo de Integración Curricular indicado.

El documento escrito tiene un índice de similitud del 14 %.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del presente documento para los trámites de titulación.

NOTA: Se adjunta el link del informe generado por la herramienta Turnitin.

Reporte de similitud completo - DArmijos.pdf

Atentamente,



Leandro Antonio Pazmiño Ortiz

Docente

Escuela de Formación de Tecnólogos

- ANEXO ii para observar los reportes de NetSpot sobre el análisis de las redes *Wi-fi* de los dos pisos de la vivienda.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P. Rodriguez, «Redes PLC (I): Qué son y para qué sirven,» Xataka, 3 Abril 2013. [En línea]. Available: <https://www.xatakahome.com/la-red-local/redes-plc-i-que-son-y-para-que-sirven#comments>. [Último acceso: 11 Diciembre 2022].
- [2] S. Rodrigo, «Redes PLC: ¿Qué es y cómo funciona?,» Tecnitran, 29 Octubre 2015. [En línea]. Available: <https://www.tecnitran.es/redes-plc-que-es-y-como-funciona/>. [Último acceso: 11 Diciembre 2022].

- [3] S. D. Luz, «Lleva la conexión a Internet a cualquier lugar con los mejores PLC,» Redes Zone, 18 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://www.redeszone.net/reportajes/listas/mejores-plc/>. [Último acceso: 11 Diciembre 2022].
- [4] S. D. Luz, «NetSpot: Analizar redes inalámbricas Wi-Fi y crea mapas de calor,» Redes Zone, 23 Junio 2022. [En línea]. Available: <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-wifi/netspot-monitor-analizar-redes-inalambricas-wi-fi/>. [Último acceso: 20 Diciembre 2022].
- [5] A. Ballestin, «HomePlug Alliance AV2 promete redes gigabit a través de tu cableado eléctrico,» Engadget, 11 Enero 2012. [En línea]. Available: <https://www.engadget.com/es-2012-01-11-homeplug-alliance-av2-promete-redes-gigabit-a-traves-de-tu-cable.html>. [Último acceso: 20 Diciembre 2022].
- [6] S. TP-Link, «¿Qué significa la función Wi-Fi Move y cómo usarla en Powerline ac Extender?,» TP-Link, 31 Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.tp-link.com/es/support/faq/1422/>. [Último acceso: 20 Diciembre 2022].
- [7] S. TP-Link, «How to customize basic wireless settings of TP-Link cable modem routers,» TP-Link, 28 Junio 2022. [En línea]. Available: <https://www.tp-link.com/us/support/faq/1487/>. [Último acceso: 20 Diciembre 2022].
- [8] A. Vallejo, «Conectaba mi Smart TV a esta WiFi hasta que vi que no era lo óptimo: diferencias entre las bandas de frecuencia de tu router,» Xataka, 19 Diciembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.xatakahome.com/la-red-local/5-ghz-vs-2-4-ghz-esta-mejor-wifi-a-que-puedes-conectar-tu-smart-tv-que-ganas-pierdes-cada>. [Último acceso: 20 Diciembre 2022].
- [9] UniversoABB, «¿Cómo saber si estoy conectado a 2.4 GHz o 5GHz Android?,» Universo ABB, 22 Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://universoabb.com/como-saber-si-estoy-conectado-a-2-4-ghz-o-5ghz-android/>. [Último acceso: 20 Diciembre 2022].
- [10] E. R. D. Luis, «Mejores tablets (2022): cuál comprar y 13 modelos recomendados para todos los bolsillos y necesidades,» Xataka, 25 Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/seleccion/guia-compra-tablets-2020-como-elegir-modelo->



- [19] Telalca, «Extensor Wi-Fi PLC – TP-Link AC1200 Mbps – Powerline AV1000 Gigabit Kit – WPA7617-KIT,» Telalca, s.f s.f s.f. [En línea]. Available: <https://store.telalca.com/producto/extensor-wi-fi-plc-tp-link-ac1200-mbps-powerline-av1000-gigabit-kit-wpa7617-kit/>. [Último acceso: 21 Diciembre 2022].
- [20] TP-Link, «TL-WPA7617 KIT,» TP-Link, s.f s.f s.f. [En línea]. Available: <https://www.tp-link.com/ec/home-networking/powerline/tl-wpa7617-kit/#specifications>. [Último acceso: 21 Diciembre 2022].
- [21] Mtec, «TP-LINK KIT EXTENSOR POWERLINE TL-WPA4220KIT,» Mtec, 21 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.mtec-ec.com/producto/tp-link-kit-extensor-powerline-tl-wpa4220kit/>. [Último acceso: 21 Diciembre 2022].
- [22] TP-Link, «TL-WPA4220 KIT,» TP-Link, s.f s.f s.f. [En línea]. Available: <https://www.tp-link.com/ec/home-networking/powerline/tl-wpa4220-kit/#specifications>. [Último acceso: 21 Diciembre 2022].
- [23] Maxitec, «PowerLINE Wi-Fi extender 1000 Mbps,» Maxitec, s.f s.f s.f. [En línea]. Available: <https://www.maxitec.com.ec/netgear-powerline-wi-fi-extender-1000-mbps-plw-1000-100nas/p>. [Último acceso: 21 Diciembre 2022].
- [24] NETGEAR, «Powerline Extender, 1000Mbps, 1Gigabit Port, 1 Powerline Extender + 1 WiFi Extender,» NETGEAR, s.f s.f s.f. [En línea]. Available: <https://www.netgear.com/home/wired/powerline/plw1000/>. [Último acceso: 21 Diciembre 2022].
- [25] J. Jiménez, «Conoce cómo funciona el filtrado MAC del router,» Redes zone, 1 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://www.redeszone.net/tutoriales/configuracion-routers/configurar-filtrado-mac-router/>. [Último acceso: 4 Febrero 2023].



## 7 ANEXOS

La lista de los **Anexos** se muestran a continuación:

ANEXO I. Certificado de originalidad

ANEXO II. Reportes de análisis de NetSpot



## ANEXO I: Certificado de Originalidad

### CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

Quito, D.M. 28 de febrero de 2023

De mi consideración:

Yo, LEANDRO ANTONIO PAZMIÑO ORTIZ, en calidad de Director del Trabajo de Integración Curricular titulado IMPLEMENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN BASADA EN PLC PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD EN UNA VIVIENDA elaborado por DAVID ISRAEL ARMIJOS CHALAN estudiante de la carrera en TECNOLOGÍA SUPERIOR EN REDES Y TELECOMUNICACIONES, certifico que he empleado la herramienta Turnitin para la revisión de originalidad del documento escrito completo, producto del Trabajo de Integración Curricular indicado.

El documento escrito tiene un índice de similitud del 14 %.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del presente documento para los trámites de titulación.

NOTA: Se adjunta el link del informe generado por la herramienta Turnitin.

[Reporte de similitud completo - DArmijos.pdf](#)

Atentamente,



Leandro Antonio Pazmiño Ortiz

Docente

Escuela de Formación de Tecnólogos

## **ANEXO II: Reportes de análisis de NetSpot**

En la presente sección se muestran los reportes de NetSpot correspondientes al análisis de las redes *Wi-fi* de 2.4 (GHz) y 5 (GHz), tanto antes de la implementación de la solución PLC como después del despliegue del equipo.

Reporte de análisis inicial de la vivienda sin la solución PLC para la banda de frecuencia de 2.4 (GHz)

[REPORTE INICIAL BANDA 2.4 \(GHz\).pdf](#)

Reporte de análisis final de la vivienda con la solución PLC para la banda de frecuencia de 2.4 (GHz)

[REPORTE FINAL BANDA 2.4 \(GHz\).pdf](#)

Reporte de análisis inicial de la vivienda sin la solución PLC para la banda de frecuencia de 5 (GHz)

[REPORTE INICIAL BANDA 5 \(GHz\).pdf](#)

Reporte de análisis final de la vivienda con la solución PLC para la banda de frecuencia de 5 (GHz)

[REPORTE FINAL BANDA 5 \(GHz\).pdf](#)