



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA RESOLUCIÓN
DE FALLAS EN NODOS ÓPTICOS Y AMPLIFICADORES DE UNA RED TRONCAL HFC,
PLANTA EXTERNA**

Hesler Byron David Hernández Morales

Asesorado por el Mtro. Miguel Eduardo García Juárez

Guatemala, abril de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA RESOLUCIÓN
DE FALLAS EN NODOS ÓPTICOS Y AMPLIFICADORES DE UNA RED TRONCAL HFC,
PLANTA EXTERNA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HESLER BYRON DAVID HERNÁNDEZ MORALES
ASESORADO POR EL MTRO. MIGUEL EDUARDO GARCÍA JUÁREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, ABRIL DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
EXAMINADOR	Ing. Jorge Luis Pérez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Sergio Leonel Gómez Bravo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA RESOLUCIÓN DE FALLAS EN NODOS ÓPTICOS Y AMPLIFICADORES DE UNA RED TRONCAL HFC, PLANTA EXTERNA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 12 de enero de 2022.

Hesler Byron David Hernández Morales



EEFFI-PP-0184-2022

Guatemala, 12 de enero de 2022

Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela De Ingeniería Mecánica Eléctrica
Presente.

Estimado Ing. Rivera

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA RESOLUCIÓN DE FALLAS EN NODOS ÓPTICOS Y AMPLIFICADORES DE UNA RED TRONCAL HFC, PLANTA EXTERNA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Infraestructura de red - Infraestructura de red**, presentado por el estudiante **Hesler Byron David Hernández Morales** carné número **201144766**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ingeniería Para La Industria Con Especialidad En Telecomunicaciones.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

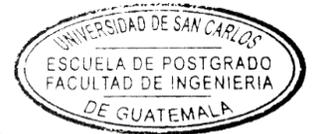
Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Miguel Eduardo García Juárez
Ingeniero en Electrónica, Informática y Ciencias de la Computación
Colegiado: 7982

Mtro. Miguel Eduardo García Juárez
Asesor(a)

Mtro. Mario Renato Escobedo Martínez
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIME-0184-2022

El Director de la Escuela De Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA RESOLUCIÓN DE FALLAS EN NODOS ÓPTICOS Y AMPLIFICADORES DE UNA RED TRONCAL HFC, PLANTA EXTERNA**, presentado por el estudiante universitario **Hesler Byron David Hernández Morales**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

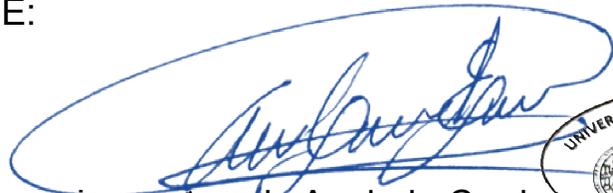
Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela De Ingeniería Mecánica Eléctrica

Guatemala, enero de 2022

LNG.DECANATO.OI.283.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA RESOLUCIÓN DE FALLAS EN NODOS ÓPTICOS Y AMPLIFICADORES DE UNA RED TRONCAL HFC, PLANTA EXTERNA**, presentado por: **Hesler Byron David Hernández Morales**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, abril de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la sabiduría y fortaleza necesaria que me permitieron alcanzar todas mis metas trazadas.
- Mis padres** Héctor Franco y Aleida Morales, que siempre me apoyaron incondicionalmente, moral y económicamente para ser un profesional.
- Mis hermanos** Esteban, María Franco y Bremily Cantillano, por el apoyo incondicional que me brindaron siempre en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria.
- Mis abuelos** Nicomedes Morales (q. e. p. d.), Irene González y Miriam Sagastume (q. e. p. d.), porque Dios los puso en mi camino para ser de bendición e inspiración a mi vida.
- Mis tíos** Porque nunca faltaros sus palabras de ánimo y apoyo cuando lo necesité.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por abrir sus puertas para ser mi casa de estudios y darme el privilegio de prepararme como profesional.

Facultad de Ingeniería

Por ser la guía durante el transcurso de mi carrera profesional.

Asesor

Mtro. Ing. Miguel Eduardo García Juárez, por su disposición y buen deseo al asesorar este diseño de investigación.

Catedrático

Mtro. Ing. Carlos Fernando Navarro Fuente, por su colaboración y apoyo en el proceso de elaboración del presente trabajo de graduación.

Mis amigas

Claudia Cantillano, Emely Corea, Carol Hernández por la motivación y apoyo que siempre me dieron cada año de mi carrera.

**Mis amigos de la
Facultad**

Por darme su amistad, aprecio y cariño, tanto dentro como fuera de la universidad, por todos esos momentos que compartimos y que seguiremos compartiendo.

**Mis compañeros
de trabajo**

Troncales El Naranja y Monte Verde Planta Externa Claro, por la motivación y apoyo que me dieron siempre.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3.1. Descripción general.....	5
3.2. Definición del problema	5
3.2.1. Especificación del problema	6
3.2.2. Delimitación del problema	7
3.2.3. Pregunta principal de investigación	7
3.2.4. Preguntas complementarias de investigación	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
6.1. Esquema de solución	13

6.2.	Ubicación del área y lugar de estudio	16
7.	MARCO TEÓRICO	17
7.1.	Red HFC	17
7.1.1.	Fundamentos de redes HFC	17
7.1.2.	Características de redes HFC	17
7.1.3.	Tecnología DOCIS	18
7.1.4.	Arquitecturas de red HFC.....	18
7.2.	Receptor óptico	19
7.2.1.	Operación del receptor óptico	20
7.2.1.1.	Módulos ópticos	21
7.2.1.2.	Módulos de RF del receptor	22
7.2.1.3.	Fuente de alimentación del receptor óptico.....	23
7.3.	Fuentes de voltaje	24
7.3.1.	Módulos de funcionamientos de las fuentes de voltaje.....	24
7.3.2.	Operación en línea	25
7.3.3.	Operación en respaldo	26
7.4.	Amplificadores.....	26
7.4.1.	Funcionamiento.....	26
7.4.2.	Componentes	27
7.5.	Componentes pasivos de red HFC	27
7.5.1.	Coplas direccionales	27
7.5.1.1.	Análisis del comportamiento de la copla.....	28
7.5.2.	Splitters	29
7.5.3.	Taps de distribución	29
7.5.3.1.	Ecuador en tap.....	30

	7.5.3.2.	Simulador en tap.....	31
7.6.		Cable de distribución RG-500.....	31
	7.6.1.	Característica.....	31
7.7.		Estándares de funcionamiento de componentes activos de una red HFC	31
	7.7.1.	Potencia óptica	32
	7.7.2.	Suministro eléctrico	32
	7.7.3.	Voltaje y corriente de operación	33
	7.7.4.	Conexiones de equipos activos de una red HFC (según el fabricante)	33
	7.7.4.1.	Instalación del receptor óptico en campo.....	34
	7.7.4.2.	Instalación de amplificadores.....	34
	7.7.5.	Ruido de retorno en red troncal HFC.....	36
	7.7.5.1.	Definición.....	36
	7.7.5.2.	Características.....	36
	7.7.5.3.	Causas	37
7.8.		Mantenimiento en una red troncal HFC	37
7.9.		Base de datos.....	38
8.		PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	39
9.		MARCO METODOLÓGICO	43
	9.1.	Diseño de la investigación	43
	9.2.	Enfoque de la investigación.....	44
	9.3.	Instrumentos de recolección de datos	45
	9.4.	Técnicas de análisis de datos.....	45
	9.5.	Operativización de variables.....	45
	9.6.	Tipo de muestreo.....	46

9.7.	Programa para el análisis de datos	46
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	47
11.	CRONOGRAMA	49
12.	RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	51
13.	REFERENCIAS	53

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución	15
2.	Localización de área de estudio	16
3.	Arquitectura de red.....	19
4.	Nodo óptico	20
5.	Tarjeta o módulos ópticos real: (a) receptor, (b) transmisor	21
6.	Diagrama de energía de la fuente interna del receptor óptico.....	24
7.	Fuente modular	25
8.	Diagrama de bloques de una copla direccional.....	28
9.	Tap 26 de 4 puertos	30
10.	Cronograma de actividades	49

TABLAS

I.	Costo del estudio	51
----	-------------------------	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperio
C	Capacitancia
I	Corriente
dBm	Decibel relativo a 1 miliwatt
dB	Decibeles
<i>f</i>	Frecuencia
<i>f_c</i>	Frecuencia de central
<i>f_o</i>	Frecuencia de salida
GaAs	Fosfuro de galio y arsénico
Ge	Germanio
Hz	Hertz
H	Inductor
<i>kΩ</i>	Kilohms (mil ohms)
mA	Miliamperios
mV	Milivoltios
Ω	Ohm
<i>T</i>	Periodo
P	Potencia
R	Resistencia
Σ	Sumatoria
V	Voltaje

GLOSARIO

Amplificador Op	Es un dispositivo amplificador electrónico de alta ganancia acoplado en corriente continua que tiene dos entradas y una salida.
Amplificador troncal	Es un módulo enchufable destinado a la amplificación de la señal guardando en forma estricta los parámetros de calidad de señal, o sea el nivel de ruido y las distorsiones de segundo y tercer orden. Para este efecto su ganancia es relativamente baja, del orden de 20 a 25 dB.
Amp-op, amp op	Amplificador Operacional.
Ancho de banda	Es la longitud medida en Hz, del rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la potencia en una señal.
Corriente alterna	Corriente eléctrica cuyas cargas eléctricas cambian el sentido del movimiento de manera periódica.
Corriente directa	Cuyas cargas eléctricas fluyen en el mismo sentido en un circuito eléctrico cerrado, moviéndose del polo negativo al polo positivo.

Filtro	Es un elemento que discrimina una determinada frecuencia o gama de frecuencias de una señal eléctrica que pasa a través de él.
Forward	Es el ancho de banda en el cual trabaja la señal que va hacia el usuario y está ubicado entre 54 MHz y 750 MHz en este viajan todos los canales de televisión que llegan al usuario.
Frecuencia	Es el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier evento periódico.
Inductor o bobina	Es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.
Instrumento de medición	Dispositivos digitales o análogos que se utilizan para medir magnitudes físicas de distintos fenómenos.
Nodo óptico	Son dispositivos que permiten la comunicación óptica bidireccional entre el usuario de una red coaxial y un operador cuya red troncal es de fibra óptica.
Oscilador	Es un circuito electrónico que produce una señal electrónica oscilante y periódica, a menudo una onda senoidal o una onda cuadrada.

Osciloscopio	Es un instrumento de visualización electrónico para la representación gráfica de señales eléctricas que pueden variar en el tiempo.
Reactancia	Magnitud física que se caracteriza por ofrecer oposición al paso de la corriente alterna por inductores (bobinas) y condensadores.
Resistencia eléctrica	Es La oposición al flujo de corriente eléctrica a través de un conductor. La unidad de resistencia en el Sistema Internacional es el ohmio.
Resonancia	Es la tendencia de un cuerpo físico a vibrar en una o más frecuencias específicas.

RESUMEN

Una red de telecomunicaciones por cable que combina la fibra óptica y el cable coaxial como soporte de la distribución de las señales es llamada Red HFC (Hybrid Fibre Coaxial), dicha red es empleada para ofrecer servicios de Banda Ancha. Este artículo trata sobre un sistema de monitoreo en una red HFC, que permitirá estimar la ubicación de fallas en la red troncal y de distribución, mediante la recopilación de información de fallas en los terminales, instalados en los clientes llamados Cable Módems. En la actualidad está muy difundido en todo el mundo el acceso a internet de banda ancha por medio de redes HFC (Red Híbrida Fibra-Coaxial), estas han sido una evolución de las antiguas redes de CATV (Televisión por Cable).

Las redes HFC al ser tan masivas actualmente, están expuestas constantemente a posibles fallas por condiciones naturales, de manipulación técnica, problemas en planta interna, siendo las vulnerabilidades de este sistema un problema para la empresa de telecomunicaciones. El propósito general de esta investigación consiste realizar un diseño de un sistema automatizado para la resolución de fallas de una empresa de telecomunicaciones actualmente esta empresa se encuentra diseñando y operando redes troncales de HFC.

Por lo tanto, la aplicación de las recomendaciones dadas en esta investigación será de una gran ayuda para mejorar los métodos de solución de fallas en la red troncal HFC que existe, así como del uso indebido y manipulación de este, cada falla tiene un tiempo estimado para su solución con esta investigación los métodos y procesos para la resolución serán más cortos

mejorando la eficiencia de la red y no dejar por mucho tiempo sin servicio a los clientes.

El sistema realizado brinda gráficos sobre los servicios más importantes en la red troncal HFC, los que facilitan el análisis y, además, una base de datos que almacena eventos y estados con el historial de uso y fallos. Cabe destacar que este sistema fue desarrollado e implementado para cubrir requerimientos reales de la empresa de telecomunicaciones con el fin de mostrar el estado real de la red al personal técnico y mejorar la calidad de servicio, con estrategias comprobadas y planificadas.

1. INTRODUCCIÓN

Las redes HFC son un conjunto de medios técnicos que permite la comunicación a distancia entre equipos para transmitir datos, audio y video a través de la unión de medios de fibra óptica y cable coaxial. estas redes han evolucionado en los últimos años, expandiendo su cobertura geográficamente y permitiendo el acceso al internet y la facilidad de obtener grandes anchos de banda a la disposición del cliente, siendo así una de las redes más rentables y flexibles.

Con la creciente actualización de las tecnologías de la información, nos vemos cada vez más abrumados con servicios que no se creyeron posibles años atrás, este crecimiento se produce cada vez de forma más rápida, por lo que las compañías que prestan estos servicios deberán ser cada vez más eficientes.

Empresa de telecomunicaciones, que presta el más avanzado servicio de televisión, voz y datos de Guatemala. tanto la empresa de telecomunicaciones, como las demás compañías que prestan estos servicios, deben estar constantemente actualizando sus redes, equipos, estándares y demás para prestar los servicios demandados por sus clientes, sin embargo, no se puede obtener el tan esperado crecimiento sin una buena calidad de servicio actualmente prestada, ya que las tecnologías más avanzadas demandan más eficiencia de parte de la compañía.

La calidad de servicio prestada por la empresa de telecomunicaciones se ve afectada como cualquier otra empresa cable operadora por averías,

incidentes y problemas en la red. la mayoría de los procedimientos para resolución de fallas son netamente empíricos y están basados en ensayo y error, es por esto por lo que se produce la necesidad de una guía de procedimiento para la resolución de fallas en la red troncal HFC, en el cual se documenten todos estos procedimientos de forma precisa, permitiendo así el rápido diagnóstico de las fallas y proceder de forma eficiente en la resolución de estas.

2. ANTECEDENTES

Un primer trabajo corresponde a Bechara (2008), menciona que con forme el tiempo las redes de cable e internet han ido evolucionando de una forma rápida dado a la necesidad que se ha generado a través de los usuarios finales, las primeras redes de cable voz y video se desarrollaron en los años 40, con el objetivo de facilitar la entrega de servicios a través de un medio de distribución ofreciendo servicios básicos de tv, en pequeñas ciudades asentadas en los valles de las montañas de Penssylvania, en los estados unidos.

Como segundo trabajo se puede hablar el de Martínez (2017), no dice que a finales de los años 80 se empezaron a funcionar las redes como las CATV con la arquitectura denominada HFC, haciendo una mejora para las entregas de servicios básicos y de internet con mejoras a las redes que solo funcionaban con cable coaxial y únicamente se entregaba a través de ellas tv analógica.

Este trabajo habla de una red HFC, es una derivación de las redes de telecomunicaciones que hace la combinación de dos tecnologías las cuales son la fibra óptica como el cable coaxial haciendo una red hibrida, son el soporte principal para la transmisión de las señales en radiofrecuencias a través de la fibra óptica como forma de luz y en el cable coaxial eléctricamente desde la red troncal hasta cada zona de la ciudad donde se estipulo un diseño es decir hacia los nodos.

La parte de coaxial se corresponde con la red de distribución del diseño y se encarga de transmitir la señal hasta los abonados y domicilios de los clientes. Debido a la llegada de la tecnología óptica en este tipo de redes se

empezaron a ofrecer muchos servicios como: TV, telefonía, Internet, IPTV, y entre otros cumpliendo con la necesidad de los clientes y cubriendo puntos principales dentro de una zona donde la demanda crecía. El rango de frecuencias presentadas en las redes híbridas comprendían para el downstream entre 500-750/862Mhz, y para el ascendente o upstream se utilizaba entre 5 y 65 Mhz. El upstream se utilizaba para la comunicación del cliente con el proveedor de servicios o la empresa de telecomunicaciones.

Este trabajo permite ver como la empresa actualmente hace un monitoreo de fallas en una red HFC que puedan afectar los servicios de los clientes, las causas de las fallas en la red troncal pueden ser provocadas por fenómenos naturales como tormentas eléctricas que provocan daños físicos en una red o la ausencia de suministro eléctrico.

Como último trabajo está el de Agustín (2006), dice que actualmente una empresa de Telecomunicaciones cuenta con problemas diversos pero el problema o la falla más común es el ruido o interferencias que pueden existir en la red troncal, principalmente en la acometida y distribución interna del domicilio del usuario debido a accesorios dañados o los componentes electrónicos del cliente, aunque no se descarta la red de distribución principal con cables y accesorios correspondientes. Se ha visto que un 90 % de problemas de ruido se deriva de un mal manejo de cable, accesorios y herramienta que se utiliza para la acometida y distribución del usuario que es donde se enfoca para de este estudio y la reducción de fallas a través de planes de mantenimientos controlados y planificados adecuadamente.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción general

En toda empresa, los procedimientos de cualquier índole con el pasar del tiempo se transforman en rutinas que se van modificando con el desempeño mismo de las tareas cotidianas, esto implica que para obtener un conocimiento de estos procedimientos se necesita estar en constante práctica con las mismas actividades, lo cual necesita tiempo, y no siempre suelen seguirse al pie de la letra ya que no existe un procedimiento determinado y esto es sumamente importante para cualquier operadora líder del mercado como lo es para la empresa de telecomunicaciones. Con el aumento de abonados en la empresa, se obtienen mayor probabilidad de ocurrencia de fallas por lo que es necesaria una herramienta que establezca los lineamientos en el desarrollo de cada actividad dentro de una estructura organizada.

3.2. Definición del problema

Las guías de procedimiento representan una alternativa para estos problemas, ya que son muy útiles para la reducción de errores, facilitando la capacitación de nuevo personal.

El proyecto se enfocó en el departamento de troncales donde se realizó un material que organiza de forma clara, sencilla y concreta los procedimientos a seguir ante una falla. Esta guía de procedimientos es el primer documento formal que permite llevar una secuencia lógica de las actividades en cada paso

que conforman los procedimientos para resolución de fallas de la red troncal HFC, por lo que representa un material importante para su futura actualización.

3.2.1. Especificación del problema

Derivado de las fallas en la red troncal HFC los clientes o usuarios quedan sin servicio dependiendo el tiempo de la falla dado a que existen diversos tipos de fallas provocadas o externas por factores climáticos o accidentes, Por los problemas mencionados es necesario establecer un sistema automatizado, para de este modo proteger, brindar seguridad y continuidad de su servicio de una manera adecuada a los usuarios que utilizan los diferentes servicios de la red HFC, por medio del control automatizado y monitoreo de las redes se tratara de disminuir el tiempo de la falla teniendo en base a el sistema automatizado y de una respuesta pronta y concreta desde el origen de la falla hasta la resolución de la misma.

La falta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo que sea capaz de prevenir fallas en los equipos de la red troncal que se utilice más tiempo de lo debido en acciones correctivas de mantenimiento, que implica tener recursos humanos, económicos y materiales para su realización que no están contemplados en el presupuesto del departamento.

A pesar del historial de fallas que son provocadas por diferente índole no se cuenta con un plan de control y monitoreo de los puntos de posibles de las fallas y se necesita de personal técnico en campo, no se tienen indicadores para medir la eficiencia de departamento y el estado de los equipos, lo que implica tener fallas en los sistemas de manera inesperada y los efectos indeseados de estas mismas.

Lo anterior supone que la investigación dará una base práctica para la prevención de fallas en la red troncal HFC y evitar la usencia de servicios prestados por la empresa de telecomunicaciones a los usuarios finales.

3.2.2. Delimitación del problema

El estudio se pretende realizar en el departamento de troncales para los nodos de los video Hub Uatlán y Monte Verde abarcando la mayor parte de zonas Mixco y parte de la zona 7 de Guatemala durante semanas se estará recolectando datos y haciendo la observación en campo de cada equipo.

3.2.3. Pregunta principal de investigación

¿Cómo se solucionan las fallas en los nodos ópticos y amplificadores de la red troncal HFC?

3.2.4. Preguntas complementarias de investigación

- ¿Cómo identificar cuáles son las principales causas de las fallas en la red troncal HFC?
- ¿Cuál es el procedimiento para la identificación de fallas en la red troncal HFC?
- ¿Cuál es el mantenimiento para reducir el ruido de retorno en los nodos ópticos?
- ¿Cuáles son los indicadores en la solución de fallas en la red troncal HFC?

- ¿Cómo se tiene el control de material a utilizar por cada falla?

4. JUSTIFICACIÓN

Hoy en día la competitividad en los mercados de telecomunicaciones cada vez se torna más agresiva y genera a las empresas prestadoras de estos servicios la necesidad de mantener unos niveles de confiabilidad y disponibilidad adecuados a los clientes. Estos índices se encuentran estandarizados y cuantificados por la Superintendencia de Industria y Comercio, las empresas deben cumplir con los requerimientos de esta entidad para evitar sanciones y/o multas. Adicional de velar por el cumplimiento de estos valores cuantificados, buscan siempre entregar un valor agregado a los usuarios con la finalidad de lograr fidelizarlos asegurando su continuidad y lograr, mediante referencias por buena prestación de servicios, la captación de nuevos mercados y/o consumidores.

La justificación para la realización de este estudio es poder generar una alternativa que permita disminuir la cantidad de horas de indisponibilidad debido al origen de la falla, en la prestación del servicio con el fin de impactar de una forma positiva y disminuir la cantidad de efectos que pueden apreciar los usuarios por esta causa, generando una mejor satisfacción y recomendación por parte de estos.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar un programa que analice las fallas de manera automatizada para la gestión, operación y solución en campo.

5.2. Específicos

- Diseñar un programa automatizado para Identificar las fallas a través de la recopilación de datos obtenidos y trazar procesos de gestión particulares de la red.
- Definir y esquematizar la arquitectura de administración para los procedimientos con la información recopilada, donde se explique de manera sistemática para la correcta resolución de fallas en la red troncal HFC cumpliendo con los tiempos establecidos.
- Diseñar un plan de mantenimiento para reducir el ruido de retorno en la red troncal HFC, a través del diagnóstico del estado de los componentes que la conforman.
- Entregar un programa con un documento digital de soporte para la gestión de fallas en una red troncal HFC basado en el protocolo de administración.

- Controlar el estado de los materiales que se van a utilizar para la resolución de cada falla a graves de una encuesta Google conectada a una base de dato.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

El presente trabajo de graduación consiste en diseñar un sistema automatizado para la resolución de fallas en una red troncal HFC para la gestión y mejora de calidad de los servicios bajo la supervisión de la empresa de telecomunicaciones, servicios que podrían estar ya automatizados y controlados, para que tengan un mejor control y una respuesta rápida y corta ante alguna falla que suceda dentro de la red, disminuyendo los tiempos de demora y disminuir la cantidad de horas de indisponibilidad debido a una falla en la red troncal HFC.

6.1. Esquema de solución

El esquema de solución se divide en tres fases:

En la primera fase se estará monitoreando la red troncal HFC desde la planta interna a través del VOC que monitorea cada Video Hub de la zona las veinticuatro horas los 365 días del año, ellos monitorean todos los funcionamientos de un nodo óptico como: la energía eléctrica, la potencia óptica, que este trabajando $>95\%$ de su capacidad, la cantidad de cablemódems por nodo estos los monitorean a través de las frecuencias de retorno y a su vez pueden ver el Ruido SNR de cada cablemódem o el general en todo nodo el rango establecido por cada cablemódem para que funcione bien es con un SNR > 33.0 dB y para el nodo en general es de SNR > 27 db.

Esta fase es muy importante porque a la hora que se genere una falla nos pueden dar una pauta del inicio de la falla o el origen dado a que ellos están controlando la red todo el tiempo y pueden dar el punto de partida para que el

personal de supervisión del área junto a los técnicos de planta inter y externa den la solución a dicha falla.

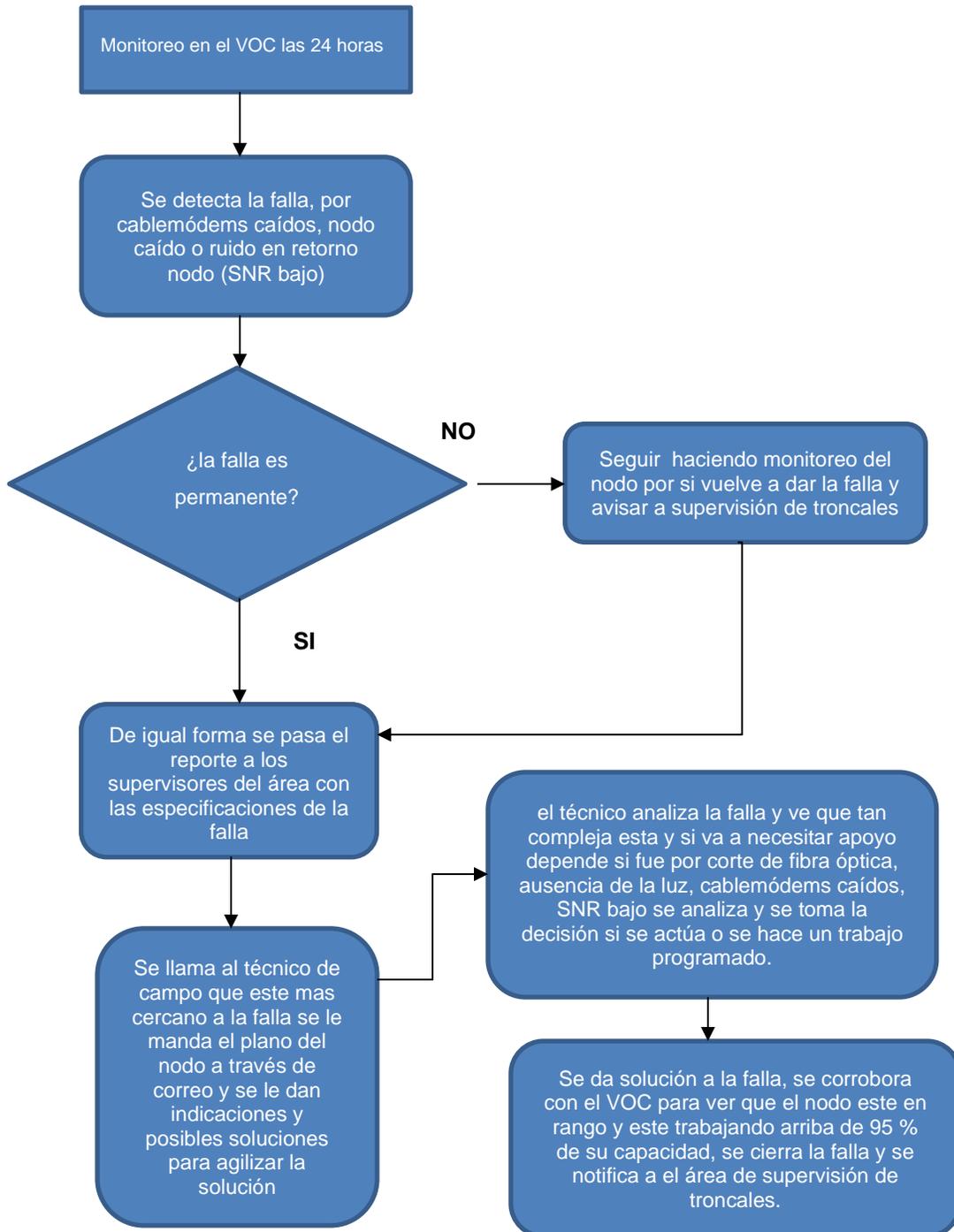
En la segunda fase se analizara la información proporcionada de la falla por datos enviados del VOC por correo con el número de falla y el dictamen que presenta si es por cablemódems caídos, ruido bajo o nodo caído, al departamento de supervisión de troncales en esta fase se determina con cuanto personal se vera la falla y dar un análisis corto del origen posible de la falla a través de la experiencia de la supervisión de dicho departamento donde se coordina que técnico anda más cerca de la falla para que de su dictamen de que tan compleja es la falla en el campo y ver si se requiere personal extra con material o herramientas que alguien más le pueda proporcionar.

En resumen, esta fase vera los recursos personales y de equipos que estén a la mano y cerca de cada falla y atender de una manera pronta dicha falla para la solución a un corto tiempo para mantenerse dentro del margen de tiempos que da la empresa de telecomunicaciones para dichas fallas.

En la tercera fase se analizará la información proporcionada por el departamento de supervisión al personal de campo en este caso a los técnicos especializados en troncales que estén trabajando cerca de la zona de la falla o el nodo que está presentando la falla. Se le proporcionara un plano del nodo afectado, el dato de la falla proporcionado por el VOC, los puntos de vista por el supervisor de troncales de turno y la posible solución en base a la experiencia.

A si mismo a la hora que se genera la falla el personal de planta interna va juntamente con el personal de planta externa en el caso de que el nodo este caído ellos miden por procesos establecidos la distancia de la fibra óptica de Rx y Tx por si existe un corte de fibra o corroborar que la fibra este llegando al nodo óptico.

Figura 1. Esquema de solución

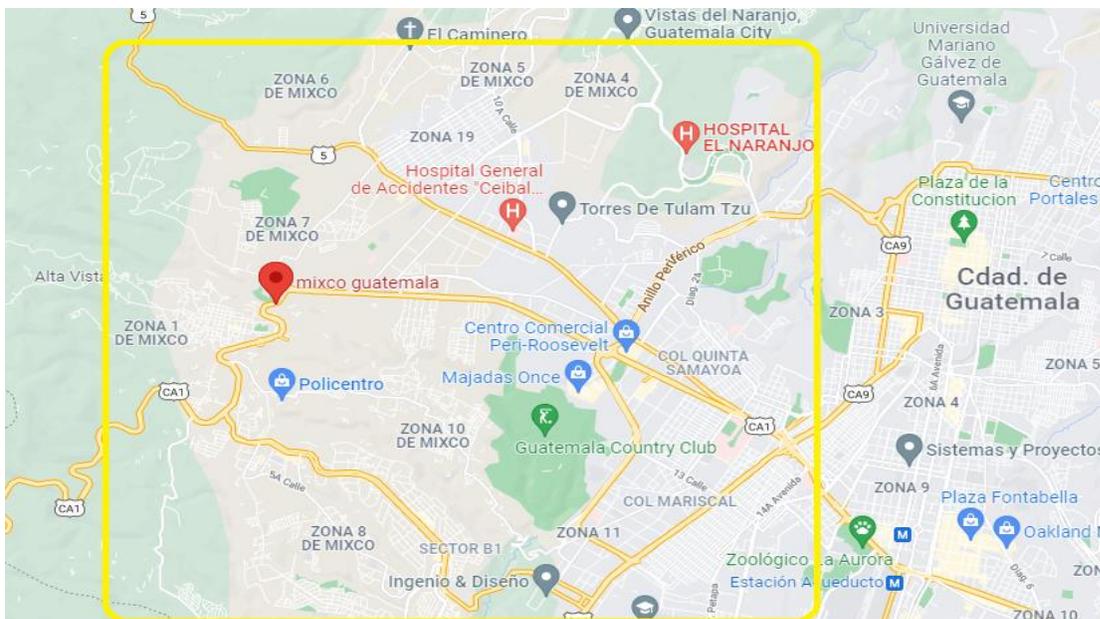


Fuente: elaboración propia.

6.2. Ubicación del área y lugar de estudio

El área de estudio abarcará los nodos del Video Hub Uatlán estos nodos están ubicados en distintas zonas de Mixco y zona 7 de la ciudad capital.

Figura 2. Localización de área de estudio



Fuente: Google Maps (2021). *Ubicación*. Consultado el 11 de octubre de 2021. Recuperado <https://www.google.com/maps/place/Mixco/@14.6333321,-90.6175096,14z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x85890a9edc2c2731:0x75433d9faa857a7e!8m2!3d14.633333!4d-90.6>.

7. MARCO TEÓRICO

Se describen a continuación, los métodos de aprendizaje útiles para la persona que lea este documento. El objetivo de estos métodos y fundamentos es mostrar a las personas las herramientas necesarias para adquirir y fortalecer los conocimientos y facilitar la resolución de fallas de una red troncal HFC.

7.1. Red HFC

Es una red híbrida que esta combinada con fibra óptica y cable coaxial en frecuencias RF, cada tecnología tiene sus características y cualidades que lo describen para la transmisión de datos el objetivo principal es ofrecer velocidades mayores a las que se ofrecen en una tecnología de cobre y una mayor confiabilidad y estabilidad para el usuario final.

7.1.1. Fundamentos de redes HFC

Entre los fundamentos se tienen temas como la capacidad y versatilidad de una red HFC con sus componentes y características en capacidades de velocidad y confiabilidad del servicio a entregar.

7.1.2. Características de redes HFC

Dentro de las características de una red HFC podemos tener la calibración, la potencia óptica, potencia eléctrica, y la potencia de señal en el medio de transmisión que para este caso es por medio de la red troncal HFC

una señal digital es mucho más robusta al ruido del sistema al incluir ancho de banda dedicado para el control de errores en la velocidad.

7.1.3. Tecnología DOCIS

Esta tecnología nos permite estudiar con firmeza a las velocidades de navegación ancho banda, un servicio en cada nodo óptico teniendo en cuenta el ancho de banda de retorno que se genera a través de los servicios de los usuarios y toda la información que generan en los cablemódems hacia el video Hub. Existen varias versiones de Docis desde la versión: docis 1.1, docis 2.0, docis 3.1, y la más actual que es docis 4.0.

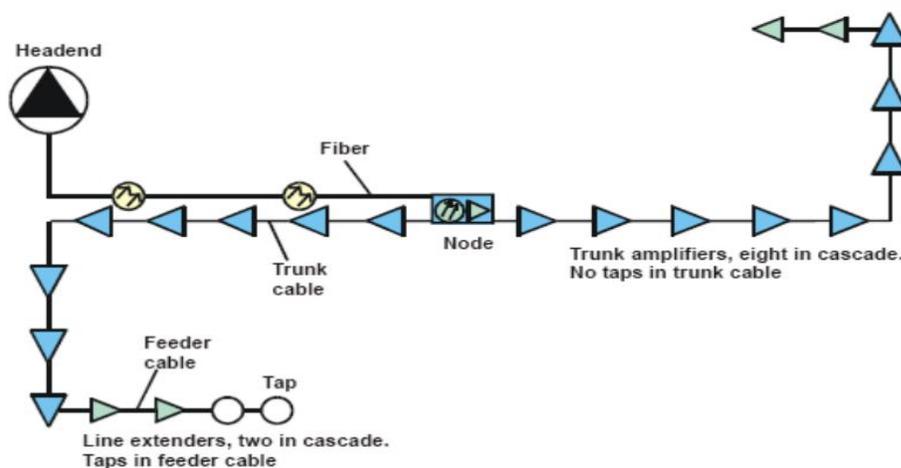
Cada versión tiene una cualidad en su ancho de banda que va cambiando y cada vez trata de tener más canales de subida de información y la modulación a utilizar y tasa de bits sea la más rápida y eficiente promoviendo velocidades al rango de los Gigabits por segundo, cada versión demanda equipos en el caso de los nodos ópticos sean más robustos ante estas versiones más recientes ya que la mayoría de portadoras se manejan en frecuencias bajas y son propensas al ruido en retorno de una red troncal HFC.

7.1.4. Arquitecturas de red HFC

Empezaremos de una arquitectura básica y fue de las primeras que se implementó que es fiber backbone; este fue el método inicial de desarrollo e implementación de fibra donde los nodos son colocados en segmentos de la red en áreas de servicio más pequeñas de cinco mil a diez mil casas para reducir la cascada de amplificadores e incrementar el desempeño.

Algunas de las características que nos ofrece las arquitecturas de red HFC: es la más usada, reduce la cascada de amplificadores incrementa el desempeño, confiabilidad y reduce el alto costo por uso de aplicadores y otros componentes de una red troncal.

Figura 3. **Arquitectura de red**



Fuente: Motorola (s.f.). *Introducción a las redes de banda ancha HFC*. Consultado el 4 de diciembre de 2021. Recuperado de <https://es.scribd.com/presentation/494952307/Introduccion-a-las-de-Redes-de-Banda-Ancha-HFC-1>.

7.2. **Receptor óptico**

También llamado como nodo óptico este recibe todas las señales transmitidas en distintas modulaciones a través de luz óptica en fibra óptica que van conectadas a los Receptores y Transmisores que hacen la conversión de luz óptica a eléctrica RF donde se utilizan micro coaxiales para las tarjetas electrónicas que hacen la multiplexación y demultiplexación para los puertos del nodo, para el Downstream y Upstream en toda la red troncal el downstream o forward que es donde van todos los canales análogos digitales, HD y docis.

En el upstream se contemplan todos los canales de subida y las portadoras que tiene en el ancho de banda dependiendo la versión de docis que se tenga y el número de portadoras por canal de subida esto es generado por los cabledemods de los usuarios. Un ejemplo se puede ver en la siguiente imagen.

Figura 4. **Nodo óptico**



Fuente: Redes HFC cena (s.f.). *Nodo Óptico*. Consultado el 4 de diciembre de 2021.
Recuperado de <https://redhfcscena.blogspot.com/2013/06/nodo-optico-nodos-opticos-es-donde-las.html>.

7.2.1. **Operación del receptor óptico**

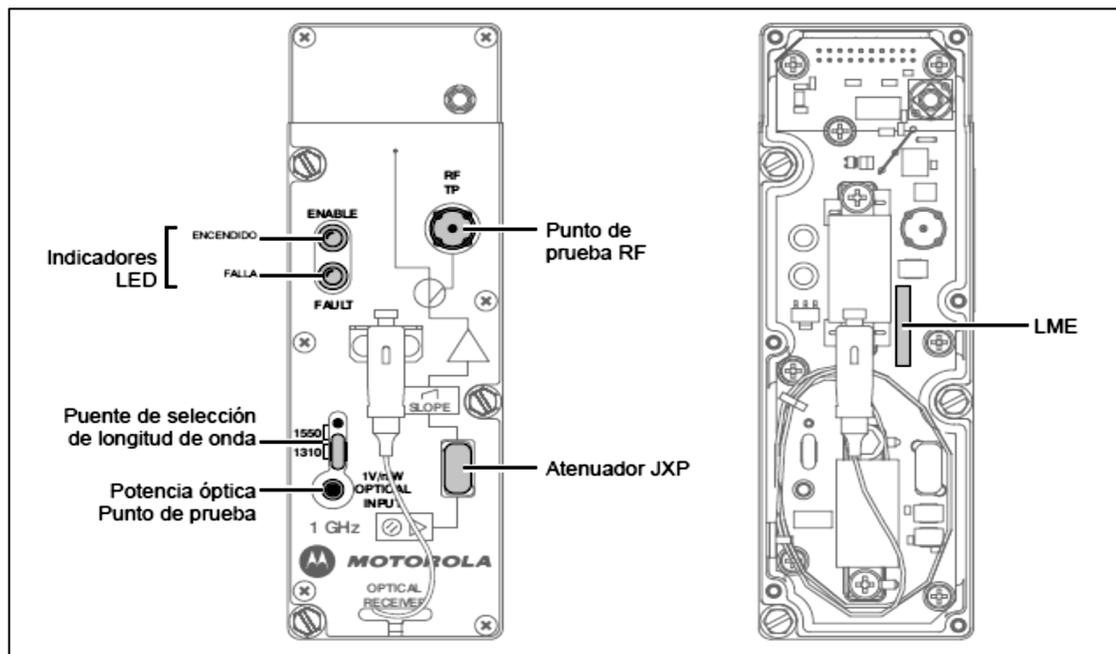
El funcionamiento principal es el de convertir señales ópticas a señales eléctricas donde se utiliza la tecnología del cable coaxial otra función importante es dar señal o RF a todos los amplificadores que estén conectados a el nodo y así mismo también en el mismo cable suministrar el voltaje de

alimentación para cada amplificador, el nodo se coloca en lugares estratégicos donde se cubra toda la necesidad de clientes y haya para poder expandirse más a largo plazo.

7.2.1.1. Módulos ópticos

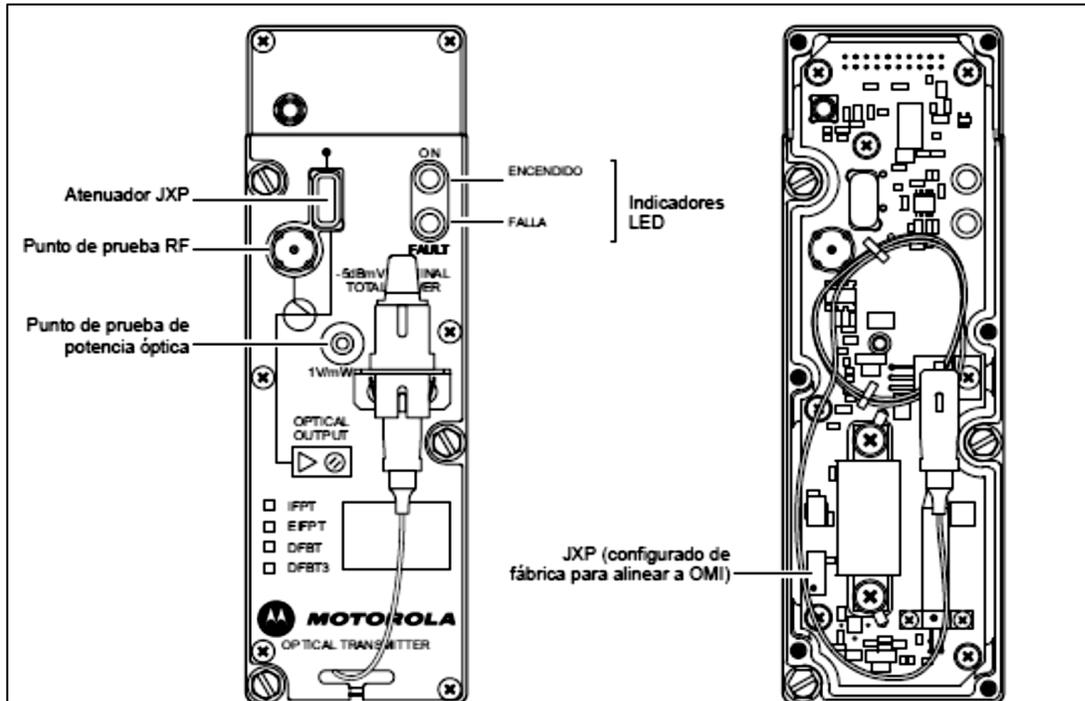
Los módulos ópticos están compuestos por una placa electrónica que hace la conversión de una señal óptica a eléctrica estos se identifican por ser módulos receptores (Rx forward) y transmisores (Tx upstream) común mente todo lo que está relacionado con el forward es de color negro ya físicamente en los puertos del nodo y en los módulos. De color rojo tenemos todo lo que está relacionado con el retorno y en cada puerto del nodo esto es generado por los usuarios finales.

Figura 5. Tarjeta o módulos ópticos real: (a) receptor, (b) transmisor



(a)

Continuación de la figura 5.



(b)

Fuente: Motorola (s.f.). *Introducción a las redes de banda ancha HFC*. Consultado el 4 de diciembre de 2021. Recuperado de <https://es.scribd.com/presentation/494952307/Introduccion-a-las-de-Redes-de-Banda-Ancha-HFC-1>.

7.2.1.2. Módulos de RF del receptor

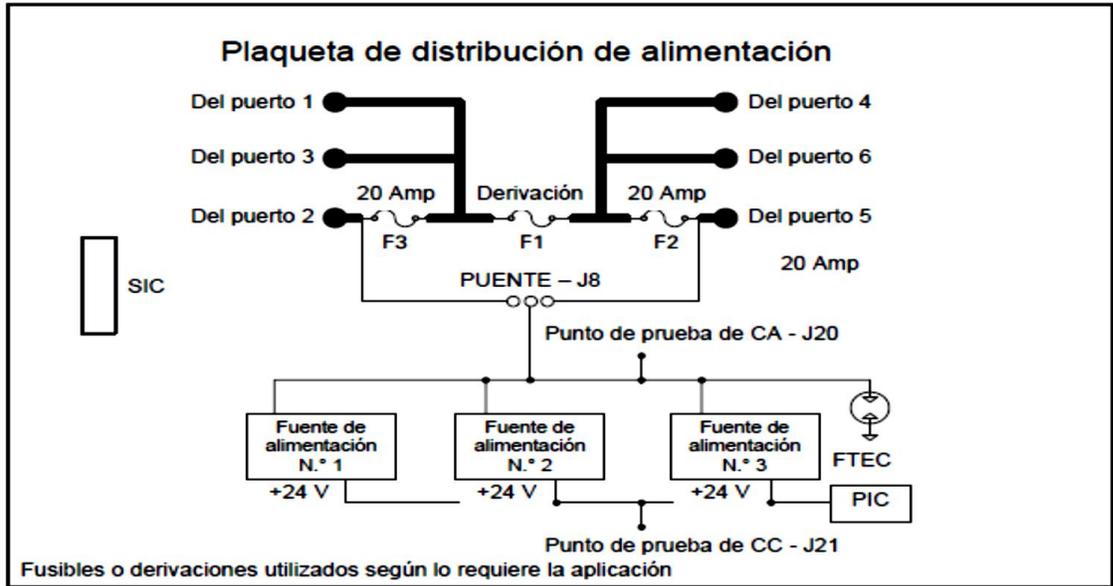
Estos módulos o también llamados como puertos del nodo son los encargados de llevar las señales de forward y upstream al cable coaxial RG-500 estos módulos son la siguiente etapa después de hacer la multiplexación y demultiplexación en el no ya con señales eléctricas en ellos van conectados los micro coaxiales que vienen de las tarjetas electrónicas.

Estos cuentan con una porta fusible se debe cuando se quiere hacer una línea troncal para dar alimentación a una cascada de amplificadores cuando el módulo RF o el puerto no tienen fusible esta se usa como una línea de distribución sin voltaje que va directamente a una cascada de taps en estos módulos también se puede atenuar algunas de las señales de forward o aumentar la transmisión agregando pads desde 1 en adelante en la transmisión al agregar taps de valores altos aumenta el valor de la transmisión cuando se agrega pads de valores altos en forward esto atenúan la potencia en dB.

7.2.1.3. Fuente de alimentación del receptor óptico

Cada receptor óptico tiene su consumo en amperios y su fuente interna esta es alimentada de la red externa con los voltajes de 60 VAC o 90 VAC y los convierte en 24 VDC estas fuentes sirven para la alimentación de todas las placas electrónicas dentro del nodo óptico ya que no pueden funcionar con una señal AC esta fuente interna en los nodos permite ser alimentada en los distintos puntos y puertos del nodo tiene unos pines de configuración para saber por dónde viene el suministro de voltaje de la fuente Alpha.

Figura 6. Diagrama de energía de la fuente interna del receptor óptico



Fuente: Motorola (s.f.). *Introducción a las redes de banda ancha HFC*. Consultado el 4 de diciembre de 2021. Recuperado de <https://es.scribd.com/presentation/494952307/Introduccion-a-las-de-Redes-de-Banda-Ancha-HFC-1>.

7.3. Fuentes de voltaje

Son las que proporcionan el suministro eléctrico en una red hfc adecuándose al voltaje de operación y funcionamiento.

7.3.1. Módulos de funcionamientos de las fuentes de voltaje

Existen varios módulos dentro de las fuentes de voltaje cada uno tiene la función distinta pero que son muy importantes cuando sucede algo irregular en la alimentación de la red HFC o cuando el problema es externo cada módulo cuenta con sus protecciones ante sobre voltajes que se puedan generar por

condiciones climáticas como rayos o de manipulación del que provee el servicio de suministro eléctrico (EGSSA) estos cuentan con relé de protecciones supresores de voltajes sensores relé que da aislamiento y entre otros.

Figura 7. Fuente modular



Fuente: Alpha technologies (s.f.). *El negocio desde 1975*. Consultado el 11 de octubre de 2021.
Recuperado de <https://www.alpha.com/>.

7.3.2. Operación en línea

En la operación en línea de CA. Esta corriente se dirige a uno de los arrollamientos del primario del transformador en los contactos del relé de que da aislamiento y de transferencia. En ese momento la energía eléctrica se dirige a un circuito inversor el cual suministra alimentación para los circuitos de control del módulo. El transformador genera una onda eléctrica cuasicuadrada la cual puede tener un parecido con una onda.

7.3.3. Operación en respaldo

Esta operación es algo muy importante debido a que esta entra en función cuando existe ausencia de energía eléctrica en la parte externa de la fuente inconveniente directamente con la red eléctrica del proveedor de servicios. Ante la ausencia de energía eléctrica entra a funcionar el banco de seis baterías conectadas en serie paralelo para mantener el voltaje y sumar el amperaje.

7.4. Amplificadores

Los amplificadores en una red hfc se utilizan primordialmente para mantener la ganancia unitaria del sistema de distribución de la red troncal a largas distancias.

7.4.1. Funcionamiento

Los amplificadores tienen muchas funciones y son muy versátiles ante una falla o implementar algo de emergencia, la función principal es amplificar la señal débil de entrada y aumentarla a veces esta señal es débil debido a la distancia desde el nodo al amplificador los amplificadores pueden suministrar energía a otros amplificadores en cascada y pueden tener funciones dentro del diseño con respecto a la fuente de alimentación (fuente Alpha).

Se puede dar el caso que el nodo óptico principal sea alimentado desde un amplificador, este cuenta con una serie de etapas de amplificación algunas de estas etapas pueden ser configurables a valores que se desean o algunas ya vienen con condiciones de fábrica estos funcionan con voltajes de 60 a 90 VAC estos amplificadores pueden ser configurados o calibrados dependiendo de la necesidad del diseño se pueden utilizar como pendiente alta y baja estas

pendientes están relacionadas con los niveles de RF y los canales analógicos, digitales, HD y docis.

7.4.2. Componentes

Los componentes principales del módulo o amplificador es que tienen serie de híbridos por cada puerto dependiendo del modelo de amplificador, cuenta con una serie de etapas en forward y upstream los componentes más utilizados para la calibración y configuración de un amplificador son los pads (atenuador), ecualizadores, y simuladores.

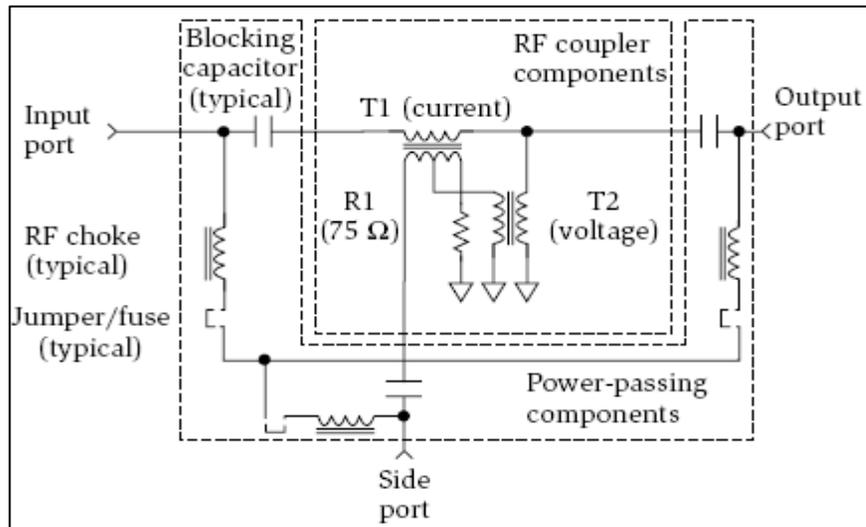
7.5. Componentes pasivos de red HFC

Estos elementos son los que no necesitan de una fuente externa para su función, pero si tienen algunas configuraciones para permitir el paso de suministro eléctrico en la red troncal HFC dependiendo sus funciones que puede ser pasivo o activo.

7.5.1. Coplas direccionales

Estas cuentan con distintos modelos y funciones las coplas sirven para la distribución y atenuación de niveles dependiendo del diseño de la red que se tengan algunas tienen una entrada dos salidas, una entrada tres salidas. A si mismo cada salida tiene su pérdida establecida por el fabricante para ir acoplando los niveles al diseño que se tenga estas pueden funcionar para distribuir una señal RF y también la mezcla de RF con voltaje de alimentación para otros amplificadores cuentan con porta fusibles internos cuando se usan como troncales o como distribuciones de taps manteniendo siempre en cuenta las pérdidas por el fabricante.

Figura 8. Diagrama de bloques de una copla direccional



Fuente: Alvarado (2012). *costo debido a la no calidad de la potencia eléctrica en equipos electrónicos de catv de la red híbrida fibra coaxial*. Consultado el 4 de diciembre de 2021. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0819_EA.pdf.

7.5.1.1. Análisis del comportamiento de la copla

Hay que tomar en cuenta la señal RF como flujo de agua y las coplas como llaves de paso en la entrada tenemos un flujo de agua muy grande y este es ingresado a la entrada de la copla entonces dependiendo cuantas distribuciones y de que valor sea la copla. Por ejemplo, tenemos una copla de -9dbm quiere decir que en la salida va a tener una perdida mínima de 1 a 2 dbm en comparación con la entrada y en la derivación va a tener la mayor pedida que es de -9dbm esto va a depender del diseño de la red y cuanto flujo de potencia se va a querer en cada distribución luengo de pasar por una copla las coplas afectan los niveles de forward y upstream.

7.5.2. Splitters

El divisor o Splitter de salida es funcionalmente diferente de los acopladores direccionales, solo que la señal dividida tiene la misma atenuación en todos los puertos de salida. Otros diseños comunes de los splitters incluyen cuatro y ocho canales con señales separadas uniformemente. Todas las salidas del distribuidor están aisladas entre sí.

El divisor tiene tres divisores de salida con diferentes valores de señal, construido internamente con dos divisores de salida que siempre mantienen la misma regla, luego cualquiera de los extremos del primer divisor se divide para obtener el 50 %, 25 %, 25 % al final del divisor o Splitter. Figura 18. Muestra un diagrama esquemático de un divisor simétrico bidireccional.

7.5.3. Taps de distribución

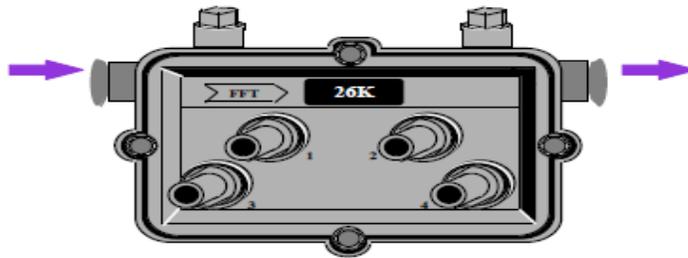
Estos tienen como componente final de una red troncal HFC, ya que a estos se conectan los usuarios por medio de un cable coaxial RG-06, los taps varían conforme a su diseño de fabricante y de la red.

Se tienen taps de valores 23 db 20 db 17 db 14 db 10 db 7 db y 4 db los taps van de forma ascendente a descendente dado a que los taps de valores altos se conectan cercanos a la salida de los amplificadores porque hay mucha señal en ese punto y el valor de cada tap es la atenuación que se le aplica a esa señal los taps varían y afectan los niveles de forward y upstream, hay configuraciones de 8, 4, 2, puertos de distribución RG-06.

Otra cualidad importante de estos taps es que cuentan con accesorios internos como ecualizadores y simuladores para ir vareando la señal y dejar en

cada tap la más adecuada en forward como en subida (upstream) también cuentan con símbolos en los planos cuando es un polígono representa a un tap de 8 puertos un cuadrado a 4 y un círculo a 2 puertos.

Figura 9. **Tap 26 de 4 puertos**



Fuente: Alvarado (2012). *costo debido a la no calidad de la potencia eléctrica en equipos electrónicos de catv de la red híbrida fibra coaxial*. Consultado el 4 de diciembre de 2021.

Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0819_EA.pdf.

7.5.3.1. **Ecualizador en tap**

Este tiene la función de alterar el valor de los canales analógicos en un tap y a su vez varia la transmisión aumentándola o disminuyéndola en el tap, los valores de los taps van de los 2EQ hasta 14EQ estos son utilizados en la parte final de una cascada RG-500 de distribución cuando el valor de la transmisión es mas pequeña debido a los valores de los taps finales son pequeños con forme al diseño se ve que ecualizar se va a utilizar para compensar la transmisión baja que pueda existir y atenuar los canales analógicos que van desde el CH02 hasta el CH84.

7.5.3.2. Simulador en tap

Este tiene la función de alterar y atenuar los niveles de los canales y frecuencias altas que comprenden los canales digitales, docis, HD, estos son utilizados en los taps que están al inicio de una cascada de distribución debido a que el nivel es mucho se necesita atenuar para dejarlo a valores de diseño estos van de valores de 3SIS a 12SIS regularmente se utilizan en taps de valores de 23Q, 20Q y 17Q que están al inicio de la cascada de taps de la salida de un amplificador troncal.

7.6. Cable de distribución RG-500

Nos permite la distribución y funcionamiento como cables troncales y de distribución para elementos pasivos y activos.

7.6.1. Característica

El conductor que se ubica en el centro puede ser construido comúnmente por un tipo de alambre sólido y también existen construcciones de este conductor central por varios hilos retorcidos de cobre, y el exterior del cable puede ser una malla de forma trenzada, una pequeña lamina enrollada de color plateada que es lo común en la construcción del cable.

7.7. Estándares de funcionamiento de componentes activos de una red HFC

Estos parámetros están estandarizados por la entidad de telecomunicaciones en base a los datos del fabricante de cada equipo que se emplea en una red. Dentro de los cuales tenemos equipos activos que juegan

un rol importante en la red por sus características, sus parámetros de funcionamiento y diseño estos pueden ser los Nodos ópticos, los parámetros para la instalación de amplificadores, potencia óptica, potencia eléctrica y entre otros.

7.7.1. Potencia óptica

La potencia óptica es una unidad de medida de la luz óptica en un medio, que el caso más común es la fibra óptica para el transporte de información a través de un medio óptico su unidad de medida es el dBm que se puede expresar en valores más utilizados como de -5dbm hasta -14.5 dbm que es lo estandarizado por la entidad de telecomunicaciones para sus instalaciones y operaciones que estén relacionadas con fibra óptica o potencia óptica en el caso de los receptores ópticos esta potencia óptica es enviada desde el video hub o headend hacia el nodo que se va a instalar o la fibra que se va a instalar en cada proyecto cada nodo tiene 8 hilos dispuestos para la segmentación lógica con relación a la demanda y carga de usuarios que pueda estar siendo sometido dicho nodo.

7.7.2. Suministro eléctrico

La potencia eléctrica es un aspecto muy importante a tomar en cuenta en los parámetros de un diseño, esta provee el suministro eléctrico a todos los componentes activos de una red tales como los nodos ópticos y amplificadores que son componentes importantes, la potencia eléctrica es generada desde un fuente de alimentación Alpha esta provee el suministro eléctrico ya controlado y transformado para los equipos activos cada activo tiene su propio consumo que va desde 0.80 A hasta 1.5 A la fuente está capacitada para soportar una demanda de hasta 15 A por nodo óptico.

7.7.3. Voltaje y corriente de operación

El voltaje utilizado para la alimentación de una red troncal es de 60 VAC hasta 90 VAC con una señal cuasicuadrada el rango del voltaje dependerá del diseño dado a que en ciertas distancias el voltaje tiende a disminuir por el efecto caída de voltaje por la distancia y los equipos activos a conectar.

La corriente de operación está dada por el consumo de cada componente activo este viene dada por el fabricante, dependerá mucho del tipo de elemento activo y el modelo, en el caso de los nodos ópticos estos tienen a consumir de 1.2 A hasta los 2 A debido a los componentes electrónicos y placas electrónicas que hay dentro de él, los amplificadores por ser un equipo más pequeño tienden a consumir menos amperaje dado a que la placa electrónica es más pequeña en su diseño electrónico estos operan con un amperaje de 0.5 A hasta 0.8 A dependiendo el modelo si es un BTD, MBV3, MB, o un line extender (BLE).

7.7.4. Conexiones de equipos activos de una red HFC (según el fabricante)

La conexiones de los equipos está determinada por una serie de pasos y capacitaciones previas al personal de mantenimiento y operación del departamento de troncales donde se les indica los pasos para realizar una conexiones en los equipos activos y evitar algún inconveniente y falla que se tenga a la hora de ponerlo en marcha dicho equipo, cada equipo trae su manual de instalación y manipulación dado por el fabricante, en el cual comprende temas como de calibración conexiones y posiciones de cómo va instalado el equipo en las cajas troncales o en los postes las conexiones y condiciones cambian si el equipo queda en una caja troncal subterránea o queda aéreo las

condiciones climáticas son diferentes pero el principio de calibración e instalación son los mismos.

7.7.4.1. Instalación del receptor óptico en campo

La implementación del receptor óptico es algo muy importante ya que es el alma de la red HFC, por lo regular en zonas muy peligrosas los nodos o receptores ópticos tienden a instalarse en una caja troncal subterránea protegida con una tapadera de metal grueso, con clave y paletas de seguridad para la instalación del receptor se comprende unos pasos básicos que son:

- Instalación de la base del nodo óptico.
- Instalación del nodo óptico con todos sus componentes internos.
- Ingreso del cable de servicios donde se encuentra la fibra óptica para los módulos receptores y transmisores.
- Luego se conectan los cables Rg-500 que serán las distribuciones o troncales para cada amplificador y uno de ellos es la alimentación que viene de la fuente de alimentación Alpha.
- Por último, se hace la calibración de niveles y potencia óptica del nodo en conjunto con el personal de planta interna.

7.7.4.2. Instalación de amplificadores

Para la instalación de amplificadores se tiene en cuenta los mismos pasos del nodo óptico estos pueden ser instalados subterráneamente o pueden

quedar aéreos a diferencia que el amplificador es una derivación del nodo óptico los pasos básicos para su instalación subterránea son:

- Se pone la base donde ira el amplificador.
- Se instala en amplificador dependiendo cual sea su modelo así será su base.
- Se instalan los cables RG-500 coaxial los cuales serán de distribución y uno de ellos será la alimentación del amplificador que viene del nodo óptico.
- Se hace la calibración correspondiente si es pendiente alta o pendiente negativa.
- Para la instalación aérea cambian algunas condiciones las cuales son:
 - Se pone la base en el poste dependiendo el diseño del poste así será su base la base debe de dar seguridad y proteger el amplificador de robo la cual tiene para poner candados de seguridad.
 - Se instala el amplificador dependido cual sea su modelo así será su base y el tamaño.
 - Se instalan los cables RG-500 coaxial los cuales serán de distribución y uno de ellos será la alimentación del amplificador que viene del nodo óptico.

- Se hace la calibración correspondiente si es pendiente alta o pendiente negativa.

7.7.5. Ruido de retorno en red troncal HFC

Se presenta en los equipos activos y pasivos, se origina a través de diversas formas directas o indirectas como se puede generar desde planta externa hasta el propio video hub.

7.7.5.1. Definición

El ruido de retorno es algo muy importante de tener en cuenta a la hora del diseño, instalación y operación de una red troncal HFC ya que este ruido puede depender de muchos factores de diseño manipulación o condiciones climáticas tales como la lluvias y vientos. Otro aspecto importante del ruido en retorno es que afecta el retorno o el upstream que va de los usuarios hacia el video hub el ruido también puede ser generado por los equipos electrónicos de los clientes.

7.7.5.2. Características

Las características principales de este fenómeno que se genera en una red troncal HFC es que puede afectar a los equipos del cliente tales como los cablemódems (servicio de internet) y servicios de cable provocando el pixeleo de canales, en el caso de los canales análogos se identifica por la unidad de medida del C/N que es la razón de portadora a ruido y la de los canales digitales y HD es el MER ambos manejan rangos de aceptación de trabajo en el caso del C/N para que el servicio análogo funcione de una manera eficiente

tiene que ser mayor a 40 dBc y en el caso de los canales digitales y HD el MER tiene que ser mayor a 33.5 dBc.

7.7.5.3. Causas

Existen muchas causas de las cuales se puede generar el ruido de retorno una de las principales es la que puedan generar los clientes o los usuarios finales por ser una red compartida a la hora de que un cliente ingrese ruido a la red, toda se verá afectada. Las otras causas comunes son los conectores o pines flojos debido al viento o por el tiempo de instalación.

También se toma en cuenta las causas por humedad, en los equipos pasivos y activos de la red y entre otros. Es difícil eliminar el ruido por completo como idealmente se diseña, por eso la empresa de telecomunicaciones junto con los proveedores han diseñado un estándar donde los equipos y componentes activos puedan funcionar sin ningún problema siempre como objetivo ofrecer el mejor servicio confiable y seguro.

7.8. Mantenimiento en una red troncal HFC

Este tema es muy importante ya que del mantenimiento depende la funcionalidad y operación de los servicios entregados a los usuarios o clientes finales. Dentro del mantenimiento se comprenden programaciones y organizaciones para realizarlas a un nodo en específico de una zona que pueda estar dando problemas como de ruido en retorno, por niveles bajos debido a la degradación del cable, la degradación en los componentes activos y pasivos de la red. Para esto se crean programaciones de cambio de cable de distribución y troncal, el cambio de equipos activos como los amplificadores y los equipos

pasivos como taps, coplas y splitters, existen distintos tipos de mantenimiento los cuales son:

- Mantenimiento preventivo en una red troncal HFC.
- Mantenimiento predictivo en una red troncal HFC.
- Mantenimiento correctivo en una red troncal HFC.
- Mantenimiento para la eliminación de ruido de retorno en la red troncal HFC.

7.9. Base de datos

Para la automatización fallas tomamos en cuenta las bases de datos como la principal herramienta para el proceso de información recopilada en campo aplicadas a un modelo para la solución, se tendrá en cuenta la elaboración de encuestas de materiales que se le van proporcionando al técnico. Una base de datos es toda la información recopilada de un evento estudio de cualquier índole o aplicación contiene mucha cantidad de datos los cuales pueden ser manipulados en ciertos programas de software dedicados al análisis y resultados de base de datos a través de datos cuantitativos y cualitativos utilizando programas como herramientas para su interpretación.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEORICO

1.1. Redes HFC

1.1.1. Fundamentos de redes HFC

1.1.2. Características de redes HFC

1.1.3. Tecnología DOCIS

1.1.4. Topología de las redes HFC

1.2. Receptor óptico

1.2.1. Funcionamiento del receptor óptico

1.2.2. Operación del receptor óptico

1.2.2.1. Módulos ópticos

1.2.2.2. Módulos de RF del receptor

1.2.2.3. Panel de distribución de energía

1.2.2.4. Fuente de alimentación del receptor

1.3. Fuentes de voltaje

1.3.1. Módulos de operación de las fuentes de voltaje

- 1.3.2. Operación en línea
- 1.3.3. Operación en respaldo
- 1.4. Amplificadores
 - 1.4.1. Funcionamiento
 - 1.4.2. Componentes
- 1.5. Elementos pasivos de red de HFC
 - 1.5.1. Coplas direccionales
 - 1.5.1.1. Analogía del funcionamiento de la copla
 - 1.5.2. *Splitters*
 - 1.5.3. *Taps*
 - 1.5.3.1. Módulo ecualizador de cable
 - 1.5.3.2. Módulo simulador de cable
- 1.6. Cable de distribución RG-500
 - 1.6.1. Características
 - 1.6.2. Instalación
- 1.7. Parámetros de funcionamiento de equipos activos de red HFC
 - 1.7.1. Potencia óptica
 - 1.7.2. Potencia eléctrica
 - 1.7.3. Voltaje y corriente de operación
 - 1.7.4. Conexión de equipos activos de red HFC (según el fabricante)
 - 1.7.4.1. Instalación en piso del receptor óptico.
 - 1.7.4.2. Instalación de amplificadores
 - 1.7.5. Ruido de retorno en red troncal HFC
 - 1.7.5.1. Definición
 - 1.7.5.2. Características

1.7.5.3. Causas

1.8. Mantenimiento en una red troncal HFC

1.9. Base de datos

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5. METODOLOGÍA

6. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

9. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se describen los aspectos metodológicos y el proceso de investigación empírica del presente estudio. Se describe el enfoque desde el cual se abordó la investigación y se muestran las estrategias y técnicas utilizadas para la recopilación de la información y las herramientas usadas para analizarla.

9.1. Diseño de la investigación

Para esta investigación se utilizará un diseño no experimental descriptivo ya que se estará recolectando información histórica de los equipos en funcionamiento en un momento dado. Se estará clasificando la información en diversos grupos de forma que permita la creación de paneles de visualización que servirán para analizar el comportamiento de la red. Por ello, la investigación será de tipo transeccional descriptiva, dado que se recolectará y categorizará la información obtenida a través de encuestas y registros de fallas que hayan sucedido anteriormente en un nodo óptico y toda su red de distribución.

Hernández (2014) indica que una investigación no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos.

Se emplea un paradigma positivista para realizar la obtención de todos los datos de los equipos que se encuentran en funcionamiento y que son entidades que funcionan sin manipulación ni influencia, es decir totalmente autónomos, a las acciones realizadas durante la investigación.

9.2. Enfoque de la investigación

La investigación utiliza el enfoque de investigación mixto dado que se recolectarán datos de los equipos de una red troncal HFC de telecomunicaciones en producción. Los datos serán cuantificados y procesados con el objetivo de identificar los puntos de donde se originan las fallas para describir y analizar las causas y posibles soluciones a los problemas detectados.

Según Hernández (2014) los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio.

Hernández. (2014) cita a Chen quién define los métodos mixtos de investigación como la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una “fotografía” más completa del fenómeno, y señala que éstos pueden ser conjuntados de tal manera que las aproximaciones cuantitativa y cualitativa conserven sus estructuras y procedimientos originales (“forma pura de los métodos mixtos”); o bien, que dichos métodos pueden ser adaptados, alterados o sintetizados para

efectuar la investigación y lidiar con los costos del estudio (“forma modificada de los métodos mixtos”).

9.3. Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se hará un escaneo de toda la red troncal HFC de una empresa de telecomunicaciones para recolectar información de los equipos que la conforman, todas sus interfaces y componentes de distribución.

Se recolectarán los datos a través del estudio de encuestas entregadas a cada técnico en campo donde se estudiará la cantidad de material utilizado en cada falla y que tan recurrente es la falla en dicho nodo.

9.4. Técnicas de análisis de datos

Se analizará los datos a través de una base de datos donde se recopilará todos los datos obtenidos a través de encuestas para los técnicos de campo donde se tenga el control de materiales a utilizar el origen de la falla por cual se generó y así llevar un control de fallas por cada nodo desde la parte técnica planta externa en el caso si así fuera o en la parte de planta interna si la falla fue originada por desde planta interna.

9.5. Operativización de variables

Las variables para estudiar durante el proceso de esta investigación serán las que se indican a continuación:

- Cantidad de nodos de la red troncal.
- Cantidad de equipos de la red troncal.

- Cantidad y tipo de interfaces en la red troncal.
- Porcentaje de utilización de cada nodo.
- Material utilizado para la reparación de cada falla.

Todas las variables indicadas anteriormente son de carácter cuantitativo e independientes. Al analizarlas y correlacionarlas permitirán realizar el análisis de los resultados con métodos matemáticos.

9.6. Tipo de muestreo

Se usará el muestreo por conveniencia ya que se tiene disponibilidad de las personas que forman la población en un tiempo determinable en el departamento de troncales, se elige este muestreo ya que se adapta a las características y necesidades de la investigación ya que no es probabilística y toda prueba se hace a través de la población que existe en dicho departamento.

QuestionPro. (s.f). indica en su página web que el muestreo por conveniencia tiene como característica ser una técnica de muestreo no probabilístico y no aleatorio, por ello es utilizada para obtener poblaciones o muestras de acuerdo con la facilidad de acceso, la disponibilidad de las personas de formar parte de la población o muestra, en cualquier especificación práctica de un elemento particular.

9.7. Programa para el análisis de datos

Se utilizará Excel como herramienta de análisis de datos ya que tiene una amplia capacidad para análisis de datos, así como elaboración de gráficos, el objetivo de utilizarlo será analizar los datos de consumos excesivos que presente cada parámetro de la falla por el cual fue originada y el material que se utilizó para la resolución de esta.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se utilizará Excel como herramienta de análisis de datos ya que tiene la capacidad de expresar dichos datos en forma de graficas para un estudio más completo del análisis que se haga. Al obtener los datos del estudio se procederá a realizar un análisis estadístico de la información para poder predecir algunos comportamientos. Para ello se utilizarán las siguientes herramientas:

- Tablas de datos del equipamiento en cada nodo óptico.
- Gráficos de barras del rendimiento de cada nodo óptico.
- Tablas de datos de los mantenimientos realizados en cada nodo óptico.
- Gráficos de barras para ilustrar y comparar los rendimientos energéticos en los nodos ópticos y amplificadores.

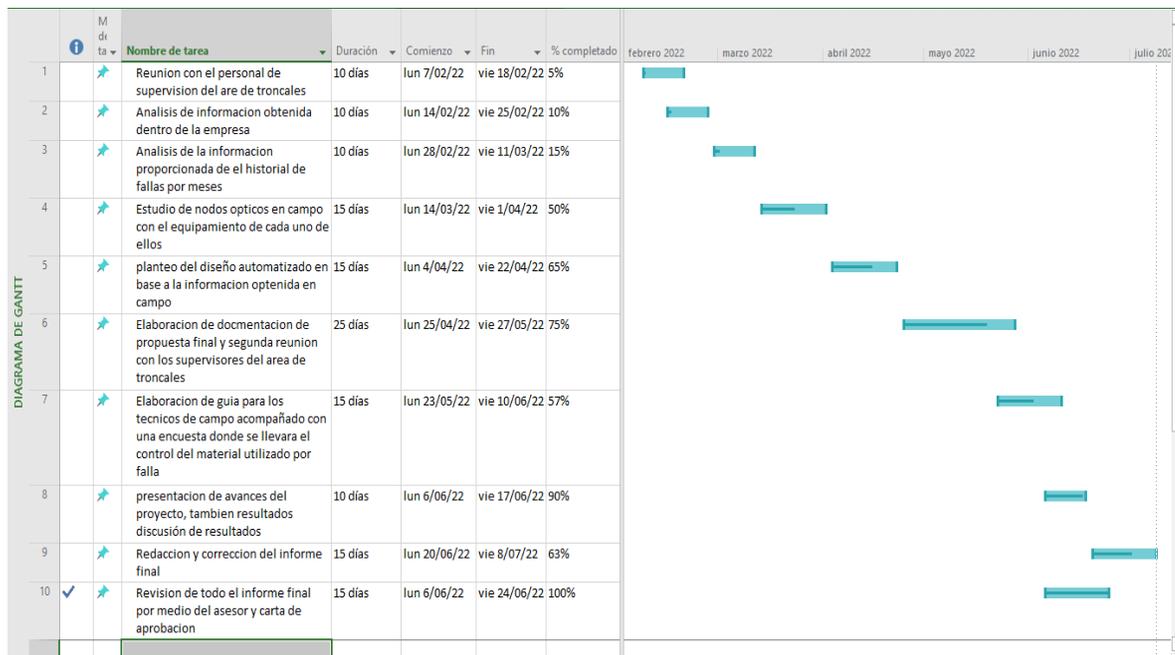
Las herramientas estadísticas que se utilizaran:

- Análisis de correlación entre variables (rendimiento de los equipos vs. eficiencia energética).
- Medidas de tendencia central: debido a que se reunirán datos, se realizarán los cálculos para determinar la media aritmética y sus desviaciones en cada caso.

11. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta la organización cronológica del proceso de la elaboración de la propuesta final que da solución al problema de investigación, estará organizado por semanas, abarcando un total de 29 semanas, desde el inicio hasta la presentación del informe final.

Figura 10. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

12. RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La investigación será financiada por el investigador, dentro de los recursos humanos necesarios se encontrará el tiempo necesario del investigador y el costo del asesor. Dentro de los recursos físicos necesarios para la investigación está la designación de un área en la empresa de telecomunicaciones para el análisis y la recolección de datos de la red troncal HFC la cual no tendrá un costo por ya que será un análisis de días. Dentro de los materiales necesarios para llevar a cabo la investigación están los equipos de cómputo del investigador, papelería, una cámara fotográfica, una impresora, internet móvil y medios de transportes de la empresa de telecomunicaciones para realizar dichos estudios.

Tabla I. **Costo del estudio**

	Recurso	Costo
Físico	Galones de Diesel	Q. 3,500.00
Material	Personal (combustible y alimentación)	Q. 2,000.00
Físico	Impresora de tinta recargable	Q. 1,600.00
Humano	Asesor	Q. 1,500.00
Físico	Computadora Personal	Q. 1,500.00
Material	Pizarra de marcadores de tinta	Q. 200.00
Material	3 marcadores de pizarra recargables	Q. 75.00
Material	3 botes de tinta para marcador	Q. 100.00
Material	Gastos imprevistos	Q. 1,500.00
Físico	Servicios Telefonía Móvil e internet	Q. 6,400.00
Físico	Equipo de computo	Q. 3,800.00
Físico	Hojas e impresiones	Q. 800.00
Financieros	Financiada por Empres de Telecomunicaciones	Q. 22,975.00
	TOTAL	Q. 22,975.00

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. Agustín, O. (2006). Análisis de ruido en la señal transmitida en un cable coaxial. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0148_EO.pdf
2. Alpha technologies. (s.f.). El negocio desde 1975. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.alpha.com/>
3. America Móvil. (2007). *Srand Walkut and Mapping*. México: American Móvil.
4. Arris. (4 de abril, 2015). Manual de operación e instalación SG4000 Nodo óptico modular de 1 GHz Arris, 529086-002 Revisión D. [Mensaje de un blog]. Recuperado de https://www.goamt.com/wp-content/uploads/2015/08/SG4000_4X4-SEGMENTABLE-NODE-OPTICAL-NODE-SERIES_AMT.pdf
5. Aurora Networks. (10 de junio, 2004). Chasis CH3000. [Mensaje de un blog]. Recuperado de http://www.telcogroup.ru/files/pdf-vend/TA420_CH300_Chassis.pdf
6. Braevet, V. (2009). *Diseño de red híbrida Fibra Coaxial (HFC) para la cayería Norte de la provincia Villa Clara*. (Tesis de licenciatura). Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba. Recuperado de <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/>

123456789/4950/Vismar%20Bravet%20G%c3%b3mez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

7. Cartagena, J. (29 de julio, 2007). Redes HFC (HibridFiberCoaxial) y sus vulnerabilidades. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s08/Project/JuanCartajena.pdf>
8. Intelgua. (2006). *Mantenimiento y calibración de la red troncal en redes HFC*. Guatemala: Instituto de telecomunicaciones de Guatemala.
9. Motorola. (3 de mayo, 2005). Canopy Entreprises Solution. [Mensaje de un blog]. Recuperado de https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/en-xw/static_files/2005_Motorola_Annual_Report.pdf
10. Motorola. (s.f.). Introducción a las redes de banda ancha HFC. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://es.scribd.com/presentation/494952307/Introduccion-a-las-de-Redes-de-Banda-Ancha-HFC-1>.
11. NOC. (18 de enero, 2008). Manual gestionar incidente y dar soporte técnico fuentes de poder fluido eléctrico BOSS soluciones fijas. [Mensaje de un blog]. Recuperado de <https://www.zendesk.com.mx/blog/gestion-de-incidentes/>
12. Sánchez, J. (2017). *Diseño e implementación de redes híbridas HFC basadas en la combinación y transmisión de señales de televisión e internet*. (Tesis de licenciatura). Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Sistemas de Telecomunicaciones, Colombia.

Recuperado de https://oa.upm.es/52959/1/TFG_JAVIER_SANCHEZ_MARTINEZ.pdf

13. Sapag, N. y Chain, R. (2005). *Preparación y Evaluación de proyectos*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.
14. Venegas, A. (2013). *Diseño de un sistema de gestión para la infraestructura de la red HFC de UNE EPM telecomunicaciones S.A en Bogotá*. (Tesis de licenciatura). Universidad Piloto de Colombia, Colombia. Recuperado de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/1032/00001222.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

