



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE UNA RED FTTH

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR:

21211067

FREDDY JARDEL PAVÓN VALLECILLO

ASESOR: ANA CRISTINA REYES

CAMPUS: SAN PEDRO SULA; JULIO, 2020

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ΕΠΙΓΡΑΦΕ

RESUMEN EJECUTIVO

En el último par de décadas la tecnología ha incrementado exponencialmente, lo que ha hecho que nuestras vidas giren en torno al internet, que se ha vuelto esencial para el día al día de la mayoría de la población mundial. Con ello ha incrementado la necesidad de tener un internet de mayor capacidad y con mayor fiabilidad. Debido al avance de la tecnología y requisitos tan exigentes que piden se busca que todos los dispositivos se encuentren conectados, esto es posible gracias a los avances en las nuevas tecnologías como ser *internet of things* (IoT) junto con *internet of everything* (IoE), las cuales permiten tener un control sobre los dispositivos independientemente del lugar donde se encuentra, solamente es necesario el acceso a internet. A causa de la gran cantidad de dispositivos que estas tecnologías generan, la cantidad de información transmitida aumenta, por esta razón es necesario los medios de transmisión con las mejores capacidad de transmisión de información. Por esta razón, en la presente investigación se busca diseñar una red que integre las nuevas tecnologías de comunicación, IoT, IoE, y 4G/LTE a través de la fibra óptica. A través de una metodología de estudio establecida. Se logró diseñar una red la cual logró integrar diversas tecnologías y protocolos de comunicación que permite que todos los dispositivos se encuentren conectados independientemente de la ubicación de estos dispositivos. A través del internet de las cosas (IoT) y el internet de todo (IoE), se permitió la conexión de todos los dispositivos, aplicando un enrutamiento dinámico con el uso de direccionamiento IPv6. Con el uso del medio de transmisión de fibra óptica, obteniendo de tal manera, la mejor velocidad de transmisión posible.

Palabras Clave: IoT, IoE, 4G/LTE, FO

ABSTRACT

In the last couple of decades technology has increased exponentially, which has made our lives revolve around the internet, which has become essential for the daily life of the majority of the world's population. This has increased the need for a higher capacity and more reliable internet. Due to the advancement of technology and the demanding requirements that all devices are required to be connected, this is possible thanks to advances in new technologies such as internet of things (IoT) together with internet of everything (IoE), which allow you to have control over the devices regardless of where you are, only internet access is necessary. Due to the large number of devices that these technologies generate, the amount of information transmitted increases, for this reason it is necessary to have the transmission media with the best information transmission capacity. For this reason, this research seeks to design a network that integrates new communication technologies, IoT, IoE, and 4G / LTE through fiber optics. Through an established study methodology. It was possible to design a network which managed to integrate various technologies and communication protocols that allow all devices to be connected regardless of the location of these devices. Through the Internet of Things (IoT) and the Internet of Everything (IoE), all devices were allowed to connect, applying dynamic routing with the use of IPv6 addressing. With the use of the fiber optic transmission medium, thereby obtaining the best possible transmission speed.

Keywords: IoT, IoE, 4G/LTE, FO

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA	2
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
2.3 JUSTIFICACIÓN	3
2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	4
2.5 OBJETIVOS	4
2.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1 FIBRA ÓPTICA.....	5
3.1.1 CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA	7
3.1.1.1 FIBRA MONOMODO.....	7
3.1.1.2 FIBRA MULTIMODO.....	8
3.1.2 PÉRDIDAS EN EL MEDIO DE FIBRA ÓPTICA.....	9
3.1.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE FIBRA ÓPTICA.....	10
3.1.3.1 DIODOS LED	10
3.1.3.2 DIODOS LASER.....	11
3.1.3.3 DETECTORES DE LUZ	11
3.2 TECNOLOGÍAS FTTX.....	12
3.2.1 ARQUITECTURA FTTB	12
3.2.2 ARQUITECTURA FTTN	13

3.2.3 ARQUITECTURA FTTC.....	14
3.2.4 ARQUITECTURA FTTH.....	14
3.3 REDES PON.....	15
3.3.1 COMPONENTES REDES PON	16
3.3.1.1 TERMINAL DE LÍNEA ÓPTICA (OLT)	16
3.3.1.2 SPLITTERS.....	16
3.3.1.3 TERMINALES DE RED ÓPTICA (ONT).....	16
3.3.2 TIPOS DE PON.....	17
3.3.2.1 EPON	17
3.3.2.2 APON	17
3.3.2.3 BPON.....	18
3.3.2.4 GPON	18
3.4 INTERNET DE LAS COSAS (IOT)	18
3.4.1 M2M	20
3.4.2 D2D	22
3.5 INTERNET OF EVERYTHING (IOE)	23
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA	26
4.1 ENFOQUE.....	26
4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	26
4.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE	27
4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES.....	27
4.2.2.1 ANCHO DE BANDA.....	27
4.2.2.2 LATENCIA.....	28

4.2.2.3 CONECTIVIDAD	28
4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS	28
4.4 METODOLOGÍA DE ESTUDIO	28
4.5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	29
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS	31
5.1 DISEÑO DE LA RED	31
5.2 DISEÑO DE LA RED EN UNA CASA.....	32
5.3 DISEÑO DE LA RED EN EL TRABAJO.....	34
5.4 DISEÑO DE LA RED MÓVIL	36
5.5 DISEÑO DE LA RED FINAL.....	38
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	45
6.1 CONCLUSIÓN GENERAL	45
6.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS	45
CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES.....	46
BIBLIOGRAFÍA.....	47

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-Fibra monomodo.....	7
Ilustración 2-Fibra multimodo de índice escalonado.....	8
Ilustración 3-Fibra multimodo de índice gradual.....	9
Ilustración 4-Arquitectura FTTB.....	13
Ilustración 5-Arquitectura FTTN.....	13
Ilustración 6-Arquitectura FTTC.....	14
Ilustración 7-Arquitectura FTTH.....	15
Ilustración 8-Crecimiento del internet de las cosas.....	20
Ilustración 9-Internet of everything.....	24
Ilustración 10-Crecimiento del internet.....	25
Ilustración 11-VARIABLES de investigación.....	27
Ilustración 12-Metodología de estudio.....	29
Ilustración 13-Dispositivos utilizados para el diseño la red de una casa.....	32
Ilustración 14-Diseño la red de una casa.....	33
Ilustración 15-Dispositivos utilizados en el diseño la red en el trabajo.....	34
Ilustración 16-Diseño de la red en el trabajo.....	35
Ilustración 17-Dispositivos utilizados en el diseño de la red móvil.....	36
Ilustración 18-Diseño de la red móvil.....	37
Ilustración 19-Diseño de la red final.....	40
Ilustración 20-Control del termostato.....	41
Ilustración 21-Control del ventilador.....	42
Ilustración 22-Acceso al control de los dispositivos IoT.....	43

Ilustración 23-Control sobre la ventana 43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-Características de fibra y cobre	3
Tabla 2-Atenuación en la fibra.....	10
Tabla 3-Cronograma de actividades.....	29

LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

IoT	<i>Internet of Things</i> (Internet de las Cosas)
IoE	<i>Internet of Everything</i> (Internet de Todo)
FO	Fibra Óptica
4G	Cuarta Generación
IPv6	<i>Internet Protocol Version 6</i> (Protocolo de Internet Versión 6)
OSPF	<i>Open Shortest Path First</i> (Abrir el Camino más Corto Primero)

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En el último par de décadas la tecnología ha incrementado exponencialmente, lo que ha hecho que nuestras vidas giren en torno al internet, que se ha vuelto esencial para el día al día de la mayoría de la población mundial. Con ello ha incrementado la necesidad de tener un internet de mayor capacidad y con mayor fiabilidad.

Esto hizo que se innovara tecnológicamente para conseguir saciar la necesidad en cuanto a transmisión de datos se refiere. Esto lleva a la creación de la fibra óptica que es considerada el medio de transmisión más rápido y confiable del mundo.

Algunas de las ventajas de usar fibra óptica son: transmisión de datos a alta velocidad, mejor ancho de banda, mayor distancia entre la central y el abonado evita interferencias electromagnéticas, mayor seguridad, entre otras.

En Honduras no se ha logrado aprovechar completamente esta tecnología ya que la mayoría de las empresas de comunicaciones todavía prefieren confiar en tecnologías tradicionales como el cobre para proveer los servicios de internet y cable. Y la fibra óptica es normalmente empleada para sus clientes corporativos.

Por lo tanto, lo que se buscará en este proyecto es ofrecer una propuesta de diseño de red FTTH que haga posible que los clientes en zonas residenciales puedan sacar provecho de todos los beneficios de la fibra óptica, ya que se pueden recibir servicios de televisión, internet y telefonía.

Por ello, en el presente informe se deja evidencia de toda la investigación, seccionado en siete capítulos diferentes, donde en el primero se da una breve introducción, seguidamente, se plantea el problema, el alcance junto con los objetivos de investigación. Luego, en el capítulo 3, se detalla toda la información de sustento en la cual se basó el desarrollo del presente proyecto, mostrando paso a paso el desarrollo a través de la metodología mostrada en el capítulo 4. Los resultados son presentados en el capítulo 5, para finalmente, dar conclusiones y recomendaciones en los capítulos 6 y 7, respectivamente.

CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En esta capítulo se darán a conocer los precedentes del problema, dando a conocer por qué se debe de aprovechar más la fibra óptica. Luego se realizará la justificación de la importancia y el impacto positivo que viene con el hecho implementar esta tecnología. Se plantearán las preguntas de investigación con el objetivo de tener una visión clara de las respuestas que se esperan obtener con este proyecto. Y para concluir, se determinarán los objetivos generales y específicos de la investigación.

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

Cada año que pasa sea avanza cada vez más tecnológicamente y en la mayoría de los casos los avances es poder controlar cosas a largas distancias, poder controlar todo de nuestro celular. Una de las últimas tendencias tecnológicas es IOT (Internet de las cosas), el cual se puede definir como la agrupación e interconexión de dispositivos a través del internet, el propósito de esto es que los dispositivos puedan interactuar entre ellos y esto logra que no sea necesaria la interacción humana, es una comunicación netamente maquina a máquina.

Para poder soportar este tipo de nuevas tecnologías se ocupa una mayor capacidad de internet, una mayor velocidad, una mayor capacidad de transferencia y una red más confiable y segura. Aquí entra la fibra óptica que es conocida por su alta capacidad y confiabilidad

La fibra de óptica es el medio de transmisión más avanzado y el único capaz de soportar los servicios de nueva generación, como televisión de alta definición. Las principales ventajas de tener un bucle de abonado de fibra óptica son muchas: mayores anchos de banda, mayores distancias desde la central hasta el abonado, mayor resistencia a la interferencia electromagnética, mayor seguridad, menor degradación de las señales, etc. Además, la reducción de repetidores y otros dispositivos supondrán menores inversiones iniciales, menor consumo eléctrico, menor espacio, menos puntos de fallo, etc.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Debido al avance de la tecnología y requisitos tan exigentes que piden se busca que todos los dispositivos se encuentren conectados, esto es posible gracias a los avances en las nuevas tecnologías como ser *internet of things* (IoT) junto con *internet of everything* (IoE), las cuales permiten tener un control sobre los dispositivos independientemente del lugar donde se encuentra, solamente es necesario el acceso a internet. A causa de la gran cantidad de dispositivos que estas tecnologías generan, la cantidad de información transmitida aumenta, por esta razón es necesario los medios de transmisión con las mejores capacidad de transmisión de información.

2.3 JUSTIFICACIÓN

En el medio hondureño la mayoría de las empresas de telecomunicaciones utilizan las tecnologías xDSL (más concretamente, ADSL), para poder entregar sus servicios, aprovechándose del cobre que ya está instalado en las casas de los clientes, sin embargo, entre los cables de cobres y la fibra óptica hay una diferencia sustancial que puede lograr una mejor experiencia para el usuario.

Tabla 1- Características de fibra y cobre

Característica	Fibra óptica	Cable de cobre
Capacidad	Hasta 1,6 Tb/s	Hasta 1 Gb/s
Alcance (sin repetidores)	Hasta 160 Km	Hasta 5 Km
Tasa de error	<1 en 10^{12}	<1 en $10^8 - 10^{10}$
Atenuación (distancia para un 50% de pérdida de señal)	15 Km	20 m
Coste	Elevado	Reducido
Susceptibilidad a interferencias	Inmune	Afectado
Seguridad ante intrusiones	Muy alta	Muy baja
Instalación	Compleja	Sencilla

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) ¿Qué dispositivos son necesarios para el diseño de la red?
- 2) ¿Cuál es el proceso a seguir para acceder sobre cada dispositivo IoT?
- 3) ¿Qué efecto tendrá la telefonía móvil sobre estas tecnologías?

2.5 OBJETIVOS

Los objetivos de investigación son indispensables en todo ejercicio investigativo debido a que representan lo que quiere lograr un estudio, es decir, representan lo que se quiere conocer, lo que se pretende saber o lo que se va a realizar.

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una red que integre las nuevas tecnologías de comunicación, IoT, loE, y 4G/LTE a través de la fibra óptica.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Definir los dispositivos necesarios para el diseño de la red.
- 2) Determinar el proceso a seguir para tener control sobre todos los dispositivos IoT.
- 3) Establecer el efecto de la telefonía móvil sobre estas tecnologías.

CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO

Antes de determinar la manera más efectiva de diseñar y construir una red FTTH es importante conocer los conceptos técnicos relacionados a la fibra óptica. En este capítulo abarcaremos los tipos de tecnologías relacionadas con la fibra óptica y todos los componentes necesarios para la implementación de una red. Al terminar este capítulo se manejarán con mayor facilidad los temas explicados previamente y así se tendrá un mayor entendimiento del tema.

3.1 FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es una tecnología de transmisión de luz a través de finos hilos de fibras ópticas sumamente transparentes, generalmente son fibras de vidrio, pero a veces lo son de plástico. La fibra óptica se utiliza en las comunicaciones, la iluminación, la medicina, los controles ópticos y en la fabricación de sensores. La Asociación de Fibra Óptica (FOA, por sus siglas en inglés) tiene como principal interés la utilización de la fibra óptica en las comunicaciones, por lo que el presente libro se centrará en tal aplicación. (*FOA Reference Guide To Fiber Optics*, s. f.)

En las comunicaciones, la fibra óptica opera enviando señales de luz a través de finos hilos de fibra de vidrio (y en algunas oportunidades, de fibra de plástico). La fibra óptica comenzó a desarrollarse durante la década de 1970 en laboratorios de investigación y desarrollo en todo el mundo (Corning, Laboratorios Bell, ITT del Reino Unido) y en Dorset, Inglaterra fue instalada comercialmente por primera vez en 1976 por SCT y en Chicago, Illinois en Estados Unidos por AT&T. A principios de la década de 1980, las redes de comunicaciones con fibra conectaban las principales ciudades en cada costa. (M. Abreu et al., 2009)

A mediados de 1980, la fibra comenzó a reemplazar a todos los enlaces de cobre, de microondas y de satélites de larga distancia utilizados por las empresas de telecomunicaciones. En los 90, los cables de fibra óptica transoceánicos reemplazaron a los satélites utilizados entre la mayoría de los continentes. En la actualidad, la fibra es rentable para la conexión directa al hogar. (M. Abreu et al., 2009)

La televisión por cable (CATV) descubrió la fibra a mediados de 1990 y, en principio, la utilizó para mejorar la confiabilidad de sus redes, un gran problema en ese entonces. Luego, descubrió que

podía ofrecer servicios de telefonía e internet a través de la misma fibra y así ampliaron enormemente sus mercados. A medida que los teléfonos celulares comenzaron a dominar el mercado, sus redes troncales (backbones) se construyeron con fibra. (Marín Salazar & Vélez Cano, 2001)

Las redes informáticas (LAN) comenzaron a utilizar fibra al mismo tiempo que las empresas de telecomunicaciones, a finales de 1970. Entre las primeras aplicaciones que se le dieron a la fibra, se encuentran los enlaces industriales, ya que la inmunidad al ruido como propiedad de la fibra, así como su capacidad en la distancia, hicieron que sea ideal para su uso en la fábrica. Luego, comenzó a utilizarse en centros de datos, en la conexión de visores gráficos y de enlaces de almacenamiento en servidores centrales (mainframes), lo que la hizo ser la predecesora de la actual SAN (red de área de almacenamiento, por sus siglas en inglés). Actualmente, la fibra se utiliza en la mayoría de las redes LAN, ya sea en las redes troncales (backbones), en las conexiones al escritorio para ingenierías, así como en estaciones de trabajo gráficas y puntos de acceso inalámbricos. (Marín Salazar & Vélez Cano, 2001)

También se desarrollaron otras aplicaciones: conexiones con antena a redes de telefonía móvil; canales de datos en automóviles, buques y aeronaves; televisión en circuito cerrado (CCTV) para sistemas de seguridad, e incluso enlaces para sonido estéreo digital destinados al consumo. Entre los mayores usuarios de fibra óptica en la actualidad, se encuentran las municipalidades, que la utilizan para la conexión en escuelas, departamentos, semáforos inteligentes y sistemas de seguridad de CCTV. También incluso se ofrecen conexiones directas de fibra al hogar o a la empresa. (Marín Salazar & Vélez Cano, 2001)

Hoy en día, la fibra óptica es el medio dominante o bien una elección lógica para todo sistema de comunicación. Los costos se han reducido tan notablemente que en la actualidad la fibra hasta el hogar es rentable, especialmente porque puede ofrecer servicios (entretenimiento y comunicaciones) que ningún otro medio ofrece. (*FOA Reference Guide To Fiber Optics*, s. f.)

En función de la designación del material que compone el núcleo de la fibra, se pueden distinguir distintos tipos:

Fibra de Sílice. La sílice, es la forma cristalina más pura del vidrio, y por su transparencia alcanza unas prestaciones excepcionales como vehículo de transmisión de la luz. En general, son muy buenas conductoras en el espectro visible y en el infrarrojo, y se utilizan para la transmisión de información a larga distancia (teléfono, video, cables transoceánicos, etc.) (Chomycz, 1998)

Fibra de Vidrio. Este tipo de fibra posee tanto el núcleo como la envoltura óptica de vidrio, con índices de refracción diferentes. En general suelen tener un diámetro pequeño, de entre 50 y 70 micras, y se agrupan en haces multifibra. Son aptas para la iluminación, señalización, transmisión de imágenes, endoscopias, etc. (Chomycz, 1998)

Fibra de Plástico. Está constituida por un núcleo de Polimetacrilato de Metilo y una envoltura óptica de polímero plástico con índice de refracción diferente. Este tipo de fibra se emplea preferentemente en la iluminación y señalización, y ofrece ventajas en cuanto a uniformidad de transmisión del espectro visible, filtración de rayos ultravioletas e infrarrojos, resistencia mecánica, flexibilidad, peso reducido y facilidad de instalación. (Chomycz, 1998)

3.1.1 CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA

3.1.1.1 Fibra Monomodo

Este tipo de fibra tiene un núcleo de diámetro muy pequeño, de entre $8\ \mu\text{m}$ y $10\ \mu\text{m}$, lo que la convierte en una guía para el haz de luz, siguiendo un único camino a través de ella, por lo que hay mínima distorsión y la distancia a seguir es la misma para todos los haces de luz con lo que la información enviada llega en el orden en que fue enviada. (Chang, 1997)

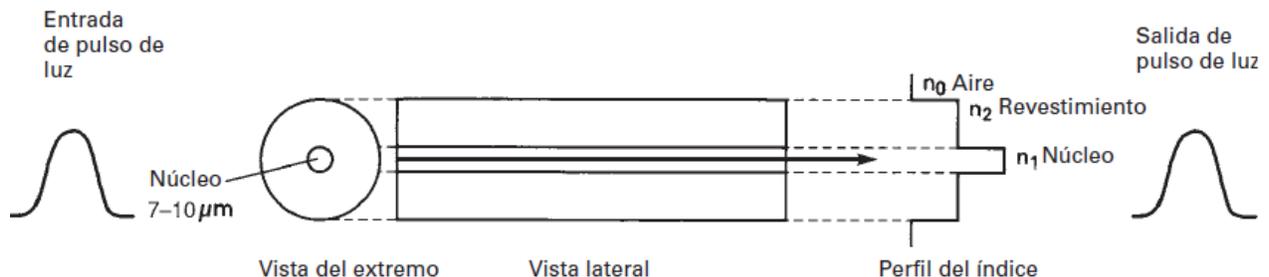


Ilustración 1-Fibra monomodo

Fuente: (Bartlett, 2005)

Debido a los diámetros del núcleo que poseen este tipo de fibras el proceso de manufactura es muy complejo, el cual ha ido mejorando a través de los años debido básicamente a las ventajas que puede ofrecer. Alcanzan distancias de transmisión muy altas, por lo que se lo puede usar para interconexiones continentales.

Para este tipo de fibra es necesario transmisores a base de láser y conectores de gran calidad para que el haz de luz ingrese correctamente en el núcleo. Las fibras monomodo tienen una subclasificación, debido a las mejoras que han ido teniendo en el desarrollo del material y a partir de esto salen recomendaciones para los diferentes tipos fibra óptica Monomodo. (Bartlett, 2005)

3.1.1.2 Fibra Multimodo

Está constituida por un núcleo de diámetro entre $50\ \mu\text{m}$ y $62.5\ \mu\text{m}$ y con una cubierta de $125\ \mu\text{m}$, pueden ingresar varios haces de luz. Para enlaces con este tipo de fibra se pueden alcanzar distancias menores a 2 Km, presenta pérdidas altas y un bajo ancho de banda. Para el caso de querer usarlas en conexiones Giga Ethernet de acuerdo con el tipo de fibra multimodo pueden alcanzar distancias menores de entre 225 a 550 metros, por lo que se la usa por lo general para conectar equipos de núcleo dentro del headend que manejen este tipo de fibra (Chang, 1997). Existen dos tipos de fibra multimodo, los cuales son los siguientes:

1) Multimodo de Índice Escalonado

Los haces de luz se propagan dentro del núcleo por reflexión, los mismos que pueden tomar varios caminos, haciendo que se extiendan y se vayan distorsionando mientras más largo sea el enlace, por lo que tiene velocidades de transmisión y anchos de banda inferiores.

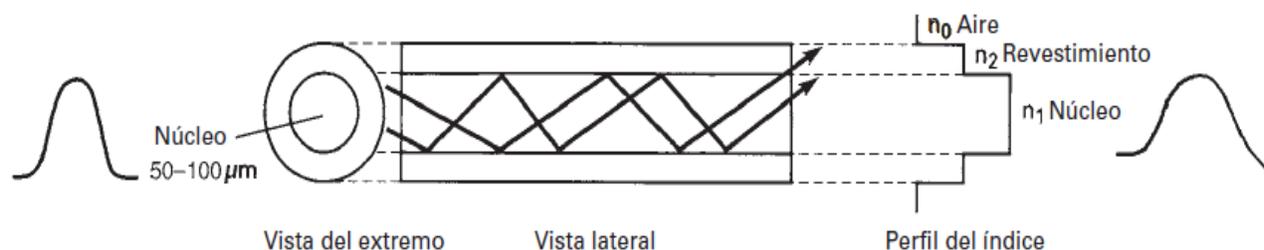


Ilustración 2-Fibra multimodo de índice escalonado

Fuente: (Bartlett, 2005)

2) Multimodo de Índice Gradual

Para este tipo de fibra, el índice de refracción del núcleo no es constante, sino que decrece mientras se acerca a la cubierta. Esta configuración permite reducir la dispersión del haz de luz. Dado que el haz de luz va a estar atravesando regiones de distintas densidades, los haces se refractan continuamente resultando en una continua reflexión. Dado que los haces de luz pueden ingresar en diferentes ángulos, los que viajan cerca del centro del núcleo recorren una menor distancia por lo que tiene mayor velocidad que los que viajan lejos del centro del núcleo, lo que provoca que una parte de información no llegue en el orden que fue enviada.

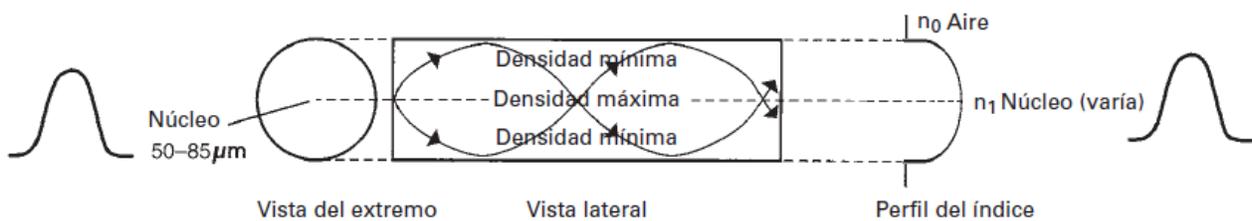


Ilustración 3-Fibra multimodo de índice gradual

Fuente: (Bartlett, 2005)

3.1.2 PÉRDIDAS EN EL MEDIO DE FIBRA ÓPTICA

Es probable que la pérdida de potencia en un cable de fibra óptica sea la característica más importante del cable. Con frecuencia se llama atenuación a la pérdida de potencia, y produce una pérdida de potencia de la onda luminosa al atravesar el cable. La atenuación tiene varios efectos adversos sobre el funcionamiento, que incluyen la reducción del ancho de banda del sistema, la rapidez de transmisión de información, la eficiencia y la capacidad general del sistema. (Tomasi, 2001)

Las pérdidas de transmisión en los cables de fibra óptica son una de las características más importantes de la fibra. Las pérdidas en la fibra causan una reducción de la potencia luminosa y, en consecuencia, reducen el ancho de banda del sistema, la rapidez de transmisión de información, la eficiencia y la capacidad general del sistema. Las principales pérdidas en la fibra son:

- 1) Pérdidas por absorción
- 2) Pérdidas por dispersión en material o de Rayleigh
- 3) Dispersión cromática, o de longitudes de onda
- 4) Pérdidas por radiación
- 5) Dispersión modal
- 6) Pérdidas por acoplamiento

Tabla 2-Atenuación en la fibra

Tipo de cable	Diámetro del núcleo (μm)	Diámetro del revestimiento (μm)	NA (adimensional)	Atenuación (dB/km)
Unimodal	8	125	—	0.5 @ 1300 nm
	5	125	—	0.4 @ 1300 nm
Índice graduado	50	125	0.2	4 @ 850 nm
	100	140	0.3	5 @ 850 nm
Índice escalonado	200	380	0.27	6 @ 850 nm
	300	440	0.27	6 @ 850 nm
PCS	200	350	0.3	10 @ 790 nm
	400	550	0.3	10 @ 790 nm
Plástico	—	750	0.5	400 @ 650 nm
	—	1000	0.5	400 @ 650 nm

Fuente: (Tomasi, 2001)

3.1.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE FIBRA ÓPTICA

De acuerdo Keiser (2010) a existen diversos componentes de un sistema de fibra óptica, los cuales se detallan en las subsecciones que se presentan a continuación.

3.1.3.1 Diodos LED

Un diodo emisor de luz LED es un dispositivo semiconductor que emite luz no coherente, mediante emisión espontanea, cuando es excitado por corriente eléctrica. Los LED son uniones p-n que, bajo condiciones de polarización en directa, puedan emitir radiación espontanea en las zonas visibles e infrarroja del espectro electromagnético. La luz de los LED está disponible en una variedad de colores o longitudes de onda. El color emitido por el LED depende del material semiconductor usado. (Rubio Martínez, 1994)

Los diodos LED convencionales usan semiconductores como GaAlAs para longitudes de onda corta, e InGaAsP para longitudes de onda más larga. También se usan otros materiales para otras longitudes de onda.

3.1.3.2 Diodos Laser

La definición es diodo amplificador de luz por emisión estimulada de radiación. La función de los diodos LÁSER es emitir un haz de luz a una longitud de onda determinada. Un diodo LÁSER está compuesto por un medio semiconductor, responsable por la generación de la luz. (Keiser, 2003)

La generación de luz en el medio semiconductor se produce a partir de una transición radiactiva desde un nivel de energía E_c en la banda de conducción a un nivel de energía E_v en la banda de valencia, liberando un fotón. Algunos principios del diodo LÁSER son: inversión de población, cavidad de retroalimentación, ganancias mayores que pérdidas. Los fotones resultantes de las diferentes emisiones van a su vez a estimular a otros electrones y esto produce diferentes emisiones y esto va a provocar diferentes frecuencia de los fotones, se puede dar el caso de que algunos reboten, también se puede dar el caso de que al caer un electrón excite al de alado y le produzca un cambio de frecuencia. (Bailey & Wright, 2003)

3.1.3.3 Detectores de Luz

Este tipo de conversores convierten las señales ópticas que proceden de la fibra en señales eléctricas. Se limitan a obtener una corriente a partir de la luz modulada incidente, esta corriente es proporcional a la potencia recibida, y, por tanto, a la forma de onda de la señal moduladora. Se fundamenta en el fenómeno opuesto a la recombinación, es decir, en la generación de pares electrón-hueco a partir de los fotones. El tipo más sencillo de detector corresponde a una unión semiconductor P-N (Grosz, 2005). Las condiciones que debe cumplir un fotodetector para su utilización en el campo de las comunicaciones son las siguientes:

- 1) La corriente inversa (en ausencia de luz) debe ser muy pequeña, para así poder detectar señales ópticas muy débiles (alta sensibilidad).
- 2) Rapidez de respuesta (gran ancho de banda).
- 3) El nivel de ruido generado por el propio dispositivo ha de ser mínimo.

Como mencionan los autores Espinoza Briggs & Baque Choez (2009) existen dos tipos de detectores los cuales se detallan a continuación:

1) Fotodiodos PIN

Un diodo p-i-n es un diodo semiconductor que consta de dos regiones, una tipo P y otra tipo N altamente dopadas y separadas por una región intrínseca de mayor resistividad. Estos dispositivos son muy utilizados en desplazadores de fase y conmutadores de señales microondas. Los dispositivos diseñados con diodos p-i-n se destacan por sus bajas pérdidas de inserción y elevado desempeño con señales de altas frecuencias. (Jardón Aguilar & Linares, 2001)

2) Fotodiodos Avalancha APD

3) El fotodiodo de avalancha trabaja con tensiones inversas cercanas al umbral de daño del fotodiodo. De esta forma se aumenta la intensidad del campo eléctrico en la zona de depleción, promoviendo que los pares huecos-electrón generados en la zona adquieran energías necesarias para generar nuevos portadores por efecto avalancha. (Petriella, 2018)

3.2 TECNOLOGÍAS FTTx

Las redes FTTx comprenden un conjunto de tecnologías basadas en el transporte de señales de telecomunicación digitales sobre la fibra Óptica que, con la premisa de abaratar los diseños de sistemas sobre infraestructura de fibra Óptica dedicada, contemplan diferentes grados de acercamiento de la fibra Óptica al usuario, y en un esquema de transmisión punto a multipunto para no dedicar recursos de transmisión de forma exclusiva para los diferentes usuarios. Sobre la base de este acercamiento físico variable, la tecnología debe contemplarse con otros sistemas de acceso para conformar un sistema extremo a extremo, que, como vocación, debería estar próximo a las velocidades de las redes de área local (100 Mbps.) (Sendín Escalona, 2000)

3.2.1 ARQUITECTURA FTTB

FTTB, de las siglas en inglés Fiber To The Building (fibra hasta el edificio), permite la transmisión de información a altas velocidades aprovechando las ventajas de la fibra óptica y los sistemas de distribución ópticos.

Este tipo de arquitectura se está empezando a implementar en la actualidad y puede tener buenos resultados puesto que es más económica que arquitecturas similares como FTTH (fibra hasta el hogar) debido a que en este caso se llega con fibra óptica hasta el hogar o domicilio donde se encuentra el abonado, razón por la cual los costos se incrementan. (Huidobro Moya & Roldán Martínez, 2004)



Ilustración 4-Arquitectura FTTB

Fuente: (Huidobro Moya & Roldán Martínez, 2004)

3.2.2 ARQUITECTURA FTTN

Fibra hasta el nodo, en este esquema la fibra sale desde el headend o nodo central hacia una equipo o nodo de distribución que este en la zona a cubrir, pero se encuentra bastante lejos del usuario final, y usan cobre para la parte de distribución y acceso hasta los equipos finales.

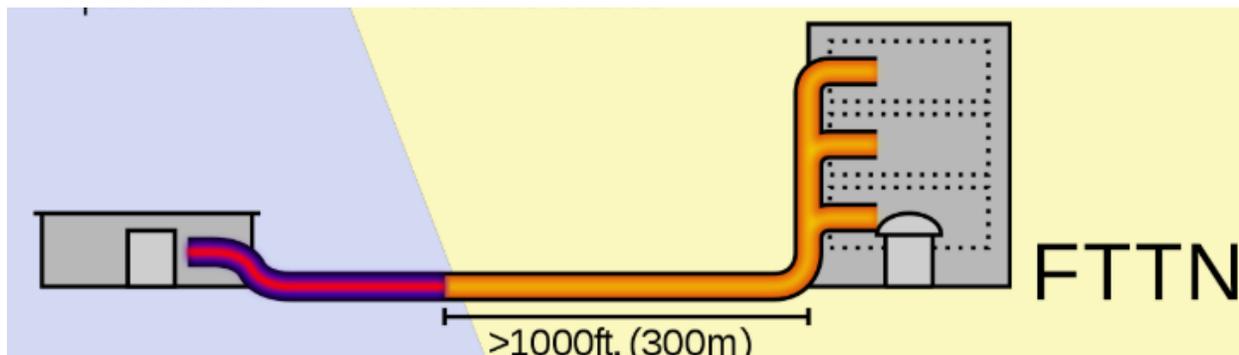


Ilustración 5-Arquitectura FTTN

Fuente: (Huidobro Moya & Roldán Martínez, 2004)

3.2.3 ARQUITECTURA FTTC

Por otro lado, tiene FTTC, que significa "fibra para el gabinete". Esto significa que la conexión de fibra de su ISP no llega hasta su hogar; en su lugar, llega hasta un gran gabinete de metal en su vecindario. Es posible que los haya visto en las calles cercanas a su hogar.

FTTC utiliza tanto el cable de alambre de cobre tradicional como el cable de fibra óptica. Utiliza cables de fibra óptica hasta el gabinete de la calle, y luego cable de cobre para conectar los gabinetes a hogares y negocios. Debido a que es increíblemente costoso instalar cables de fibra óptica en un hogar o negocio, los ingenieros usan el cobre como un sustituto económico.

También tiene una característica llamada DLM, o gestión de línea dinámica. Este sistema automatizado asegura que la conexión permanezca estable, libre de errores y rápida. DLM logra esto al monitorear el sistema. Cuando hay un problema, usará intercalado para corregir errores en la línea o reducirá ligeramente su velocidad. Sin embargo, la mayor parte del tiempo, DLM no necesita tomar ninguna medida.(Pobres, 2020)

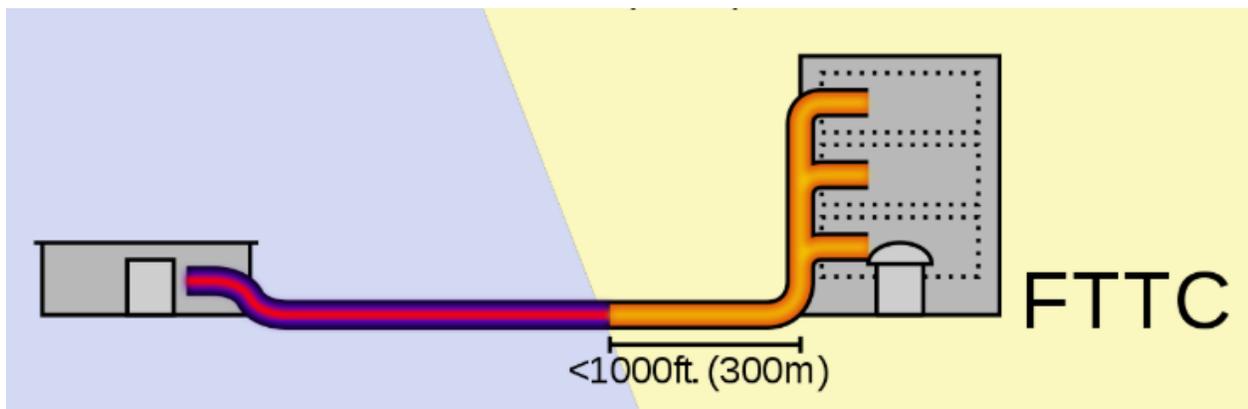


Ilustración 6-Arquitectura FTTC

Fuente: (Pobres, 2020)

3.2.4 ARQUITECTURA FTTH

FTTH es la fibra hasta el hogar, es decir la fibra óptica llega al domicilio u oficina del usuario. El cliente no comparte recursos con otros usuarios. Es la alternativa más costosa al momento de implementarla.

Una ventaja adicional al gran ancho de banda que ofrece consiste en que es una red pasiva, por consiguiente, no emplea elementos activos como: amplificadores, regeneradores, etc.



Ilustración 7-Arquitectura FTTH

Fuente: (Pobres, 2020)

3.3 REDES PON

Una red óptica pasiva es una configuración de red que por sus características provee una gran variedad de servicios de banda ancha a los usuarios mediante accesos de fibra óptica. La utilización de arquitecturas pasivas permite reducir los costes y son utilizadas principalmente en las redes FTTH. Por el contrario, el ancho de banda no es dedicado, sino multiplexado en una misma fibra en los puntos de acceso de red de los usuarios. En definitiva, se trata una configuración de red punto-multipunto (Ma. Abreu, 2009). Las redes PON típicas están conformadas por:

- 1) Un Terminal de Línea Óptico (Optical Line Terminal) OLT ubicado en la central
- 2) Varios elementos pasivos de ramificación óptica, denominados Splitter
- 3) Varios Terminales de Red Ópticos (Optical Network Terminals) ONTs también denominados ONU (Optical Network Unit), los que se encuentran en la casa del usuario y presentan las interfaces hacia los dispositivos que con los cuales se hace uso del servicio

3.3.1 COMPONENTES REDES PON

3.3.1.1 Terminal de Línea Óptica (OLT)

Elemento activo situado en la cabecera (propiedad del operador), del que parten las fibras ópticas hacia los usuarios. Algunas características de la OLT:

- 1) Agrega tráfico y lo encamina hacia los clientes.
- 2) Posee muchas salidas con una potencia óptica que ronda los 3 dBm (2mW) y cada salida puede alimentar hasta unos 64 usuarios (ONTs), usando divisores pasivos.
- 3) La capacidad máxima actual de cada salida de la OLT es de 2,5 Gbps de bajada y 1,25 Gbps de subida.
- 4) La distancia máxima entre la OLT y el usuario (ONT) es de 20km.

3.3.1.2 Splitters

Los splitters ópticos pasivos como se mencionó son los elementos de la red que permiten la conexión punto a multipunto y que permiten que las señales ópticas de una fibra puedan ser distribuidas a otras varias fibras. Una sola fibra conectada al OLT puede distribuirse y conectar hasta 64 ONUs diferentes según las recomendaciones.

Los splitters ópticos se implementan cascadeando splitters "físicos" con relación 1:2, donde la señal de entrada se distribuye en dos caminos diferentes resultando en una pérdida de potencia aproximadamente de 3,5 dB. Cada camino vuelve a separarse en dos permitiendo mayor distribución pero también adicionando nuevamente una pérdida de potencia.(Ma. Abreu, 2009)

3.3.1.3 Terminales de Red Óptica (ONT)

Es el terminal en el que se conecta el medio de transmisión que llega al usuario, la ubicación de este equipo indica la arquitectura óptica que se tiene, por ejemplo, cuando este terminal se encuentra en un edificio se tiene la tecnología FTTB, mientras que si se encuentra en una casa, departamento o vivienda la tecnología se llama FTTH.

El ONT envía la señal descendente a los usuarios y forma la señal ascendente con información de múltiples usuarios.

Cuando el ONT llega hasta el vecindario o acera se lo llama ONU. Al igual que el ONT sus funciones son: dar al cliente la señal descendente y multiplexar las señales de muchos usuarios para enviar una señal ascendente al OLT; realiza también conversión óptica-eléctrica y eléctrica-óptica. En algunas arquitecturas que emplean fibra óptica se encuentra el NT (terminal de red), la misma que se encuentra entre la ONU y el usuario. (Huidobro Moya & Roldán Martínez, 2004)

3.3.2 TIPOS DE PON

Básicamente las redes ópticas pasivas estandarizadas en la actualidad son Ethernet PON (EPON), ATM PON (APON), Broadband PON (BPON) y Gigabit PON (GPON). Las PON en general utilizan dos longitudes diferentes de onda, una en el sentido de bajada (downlink) y otra en el sentido de subida (uplink) que son compartidas en tiempo por los usuarios, es decir se utiliza multiplexación TDM-PON (multiplexación por división de tiempo PON).(España Boquera, 2003)

3.3.2.1 EPON

En lo referente a la capa física de EPON se encuentra descrito en el estándar IEEE 802.3ah. Tiene una topología punto multipunto.

Tiene una longitud variable de paquetes. Ethernet PON utiliza el protocolo MPCP (Multi-Point Control Protocol), su función consiste en el control del acceso en topologías del tipo punto-multipunto por medio de la emisión de mensajes, máquinas de estado y temporizadores. La velocidad máxima real es 1 Gbps, aunque la velocidad nominal máxima para EPON es de 1,25 Gbps en modo simétrico, la reducción se debe al empleo de codificación 8B/10B. (Huidobro Moya & Roldán Martínez, 2004)

3.3.2.2 APON

Si la red óptica utiliza ATM como tecnología de nivel 2 se la conoce como ATM PON. Puede funcionar tanto en modo simétrico como asimétrico, el primero puede alcanzar 155 Mbps, mientras en el segundo se llega a 622 Mbps en el canal de bajada y 155 Mbps para el de subida. (Huidobro Moya & Roldán Martínez, 2004)

3.3.2.3 BPON

Está basada en la APON, que posteriormente se llamó BPON, su utilización no es necesariamente para tráfico ATM.

Originalmente se definió para trabajar a 155 Mbps en sentido ascendente como descendente, en la actualidad las velocidades máximas que soporta son 1,25 Gbps en bajada y 622 Mbps en subida en modo asimétrico y de 622 Mbps en modo simétrico. En la actualidad tiene un costo de implementación menor al de GPON. (Huidobro Moya & Roldán Martínez, 2004)

3.3.2.4 GPON

Se aprobó entre los años 2003 y 2004 en los estándares de la ITU-T, consta de las recomendaciones: G984.1, G984.2, G984.3, G984.4 y G984.5. Esta tecnología es posterior a BPON. Las redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit tienen velocidades superiores a 1 Gbps. Las GPON tienen un alcance máximo de 60 km y una sola fibra puede dar servicio hasta a 64 usuarios en condiciones normales. El costo actualmente de GPON es mayor al de BPON, aunque en el futuro se espera que tenga una reducción de costos más acelerada que BPON. (Huidobro Moya & Roldán Martínez, 2004)

3.4 INTERNET DE LAS COSAS (IoT)

El Internet de las cosas (IoT), a veces denominado Internet de los objetos, lo cambiará todo, incluso a nosotros mismos. Esto puede parecer una declaración audaz, pero tomando en cuenta el impacto que Internet ya ha tenido en la educación, la comunicación, los negocios, la ciencia, el gobierno y la humanidad. Claramente, Internet es una de las creaciones más importantes y poderosas de toda la historia humana. (Farooq et al., 2015)

Ahora hay que considerar que IoT representa la próxima evolución de Internet, dando un gran salto en su capacidad de recopilar, analizar y distribuir datos que podemos convertir en información, conocimiento y, en última instancia, sabiduría. En este contexto, IoT se vuelve inmensamente importante. (Farooq et al., 2015)

Ya están en marcha proyectos de IoT que prometen cerrar la brecha entre pobres y ricos, mejorar la distribución de los recursos mundiales a quienes más los necesitan y ayudarnos a comprender

nuestro planeta para que podamos ser más proactivos y menos reactivos. Aun así, existen varias barreras que amenazan con ralentizar el desarrollo de IoT, incluida la transición a IPv6, tener un conjunto común de estándares y desarrollar fuentes de energía para millones, incluso miles de millones, de sensores diminutos. (Farooq et al., 2015)

Sin embargo, a medida que las empresas, los gobiernos, los organismos de normalización y la academia trabajan juntos para resolver estos desafíos, IoT continuará progresando. El objetivo de este documento, por lo tanto, es educarlo en términos simples y simples para que pueda conocer bien el IoT y comprender su potencial para cambiar todo lo que sabemos que es verdad hoy. (Madakam et al., 2015)

Al igual que con muchos conceptos nuevos, las raíces de IoT se remontan al Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), desde el trabajo en el Centro de identificación automática. Fundado en 1999, este grupo estaba trabajando en el campo de la identificación de radiofrecuencia en red (RFID) y las tecnologías de detección emergentes. Los laboratorios consistieron en siete universidades de investigación ubicadas en cuatro continentes. Estas instituciones fueron elegidas por el Auto-ID Center para diseñar la arquitectura de IoT. (Evans, 2011)

En 2003, había aproximadamente 6.300 millones de personas viviendo en el planeta y 500 millones de dispositivos conectados a Internet. Al dividir el número de dispositivos conectados por la población mundial, encontramos que había menos de un (0.08) dispositivo por persona. Según Evans, (2011) IoT aún no existía en 2003 porque la cantidad de cosas conectadas era relativamente pequeña dado que los dispositivos ubicuos como los teléfonos inteligentes se acababan de presentar.

El crecimiento explosivo de teléfonos inteligentes y tabletas aumentó la cantidad de dispositivos conectados a Internet a 12.5 mil millones en 2010, mientras que la población humana mundial aumentó a 6.8 mil millones, lo que hace que la cantidad de dispositivos conectados por persona sea más de 1 (1.84 para ser exactos) para La primera vez en la historia.

Refinando aún más estos números, Cisco IBSG estima que IoT "nació" en algún momento entre 2008 y 2009 como se presenta en la ilustración 8. Hoy en día, IoT está en marcha, ya que las

iniciativas como la Piel Planetaria de Cisco, la red inteligente y los vehículos inteligentes continúan progresando.

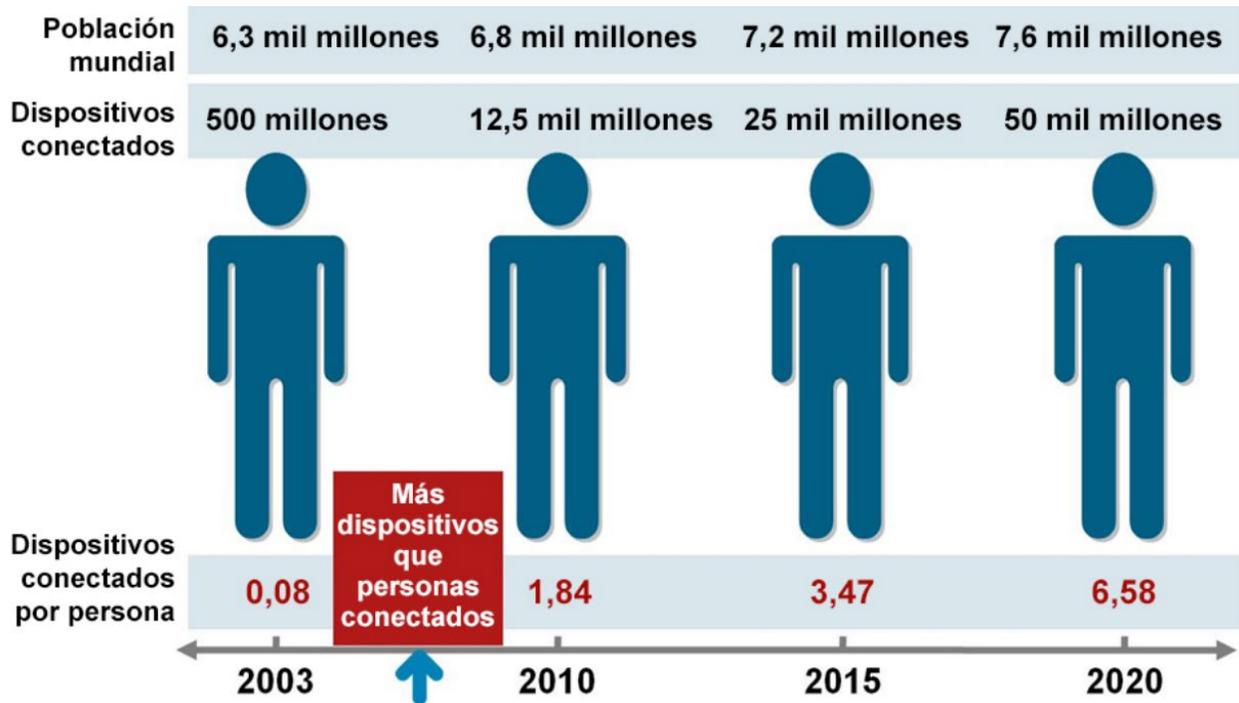


Ilustración 8-Crecimiento del internet de las cosas

Fuente: (Evans, 2011)

Se dice que habrá 25 mil millones de dispositivos conectados a Internet para 2015 y 50 mil millones para 2020. Es importante tener en cuenta que estas estimaciones no tienen en cuenta los rápidos avances en Internet o la tecnología de dispositivos; Los números presentados se basan en lo que hoy se sabe que es cierto.

Además, la cantidad de dispositivos conectados por persona puede parecer baja. Esto se debe a que el cálculo se basa en toda la población mundial, gran parte de la cual aún no está conectada a Internet. Al reducir la muestra de población a personas realmente conectadas a Internet, la cantidad de dispositivos conectados por persona aumenta dramáticamente.

3.4.1 M2M

El Internet de las cosas permite que los objetos se detecten y controlen de forma remota a través de la infraestructura de red existente, creando oportunidades para una integración más directa

entre el mundo físico y los sistemas basados en computadora, y resultando en una mayor eficiencia, precisión y beneficio económico. En IoT, las 'cosas' podrían ser una persona con un monitor cardíaco o un automóvil con sensores incorporados. En IoT, a los objetos se les ha asignado una dirección IP. Ya tenemos IPv4 y nuestros dispositivos electrónicos, como computadoras portátiles y computadoras personales, se están volviendo más sofisticados para comunicarse en IPv6, con IPv6 podríamos ocuparnos de las direcciones IP para casi todos. (Khan & Salah, 2018)

La gran diferencia entre él e IPv4 es el aumento en el espacio de direcciones. Las direcciones IPv4 son de 32 bits; Las direcciones IPv6 son de 128 bits. Al usar IPv6, tenemos una gran cantidad de direcciones IP para satisfacer la necesidad de un tipo de tecnología IoT de próxima aparición. El objeto recopila los datos y los transfiere a través de una red sin intervención. La tecnología integrada les ayuda a interactuar con los estados internos o el entorno externo, lo que a su vez afecta las decisiones tomadas. Por lo tanto, IoT es la técnica en la que conectamos Internet con las cosas que usamos o vemos en nuestro día a día. (Khan & Salah, 2018)

Se espera que IoT ofrezca conectividad avanzada de dispositivos, sistemas y servicios que va más allá de las comunicaciones de máquina a máquina (M2M) y cubre una variedad de protocolos, dominios y aplicaciones. Se espera que la interconexión de estos dispositivos integrados (incluidos los objetos inteligentes) marque el comienzo de la automatización en casi todos los campos. M2M se considera una parte integral del movimiento de Internet de las cosas (IoT), y el término es ampliamente utilizado por expertos de la industria. Cuando una máquina se comunica con otra máquina para acumular información e intercambiar datos, se llama comunicación de máquina a máquina. Puede usar varias redes inalámbricas y cableadas. (Khan & Salah, 2018)

En los últimos días, la comunicación de máquina a máquina incluye la transmisión de datos a aparatos personales. M2M que traerá una revolución en diferentes sectores, por ejemplo: seguridad, servicios de emergencia, mercadeo, etc. La tecnología máquina a máquina (M2M) llegó para quedarse y continuará siendo una de las áreas de más rápido crecimiento en tecnología tanto en empresas como en empresas. Mercados de consumo. (Madakam et al., 2015)

Los dispositivos como el Apple Watch no solo son capaces de decir la hora y proporcionar recomendaciones de restaurantes, sino que también vienen con sensores que monitorean actividades, capturan datos e informan a otros dispositivos o aplicaciones, todo sin mucha intervención humana. En la actualidad, utilizamos cámaras de CCTV en lugares secretos, y después de accidentes por la grabación de la cámara podemos reconocer al culpable. Pero en el futuro, cuando tenga lugar la comunicación m2m, colocaremos la imagen de algunas personas confiables en la memoria de la cámara, y si una cámara captura a una persona que no es una de esas imágenes confiables, la cámara se comunicará inmediatamente con la alarma de seguridad, y la alarma se activará, nos llamará y nos alertará, entonces podemos detener el accidente antes de que suceda.

3.4.2 D2D

Si queremos evitar el enrutamiento a través de la red central, entonces podemos usar los servicios de proximidad para transmitir directamente los datos. Se llama comunicación D2D y tiene una estructura diferente que es diferente de la de una red celular tradicional. Aumenta la eficiencia espectral, la experiencia del usuario y las aplicaciones de comunicación. La comunicación D2D es una comunicación en la cual los dispositivos se comunican entre sí y los dispositivos utilizan el espectro de frecuencia o comparten el espectro de frecuencia para su máxima ventaja. Es una aplicación y comunicación de igual a igual. En él, se utiliza el intercambio de espectro de frecuencia para transmitir los datos, lo cual tiene muchas ventajas. Mejora el rendimiento general, la utilización del espectro y la eficiencia energética. Otra característica destacada es que funcionará incluso cuando el sistema de red esté inactivo por cualquier motivo. (Kalyani & Sharma, 2015)

Estamos entrando en la era de las redes de comunicación rápida, donde los datos y la información se están extendiendo a la velocidad rápida posible mediante el uso de la última generación de tecnología móvil como 4G, LTE y 5G, donde los datos en Gigabytes se pueden transferir en minutos. Si hablamos de la última tecnología, uno de ellos es LTE. LTE, una abreviatura de Long-Term Evolution, comúnmente comercializado como 4G LTE, es un estándar para la comunicación

inalámbrica de datos de alta velocidad para teléfonos móviles y terminales de datos. (Kalyani & Sharma, 2015)

A medida que se han actualizado los estándares de comunicación, las personas utilizan servicios tecnológicos actualizados de alta gama, como navegación web, transmisión, aplicaciones de redes sociales y otros, y se requiere una mayor velocidad de datos para transmitir la información entre los dispositivos. El aumento de las tasas de datos de la agregación de operadores se puede cambiar para obtener una mayor capacidad para aplicaciones pesadas, lo que significa que los operadores pueden elegir un espectro de mayor capacidad para transmitir los datos y brindar al usuario una mejor experiencia. Las personas también están trabajando en 5G de comunicación móvil donde los datos viajarán de un dispositivo a otro de manera más rápida y segura. (Kalyani & Sharma, 2015)

3.5 INTERNET OF EVERYTHING (IOE)

Internet de todo (IoE) es la próxima etapa evolutiva de Internet de las cosas (IoT). Internet de todo describe las conexiones en red entre dispositivos, personas, procesos y datos. Desde los dispositivos que usamos, hasta los autos que manejamos, las ciudades y edificios en los que vivimos, trabajamos y jugamos, Internet of Everything (IoE) está transformando una amplia gama de industrias al dar a las máquinas la capacidad de conectarse y comunicarse con una red u otros dispositivos. Muchos de estos casos de uso requieren conectividad 3G / 4G LTE para administrar máquinas de manera confiable, prácticamente en cualquier lugar, 24/7. LTE se beneficia de la cobertura ubicua, la disponibilidad incomparable y la seguridad robusta inherente de 4G LTE. (Miraz et al., 2015)

IoE, que conecta no solo dispositivos físicos, sino literalmente todo al ponerlos a todos en la red. Va más allá de ser una palabra de moda y una tendencia tecnológica al conectar dispositivos entre sí y a Internet, y ofrece una mayor potencia informática. Esta conexión va más allá de las comunicaciones M2M básicas, y es la interconexión de dispositivos que conduce a la automatización y a las aplicaciones avanzadas "inteligentes". IoE trabaja para conectar más dispositivos a la red, estirando los bordes de la red y expandiendo la lista de lo que se puede

conectar. loE juega un papel importante en todas las industrias, desde el comercio minorista hasta las telecomunicaciones y los servicios bancarios y financieros. (Vargheese & Dahir, 2014)

La conexión a Internet de todo requiere diferentes tipos de conectividad inalámbrica para admitir una amplia gama de requisitos de rendimiento, costo y energía. Desarrollado por estándares globales como Bluetooth, Wi-Fi y 4G LTE, que ofrecen una interoperabilidad perfecta entre múltiples proveedores. IoT, loE, D2D, M2M pueden comunicarse con y sin intervención humana mediante el uso de una rápida conectividad a Internet. Estamos utilizando 3G hasta ahora, la siguiente fase es de 4G / LTE (evolución a largo plazo) y la próxima tecnología de Internet esperada es 5G. 5G tiene más capacidad que sus versiones anteriores y más capacidad para conectar millones de dispositivos / cosas para transferir los datos a través de IPV6. (Daza & Misra, 2017)

Debido a esto, hay muchas aplicaciones y productos que se pueden ofrecer en el mercado; cada herramienta como IoT, loE, etc. está llegando a casi todo en ese nivel de conectividad. El mercado se cambiará a la siguiente dimensión que no estaba disponible en la fase 2G o anterior.

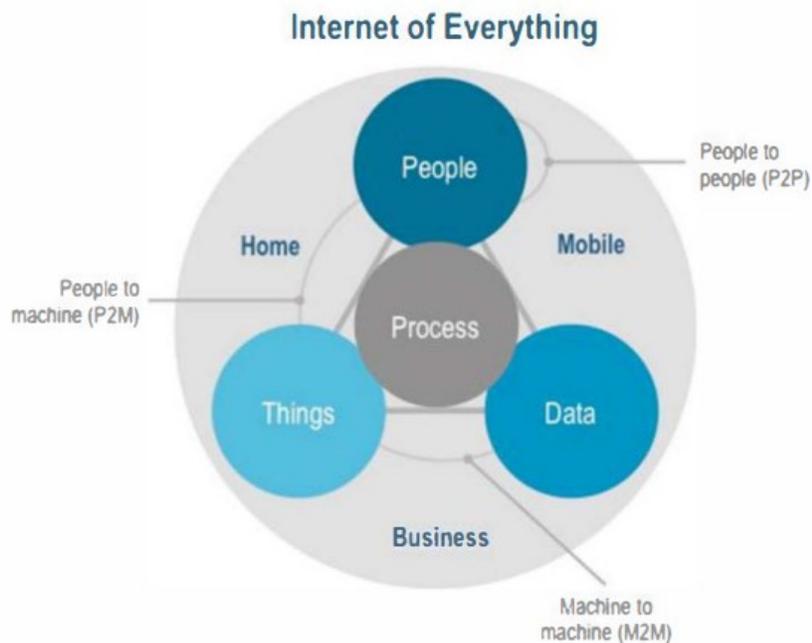


Ilustración 9-Internet of everything

Fuente: (Miraz et al., 2015)

loE se basa en los "cuatro pilares" de personas, datos, procesos y cosas. Mientras que IoT solo se compone de "cosas", como se muestra en la ilustración 9. 10E también extiende los procesos comerciales e industriales para enriquecer la vida de las personas. Los dispositivos independientes del pasado ahora se están conectando a Internet, incluidos los sistemas de máquina a máquina (M2M), de persona a máquina (P2M) y de persona a persona (P2P) (Sianaki et al., 2018). Esta envoltura de personas, procesos, datos y cosas por loE se muestra en la ilustración 10.

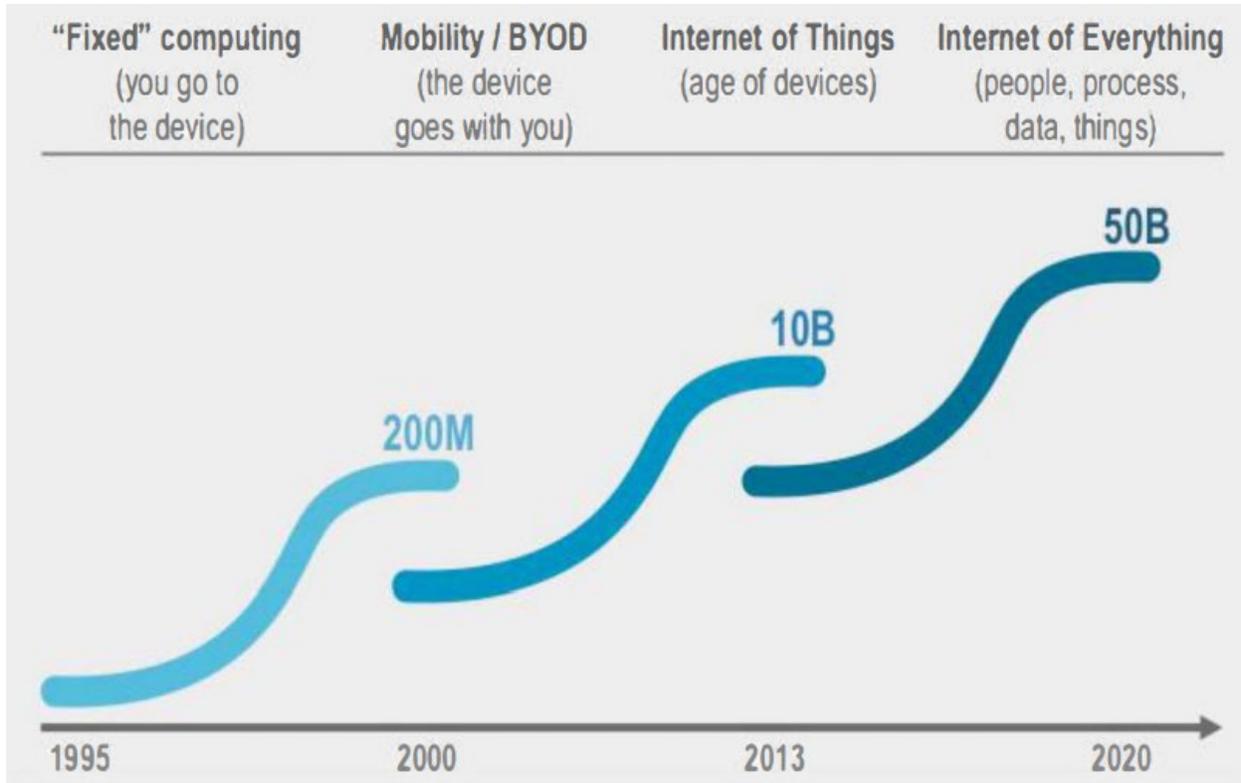


Ilustración 10-Crecimiento del internet

Fuente: (Miraz et al., 2015)

El loE tiene el potencial de extraer y analizar datos en tiempo real de los millones de sensores conectados a él y luego aplicarlos para ayudar a los "procesos automatizados y basados en las personas". Otros beneficios incluyen el uso de 10E para ayudar a lograr objetivos de políticas públicas, sostenibilidad ambiental, objetivos económicos y sociales.

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

La presente investigación es un proyecto aplicado en las telecomunicaciones, referente al área de medios de transmisión, específicamente, basado en fibra óptica. La metodología a seguir para el desarrollo de este proyecto de investigación jugó un papel muy importante, ya que en esta, se detalló el seguimiento realizado, así como las diferentes variables que fueron analizadas a lo largo de toda la investigación, permitiendo manipularlas con el fin de obtener los mejores resultados, para esto se utilizaron diversas técnicas, instrumentos y materiales, además, se detalló este seguimiento a través de diferentes actividades que se presentaron en el cronograma de actividades, todo esto se presenta en este capítulo.

4.1 ENFOQUE

En el presente proyecto de investigación se analizaron diversas variables numéricas, encontradas en el diseño de una red de fibra óptica, por esta razón, se estableció la presente investigación como una investigación con un enfoque cuantitativo. Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2010) mencionan que una investigación cuantitativa se da por aludida al ámbito del análisis numérico de las variables de investigación, se analiza una realidad objetiva con base en las mediciones numéricas y el análisis de estas, con la finalidad de determinar predicciones o patrones de comportamiento del problema planteado.

Debido a que las variables de investigación fueron manipuladas para emplear experimentos y realizar un análisis de causa-efecto para obtener la resolución del problema planteado y obtener el alcance estipulado, se determina que la presente investigación es de tipo experimental. Con esto se obtiene una investigación la cual conlleva un proceso secuencial y deductivo

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Las variables de investigación juegan un papel muy importante en la investigación, ya que son manipuladas y observadas de manera experimental para posteriormente analizar su comportamiento y determinar los efectos de la manipulación. Las variables de investigación se clasificaron en variables dependientes e independientes. En la ilustración 5, se presentan las variables de investigación establecidas para el presente proyecto de investigación.

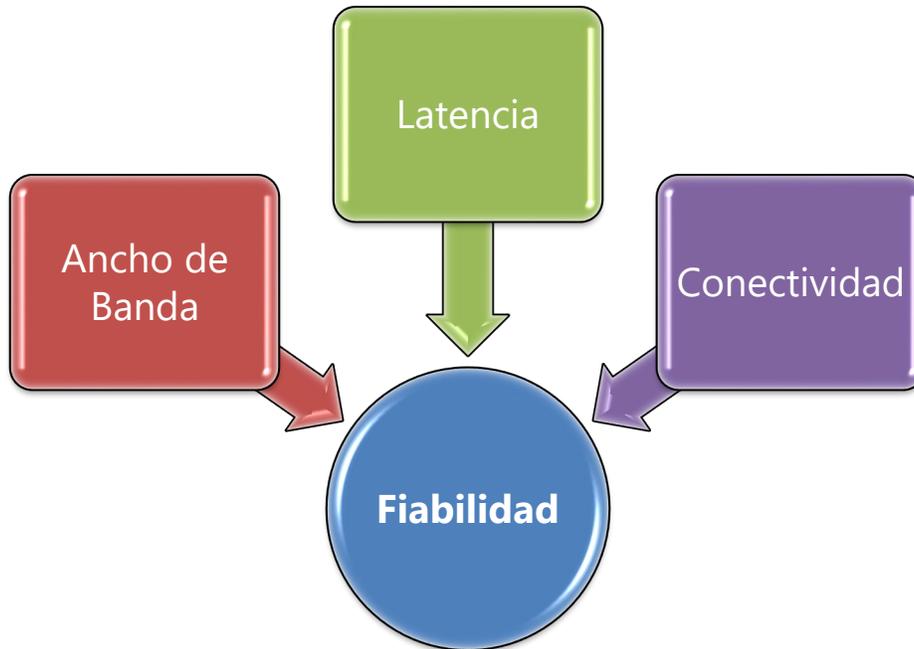


Ilustración 11-VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Fuente: Elaboración Propia

4.2.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Como variable dependiente de investigación fue determinada la fiabilidad de la red de fibra óptica. Básicamente, la fiabilidad hace referencia a cuan a menudo una parte del sistema falla, la capacidad de tener acceso a los recursos del sistema en un alto porcentaje de tiempo teniendo un nivel de servicio consistente.

4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Se establecieron un total de 4 variables independientes de investigación las cuales afectan directamente la fiabilidad de la red de fibra óptica, siendo esta la variable dependiente de investigación. Las 4 variables independientes de investigación se detallan en las subsecciones posteriores.

4.2.2.1 Ancho de Banda

El ancho de banda del sistema afecta directamente la fiabilidad de la red. Este valor estará determinado por el tipo de fibra óptica a utilizar, incluyendo el dispositivo óptico. Para una fibra

multimodo el ancho de banda está limitado por parámetros como dispersión modal y dispersión cromática, incluyendo parámetros del equipo óptico tanto de transmisión como de recepción. Por otro lado, el ancho de banda de una fibra óptica monomodo, está limitada por la dispersión cromática del material, la dispersión cromática de la guía de onda y por parámetros de los equipos de transmisión y recepción.

4.2.2.2 Latencia

Otra variable independiente que afecta directamente la resolución de la fiabilidad de la red es la latencia. La latencia es considerada como el tiempo de retardo que se encuentra entre el momento en que una señal es transmitida y el momento en que llega a su destino y a la vez esta señal ha sido detectado. Cada red de telecomunicaciones presenta diferentes retardos de tiempo, esto depende de la aplicación que tenga la red. En un sistema de comunicación, los diferentes dispositivos que forman parte de una red aportan cierto porcentaje del retardo que posee un paquete para ser entregado.

4.2.2.3 Conectividad

Por otro lado, la conectividad es considerada otra variable independiente que afecta a la fiabilidad de la red diseñada. Que determinar la existencia de conexión estable entre los diversos dispositivos encontrados dentro de la red.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Para poder ejecutar el proyecto, se realizó un proceso investigativo sobre las redes de fibra óptica a través de la adquisición de información confiable en libros, revista académicas y el conocimiento y experiencia de especialistas en el área.

Para el diseño de la red fue necesario apoyarse en el software simulador de redes conocido como Cisco Packet Tracer, que permitió la integración de las diversas tecnologías de comunicación .

4.4 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Para responder al problema de investigación planteado con anterioridad, fue de suma importancia seguir una metodología de estudio, la cual describe los procedimientos, actividades

con el fin obtener resultados contundentes. De esta manera, la presente investigación, fue desarrollada a través de un proceso esquematizado y secuencial, el cual consta de 4 etapas detalladas en la ilustración 9.



Ilustración 12-Metodología de estudio

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la ilustración 9, la primera etapa consiste en la descripción actual y recolección de datos relacionados a las diversas tecnologías y medios de transmisión, con la finalidad de evaluar y observar todas las variables de investigación. Posteriormente, fue diseñada la red con el uso de las tecnologías de comunicación emergente a través de la fibra óptica, determinando, ancho de banda, latencia, entre otros parámetros que permiten la buena fiabilidad de la red. Finalmente, se presentan los resultados obtenidos con los respectivos análisis para entregar conclusiones y recomendaciones hacia futuros investigadores.

4.5 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El desarrollo de la presente investigación fue ejecutado a lo lapso de un tiempo determinado de manera secuencial, se realizaron diferentes actividades que permitieron la finalización adecuada de la investigación, el tiempo total fue de 10 semanas, como se presenta en la tabla 3.

Tabla 3-Cronograma de actividades

Actividades Desarrolladas	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Plantear el problema de investigación	■	■								
Recopilación de la teoría de sustento			■	■						
Presentación de la metodología					■	■				
Diseño de la red							■	■		
Selección de Equipo								■		
Análisis de los resultados obtenidos									■	
Entrega Final										■

Fuente: Elaboración Propia

Se inició con plantear el problema a investigar, los objetivos y alcance del proyecto, además, de los precedentes respecto a la misma temática de investigación. Luego, se recolectó toda la información y conceptos que da sustento a la investigación. Posteriormente fue presentada la metodología a seguir. Seguidamente fue diseñada la red, determinando todos los parámetros necesarios para su respectivo funcionamiento. Además de ello, fue seleccionado el equipo a utilizar dentro de la red diseñada. Con esto se obtienen los resultados con su respectivo análisis. Finalmente se presenta la entrega final del proyecto de investigación en la décima semana.

CAPÍTULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos con su respectivo análisis, a través del seguimiento de la metodología de estudio establecida en el capítulo anterior. Dentro de la presente investigación se busca integrar y converger diversas tecnologías, protocolos de comunicación y medios de transmisión que están siendo muy utilizados a lo largo de los últimos años.

5.1 DISEÑO DE LA RED

Debido a que la finalidad de la presente investigación es la de integrar las tecnologías de comunicación que han emergido en los últimos años se debe diseñar una red tal que esta logra obtener el alcance esperado de la investigación. Lo que se busca integrar en la presente investigación es *Internet of Things* (IoT) o internet de las cosas, *Internet of Everything* con el uso de un medio de transmisión de fibra óptica. Sin embargo, para ello, se deben utilizar otros protocolos para lograr la fiabilidad de la red, entre ellos se distingue Wi-Fi, redes móviles, IPv6, entre otros.

Todo el enrutamiento y direccionamiento utilizado a lo largo del diseño de la red se utiliza el protocolo de internet versión 6 (IPv6), esto se debe principalmente, a que el desarrollo de redes de internet de las cosas exige una gran cantidad de dispositivos conectados a la red, dependiendo de área o fin que se le proporcione a la red. A causa de esto el protocolo de internet versión 4 (IPv4) que desfasado, ya que a nivel mundial la cantidad de dispositivo promedio utilizados por cada persona ha aumentado sustancialmente.

En consecuencia de la gran cantidad dispositivos conectados a la red, estos dispositivos se pueden llegar a encontrar en cualquier parte, desde las casas, el área de trabajo ya sea en la industria en procesos de automatización y/o control, hasta en las oficinas de trabajo, como ser sensores que mantengan un ambiente controlado. De igual manera, a lo largo de toda la ciudad se utilizan dispositivos que la convierten en una ciudad inteligente. De hecho, gracias a la próxima integración de la red móvil de la quinta generación 5G, se espera aun una mayor cantidad de

dispositivos conectados a la red, como ser en el uso dentro de automóviles, para dotarlos de autonomía, mayor control y seguridad.

Por lo tanto, para la presente investigación se tomó en cuenta que el diseño debe de simular los diversos dispositivos en todas estas áreas, que a su vez se encuentran interconectadas a través de un proveedor de servicio de internet (ISP). Por ello, fueron diseñadas diversas zonas en donde se encuentran estos dispositivos interconectados, como ser los dispositivos en un hogar y en el trabajo.

5.2 DISEÑO DE LA RED EN UNA CASA

Inicialmente, fue diseñada la red de una casa, tomando en cuenta los diversos dispositivos generalmente utilizados dentro de la misma, haciendo uso de los protocolos habitualmente utilizados, el Wi-Fi. En la ilustración 13, se presentan los dispositivos utilizados para el diseño de la red en una casa, incluyendo los dispositivos del internet de las cosas.

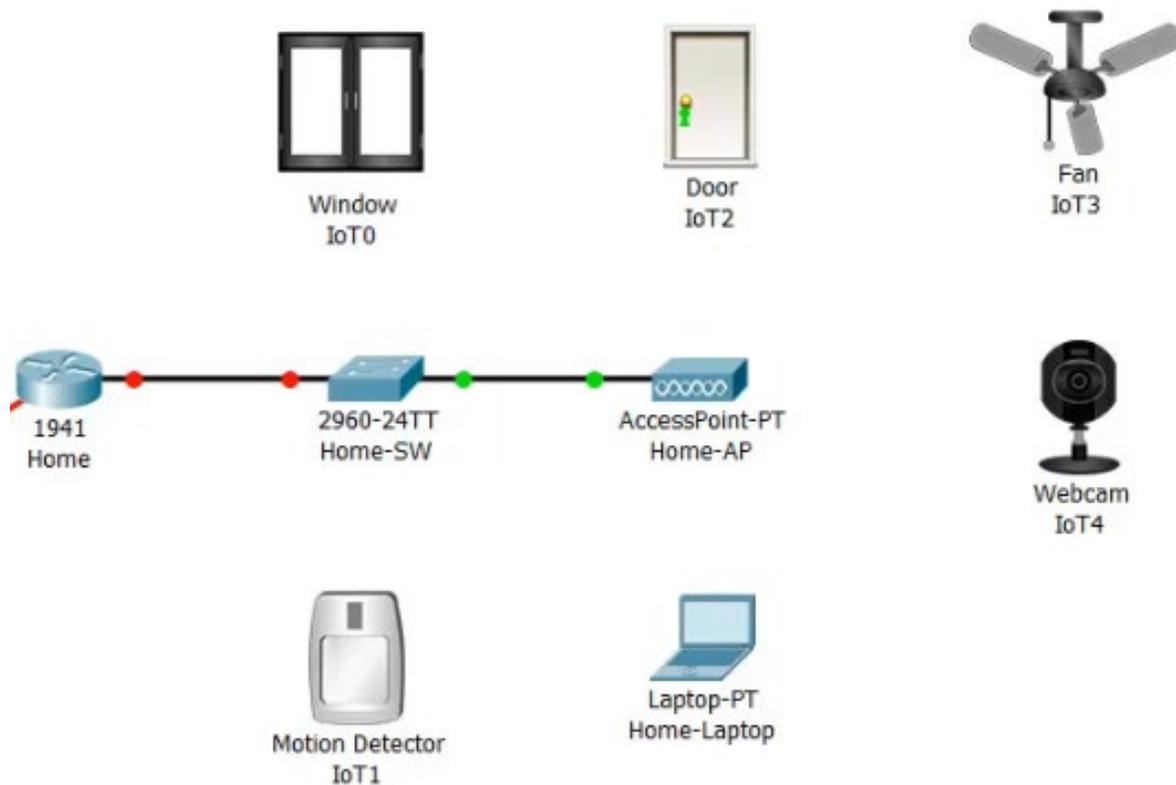


Ilustración 13-Dispositivos utilizados para el diseño la red de una casa

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la ilustración 13, los dispositivos utilizados para el diseño de la red incluyeron el router, que permite la conexión de la red LAN con la WAN o el internet a través del proveedor de servicio de internet (ISP). Dentro de la red LAN, fue utilizado un switch para la conmutación de paquetes de los diversos dispositivos dentro de la red, permitiendo a los mismos conectarse a través de una conexión física o una conexión inalámbrica a través del punto de acceso. De igual manera fueron utilizados dispositivos IoT comúnmente encontrados dentro de una vivienda, entre ellos, son las ventanas, las puertas, los ventiladores, aire acondicionado o calefacción, cámaras, y sensores, sin embargo, se puede encontrar otros dispositivos, como ser accionamiento de las focos, etc. Seguidamente, fueron configurados estos dispositivos para que se encuentren conectados a la red, cabe destacar que el direccionamiento utilizado fue IPv6, en la ilustración 14, se presenta la conexión final de los dispositivos hacia la red.

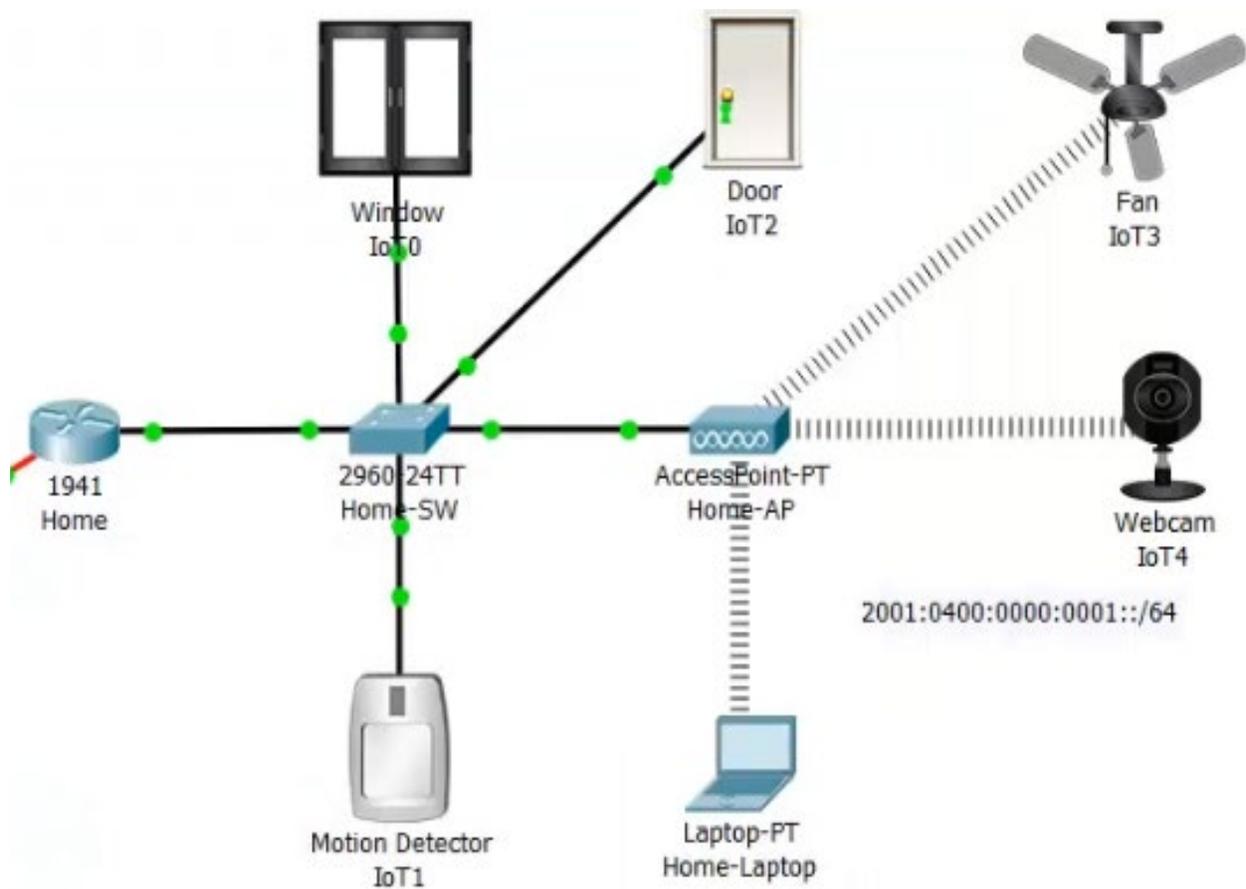


Ilustración 14-Diseño la red de una casa

Fuente: Elaboración Propia

Como se presenta en la ilustración 14, fueron conectados 3 dispositivos conectados directamente al switch a través de un cable Ethernet directo, siendo estos dispositivos, la ventana, la puerta y el detector de movimiento. Los demás dispositivos fueron conectados a la red de forma inalámbrica a través del Wi-Fi, basado en el estándar IEEE 802.11n. De igual manera, fueron utilizados los protocolos de seguridad adecuados para la transmisión de datos a través de Wi-Fi, en este caso fue utilizado el protocolo de seguridad WPA2-PSK. La dirección de la red utilizada en la red LAN es la 2001:0400:0000:0001:: /64, como se muestra en la ilustración 14, o de manera abreviada, 2001:400:0:1:: / 64. Se le asignó una dirección IPv6 dentro de la red según su máscara, a cada dispositivo conectado a la red LAN a través del router de manera dinámica. De igual manera, se logra observar en la ilustración 14, la existencia de buena conectividad de cada dispositivo.

5.3 DISEÑO DE LA RED EN EL TRABAJO

Posteriormente, fue diseñada una red que incluyan dispositivos de red comúnmente utilizados, ya sea en cualquier tipo de industria y oficinas. En la ilustración 15, se muestran los dispositivos utilizados.

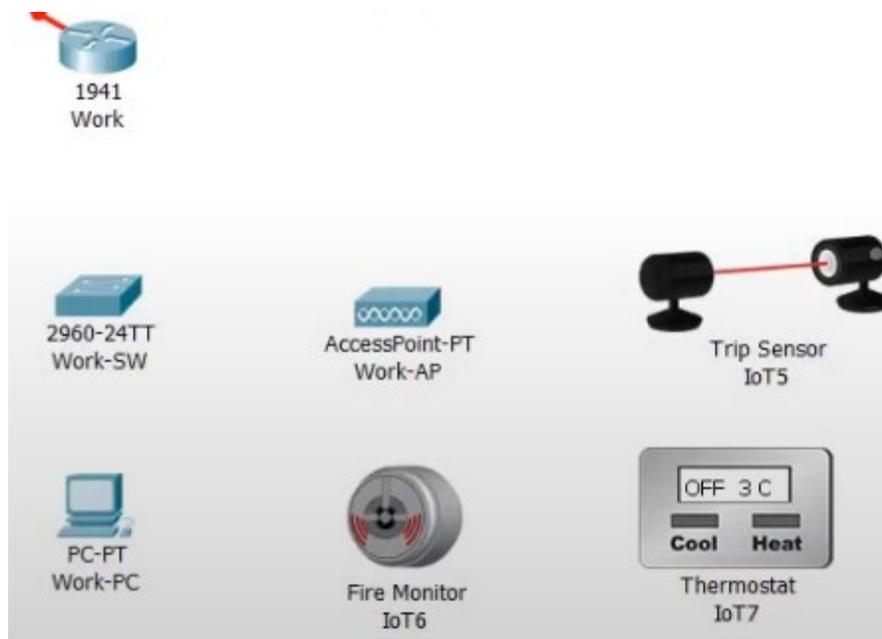


Ilustración 15-Dispositivos utilizados en el diseño de la red en el trabajo

Fuente: Elaboración Propia

Según lo mostrado en la ilustración 15, fueron utilizados diversos dispositivos de red, principalmente, es necesario el uso de un router y un switch. Siendo el router el que permite la conexión de la red LAN del trabajo con el internet o ISP. Por otro lado, el switch permite la conmutación de paquetes de todos los dispositivos que se encuentran conectados a la red LAN del trabajo. Los dispositivos IoT utilizados para el diseño de la red en el área de trabajo fueron el termostato, monitos de incendios, y sensor laser. No obstante, a la red se pueden conectar diversos dispositivos IoT encontrados en el área del trabajo, especialmente, en la industria donde se hace uso de la automatización e ingeniería de control, con el uso de una gran cantidad de sensores y controladores, entre otros dispositivos, ya que todos ellos pueden llegar a integrarse a la red y formar una industria inteligente, o en otras palabras, una industria de la cuarta revolución, industria 4.0. Seguidamente, fueron configurados estos dispositivos para establecer la conectividad, en la ilustración 16, se presenta el diseño de la red del área de trabajo.

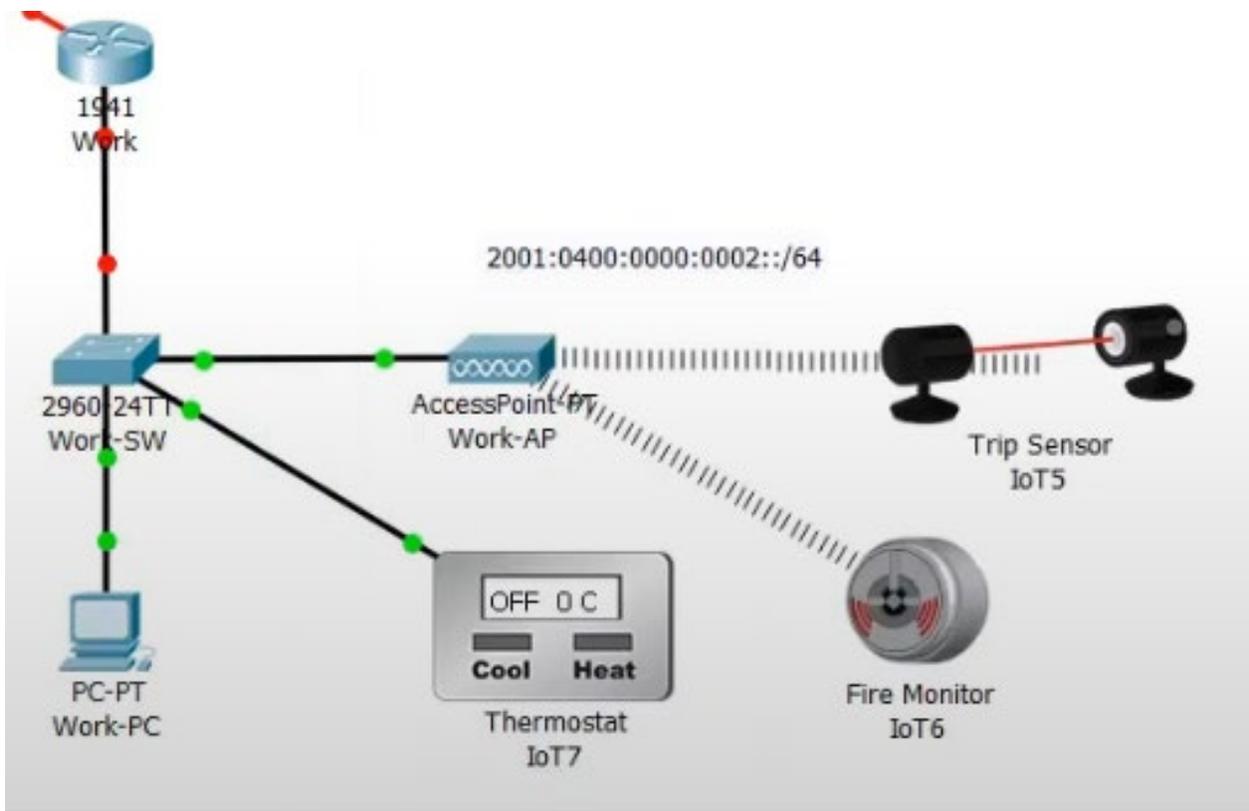


Ilustración 16-Diseño de la red en el trabajo

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a lo obtenido en la ilustración 16, la computadora de escritorio y el termostato fueron conectados directamente a la red a través de un medio físico. Por otro lado, los demás dispositivos IoT, fueron conectados de manera inalámbrica por medio del protocolo Wi-Fi. Haciendo uso de los respectivos protocolos de seguridad que permiten la comunicación de información segura, en este caso fue utilizado el protocolo WPA2-PSK. A cada dispositivo se le asignó una dirección IPv6, dentro de la red 2001:0400:0000:0002:: /64, tal como se detalla en la ilustración 16, o de manera abreviada, 2001:400:0:2:: /64. Igualmente, se puede observar que los dispositivos se encuentran conectados correctamente hacia la red LAN.

5.4 DISEÑO DE LA RED MÓVIL

Debido al gran incremento de dispositivo y a la necesidad de que todo se encuentre interconectado, también es necesario hacer uso de las redes móviles que permiten integrar estas tecnologías de comunicación. En la ilustración 17, se muestran los dispositivos utilizados para el diseño de la red móvil.

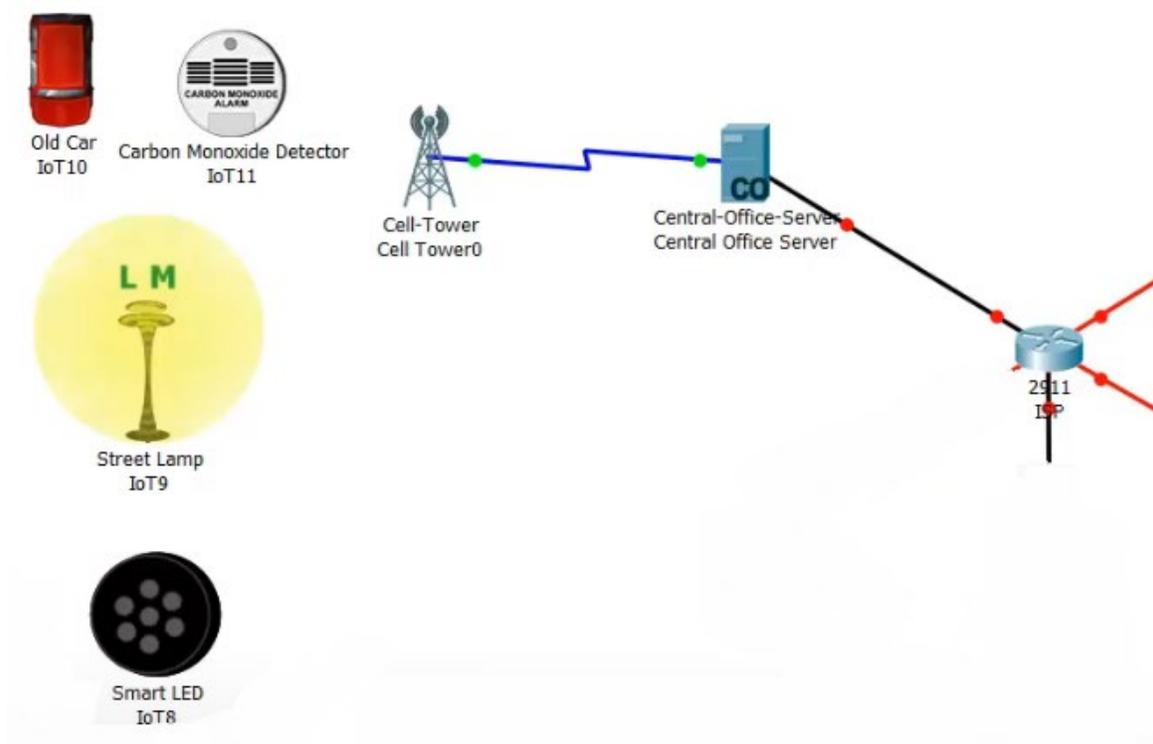


Ilustración 17-Dispositivos utilizados en el diseño de la red móvil

Fuente: Elaboración Propia

Tal como se muestra en la ilustración 17, fueron utilizados diversos dispositivos de red para lograr la integración de todas las tecnologías de comunicación. Inicialmente, fue utilizada una antena de telefonía móvil, que permite la comunicación inalámbrica entre muchos dispositivos que se encuentren dentro de su zona. Que a su vez se comunica directamente con la central telefónica, la cual se encuentra conectada hacia un proveedor de servicio de internet (ISP). La antena de telefonía móvil no solamente permite la comunicación entre un teléfono móvil e internet a través de los datos móviles, de hecho, permite la comunicación entre cualquier dispositivo e internet, como ser dispositivos IoT. Para el presente diseño de la red, fueron utilizados 4 dispositivos IoT, entre ellos un detector de dióxido de carbono, una lámpara de la carretera, un LED inteligente y un automóvil. Sin embargo, con la aparición de la tecnología 5G, la cantidad de dispositivos utilizados en la ciudad aumentarían. Posteriormente, fueron configurados todos estos dispositivos, en la ilustración 18, se detalla.

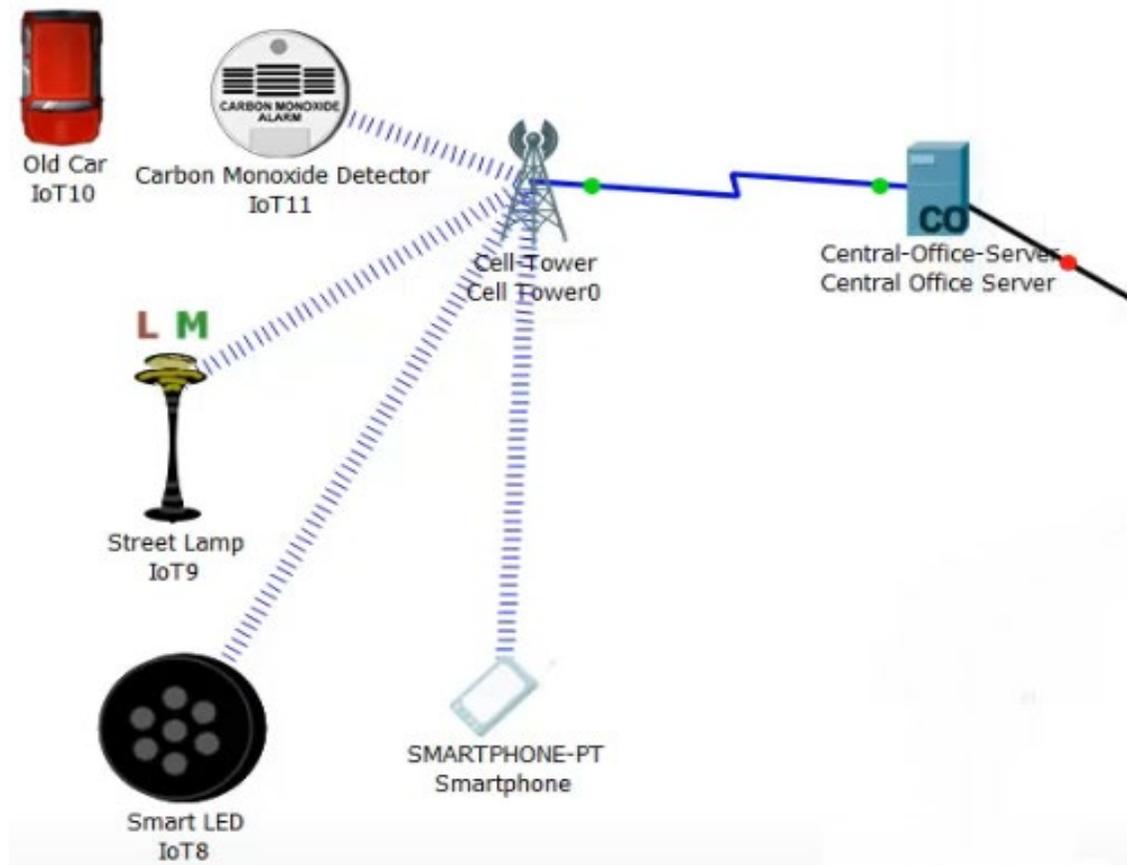


Ilustración 18-Diseño de la red móvil

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados de la ilustración 18, todos los dispositivos IoT fueron conectados de manera inalámbrica a la torre celular, de igual manera, fue añadido un teléfono inteligente dentro de la red de telefonía móvil. Cabe destacar que la antena de telefonía móvil hace uso de 3G/4G para la comunicación entre los dispositivos conectados en su zona y la central telefónica, que permite la conexión a internet. La red asignada a los dispositivos conectados a la torre celular es 2001:0400:0000:0005::/64, o de manera abreviada, 2001:400:0:5::/64.

5.5 DISEÑO DE LA RED FINAL

Finalmente, luego de tener cada las diferentes redes que hacen uso de dispositivos IoT se prosiguió a la integración de todas estas redes que permitan la conexión entre todo. Para ello, primeramente, cada red diseñada de cada área debe estar conectada al ISP, en práctica, no necesariamente debe ser el mismo ISP. Sin embargo, para fines de diseño en la presente investigación, todas las redes de las diversas áreas se encuentran conectada con el mismo ISP, representado por el router central de la ilustración 19, y etiquetado como ISP.

Por lo tanto, el router ISP se encuentra directamente conectado con el respectivo router de cada red diseñada con anterioridad, o con la central telefónica, en el caso de la red de telefonía móvil. Estas conexiones fueron realizadas a través del medio de transmisión de fibra óptica, esto se debe principalmente, a que a causa de que todo se encuentre conectado a través de internet, la cantidad de datos que se estarán moviéndose a través del ISP serán grandes cantidades de datos. Por ello, la el medio de fibra óptica permita una mayor velocidad de transmisión de información, dándole una mayor fiabilidad a la red diseñada.

Para la conexión entre cada router es necesario asignar una red que permite la comunicación entre los dispositivos de red a través del enrutamiento de las direcciones IPv6. Las redes asignadas para cada enlace se presentan en la ilustración 19. El enlace asignado entre el ISP y la red del hogar se le asignó la red 2001:0400:0000:0006:: /64, o 2001:400:0:6:: /64. Por otro lado, para el enlace que conecta al ISP con el área de trabajo se le asignó la red 2001:400:0:7:: /64. La conexión existente entre el ISP y la central telefónica que permite la comunicación de los dispositivos de la torre celular es la red 2001:400:0:9:: /64.

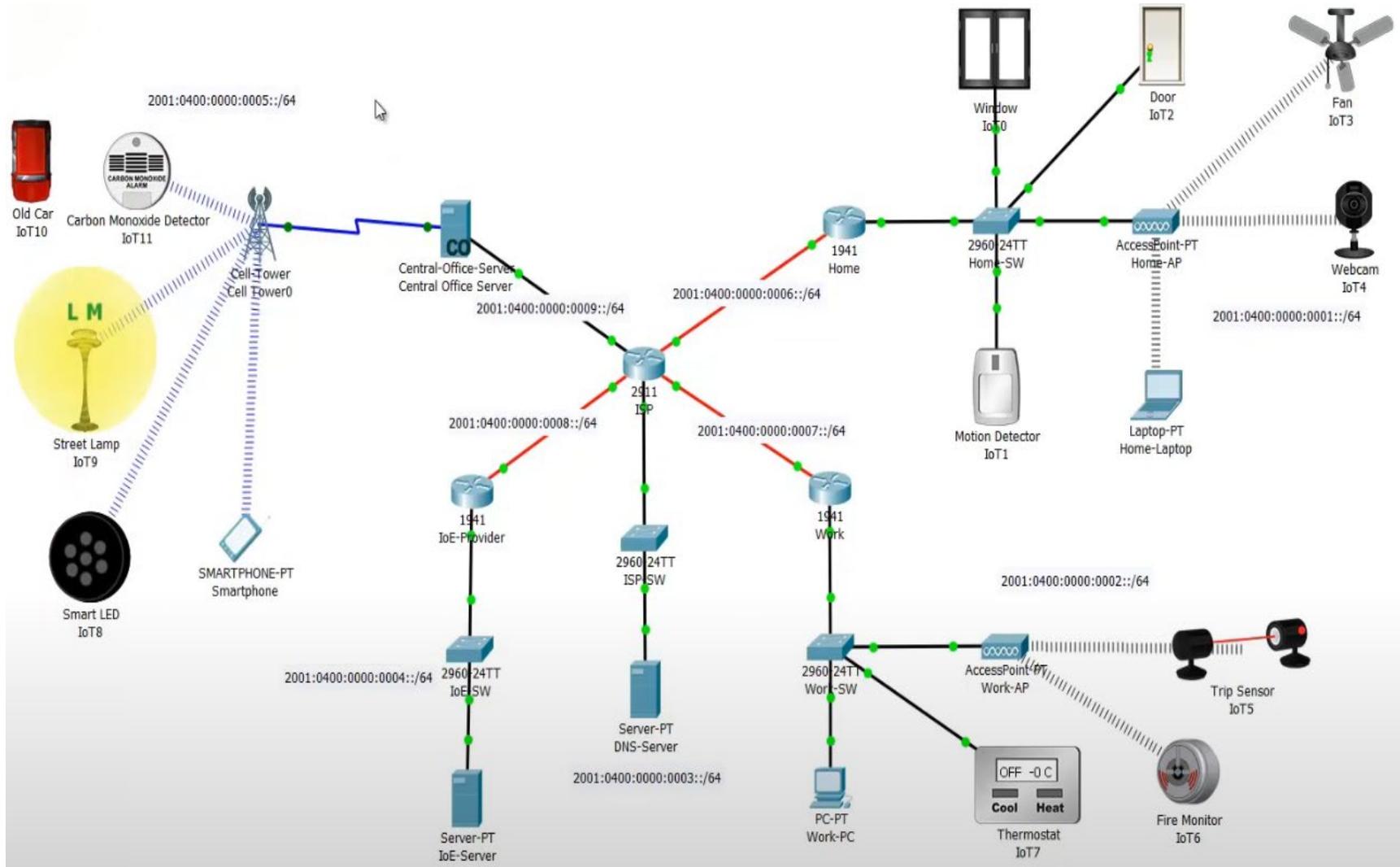


Ilustración 19-Diseño de la red final

Fuente: Elaboración Propia

Para lograr establecer la comunicación adecuada entre las diversas redes integradas, es necesario el enrutamiento apropiado de las diversas redes que se encuentran dentro de la topología. Por lo tanto, para la presente investigación del diseño de la red, fue utilizado el enrutamiento dinámico. Existen diversos protocolos de enrutamiento dinámico donde cada uno varía su funcionamiento. Uno de los más utilizadas es el OSPF, que posee 3 versiones diferentes. A causa de que el diseño de la red consiste esencialmente en direccionamiento de IPv6, la versión utilizada fue la última, la versión 3. Este protocolo fue configurado en cada uno de los dispositivos de red dentro de la topología.

De igual manera, para el ISP fue asignado un servidor DNS, que permite la conexión de todas las redes y dispositivos la conexión a internet. También se incluyó dentro de la topología un servidor IoE, el cual permite la conexión de todos los dispositivos.

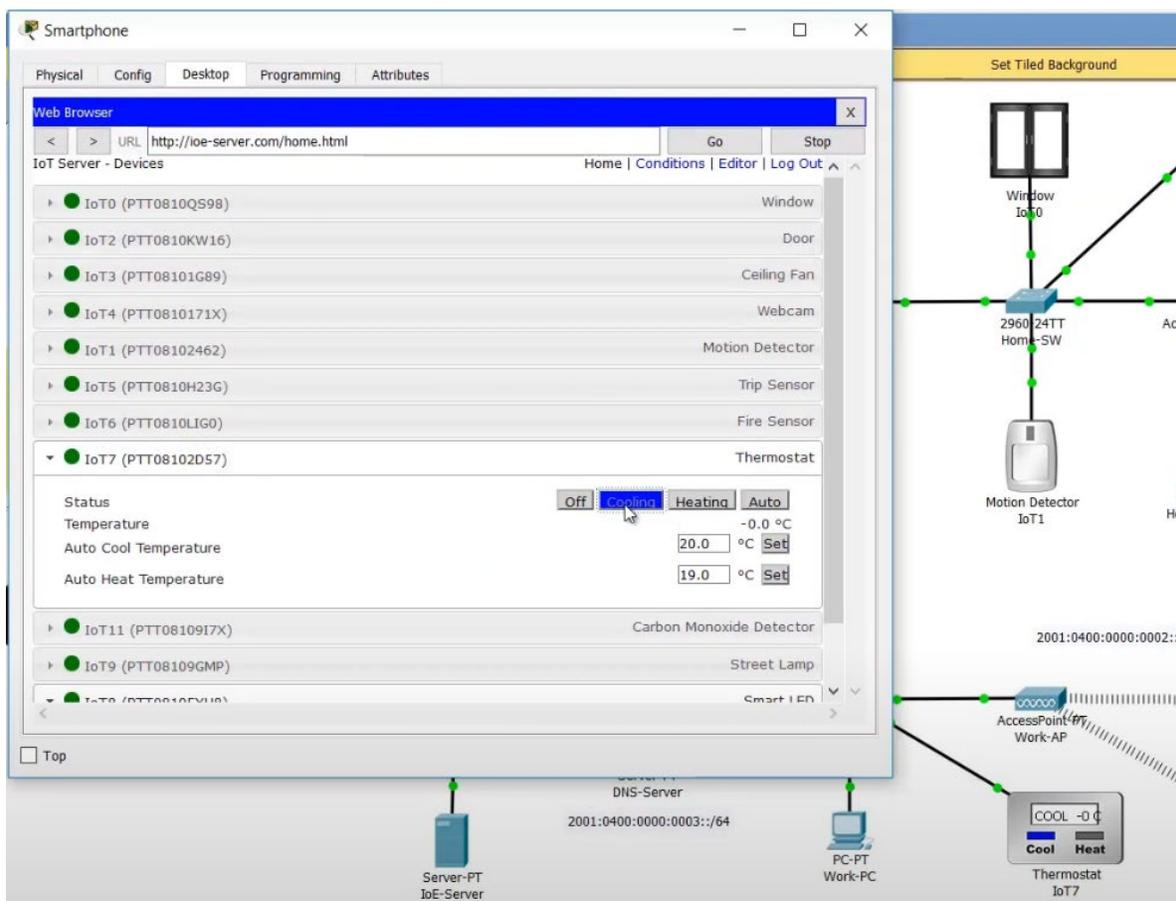


Ilustración 20-Control del termostato

Fuente: Elaboración Propia

Una vez finalizada la configuración de la red, se procedió a la verificación de la conectividad de la red diseñada. Para ello fue controlado el termostato a través del teléfono inteligente que se encuentra dentro de la red de la red móvil, y el termostato se encuentra dentro de la red de trabajo, tal y como se muestra en la ilustración 20.

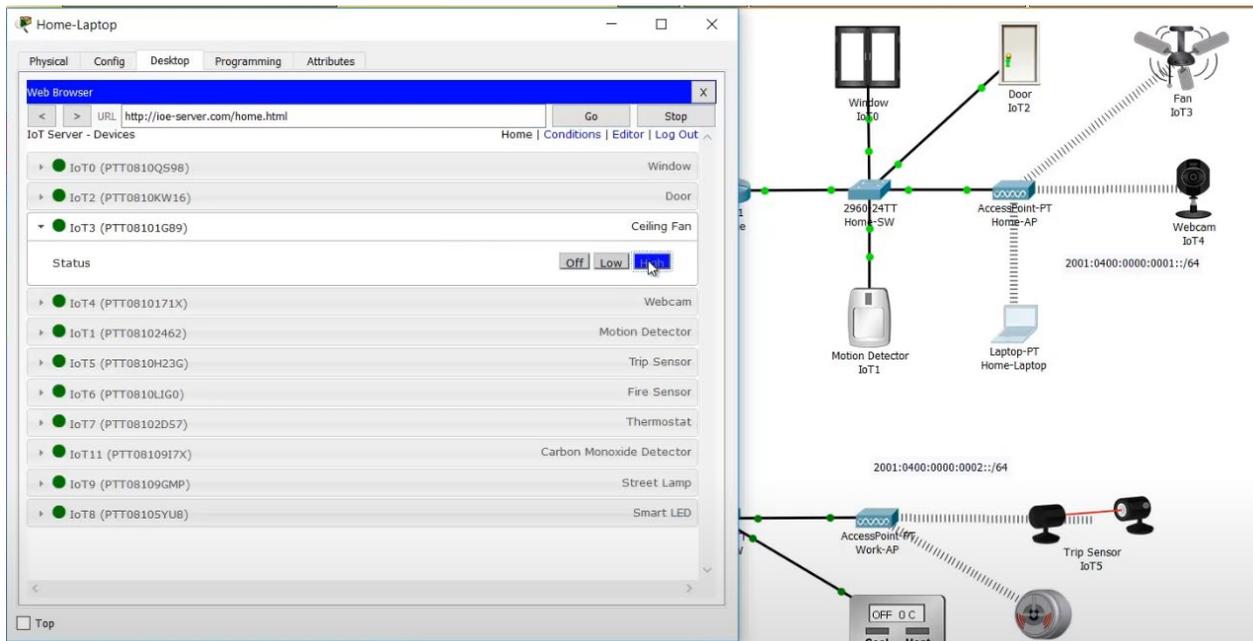


Ilustración 21-Control del ventilador

Fuente: Elaboración Propia

De igual manera, como se presenta en la ilustración 21, se posee control sobre todos los dispositivos IoT, aun estando en la misma red LAN, se puede controlar los dispositivos IoT. En este caso, a través de la laptop es controlada la velocidad del ventilador. Este control sigue siendo a través de internet a pesar de que ambos dispositivos se encuentra dentro de la misma red local. Esto se debe a que cualquier usuario que ingrese a la siguiente dirección URL <http://ioe-server.com> e ingrese las respectivas credenciales, como se muestra en la ilustración 22, puede tener control sobre todos los dispositivos IoT, independientemente de la ubicación que se encuentre el dispositivo por el cual el usuario desea ingresar a la URL para el control de los dispositivos.

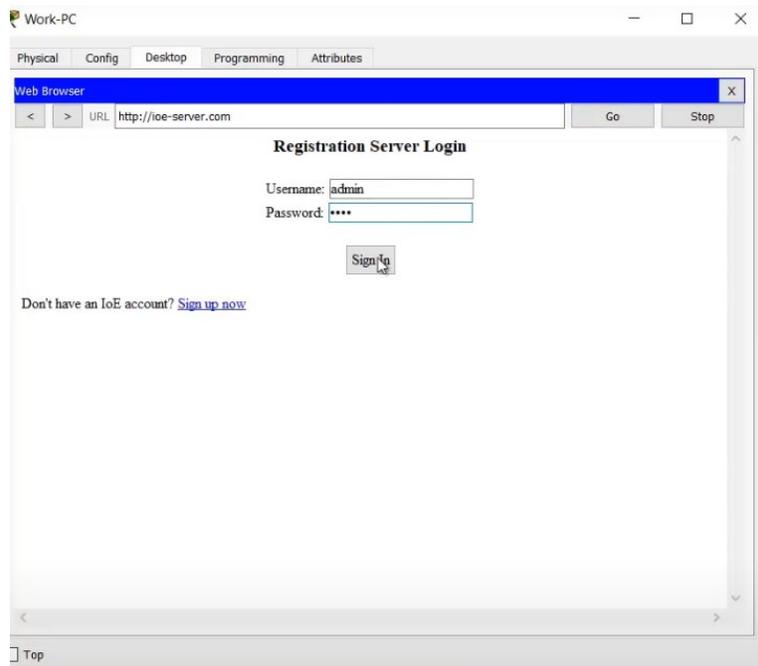


Ilustración 22- Acceso al control de los dispositivos IoT

Fuente: Elaboración Propia

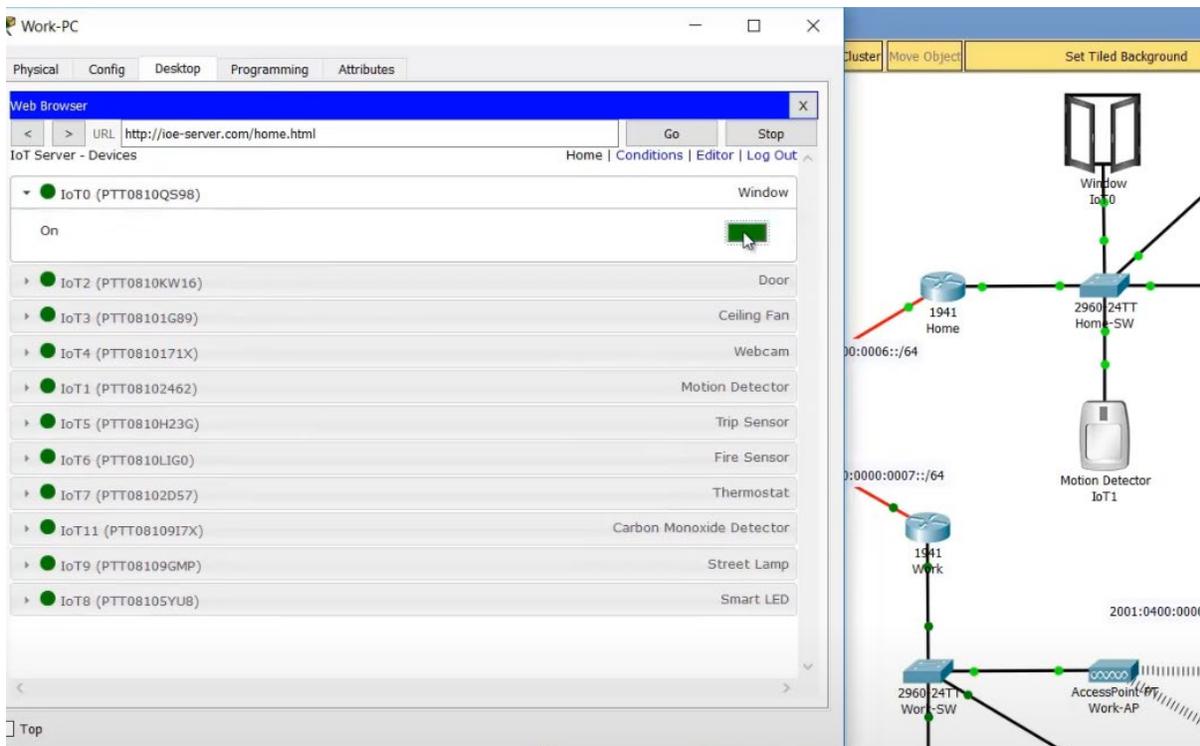


Ilustración 23- Control sobre la ventana

Fuente: Elaboración Propia

Como se presenta en la ilustración 23, desde la computadora que se encuentra en la red de trabajo, puede llegar a controlar la ventana IoT que se encuentra dentro de la red de la casa a través del internet.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el capítulo anterior se formular las conclusiones que permiten responder a las preguntas de investigación planteadas al inicio de la investigación.

6.1 CONCLUSIÓN GENERAL

Se logró diseñar una red la cual logró integrar diversas tecnologías y protocolos de comunicación que permite que todos los dispositivos se encuentren conectados independientemente de la ubicación de estos dispositivos. A través del internet de las cosas (IoT) y el internet de todo (IoE), se permitió la conexión de todos los dispositivos, aplicando un enrutamiento dinámico con el uso de direccionamiento IPv6. Con el uso del medio de transmisión de fibra óptica, obteniendo de tal manera, la mejor velocidad de transmisión posible.

6.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- 1) Los dispositivos necesarios para el diseño de la red, consistieron en diversos dispositivos IoT que se busca controlar, para ello es necesario el uso de equipo de redes, de tanto de capa 3 y capa 2 según el modelo OSI, para realizar el enrutamiento y conmutación de los datos transmitidos, respectivamente.
- 2) Para el control de los dispositivos IoT fue utilizado el servidor IoE, que permitió tener control sobre todos los dispositivos IoT, solamente con ingresar a la dirección URL <http://ioe-server.com> y junto a ello ingresar las credenciales del usuario, de tal manera se mantiene la seguridad de los dispositivos controlados.
- 3) Con la incorporación de la telefonía móvil a través de la torre celular el usuario puede ingresar prácticamente, desde cualquier ubicación desde su teléfono inteligente, solamente debe tener acceso a internet.

CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES

A partir de las conclusiones realizadas, en el presente capítulo se detallan diversas recomendaciones para futuras investigaciones.

- 1) Se recomienda la integración de la nueva generación emergente de telefonía móvil, la quinta generación 5G. La cual permite una gran cantidad de dispositivos conectados a altas velocidades de transmisión de datos.

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, M., Castagna, A., Cristiani, P., Zunino, P., Roldós, E., & Sandler, G. (2009). Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH). *Facultad de Ingeniería, Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica*, 7, 38-46.
- Abreu, Ma. (2009). *Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH)*.
- Bailey, D., & Wright, E. (2003). *Practical fiber optics*. Newnes.
- Bartlett, E. R. (2005). *Cable communications technology*. McGraw-Hill.
- Chang, K. (Ed.). (1997). *Microwave passive and antenna components* (Paperback ed). Wiley.
- Chomycz, B. (1998). *Instalaciones de fibra óptica: Fundamentos, técnicas y aplicaciones*. McGraw-Hill Interamericana.
- Daza, L., & Misra, S. (2017). Beyond the internet of things: Everything interconnected: Technology, communications and computing [book review]. *IEEE Wireless Communications*, 24(6), 10-11.
- España Boquera, M.-C. (2003). *Servicios avanzados de telecomunicación*. Díaz de Santos.
- Espinoza Briggs, C. E., & Baque Choez, J. R. (2009). *ESTUDIO, ANALISIS Y PROPUESTA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED GPON PARA LA UCSG*.
- Evans, D. (2011). The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. *Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG)*.
- Farooq, M. U., Waseem, M., Mazhar, S., Khairi, A., & Kamal, T. (2015). A Review on Internet of Things (IoT). *International Journal of Computer Applications*, 133(1).

FOA *Reference Guide To Fiber Optics*. (s. f.). Recuperado 22 de mayo de 2020, de <https://www.thefoa.org/ESP/Introduccion.htm>

Grosz, D. F. (2005). Sistemas de Comunicación por Fibra Óptica de Alta Capacidad. *CSI Boletín*, 51, 22-33.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5a ed). McGraw-Hill.

Huidobro Moya, J. M., & Roldán Martínez, D. (2004). *Redes y servicios de banda ancha: Tecnologías y aplicaciones*. McGraw-Hill Profesional.

Jardón Aguilar, H., & Linares, R. (2001). *Sistemas de Comunicaciones por Fibras Ópticas*. Alfaomega Grupo Editor, S. A. de C. V.

Kalyani, V. L., & Sharma, D. (2015). IoT: Machine to Machine (M2M), Device to Device (D2D) Internet of Everything (IoE) and Human to Human (H2H): Future of Communication. *Journal of Management Engineering and Information Technology (JMEIT)*, 2(6), 17-23.

Keiser, G. (2003). *Optical Fiber Communications*. John Wiley & Sons, Inc.

Keiser, G. (2010). *Optical fiber communications* (4. ed, intern. ed). McGraw-Hill.

Khan, M. A., & Salah, K. (2018). IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges. *Future Generation Computer Systems*, 82, 395-411.

Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, 3(5), 56616.

- Marín Salazar, R., & Vélez Cano, L. F. (2001). *Fundamentos de Fibra Óptica*. Gerencia de Telecomunicaciones Unidad Capacitación.
- Miraz, M. H., Ali, M., Excell, P. S., & Picking, R. (2015). A review on Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE) and Internet of Nano Things (IoNT). *2015 Internet Technologies and Applications (ITA)*, 219-224.
- Petriella, Ma. (2018). *Fotodiodos PN, PIN, APD*.
- Pobres, A. de L. (2020, mayo 14). *¿Cuál es la diferencia entre FTTC y FTTP? Internet de fibra explicado*. TecnoLoco. <https://tecnoloco.istocks.club/cual-es-la-diferencia-entre-fttc-y-ftp-internet-de-fibra-explicado/2020-05-14/>
- Rubio Martínez, B. (1994). *Introducción a la ingeniería de la fibra óptica*. Addison-Wesley Iberoamericana.
- Sendín Escalona, A. (2000). *Tecnologías de acceso para las icts. El instalador, los servicios y las redes de telecomunicaciones*. Ediciones Experiencia. <http://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=3227405>
- Sianaki, O. A., Yousefi, A., Tabesh, A. R., & Mahdavi, M. (2018). Internet of Everything and Machine Learning Applications: Issues and Challenges. *2018 32nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA)*, 704-708.
- Tomasi, W. (2001). *Electronic communications systems: Fundamentals through advanced*. Prentice Hall.

Vargheese, R., & Dahir, H. (2014). An IoT/IoE enabled architecture framework for precision on shelf availability: Enhancing proactive shopper experience. *2014 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 21-26.