



Universidad
del Cauca

**SISTEMA DE MONITOREO DE FALLAS
CENTRALIZADO PARA LA TECNOLOGÍA HFC EN
LA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE
POPAYÁN S.A. EMTel E.S.P.**

Trabajo de Grado
Modalidad: Práctica Profesional

HERNÁN DARÍO MONTOYA SOLARTE

Director: MSc. Alejandro Toledo Tovar
Asesor: Ing. Rubén Darío Camayo Medina

Universidad del Cauca
**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones (GNTT)
Popayán – Cauca
2019**

**SISTEMA DE MONITOREO DE FALLAS CENTRALIZADO PARA LA
TECNOLOGÍA HFC EN LA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES
DE POPAYÁN S.A. EMTel E.S.P.**



Trabajo de Grado
Modalidad: Práctica Profesional

HERNÁN DARÍO MONTOYA SOLARTE

Director: MSc. Alejandro Toledo Tovar
Asesor: Ing. Rubén Darío Camayo Medina

Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones (GNTT)
Popayán – Cauca
2019

CONTENIDO

1. CAPÍTULO: INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	10
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.3 APORTE.....	10
1.4 METODOLOGÍA.....	10
1.5 EMTEL.....	12
1.5.1 MISIÓN	12
1.5.2 VISIÓN.....	13
1.5.3 LAS TIC	13
2. CAPÍTULO: MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 GENERALIDADES.....	15
2.2 HISTORIA.....	16
2.3 GESTIÓN DE REDES	21
2.4 HERRAMIENTAS.....	23
2.5 REDES	25
2.5.1 TIPOS DE RED	26
2.5.2 TOPOLOGÍAS	27
2.5.3 PROTOCOLOS	28
2.6 TECNOLOGÍAS.....	29
2.6.1 RED ÓPTICA.....	30
2.6.2 RED DE COBRE	35
2.6.3 BIDIRECCIONALIDAD	38
2.6.4 ESTÁNDAR DOCSIS	39
2.6.5 OTROS CONCEPTOS	40
3. CAPÍTULO: ARQUITECTURA FÍSICA Y LÓGICA	42
3.1 CABECERA (HEADEND).....	46
3.1.1 ELEMENTOS DE LA CABECERA	47
3.2 RED TRONCAL.....	52
3.3 RED DE DISTRIBUCIÓN	54
3.3.1 ELEMENTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN:	54
3.4 RED DE ACCESO.....	59

4. CAPÍTULO: DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE FALLAS CENTRALIZADO	62
4.1 DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS A MONITOREAR (METRICAS DE MONITOREO)	62
4.2 DEFINICIÓN DEL PROTOCOLO.....	63
4.3 DISEÑO SOFTWARE	64
4.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE FALLAS CENTRALIZADO PARA LA TECNOLOGÍA HFC	66
4.4.1 ABSTRACCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE MONITOREO	66
4.4.2 BASE DE DATOS.....	70
4.4.3 DESARROLLO DEL CÓDIGO	74
4.4.4 DISEÑO GRÁFICO	75
4.4.5 IMPLEMENTACIÓN	77
5. CAPÍTULO: PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	79
6. CAPÍTULO: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	92
6.1 CONCLUSIONES.....	92
6.2 RECOMENDACIONES	92
6.3 TRABAJOS FUTUROS	93
7. ANEXOS	94
7.1 Anexo 4.1	94
7.2 Anexo 4.2	99
7.3 Anexo 4.3	102
7.4 Anexo 4.4	103
8. REFERENCIAS.....	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Modelo lineal secuencial. Tomado de [4].	11
Figura 1.2: Logotipo de la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P. Tomado de la empresa.	12
Figura 2.1: Cables coaxiales. Tomado de [11].	16
Figura 2.2: Red en forma de árbol. Por el autor.	17
Figura 2.3: Red HFC. Tomada de [10].	17
Figura 2.4: Comunicación bidireccional en una red HFC. Modificada de [15].	18
Figura 2.5: Tipos de red según su alcance. Tomada de [22].	27
Figura 2.6: Topologías de red. Modificada de [23].	28
Figura 2.7: Partes de la Fibra Óptica de un hilo. Tomada de [26].	32
Figura 2.8: Partes de la Fibra Óptica de varios hilos. Tomada de [27].	33
Figura 2.9: Tipos de Fibra Óptica según principio de transmisión. Tomada de [12].	34
Figura 2.10: Elementos del Cable Coaxial. Tomada de [28].	36
Figura 2.11: Cable Coaxial 500 con impedancia de 75 Ohms para redes aéreas y subterráneas. Tomada de [12].	37
Figura 3.1: Arquitectura física. Por el autor.	42
Figura 3.2: Arquitectura física y lógica enlace descendente.	43
Figura 3.3: Arquitectura física y lógica enlace ascendente. Por el autor.	44
Figura 3.4: Cabecera de la red HFC de EMTEL. Por el autor.	47
Figura 3.5: Antenas satelitales. Por el autor.	48
Figura 3.6: Receptores satelitales. Por el autor.	49
Figura 3.7: Espectro de la señal de video y audio. Modificada de [12].	50
Figura 3.8: Moduladores de diferentes tipos. Por el autor.	50
Figura 3.9: Combinadores y grilla de TV en Splitter. Por el autor.	51
Figura 3.10: CMTS. Por el autor.	51
Figura 3.11: Softswitch. Por el autor.	52
Figura 3.12: Receptores (RX). Por el autor.	52
Figura 3.13: Transmisores (TX). Por el autor.	53
Figura 3.14: Red troncal de la red HFC. Por el autor.	53
Figura 3.15: Nodo óptico. Por el autor.	55
Figura 3.16: Amplificador. Por el autor.	55
Figura 3.17: Derivador o TAP. Por el autor.	56
Figura 3.18: Divisor o Splitter. Por el autor.	56
Figura 3.19: Acoplador direccional. Por el autor.	57
Figura 3.20: Fuente.	58
Figura 3.21: Red distribución de la red HFC de EMTEL. Por el autor.	58
Figura 3.22: Red distribución de la red HFC de EMTEL. Por el autor.	60
Figura 3.23: Red de acceso de la red HFC de EMTEL. Por el autor.	60
Figura 4.1: Vista de Inicio del Sistema del Monitoreo de Fallas Centralizado (SMFC). Por el autor.	66

Figura 4.2: MIB Browser de iReasoning con las MIBs privadas cargadas del CMTS. Por el autor.	68
Figura 4.3: Base de datos cmtsdb. Por el autor.	70
Figura 4.4: Tabla users de la base de datos cmtsdb. Por el autor.	71
Figura 4.5: Tabla cable_modems de la base de datos cmtsdb. Por el autor.	72
Figura 4.6: Tabla data_cable_modems de la base de datos cmtsdb. Por el autor.	73
Figura 4.7: Tabla architectures de la base de datos cmtsdb. Por el autor.	73
Figura 4.8: Tabla theories de la base de datos cmtsdb. Por el autor.	73
Figura 4.9: Aplicación XAMPP. Por el autor.	74
Figura 5.1: Información mostrada al ejecutar el comando 1. Por el autor.	79
Figura 5.2: Vista de la información de los nodos en la página Nodos. Por el autor.	80
Figura 5.3: Vista Enlace físico del CMTS al CM con la base de datos actualizada exitosamente. Por el autor.	81
Figura 5.4: Vista Estados de operación de los CM con la base de actualizada exitosamente. Por el autor.	82
Figura 5.5: Datos arrojados por consola del comando 2. Por el autor.	83
Figura 5.6: Datos arrojados por consola del comando 3. Por el autor.	83
Figura 5.7: Datos arrojados por el sistema de monitoreo (Vista Enlace físico del CMTS al CM). Por el autor.	83
Figura 5.8: Datos arrojados por el sistema de monitoreo (Vista Estados de operación del CM). Por el autor.	84
Figura 5.9: Vista de Características de monitoreo del ARRIS C4 CMTS (Parte 1). Por el autor.	85
Figura 5.10: Vista de Características de monitoreo del ARRIS C4 CMTS (Parte 2). Por el autor.	86
Figura 5.11: Vista de Estados de sobrecarga del ARRIS C4 CMTS (Parte 1). Por el autor.	86
Figura 5.12: Vista de Estados de sobrecarga del ARRIS C4 CMTS (Parte 2). Por el autor.	87
Figura 5.13: MIB Browser con los valores de las Características de monitoreo del CMTS. Por el autor.	88
Figura 5.14: MIB Browser con los valores de los Estados de sobrecarga general del CMTS. Por el autor.	88
Figura 5.15: MIB Browser con los valores de los Estados de sobrecarga del CMTS por tarjeta. Por el autor.	89
Figura 5.16: Descripción del OID. Por el autor.	89
Figura 5.17: Valores de 10 OID. Por el autor.	90
Figura 5.18: Resultado entendible por el usuario de los 10 OID. Por el autor.	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1: Parámetros de Potencia de la red HFC. Modificada de [13].	19
Tabla 2.2: Frecuencia vs Atenuación del Cable Coaxial 750. Modificada de [12].	36
Tabla 2.3: Frecuencia vs Atenuación del Cable Coaxial 500. Modificada de [12].	37
Tabla 2.4: Frecuencia vs Atenuación del Cable Coaxial RG11. Modificada de [12].	38
Tabla 2.5: Orden de los dispositivos donde cruza la señal descendente y ascendente (* varios). Por el autor.....	39
Tabla 2.6: Potencial de DOCSIS. Tomada de [8].	40
Tabla 3.1: Distribución lógica de los nodos ópticos en las tarjetas del CMTS. Por el autor.	45
Tabla 3.2: Rango de frecuencias de la banda C y Ku. Tomada de [30].	48
Tabla 5.1: Tabla comparativa del valor de las variables de ambas interfaces. Por el autor.	84

LISTA DE ACRÓNIMOS

AC	<i>Alternating Current</i> , Corriente Alterna
AM	Amplitud Modulada
CAN	<i>Campus Area Network</i> , Red de Área del Campus
CATV	<i>Community Antenna TV</i> , Television por Cable
CM	<i>Cable Modem</i> , Cable Módem
CMTS	<i>Cable Modem Termination System</i> , Sistema de Terminación de Cable por Módem
CRC	Comisión de Regulación de las Comunicaciones
CSP	<i>Communication Service Provider</i> , Proveedor de Servicios de Comunicaciones
DC	<i>Direct Current</i> , Corriente Continua
DOCSIS	<i>Data Over Cable Service Interface Specifications</i> , Especificaciones de Interfaz para Servicio de Datos por Cable
DHCP	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i> , Protocolo Dinámico de Configuración de Host
DS	<i>DownStream</i> , Flujo Descendente
E2E	<i>End to End</i> , Extremo a Extremo
FDM	<i>Frequency Division Multiplexing</i> , Multiplexación por División de Frecuencia
FM	Frecuencia Modulada
GPON	<i>Gigabit-capable Passive Optical Network</i> , Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit
HFC	<i>Hybrid Fiber Coaxial</i> , Híbrido Fibra Coaxial
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i> , Protocolo de Transferencia de Hipertexto
IP	<i>Internet Protocol</i> , Protocolo de Internet
LAN	<i>Local Area Network</i> , Red de Área Local
LED	<i>Light Emitting Diode</i> , <i>Light Emitting Diode</i>

LNB	<i>Low Noise Block</i> , Bloque Convertidor de Bajo Nivel de Ruido
MAN	<i>Metropolitan Area Network</i> , Red de Área Metropolitana
MODEM	<i>MOdulator DEModulator</i> , Modulador Demodulador
NGN	<i>Next Generation Networks</i> , Redes de Nueva Generación
NTSC	<i>National Television Systems Committee</i> , Comité Nacional de Sistema de Televisión
ONT	<i>Optical Network Termination</i> , Terminación de Red Óptica
OTN	<i>Optical Transport Network</i> , Red de Transporte Óptico
PAL	<i>Phase Alternate Line</i> , Línea de Fase Alternada
PAN	<i>Personal Area Network</i> , Red de Área Personal
PQR	Peticiones Quejas/Reclamos y Recursos
PS	Proveedor de Servicios
PSC	Proveedor de Servicios de Comunicaciones
PSI	Proveedor de Servicios de Internet
PSC	Proveedor de Servicios de Telecomunicaciones
PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i> , Red Telefónica Publica Conmutada
QoE	<i>Quality of Experience</i> , Calidad de la Experiencia
QoS	<i>Quality of Service</i> , Calidad del Servicio
RF	<i>Radio Frequency</i> , Radiofrecuencia
RoIP	<i>Radio over IP</i> , Radio sobre IP
RX	Recepción
SAN	<i>Storage Area Network</i> , Red de Área de Almacenamiento
SMTP	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i> , Protocolo Simple de Transferencia de Correo
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i> , Protocolo Simple de Gestión de Red
SNR	<i>Signal Noise Ratio</i> , Relación Señal a Ruido
SSH	<i>Secure Shell</i> , Cubierta Segura

STB	<i>Set-Top Box</i> , Decodificador
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i> , Protocolo de Control de Transmisión
TDM	<i>Time Division Multiplexing</i> , Multiplexación por División de Tiempo
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i> , Acceso Múltiple por División de Tiempo
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
TX	Transmisión
UIT-T	<i>International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector</i> , Unión Internacional de Telecomunicaciones Sector de Estandarización de las Telecomunicaciones
US	<i>UpStream</i> , Flujo Ascendente
VLAN	<i>Virtual Local Area Network</i> , Red de Área Local Virtual
VoD	<i>Video on Demand</i> , Video bajo Demanda
VoIP	<i>Voice over IP</i> , Voz sobre IP
WAN	<i>Wide Area Network</i> , Red de Área Amplia
WWW	<i>World Wide Web</i> , Red Mundial



1. CAPÍTULO: INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al crecimiento de las tecnologías de las telecomunicaciones, las empresas dedicadas a la prestación del servicio en este sector, se enfrentan con el desafío de implementar nuevos servicios e infraestructura más robusta, aumentando con ello la capacidad y complejidad de la red. Este crecimiento constante de la red define la importancia que toma la gestión y el monitoreo de la misma para evitar fallas y contratiempos.

La Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P., es una de las empresas más representativas de la ciudad de Popayán, la cual brinda soluciones integrales en tecnologías de la información y las comunicaciones. Con el transcurso de los años la empresa ha implementado nuevos servicios y con ello nueva infraestructura, migrando de manera progresiva a las Redes de Nueva Generación (NGN, *Next Generation Networks*) con el propósito de lograr la convergencia de servicios multimedia (voz, datos, video) [1]. Actualmente la empresa ofrece tres servicios, telefonía, Internet y televisión, los cuales a su vez están asociados a diferentes tecnologías entre las que se encuentra la tecnología Híbrido Fibra Coaxial (HFC, *Hybrid Fiber Coaxial*). La tecnología HFC es una tecnología de acceso de banda ancha de servicio digital, económica y práctica, que consiste en interconectar al cliente por medio de Cable Coaxial a un nodo zonal y posteriormente interconectar los nodos zonales con Fibra Óptica [2].

La empresa no cuenta en el momento con una herramienta gráfica de monitoreo centralizado para realizar la gestión de sus dispositivos de Sistema de Terminación de Cable por Módem (CMTS, *Cable Modem Termination System*), por lo que se les dificulta anticiparse a posibles problemas y fallos, generando con ello insatisfacción en algunos clientes con fallas, razón por la cual se hace necesario implementar este tipo de sistemas o herramientas para optimizar los tiempos de respuesta del personal técnico y de ingeniería que realizan el soporte técnico a esta plataforma de red de acceso HFC. Además, permitiría la recolección de información generada por cada equipo para luego ser procesada y entregada de tal manera que se pueda verificar el óptimo funcionamiento de la red [3].

En concordancia con lo anterior, este trabajo realizó la implementación de un Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado para la tecnología HFC de la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A EMTEL E.S.P, que genera una gestión más proactiva, facilitando de esta manera la toma de decisiones al momento de planear, adecuar y expandir la red, logrando con ello un mejor servicio para sus usuarios.



1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Implementar un sistema de monitoreo de fallas de la tecnología HFC (Dispositivos CMTS) en la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la arquitectura física y lógica de la tecnología HFC (Dispositivos CMTS) disponible en planta interna en la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P.
- Definir las principales características de monitoreo de alarmas y fallos de los Dispositivos CMTS (ARRIS C4 y Cable Módem) de la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P.
- Diseñar un sistema de monitoreo centralizado en la tecnología HFC (Dispositivos CMTS) de la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P.
- Evaluar un sistema de monitoreo centralizado en la tecnología HFC (Dispositivos CMTS) de la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P.

1.3 APORTE

La realización de este trabajo de grado aporta en el proceso de investigación de la facultad y del departamento de telecomunicaciones, al contribuir con los siguientes aspectos:

- Caracterización de la arquitectura física y lógica de una red con tecnología HFC (Dispositivos CMTS).
- Sistema de monitoreo centralizado para características específicas de la tecnología HFC (Dispositivos CMTS).

1.4 METODOLOGÍA

La metodología que se utilizará como referencia en el desarrollo del trabajo de grado es el Modelo Lineal Secuencial o también llamado Modelo en Cascada. Este tipo de modelo

sugiere un enfoque sistemático, secuencial, para el desarrollo del software que comienza en un nivel de sistemas y progresa con el análisis, diseño, codificación, pruebas y mantenimiento. La Figura 1.1 muestra el modelo lineal secuencial para la ingeniería del software. El modelo lineal secuencial comprende las siguientes actividades [4]:

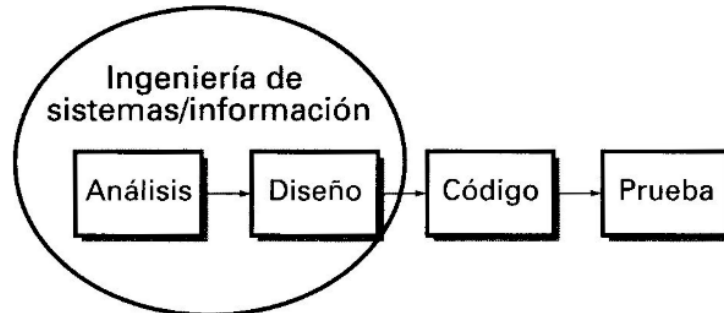


Figura 1.1: Modelo lineal secuencial. Tomado de [4].

- Ingeniería de Sistemas/Información: Como el software siempre forma parte de un sistema más grande, el trabajo comienza estableciendo requisitos de todos los elementos del sistema.
- Análisis: El proceso de reunión de requisitos se intensifica y se centra especialmente en el software.
- Diseño: El diseño del software se centra en 4 atributos distintos de programa como lo son la estructura de datos, la arquitectura de software, las representaciones de la interfaz y el detalle procedimental, conocido como algoritmo.
- Código: El diseño se debe traducir en una forma legible por la máquina.
- Pruebas: Una vez que se ha generado el código, comienzan las pruebas del programa. El proceso de pruebas se centra en los procesos lógicos internos del software, asegurando que todas las sentencias se han comprobado, y en los procesos externos funcionales; es decir, realizar las pruebas para la detección de errores y asegurar que la entrada definida produce resultados reales de acuerdo con los resultados esperados.
- Mantenimiento. El software indudablemente sufrirá cambios después de ser entregado al cliente. Se producirán cambios porque se han encontrado errores, porque el software debe adaptarse para acoplarse a los cambios de su entorno externo o porque el cliente requiere mejoras funcionales o de rendimiento.

1.5 EMTEL

La Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P., es una Sociedad por Acciones, constituida como Empresa de Servicios Públicos Mixta, regida por los parámetros legales consagrados en la Ley 142 de 1.994. Creada Mediante Escritura Pública No. 1757 del 20 de octubre de 1998 ante la Notaría Tercera del Círculo de Popayán, con registro mercantil No. 13037 del 30 de Octubre de 1998 [1].

Cuenta con un Régimen especial, establecido en la Ley 1341 de 2009, encaminado a la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones TIC, definiendo su alcance legal, en su art. 55, determinando, que los actos y los contratos, incluidos los relativos a su régimen laboral y las operaciones de crédito de los proveedores de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, cualquiera que sea su naturaleza, sin importar la composición de su capital, se registrarán por las normas del derecho privado [1].

Está sujeta a la regulación y control por parte de unidades del estado como son: Superintendencia de Industria y Comercio, el Ministerio de Comunicaciones en los Servicios no Regulados por la ley de Servicios Públicos Domiciliarios, (servicios de valor agregado y demás); por la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC), y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [1].

El logo de la empresa se observa en la Figura 1.2.



Figura 1.2: Logotipo de la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P.
Tomado de la empresa.

1.5.1 MISIÓN

En EMTEL le apostamos a la excelencia operacional, innovación, diversificación, desarrollo sostenible y mejora en la calidad de vida, brindando soluciones integrales en tecnologías de la información y comunicaciones, orientadas a lograr la mejor experiencia de nuestros clientes y grupos de interés [1].



1.5.2 VISIÓN

Para el 2020, Emtel será una empresa sostenible que incursione en nuevas oportunidades de negocio [1].

1.5.3 LAS TIC

En la empresa se maneja la red HFC para llevar los servicios TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) TV (Televisión), Internet y Voz a los usuarios. Esta tecnología de telecomunicaciones combina la Fibra Óptica y el Cable Coaxial para la transmisión de señales. La fibra es utilizada en la cabecera y red de transporte, es decir, en el núcleo o backbone de la red, así como también en largas distancias, mientras que, el Coaxial se emplea en la red de distribución y acceso. Esta mezcla se realiza para aprovechar las cualidades que ambos presentan, como son las bajas pérdidas y pocas interferencias de la Fibra Óptica y el bajo costo del Cable Coaxial, más la sencillez en la conexión e instalación del Cable Coaxial y sin lugar a dudas, el aprovechamiento de la infraestructura tendida de este [5].

En la actualidad se envía un gran número de mantenimientos a terreno de los cuales muchos no son necesarios, bien sea porque se pueden solucionar de forma remota o debido a que el personal de Call Center y de Helpdesk que recibe el PQR (Peticiónes Quejas/Reclamos y Recursos) [6], no genera el filtro adecuado para tratar el inconveniente de una manera más eficiente, o no resuelve el caso por no tener acceso a todas las credenciales y deben escalarlo hasta los ingenieros de soporte. Además, las fuentes de información que se manejan para planta interna son distintas a las de planta externa, por lo cual no se refleja un soporte correcto que informe debidamente lo ocurrido al suscriptor en caso de algún percance y en menor medida una solución oportuna de su requerimiento [5].

Con base en lo anterior, es importante aclarar que esta es la forma en la que están divididas las secciones de trabajo en la empresa, en la cual existen técnicos e ingenieros distintos tanto en la cabecera o planta interna, la red de distribución o planta externa como en la red de acceso también de planta externa; asimismo se tienen distribuidas las funciones y operaciones, por esta razón, los sistemas de información y gestión (monitoreo y control) se manejan de forma independiente. En consecuencia, se presenta una de las problemáticas principales, la cual consiste en la falta de comunicación entre todas estas dependencias [5].

Al presentarse una falla de larga duración en la señal del suscriptor, se debe comúnmente a problemas debidos a trabajos de mantenimiento preventivo en ese momento o a un problema en la cabecera o en la red de distribución por falta de mantenimiento, con la intención de realizar el soporte adecuado, pero validando de forma incorrecta por parte de la línea de atención al usuario que recibe la solicitud, se genera una orden equivocada debido a que se encuentra fuera de su alcance, lo que causa una visión negativa de la



empresa por parte del suscriptor. Con el fin de que a esto se apunta de que no debe suceder, se requiere un Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado para la tecnología HFC en el cual se haga evidente los inconvenientes para resolver de manera rápida y con la mayor brevedad posible, mitigando las quejas de los usuarios suscriptores [5].

El mantenimiento preventivo procura detectar mediante una monitorización sistemática, tendencias en el comportamiento de la red HFC, consolidando un juicio veraz en el descubrimiento de fallas. Desde un punto de vista de mantenimiento de red, no es razonable monitorear cada Cable Módem (CM, *Cable Modem*) de manera individual, por lo que se debe elegir puntos de concentración estratégicos. Aun siendo así la realización de muchas medidas, el método idóneo de conocer la red [7].



2. CAPÍTULO: MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES

Primero que todo, la demanda de tráfico ha crecido exponencialmente durante las últimas 3 décadas. De modo que, diferentes aplicaciones y servicios han aparecido en distintos momentos para asegurar que el crecimiento del tráfico se mantenga en aumento. Entre ellos, los servicios de negocios, videojuegos y Video bajo Demanda (VoD, *Video on Demand*), constituyendo el futuro del crecimiento del tráfico en los próximos años, lo que motiva a garantizar el buen desempeño de las redes. Debido a esto, recientemente, el tráfico de datos ha explotado [8]. La razón es que la demanda de estos servicios multimedia ha aumentado rápidamente, haciendo necesario una mejora en los servicios basados en el Protocolo de Internet (IP, *Internet Protocol*), de manera que permitan servicios multimedia de alta velocidad [9].

Para mantenerse al día con estas crecientes y futuras demandas de ancho de banda, los operadores de redes de cable intentan migrar a redes de fibra, que prometen ofrecer mayores velocidades y volúmenes de información abundantes. Sin embargo, realizar esa migración a una infraestructura de red, completamente basada en Fibra Óptica, requiere una gran inversión de presupuesto y tiempo considerable de implementación para conseguirse. Las nuevas tecnologías de red y la demanda de mejorar la Calidad de Servicio (QoS, *Quality of Service*) del usuario, están impulsando a los operadores de red hacia la era de la banda ultra ancha [8].

La arquitectura actual de las redes de Híbridas de Fibra Óptica y Cable Coaxial (HFC), junto con el crecimiento exponencial de la demanda de ancho de banda, colocan al Proveedor de Servicios de Comunicaciones (CSP, *Communication Service Provider*) en desventaja competitiva con otros más grandes, debido a las limitaciones de capacidad. Estas limitaciones pueden impedir que los CSP satisfagan las demandas de los clientes si no se tratan adecuadamente [8].

Debido a esto, al momento en que un CSP desea realizar la migración de una tecnología de red debe tener en cuenta múltiples factores, por ejemplo: costo, arquitectura de red, asignación de espectro, problemas operativos, desafíos técnicos, equipo de cabecera, clientes, Calidad de la Experiencia (QoE, *Quality of Experience*), etc. Para que un proveedor en desventaja tecnológica mantenga sus clientes y ofrezca más servicios a velocidades más rápidas, necesitan comenzar a actualizar sus viejas redes de manera que satisfagan las demandas de ancho de banda, este proceso se debe llevar a cabo paulatinamente en forma de pasos graduales hacia la arquitectura futura, mientras tanto pueden hacer uso de las redes que ya están implementadas y sacarle el mejor provecho, intentando mejorar su rendimiento y desempeño [8].

Para dar cumplimiento a la creciente demanda de servicios para el intercambio de información y transmisión de datos en la red, es muy importante constituir un tipo de red integral de banda ancha económica y práctica con la tecnología HFC existente, de modo que se hace imprescindible la gestión de la misma, manteniendo altos los estándares de calidad que son brindados a los usuarios finales [2].

2.2 HISTORIA

Antes que nada, los operadores de cable se originaron a partir de las redes desplegadas en la década del 50 en Estados Unidos, las cuales permitieron distribuir señales de televisión por suscripción en zonas donde la televisión transmitida por ondas radiales no tenía cobertura. A estas redes se les denominaron Televisión por Cable (CATV, *Community Antenna TV*). El medio de transmisión para estas redes fue el Cable Coaxial, el cual se observa en la Figura 2.1, debido a que era el único medio en ese momento, con la suficiente capacidad de ancho de banda para la distribución de canales en formato analógico con entre 20 a 100 canales. El Cable Coaxial proporciona mayor ancho de banda, al ofrecido por un cable telefónico, además del comportamiento que es ideal para una distribución de canales, además las redes CATV utilizaban la topología en forma de árbol como se observa en la Figura 2.2, debido a las características de la televisión analógica, las cuales permitían la trabajar en modo difusión, propagando la información a todas las estaciones receptora [10].



Figura 2.1: Cables coaxiales. Tomado de [11].

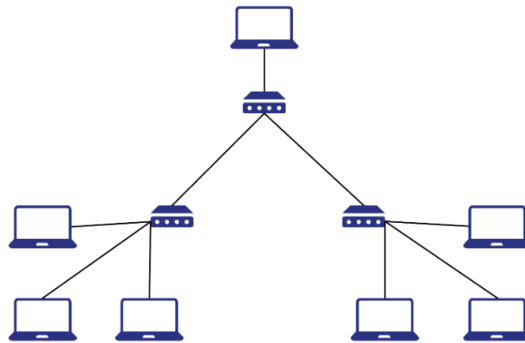


Figura 2.2: Red en forma de árbol. Por el autor.

Más tarde, con la llegada de la nueva arquitectura en la cual se introduce Fibra Óptica en las troncales, se resuelven en gran medida las dificultades de ruido, generando un aumento significativo en la calidad de la señal y disminuyendo la cantidad de mantenimientos que generaban dichas redes. Con el aumento del ancho de banda que generó esta nueva infraestructura se incluyeron nuevos servicios sobre el mismo cable [5].

Entonces, la red HFC se desarrolló a partir de la red tradicional de televisión por cable, que combinó Fibra Óptica en la red de Cable Coaxial existente, siendo esta una de las redes más rentables y flexibles utilizadas hasta la fecha [12]. En la Figura 2.3 se muestra la red obtenida a partir de esta combinación. La red HFC generalmente consiste en cabecera, CMTS, transmisores y receptores ópticos, Fibra Óptica, nodos de fibra, Cable Coaxial, amplificadores, derivadores y divisores. Las señales de TV y de datos se combinan en la cabecera [13].

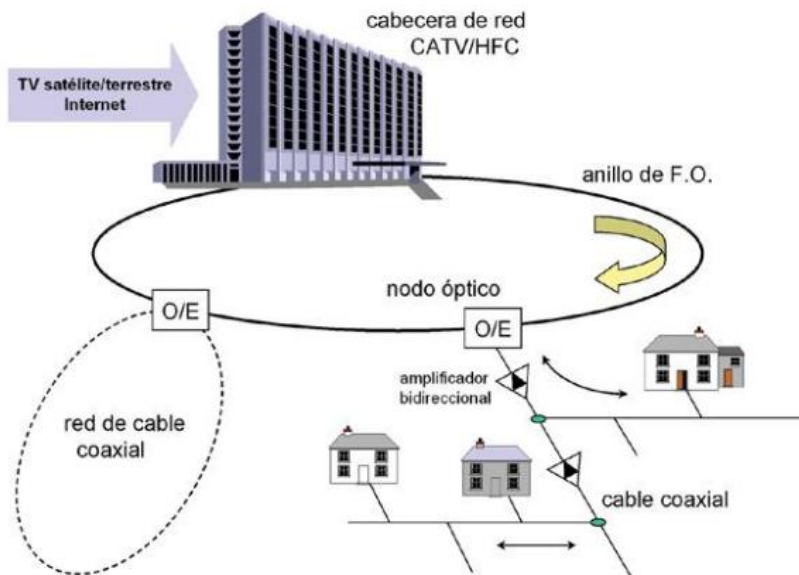


Figura 2.3: Red HFC. Tomada de [10].

Después de multiplexar estas señales en una sola, esta se envía hacia los transmisores y de ahí se transporta ópticamente a los nodos de fibra, donde la señal se convierte en RF (Radiofrecuencia) y alimenta una red de Cable Coaxial, la cual maneja una estructura en forma de árbol. Los amplificadores alimentan las señales conducidas por esta red cableada hacia los CM distribuidos en los hogares de los suscriptores, igualmente las señales de retorno se multiplexan en frecuencia sobre la red coaxial, regresando al nodo y convirtiéndose en señales ópticas, dedicando una fibra para transportarlas hacia los receptores, los cuales a su vez la envían hacia el CMTS en la cabecera finalizando el recorrido[13].

La calidad de la red HFC es importante para el rendimiento del servicio, por esta razón, se debe mantener unos buenos niveles de respuesta, de forma que, se necesita monitorear la conexión de los canales de comunicación bidireccional, entre el CMTS y el CM los cuales constan de la Potencia de Flujo Descendente (DS-Power, *Downstream Power*) y la Potencia de Flujo Ascendente (US-Power, *Upstream Power*). Otro parámetro importante en la red es la Relación Señal a Ruido Ascendente (US-SNR, *Upstream Signal Noise Ratio*), la cual interfiere en el análisis de la calidad de la red HFC real en cada nodo o en cada área de servicio [13]. Se utilizan frecuencias y modulaciones diferentes para las señales de subida y de bajada debido a la diferencia de relación señal/ruido de dichas frecuencias en el cable. El medio de transmisión es asimétrico [14].

La comunicación bidireccional a través de la red HFC es entre el CMTS y el CM. La señal directa o descendente o Downstream (65-1000 MHz) se transmite desde el Headend o cabecera hacia el usuario final (Cable Módem) y los datos de portadora de la señal ascendente o de retorno o Upstream (5-50 MHz) desde el usuario final hasta la cabecera o Headend, como se muestra en la Figura 2.4.

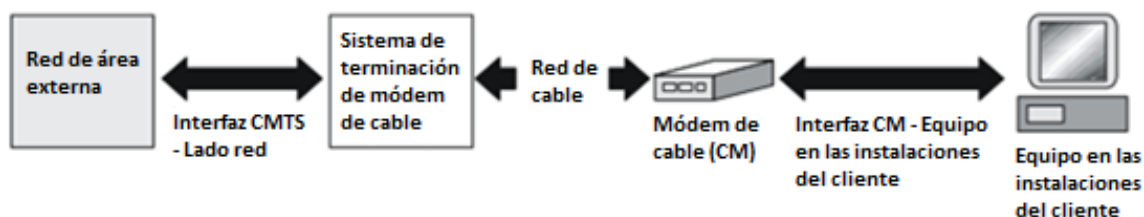


Figura 2.4: Comunicación bidireccional en una red HFC. Modificada de [15].

En la Tabla 2.1 se muestra un ejemplo de 3 parámetros diseñados para la red que se pueden usar para determinar el rendimiento del servicio de la red HFC [13].



Parámetro	Nivel
Potencia de Downstream	-15 a +15 dBmV
Potencia de Upstream	37 a 52 dBmV
SNR de Upstream	> 30 dB

Tabla 2.1: Parámetros de Potencia de la red HFC. Modificada de [13].

- Potencia de Flujo Descendente (DS-Power, *Downstream Power*), es la cantidad de señal recibida por el Cable Módem desde el transmisor en la cabecera o CMTS. DS-Power para la mayoría de los módems tiene un rango de -15 dBmV a +15 dBmV, el nivel óptimo es 0 dBmV. Cualquier nivel de potencia menor o mayor a eso puede llevar a la red a problemas de calidad, sin embargo, el mejor rango es entre -8 dBmV y +8 dBmV, para la red de EMTEL [13].
- Potencia de Flujo Ascendente (US-Power, *Upstream Power*), es la cantidad de señal transmitida por el Cable Módem hasta el receptor en la cabecera o CMTS. El rango de nivel de la señal ascendente depende de la modulación [13]:
 - +8 dBmV a +58 dBmV máximo para QPSK. (DOCSIS 1.x)
 - +8 dBmV a +55 dBmV máximo para 8 QAM y 16 QAM. (DOCSIS 1.x)
 - +8 dBmV a +54 dBmV máximo para 32 QAM y 64 QAM. (A-TDMA DOCSIS 2.0)
 - +8 dBmV a +53 dBmV máximo para S-CDMA DOCSIS 2.0.

Los niveles de señal ascendentes recomendados son de +37 dBmV a +52 dBmV para la red de EMTEL, aunque idealmente se maneja un rango entre +42 dBmV a +52 dBmV, debido a que, si es menor a 42, tendrá cierta pérdida de paquetes, especialmente si se tiene mucho ruido en la señal. De igual forma a mayor nivel de potencia se generan problemas como desconexión y hasta el reinicio del Cable Módem [13].

Un Cable Módem con una velocidad de modulación ascendente más alta puede degradarse a una velocidad de modulación más baja, es decir, de 64 QAM a 16 QAM o de 16 QAM a QPSK, solo si el nivel de transmisión ascendente es más alto que el nivel de señal máximo permitido para la velocidad de modulación más alta y el CMTS está configurado para permitir tal cambio. Esta baja de calificación puede causar problemas de baja velocidad, pérdida de paquetes y pérdida de conexión, dependiendo de la condición del canal ascendente [13].



- Relación Señal a Ruido Ascendente (US-SNR, *Upstream Signal Noise Ratio*) es mejor mayor a 30 dB, no hay un límite superior de US-SNR, aunque un valor mayor a 40 dB puede significar que hay demasiada potencia, además a niveles inferiores a 25 dB se ha demostrado que en canal tiene una alta interferencia de ruido en la red, lo cual ocasionará pérdida de paquetes o transferencias lentas y hasta se puede llegar a interrumpir la conexión. Los niveles de SNR ascendentes se leen en el CMTS en el canal de datos ascendente, no en el Cable Módem [13].

Gracias al gran despliegue de las redes CATV y los grandes requerimientos de calidad y ancho de banda como lo es 1 Gbps para el uso de Internet, se ofrecieron otros servicios de manera simultánea a la televisión como voz y datos. Esto permitió que tomaran fuerza y que hasta la actualidad se mantengan como redes vigentes en los CSP, logrando prestar el servicio Triple Play [10].

Se presentó como principal inconveniente de esta tecnología la transmisión a grandes distancias, debido a que la atenuación introducida por el Cable Coaxial aumenta aproximadamente en 1dB cada 100 metros, característica que se mejora con la utilización de amplificadores tomando como límite máximo 3 de ellos, ya que cada uno genera un nivel de ruido asociado a una distorsión. A fin de solucionar este grave inconveniente se realizó la implementación de Fibra Óptica en la cabecera y en la red troncal, dejando el Cable Coaxial para la red de distribución y acceso. A consecuencia de esta mezcla de medios de transmisión se adquirió el concepto de red HFC [10].

El diseño para estas redes disponía de una distribución de canales de televisión de forma unidireccional, por consiguiente, no era posible el monitoreo y control de fallas de dichas redes, entonces se introduce una red de retorno de menor capacidad para la generación de servicios de manera interactiva. Pero, aun así, la transmisión a altas velocidades requería de una mejor solución, de ahí que surgieran diferentes alternativas como la estandarización del protocolo de acceso, mejor conocido como Especificaciones de Interfaz para Servicio de Datos por Cable (DOCSIS, *Data Over Cable Service Interface Specifications*) para el uso de esta red híbrida, solucionando los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable, lo que permite la retroalimentación como monitoreo del estado de la red, proporcionando una transferencia de uso bidireccional entre la cabecera y sus usuarios [10].

En la actualidad, las redes son un elemento determinante en el crecimiento de las pequeñas empresas, las cuales escogen un CSP confiable para evitar deficiencias de la red, ya que al producirse una falla, los empleados presentan intermitencias en la comunicación, de forma que se hace imposible el acceder a la información presente en las bases de datos de las empresas y servicios tales como el correo electrónico, facturación o hasta impresión de documentos, provocando un mal servicio de estas hacia sus clientes y a su vez pérdidas productivas para la empresa o hasta monetarias [16].



Por esta razón, las funciones más relevantes de una empresa dependen de la comunicación interna. Visto esto, es de vital importancia contratar con un CSP confiable, que preste altos estándares de calidad y disponibilidad de servicios de telecomunicaciones, además de que las empresas se interesan por la compra de elementos de infraestructura de red que les garantice; velocidad, confiabilidad y disponibilidad. Con el objetivo de prestar el mejor servicio a este tipo de empresas, el CSP debe mantener la red con la que presta los servicios suscritos de telecomunicaciones monitoreada desde la creación de la señal, hasta la conexión con el usuario final [16].

De manera que el monitoreo es el proceso más importante en la prevención y resolución de incidentes en la red de telecomunicaciones de una empresa, ya que permite, entre otras cosas; la detección oportuna de fallas, la verificación del estado de elementos y la medición del desempeño de la red [16].

Los sistemas especializados en el monitoreo (herramientas o aplicaciones) de red permiten reducir, prevenir, anticipar y gestionar las fallas que se puedan presentar, permitiendo una operación continua con altos estándares de calidad y disponibilidad de servicios de telecomunicaciones [16].

2.3 GESTIÓN DE REDES

Según el autor Antoni Martí, la gestión de red siembra sus bases en la planificación, organización y el control de los elementos de comunicaciones para garantizar la calidad del servicio, mejorando la disponibilidad, el rendimiento y la efectividad. De forma que, se puede entender la gestión de la red como un conjunto de procedimientos que abogan por mantener una red en óptimo funcionamiento, incrementando la eficiencia operacional, seguido del aseguramiento de altos estándares de disponibilidad y confiabilidad de la calidad de los servicios de comunicaciones [16].

En un CSP la gestión de infraestructuras de red comprende procesos y funciones de administración, despliegue, integración y coordinación del hardware, software de sistemas de gestión y los elementos humanos necesarios para monitorizar, probar, sondear, configurar, analizar, evaluar y controlar el uso, y la adquisición de recursos utilizados en las diferentes infraestructuras tecnológicas de telecomunicaciones según el tipo de servicio prestado, todo en pro de elevar el nivel de disponibilidad y calidad de servicio de una empresa [14] [17]. El concepto de gestión de red no se limita únicamente a la gestión técnica y tecnológica de los recursos, sino también a la gestión de los elementos y servicios que la componen [14].

Se deben llevar a cabo labores para la gestión de una red en un CSP, con el fin de generar información de utilidad en la toma de decisiones, así como también de cada elemento de red que la integra a través de la implementación de una herramienta dedicada a la gestión



del rendimiento de la infraestructura de telecomunicaciones según la tecnología base, la cual pretende establecer procesos fundamentales como lo son el monitoreo y control [16] [17].

El control de la red busca mejorar el desempeño de la red para el soporte de los servicios, mientras que el monitoreo o la monitorización es un mecanismo preventivo para detectar y solucionar diversas fallas. Estos procesos permiten a los administradores poder realizar una adecuada gestión de la red, con el objetivo de ofrecer mejor calidad de los servicios y mayor capacidad de respuesta a fallas en menores tiempos [18]. En consecuencia, dichos procesos buscan mantener información actualizada del comportamiento de la red y se define como el conjunto de funciones que, por medio de la identificación y detección de posibles fallas, hace posible la evaluación del desempeño, la calidad y la disponibilidad de la red [16].

Las redes de Internet son, por su naturaleza, heterogéneas, cambian y crecen continuamente, lo que complica aún más su monitoreo. El monitoreo es una herramienta clave en el mantenimiento de la red y en el cumplimiento de las expectativas del cliente según el servicio ofrecido, de modo que los CSP se enfrentan a grandes desafíos cuando se trata de la supervisión del desempeño de la red. Por esta razón, se manejan un número de métricas que deben ser monitoreadas para extraer información de calidad sobre las condiciones de la tecnología HFC, por medio de un software dispuesto para ello [19].

Para el monitoreo se utilizan una serie de herramientas, aplicaciones y dispositivos que permiten administrar la red por el equipo de soporte, de manera que genere una pronta respuesta por parte de este a cambios abruptos de la red [16]. Las herramientas que cumplen con estas labores tienen procesos y funciones para vigilar, analizar, y reportar el desempeño de la red en tiempo real, permitiendo una vista de Extremo a Extremo o E2E (*End to End*) que asegure la funcionalidad y disponibilidad del servicio. Las herramientas que realizan el monitoreo de todos los servicios de la red poseen las siguientes funcionalidades [17]:

- Colección de datos e información de rendimiento, incluyendo información de extremo a extremo en tiempo cercano al real.
- Colección de información sobre recursos relacionados a la métrica.
- Almacenamiento de datos de rendimiento monitoreados.
- Correlación de eventos sobre rendimiento del servicio y filtrado de los mismos.

Estas funcionalidades arrojan datos que se almacenan, se organizan y se analizan para generar reportes estadísticos. Adicionalmente, estos reportes pueden ser generados de forma programada o por demanda [17].



¿Por qué es importante la monitorización en una empresa? Con base en las principales motivaciones para monitorear una red de telecomunicaciones, se traen a colación algunas de ellas [16]:

- Registro histórico del estado de la red.
- Identificación de fallas de manera más rápida.
- Seguimiento de fallas.
- Solución de fallas crónicas.
- Mantenimiento preventivo.
- Predicción de fallas y modelamiento de tendencias.
- Cumplimientos de acuerdos a nivel de servicio.
- Aseguramiento de la disponibilidad de los servicios.
- Aseguramiento de la calidad del servicio.

2.4 HERRAMIENTAS

Actualmente existen varias aplicaciones de software, las cuales difieren en las características y funcionalidades que permiten el monitoreo de red. Estas características y funcionalidades se ajustan según las necesidades que tenga la empresa respecto a la infraestructura de la red, de modo que, la empresa debe realizar un estudio previo para conocer las facultades que necesita cubrir con el monitoreo de la red y de esta forma, tomar la mejor decisión en cuanto a la selección o preferencia del software requerido [16].

Las principales aplicaciones de monitoreo de red se pueden agrupar en 3 grandes grupos:

- Software de código abierto u Open Source:

Es un software que forma parte del dominio público, el cual se puede utilizar y modificar según el propósito de cada quien. Es una solución atractiva para empresas con un ajustado presupuesto. Aunque estas aplicaciones tienen varias limitaciones en la falta de funcionalidades y soporte. Entre las herramientas de código abierto más utilizadas para el monitoreo de la red se encuentran: Nagios, Cacti, ZABBIX y Zenoss [16].



- NAGIOS: Es un sistema de monitorización de infraestructura y servicios de red [5] de protocolos como SNMP, SMTP, POP3, HTTP, etc. Además, permite el seguimiento de los recursos del equipo como el uso de discos, carga de procesador, memoria, estado de puertos, etc. También es posible la monitorización remota mediante protocolos SSL o SSH, sin embargo, una de sus principales desventajas son los pocos detalles que imprime en los reportes que genera [16].
- CACTI: Es un sistema de monitorización por medio de gráficos, desarrollado en PHP que permite tener información en tiempo real de la red y los dispositivos que la conforman, tales como los switch, routers, servidores, etc. [8] Esta herramienta utiliza el protocolo SNMP para la consulta de los datos y su interfaz de usuario es de fácil configuración. Como desventaja, no presenta la posibilidad de añadir varios equipos con una misma configuración, de modo que debe hacerse independiente en cada uno cuando se tienen varios [16].
- ZABBIX: Es un sistema de monitorización que centraliza la administración de la disponibilidad y el desempeño de la red en tiempo real. Esta herramienta no tiene limitaciones en el número de dispositivos a monitorear, lo cual la hace escalable y aplicable en entornos de gran infraestructura. También es desarrollada en PHP, aunque solo su front-end, mientras que su back-end está escrito en C. A pesar de lo anterior, es una herramienta con una curva de aprendizaje bastante elevada y con funcionalidades limitadas en cuanto a la presentación de los reportes [16].

➤ Software de gestión de red empresarial:

Es un software que ofrece una amplia gama de funcionalidades y un buen soporte técnico por parte del desarrollador. Debido a estos 2 factores, se cuenta con un elevado costo en la licencia para la adquisición del software por parte de la empresa, lo cual genera un gasto que podría ser innecesario, ya que se muchos de estos vienen con funciones que no se utilizan. Son sistemas muy robustos y complejos, de forma que se requiere de asistencia para el manejo y la configuración. Las herramientas más utilizadas son PRTG, Network14 y OpManager15 [16].

➤ Software especializado:

Este software es diseñado e implementado a la medida de las necesidades de la empresa, en otras palabras, es un sistema de monitoreo desarrollado para áreas específicas de la red, según los requerimientos que se vayan presentando a los cuales se les necesite dar soporte o seguimiento [16].



Al realizar una debida comparación de los tipos de software que se ejemplificaron, se pueden discernir las cualidades que presenta cada uno de estos para realizar una correcta elección, de cuál es el mejor software para cubrir las necesidades latentes de monitoreo de la red HFC de la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P. En este sentido, Con el software comercial se requiere que la empresa se adapte a los módulos de la herramienta, mientras que, con el software especializado, este se diseña directamente para cubrir esas necesidades, de modo que se realiza una inversión más eficiente, debido a que se contratan las funcionalidades especializadas en los requerimientos, garantizando así, que los reportes y resultados obtenidos, sean los esperados. Se debe tener en cuenta que los requerimientos deben estar debidamente localizados y centrados. Como otra solución se identifica el software libre, pero este muchas veces no cumple a cabalidad todas las necesidades de la empresa y por esta razón, las empresas hoy en día optan por el diseño de sus propios aplicativos [16].

Este es el caso de La Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P. comprometida con mejorar para brindar la mejor calidad a sus clientes, cuenta con diferentes aplicativos básicos para la gestión de la red independientes para cada tecnología. Estas herramientas no brinda al grupo de ingenieros de soporte de planta interna y al equipo de apoyo de Helpdesk, la información necesaria para el monitoreo de la red HFC, además, tampoco cuenta con una base de datos que organice de forma sistemática la información de diagnóstico recolectada para conocer el estado de la red y los fallos de la misma, de igual forma, para ellos es bastante tedioso el diagnóstico definitivo y la rápida solución de las fallas presentadas por la descentralización de esa información. En conclusión y para dar solución, estas herramientas no satisfacen las necesidades que presenta EMTEL, motivo por el cual han optado por el desarrollo de un software especializado que les brinde una solución óptima a lo que realmente requiere el equipo de soporte para garantizar la disponibilidad y el alto rendimiento de la red [16].

Es muy importante para las empresas de telecomunicaciones tener la red monitoreada de forma constante y en tiempo real, con el objetivo de mantener un estándar de los niveles de disponibilidad, calidad del servicio y el rendimiento, para reportar semestralmente ante la CRC, que es el ente regulatorio de estos indicadores [16].

2.5 REDES

Una red de comunicaciones se define como un grupo de entidades conectadas entre sí, con el fin de comunicarse a distancia utilizando distintos protocolos para compartir información entre ellas. Se encarga de la trasmisión de señales de datos, audio y vídeo por ondas electromagnéticas a través de diversos medios como el aire, el vacío, el cable de



cobre y la Fibra Óptica entre otros. Existen distintos tipos de redes, según su uso y según su alcance [18]:

2.5.1 TIPOS DE RED

- Según su uso [20]:
 - Red pública: Red que permite comunicar a los usuarios que dispongan de los medios técnicos, sin importar su ubicación, por medio de un servicio de pago. A las empresas que ofrecen estos servicios se les conoce habitualmente como los CSP, los Proveedores de Servicios de Internet (PSI) y los Proveedores de Servicios de Telecomunicaciones (PST).
 - Red privada: Red que opera o administra una organización en particular con un fin determinado, en la cual sus usuarios persiguen intereses específicos. Entre algunos ejemplos se pueden citar las redes de una universidad o de una empresa que limita el uso a sus usuarios registrados.
- Según su alcance [21]: Como se observa en la Figura 2.5 de acuerdo a cobertura de cada una.
 - Red de Área Personal (PAN): Red conformada por pocos dispositivos con un alcance de pocos metros, alrededor de 10 m.
 - Red de área local (LAN): Red conformada por un conjunto dispositivos que pertenecen a la misma organización y están conectados dentro de un área geográfica comprendida entre 10 m y 1 Km.
 - Red del área del campus (CAN): Red conformadas por 2 o más redes LAN dispersas en un área geográfica específica como el campus de una universidad o las oficinas de gobierno entre otras, que pertenecen a una misma entidad en un área delimitada en kilómetros.
 - Red de área metropolitana (MAN): Red que conectan varias redes LAN cercanas geográficamente entre sí a alta velocidad, sin extenderse más allá de los límites de la ciudad, generalmente comprenden una distancia de 10 Km.
 - Red de área amplia (WAN): Red que cubre un área geográfica amplia, incluso en continentes distintos entre 100 Km y 1000 Km, dispuesta generalmente por un Proveedor de Servicios (PS),
 - Red de área de almacenamiento (SAN): Red creada para conectar principalmente servidores. Está basada en tecnología de fibra para manejar una enorme cantidad de datos y hacerlo de manera rápida, segura y fiable.

- Red de área local virtual (VLAN): Red que permite una conexión lógica para realizar extensiones de la red local mejorando la seguridad.

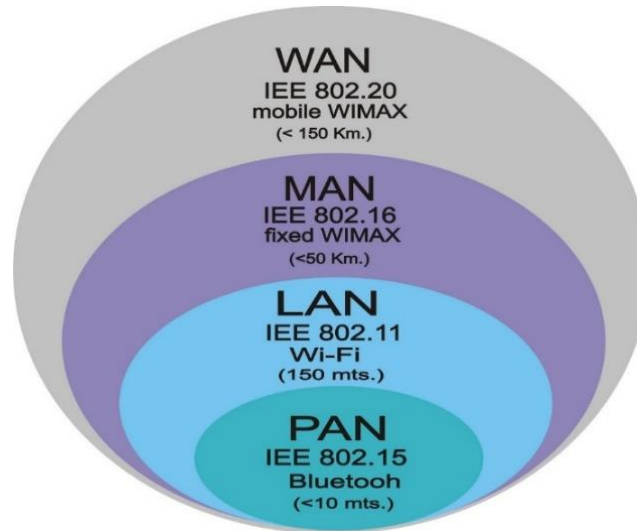


Figura 2.5: Tipos de red según su alcance. Tomada de [22].

2.5.2 TOPOLOGÍAS

La topología de red es un patrón de conexión física o lógica de los dispositivos o nodos que la conforman. De forma física se refiere al diseño de la red como según la conexión y la posición geográfica, de forma lógica se refiere a la transmisión de la información a través de los dispositivos o nodos. Estas topologías se observan en la Figura 2.6 y se especifican así [18]:

- Red en bus: Se caracteriza por tener un único canal de comunicaciones al cual se conectan todos los dispositivos y se comunican a través de él.
- Red en estrella: Se caracteriza por conectar a todos los nodos por medio de un nodo central y toda comunicación se hace a través de él.
- Red en anillo: Se caracteriza por conectar un nodo tras otro finalizando la conexión del último con el primero, de modo que cada nodo repite la señal al siguiente. Si algún dispositivo de la red deja de funcionar, la comunicación en todo el anillo se corta.
- Red en malla: Se caracteriza por la conexión de cada nodo a todos los otros, llevando las señales de uno a otro por diferentes caminos. La red en malla no tiene ninguna interrupción en las comunicaciones si uno de estos caminos es deshabilitado.

- Red en árbol: Se caracteriza por colocar los dispositivos en forma jerárquica, en la cual un nodo principal se ramifica en los demás nodos secundarios. La falla de un nodo no implica interrupción en las comunicaciones, a menos que sea el nodo principal.
- Red mixta: Se caracteriza por la fusión de 2 o más topologías.

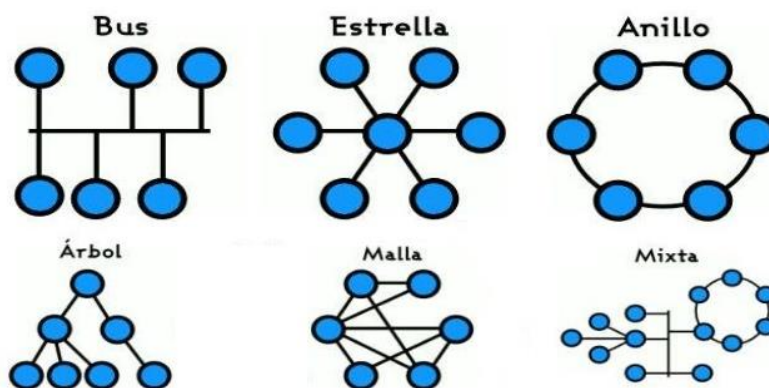


Figura 2.6: Topologías de red. Modificada de [23].

2.5.3 PROTOCOLOS

Es un sistema de normas que permiten la comunicación de 2 o más entidades que estén conectadas a la red, dicho de otra forma, son las reglas y procedimientos técnicos que dictan su comunicación e interacción. Existen gran variedad de protocolos y trabajan en ciertos niveles según el modelo de referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI, *Open System Interconnection*), el cual es adoptado para el estudio académico de estas normas, cada uno de estos tiene funciones diferentes que realizan distintas tareas como sintaxis, semántica y sincronización en la comunicación. Algunos de ellos que resultan útiles para el fin de este trabajo son [18]:

- Protocolo Simple de Gestión de Red (SNMP, *Simple Network Management Protocol*): Es un protocolo de la capa de aplicación el cual facilita el intercambio de información de administración entre los dispositivos de la red. De forma que permite a los administradores observar el funcionamiento de la red, buscando y resolviendo fallas para mejorar la calidad de los servicios de la red.
- Protocolo de Cubierta Segura (SSH, *Secure SHell*): Es un protocolo de la capa de aplicación cuya función principal es el acceso remoto a un canal de conexión seguro, manteniendo la información cifrada. También permite la simulación de sesiones FTP, el cual permite la transferencia de archivos de forma segura.



- Red de Telecomunicación (Telnet, *Telecommunication Network*): Es un protocolo de la capa de aplicación que permite acceder a otro host para manejarlo de forma remota utilizando el puerto 23, se utiliza para consultar datos y arreglar fallos.
- Protocolo Dinámico de Configuración de Host (DHCP, *Dynamic Host Configuration Protocol*): Es un protocolo de la capa de aplicación tipo cliente/servidor diseñado para simplificar la administración de la configuración IP del host. Por medio de un servidor DHCP, se asigna la dirección IP de forma dinámica a los clientes de la red, además de otros detalles de configuración relacionados con la base de datos de direcciones IP del servidor y de la misma IP.
- Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP, *HyperText Transfer Protocol*): Es el protocolo que permite la transferencia de información en la Red Mundial (WWW, *World Wide Web*). Específica y define la parte gramatical, es decir, la sintaxis y la semántica para la comunicación de todos los que utilizan los elementos de la arquitectura web.
- Protocolo Simple de Transferencia de Correo (SMTP, *Simple Mail Transfer Protocol*): Es un protocolo de la capa de aplicación que permite el intercambio de mensajes de correo electrónico entre computadoras u otros dispositivos (PDA, teléfonos móviles, etc.). Se basa en el modelo cliente/servidor.
- Protocolo de Internet (Internet Protocol, IP): Una dirección IP es un número de identificación de la interfaz de red de un elemento de comunicación, dentro de una red que utilice el protocolo IP (Internet Protocol), que corresponde al nivel de red del protocolo TCP/IP. Esto lo realiza de manera lógica y jerárquica, de modo que existen diferentes direcciones IP, las privadas y las públicas. También se expresan en diferentes versiones.

2.6 TECNOLOGÍAS

HFC es una tecnología de comunicación en la que cables de Fibra Óptica y cables coaxiales se utilizan en diferentes tramos de la red para transportar contenido de banda ancha como video, datos y voz [9], en otras palabras, una red HFC, es una red híbrida entre Fibra Óptica y Cable Coaxial, fue diseñada para transmitir señales de video y televisión, pero soporta la transmisión datos y voz [17]. Se definen como un “sistema de transmisión bidireccional con medios compartidos de banda ancha que utiliza troncales de fibra entre la cabecera y los nodos de fibra, y distribución coaxial desde los nodos de fibra a las posiciones del cliente” [10]. La tecnología HFC es la sucesora de la tecnología CATV, la cual fue diseñada exclusivamente para transmitir el servicio de televisión, y cuenta con un ancho de banda elevado debido al uso de Fibra Óptica como uno de sus medios de transmisión [17].

La implementación de la Fibra Óptica en las troncales de la red, disminuye las pérdidas que se producían por la serie de amplificadores en una red que cuente con Cable Coaxial como único medio de transmisión, pues la atenuación en la fibra es mucho menor a la de este



cable, logrando aumentar en mayor medida las distancias sin el uso amplificadores, de modo que permite diseños de red con mayor cobertura desde la cabecera. No obstante, la inserción de fibra depende de la constitución de la red y las distancias, sobre todo desde el nodo óptico hasta el usuario final, de modo que no es factible que la conexión de Fibra Óptica llegue al usuario, debido a los costos tan altos que eso supone. Por esta razón, el Cable Coaxial aún se utiliza en la acometida, permitiendo llegar a los usuarios con buena calidad de señal y a menor costo comparado comuna red conformada en su totalidad por Fibra Óptica. De igual manera, el ancho de banda proporcionado por la Fibra Óptica favorece el aprovechamiento del ancho de banda del Cable Coaxial, con el objetivo de proporcionar mayores velocidades de acceso a Internet y alcanzar mayor número de usuarios [10].

La integración de un canal de retorno dio al CSP la capacidad de recibir información en la cabecera de la red, esto es posible gracias a la división de frecuencia, en la cual se destina la porción baja del espectro a esas transmisiones que necesita la cabecera por parte del usuario, tales como información de estado y alarmas, lo que brinda una gran posibilidad de monitoreo constante, asimismo, reporte de sus nodos y de los dispositivos CM de sus usuarios, con el fin de prevenir algún tipo de anormalidad que pueda afectar alguno de sus servicios. Por lo anterior se propone un Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado para la tecnología HFC en la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P., evitando cualquier amenaza existente para la red, que produzca un mal servicio al usuario final [10].

A fin de desplegar redes de Telecomunicaciones multi-servicios (datos, voz y TV) se implementa la red HFC en forma bidireccional por un mismo cable, de ahí se debe tener en cuenta el ancho de banda disponible para ambos sentidos y el número de usuarios en una línea de Cable Coaxial [10].

Las velocidades de transmisión para Downstream y Upstream varían según el esquema de modulación empleado. Los canales se modulan en una subportadora de RF o radiofrecuencia diferente, por lo que se realiza Multiplexación por División de Frecuencia (FDM, *Frequency Division Multiplex*) [25].

Para la generación del servicio de telefonía sobre esta red se está aplicando la tecnología Radio sobre IP (RoIP, *Radio over IP*), término genérico que describe la aplicación de VoIP en redes de radio de 2 vías. RoIP es una tecnología para transmitir señales de radiofrecuencia mediante una red IP. La transmisión de señales de RF a través de la red IP requiere la conversión a datos digitales [9].

2.6.1 RED ÓPTICA

La Fibra Óptica es el medio de transmisión de preferencia en los sistemas de comunicación, debido a que las ondas de luz tienen una alta frecuencia, lo que conlleva a una elevada



capacidad de transportar grandes volúmenes de información, esto radica en la ventaja que brinda la tecnología de aumentar considerablemente el ancho de banda frente a otras tecnologías, además son inmunes a la interferencia electromagnética, por ende, las redes de Fibra Óptica se emplean cada vez más en la interconexión de elementos de computo.

Hoy en día funcionan muchas redes de fibra para comunicaciones a largas distancias, dichas redes permiten conexiones transcontinentales y transoceánicas. Una ventaja de los sistemas de Fibra Óptica es la gran distancia que puede recorrer una señal antes de necesitar un repetidor para recuperar su intensidad. Entre las ventajas de fibra también se puede mencionar la ausencia de electricidad y de calor, esto se debe a que la fibra sólo tiene la capacidad de transportar los haces de luz, además, de que el emisor de luz no entra en contacto directo con la misma. El haz de luz puede ser de cualquier color sin importar el color de la fibra, tanto del espectro visible como del que no lo es (Infrarrojos). Gracias a las ventajas que este medio de transporte brinda a las comunicaciones, en los últimos años ha empezado a ser muy utilizado, motivado por un sistema que aumenta el desempeño de los equipos y que fácilmente permite la incorporación a la red de nuevos usuarios [14].

En la tecnología HFC la red óptica hace parte fundamental de la cabecera y la red troncal. Puesto que salen señales eléctricas por Cable Coaxial desde el CMTS hasta pasar por los transmisores en la cabecera, donde estos la convierten en señales ópticas hasta los nodos en la red troncal, dispositivo que nuevamente las convertirá en señales eléctricas que serán aplicadas a un distribuidor para que, mediante Cable Coaxial, lleven los servicios de Internet, televisión y telefonía a los domicilios de los suscriptores [14].

2.6.1.1 ¿Qué es la Fibra Óptica?

La Fibra Óptica es una delgada hebra de vidrio (sílice) o plástico que conduce la luz. El grosor del filamento es aproximadamente de 0,1mm. Se requieren 2 filamentos para una comunicación bidireccional: Transmisión (TX) y Recepción (RX). En cada filamento de Fibra Óptica se puede apreciar 3 componentes [14]:

- Fuente de luz: Diodo Emisor de Luz (LED, *Light Emitting Diode*) o laser.
- Medio de transmisión: Fibra Óptica.
- Detector de luz: Fotodiodo.

Un cable de Fibra Óptica está compuesto generalmente por un núcleo, revestimiento y cubierta. Como se ve en la Figura 2.7.

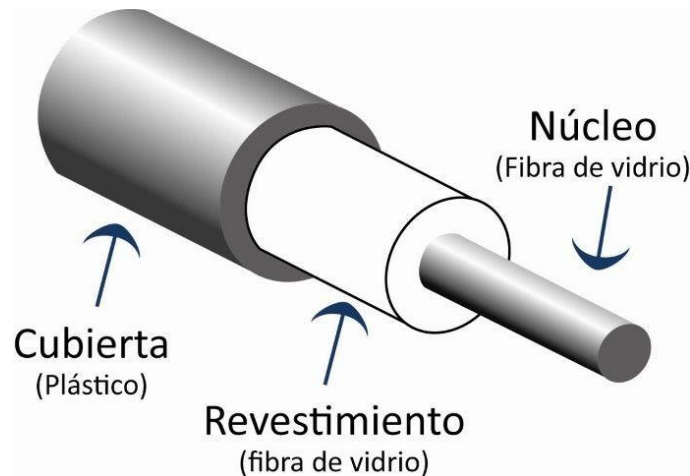


Figura 2.7: Partes de la Fibra Óptica de un hilo. Tomada de [26].

Convencionalmente, un pulso de luz indica un bit en 1 y la ausencia o atenuación de esta indica un bit en 0. De modo que el transmisor envía pulsos luminosos al llegarle un pulso eléctrico a transmitir, inversamente, el detector genera un pulso eléctrico cuando la luz incide en él. Este sistema funciona debido a un principio físico el cual explica que, cuando un haz de luz pasa de un medio a otro, el haz se refracta (cambia dirección y velocidad) entre las fronteras de los medios, puesto que el grado de refracción depende de las propiedades de los 2 medios, es decir, de los índices de refracción respectivos a cada medio. Para ángulos de incidencia por encima de cierto valor crítico, la luz se refracta de regreso, haciendo que el haz no escape hacia el otro medio, de esta forma queda confinado dentro de la fibra pudiéndose propagar por muchos kilómetros con bajas pérdidas [14].

2.6.1.2 Estructura de una Fibra Óptica [14] [27]:

- Elemento central dieléctrico: Este elemento no está disponible en todos los tipos de Fibra Óptica, es un filamento dieléctrico, que ayuda principalmente a la consistencia del cable.
- Hilo de drenaje de humedad: Permite que la humedad fluya a través de él hacia el exterior, ayudando a liberar los otros filamentos de humedad.
- Fibras: Es el medio por dónde se transmite el haz de luz que porta la información. Puede ser de silicio (vidrio) o plástico muy procesado, pero debe tener un alto grado de pureza, para evitar que el haz se pierda en el camino, donde se producirán los fenómenos físicos de reflexión y refracción.
- Loose Buffers: Tubo que recubre la fibra, el cual contiene un gel que la protege y que genera una capa oscura para que los haces de luz no se dispersen hacia afuera de la fibra.

- Cinta de Mylar: Capa de poliéster fina que funciona de aislante.
- Cinta antillama: Protege el cable del calor y el fuego.
- Hilos sintéticos de Kevlar: Ayudan al cable en su consistencia soportando el estiramiento de sus hilos y protege contra el fuego.
- Hilo de desgarre: Son hilos que permiten abrir la chaqueta exterior de protección.
- Vaina: Chaqueta del cable que provee aislamiento, protección y consistencia a todas las partes presentes en su interior.

Algunas también pueden poseer una armadura metálica que le brinda mayor protección y consistencia, como se observa en la Figura 2.8 una Fibra Óptica de varios hilos.

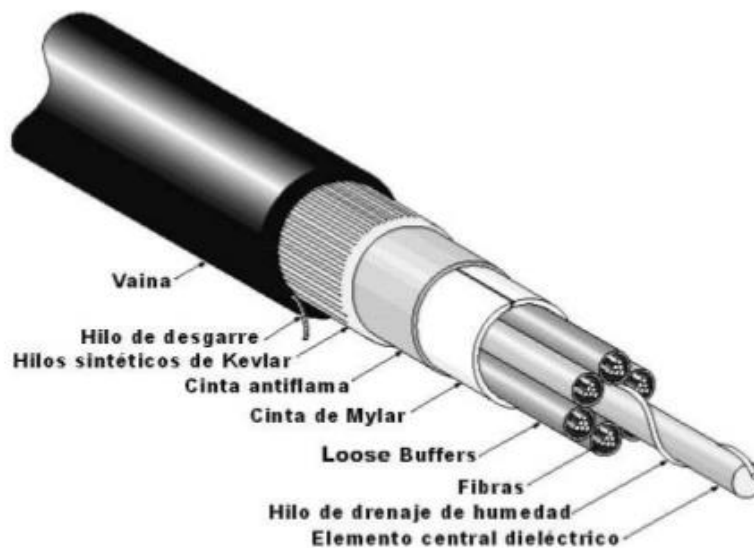


Figura 2.8: Partes de la Fibra Óptica de varios hilos. Tomada de [27].

2.6.1.3 Fenómenos físicos en la Fibra Óptica [27]:

- Refracción: Es el cambio de dirección y velocidad del movimiento ondulatorio cuando pasa de un medio de propagación a otro con diferente índice de refracción.
- Reflexión: Es el cambio de dirección del movimiento ondulatorio cuando este entra en contacto con la superficie de separación entre dos medios diferentes y regresa al medio de dónde provino inicialmente.

2.6.1.4 Tipos de Fibra Óptica

La Fibra Óptica se divide en 2 grandes grupos (Monomodo y Multimodo), este agrupamiento se debe en la forma en que transmiten la luz por dentro de la fibra [12]. Estos se observan en la Figura 2.9 según su modo de propagación.

- **Monomodo:** Se transmite un sólo haz de luz por el interior de la fibra. Estas fibras tienen un costo mayor que las multimodo, además, poseen una mayor capacidad de transportar información y requieren ser tratadas con componentes de mayor precisión para realizar conexiones. Tienen un alcance de transmisión de 300 km en condiciones ideales, siendo la fuente de luz un láser.
- **Multimodo:** Se pueden transmitir varios haces de luz por el interior de la fibra en forma simultánea, donde cada haz tiene un modo diferente de propagación. Generalmente su fuente de luz son diodos de baja intensidad, teniendo distancias cortas de propagación que oscilan entre los 2 o 3 Km, pero son más baratas y más fáciles de instalar.



Figura 2.9: Tipos de Fibra Óptica según principio de transmisión. Tomada de [12].

Para poder conectar la Fibra Óptica entre los distintos dispositivos, se tienen los siguientes tipos de conectores de que se encuentran en los extremos de los cables [12]:

- **FC:** Es utilizado en la transmisión de datos y en telecomunicaciones.
- **FDDI:** Es utilizado para redes compuestas completamente de Fibra Óptica.
- **LC y MT-Array:** Son utilizados en transmisiones de alta densidad de datos, como en la conexión de servidores.
- **SC y SC Dúplex:** Son utilizados para la transmisión de datos.



- ST o BFOC: Son utilizados en sistemas de seguridad.

Una vez que se ha realizado la conexión con alguno de estos conectores a los dispositivos ópticos, las tarjetas de red emiten luz por medio de distintos dispositivos [12]:

- Láser: Es utilizado en los cables de Fibra Óptica monomodo debido a ser el más potente.
- LED: Es utilizado en los cables de Fibra Óptica multimodo, son más económicos y menos potentes que el Láser.

Las tarjetas de red, además poseer la interfaz de conexión, son las encargadas de transformar los impulsos de luz en señales eléctricas representadas en binarios para la comprensión los equipos [12].

2.6.2 RED DE COBRE

El Cable Coaxial es un tipo de cable utilizado en redes de cobre, es un elemento fundamental de las redes HFC. Está diseñado para transmitir señales de electricidad de alta frecuencia. Estos cables están compuestos por un par de conductores concéntricos conocidos como núcleo (hilo conductor central de cobre dedicado a transportar los datos) y conductor exterior (blindaje o malla que actúa como retorno de la corriente y referencia de tierra), separados por un dieléctrico, comúnmente de plástico, teflón o goma, y a su vez están cubiertos por una chaqueta cuya función es proteger el cable [12].

Existen distintos tipos de Cable Coaxial con diferentes diámetros e impedancias, los más frecuentes son los fabricados con poli cloruro de vinilo, más conocido como PVC, o con Plenum, material resistente al fuego [12].

2.6.2.1 Tipos de Cable Coaxial

- Cable de distribución: Los cables coaxiales que son utilizados en la red de distribución poseen un núcleo más grande, ya que un mayor diámetro de núcleo garantiza menor atenuación de la señal. Estos cables son: Cable Coaxial 750 y 500, los cuales tienen la capacidad de alimentar a los elementos con voltaje. Estos pueden incluir un mensajero de acero adyacente al cable, este permite asegurarlo a postes y edificaciones manteniendo una tensión, de modo que evita el maltrato del cable [12]. Estos cables están compuestos de varios elementos tal como se observa en la Figura 2.10.

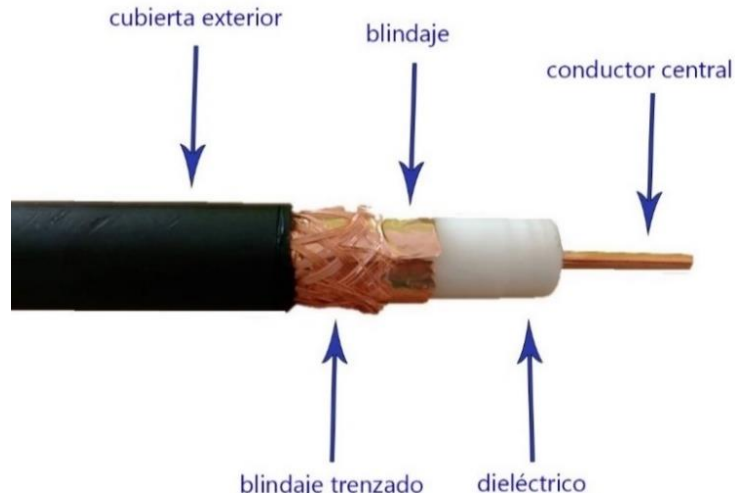


Figura 2.10: Elementos del Cable Coaxial. Tomada de [28].

- Cable Coaxial 750: Es llamado Cable Coaxial 500 debido a que tiene un diámetro de 0.750 pulgadas. Es utilizado para realizar la conexión desde los nodos ópticos, para permite energizar estos equipos y distribuir la señal de RF desde el nodo hacia el primer amplificador.

Tiene una impedancia característica de 75 ± 2 Ohms, una capacitancia nominal de 51.2 pF/m, una velocidad de propagación 87% de la velocidad nominal y su atenuación depende de la temperatura y la frecuencia a la que trabaja. Se indica en la Tabla 2.2 la atenuación máxima a 20°C que tiene el cable por cada cien metros de longitud.

Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB/100m)
55	1.21
550	4.1
750	4.86
1000	5.71

Tabla 2.2: Frecuencia vs Atenuación del Cable Coaxial 750. Modificada de [12].

- Cable Coaxial 500: Es llamado Cable Coaxial 500 debido a que tiene un diámetro de 0.500 pulgadas. Conecta el primer amplificador con el TAP, además provee de energía eléctrica a todos los elementos activos que se encuentren a su paso. Su conductor central es de cobre y aluminio.

Tiene una impedancia característica de 75 ± 2 Ohms, una velocidad de propagación del 93% de la velocidad nominal y su atenuación depende de

la frecuencia y de la temperatura. Se indica en la Tabla 2.3 la atenuación máxima a 20°C que tiene el cable por cada cien metros de longitud.

Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB/100m)
55	1.61
550	5.25
1000	7.2

Tabla 2.3: Frecuencia vs Atenuación del Cable Coaxial 500. Modificada de [12].

En la Figura 2.11 se muestra los 2 tipos de Cable Coaxial 500, el utilizado para redes subterráneas y el utilizado para redes aéreas, en este último cable se tiene un mensajero para tensionarlo a los postes.



Figura 2.11: Cable Coaxial 500 con impedancia de 75 Ohms para redes aéreas y subterráneas.
Tomada de [12].

- Cable de Abonado: Es el cable utilizado en la red de acceso como la acometida del usuario, el tramo final de la red, para proveer los servicios contratados por los usuarios en sus hogares u oficinas.
 - Cable RG6: El termino RG 6 se refiere a cables con una impedancia característica de 75 ± 3 Ohms y con conductor central 18 AWG (American Wire Gauge). Es utilizado para realizar la acometida de domicilios particulares o instalaciones individuales, permite la conexión del TAP con el Cable Módem.
 - Cable RG11: Este cable es utilizado principalmente para la instalación vertical en edificios o conjuntos residenciales, ya que presenta una menor atenuación que el RG6, permitiendo llegar con la señal a un mayor número de abonados que con el cable RG6. Se puede construir tramos mayores a 50 m con este tipo de cable.



Tiene una impedancia de 75 ± 3 Ohms y una velocidad de transmisión del 85% de la velocidad nominal y su atenuación depende de la frecuencia y de la temperatura. Se indica en la Tabla 2.4 la atenuación máxima a 20°C que tiene el cable por cada cien metros de longitud.

Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB/100m)
55	3.29
550	10.70
750	12.49
1000	14.43

Tabla 2.4: Frecuencia vs Atenuación del Cable Coaxial RG11. Modificada de [12].

2.6.3 BIDIRECCIONALIDAD

En una red HFC se debe tener un sistema de comunicación debidamente implementado, en el cual se necesita reservar un canal para el envío de información hacia el cliente y un canal de retorno, a estos canales se les denomina descendente y ascendente respectivamente [12].

- Canal descendente (Downstream): Las redes HFC tienen un ancho de banda que llega hasta los 860 MHz, del cual se han asignado determinados canales para el uso exclusivo de los diferentes servicios, en el canal descendente se distribuye de la siguiente manera:
 - De 87.5 a 108 MHz para radiodifusión en Frecuencia Modulada (FM, *Frequency Modulation*).
 - De 54 a 550 MHz (sin la banda de FM) para difusión de televisión analógica.
 - De 550 a 862 MHz para servicios digitales.

- Canal de retorno o canal ascendente (Upstream): El ancho de banda asignado para este canal es un recurso limitado y compartido por todos los abonados de un mismo nodo, esto debido al uso de técnicas de acceso al medio. Está comprendido entre 5 y 55 MHz, subdividido en canales de retorno de 1 a 6 MHz y cada uno con una capacidad de 1.6 a 10 Mbps, dichos canales son multiplexados a distinta frecuencia y/o longitud de onda, haciendo uso de técnicas de modulación digital y normalizados por el estándar DOCSIS.

El problema más evidente que presenta el canal ascendente, es que, al converger todas las señales, el ruido e interferencia presentes en las señales



forman parte de la señal combinada, la cual, al ser transportada por el Cable Coaxial desde el cliente hacia la cabecera, suma las potencias y contribuye a la degradación de la relación señal a ruido, causando un efecto conocido como Noise Funneling o Ruido por Efecto Embudo, esto debido a acumulación de señales indeseadas.

En la Tabla 2.5 se presentan en orden los dispositivos por donde cruza la señal ascendente y descendente, estos dispositivos pueden ser numerosos antes de llegar a otro dispositivo de la red HFC, como en el caso de los amplificadores que pueden ser 1 o 2 más, antes de pasar al TAP en la señal descendente o antes de pasar al nodo en la señal ascendente. Esta tabla se diseñó a partir de la experiencia adquirida en el seguimiento de la señal y las explicaciones de los ingenieros encargados.

Orden descendente	Orden ascendente
ARRIS C4	CM
Splitter *	Splitter
Combinador	TAP
Transmisor	Amplificador *
Nodo	Nodo
Amplificador *	Receptor
TAP	Atenuador
Splitter	ARRIS C4
CM	

Tabla 2.5: Orden de los dispositivos donde cruza la señal descendente y ascendente (* varios). Por el autor.

2.6.4 ESTÁNDAR DOCSIS

La Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS, *Data Over Cable System Interface Specification*) se desarrolló para definir las especificaciones de la interfaz de conexión para los Cable Módem que realizan una transferencia de datos de alta velocidad, esto sobre una infraestructura CATV existente. Es decir, el estándar DOCSIS, permite estandarizar la infraestructura de un sistema de televisión por cable para soportar flujos de datos IP de alta velocidad. Fue estandarizada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones Sector de Estandarización de las Telecomunicaciones (UIT-T, *International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector*) [29].

El estándar ha evolucionado a la par del creciente avance de la tecnología, llegando a constituirse 4 versiones, una tras otra con características de los estándares anteriores. Por esta razón, consigue utilizar más eficientemente la infraestructura de las redes HFC



logrando velocidades tan altas como las de otros medios de transmisión entre los cuales se compara con las redes GPON [12].

Una red DOCSIS consta esencialmente de 2 elementos principales del sistema, cuyos cuales son el CM y el CMTS. El CM es el equipo final localizado en el emplazamiento del suscriptor, al cual se pueden conectar los diferentes dispositivos de navegación, y el CMTS que está ubicado en la cabecera de la empresa, dotando a los suscriptores del servicio de Internet [12].

La red DOCSIS permite un flujo bidireccional de datos IP entre los dispositivos mencionados. De forma descendente son enviados los datos por canales independientes de 6 MHz, mientras que el canal ascendente es un canal simple es usado para todos los Cable Módem. Para enviar datos por un mismo canal se utiliza la tecnología de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA, *Time Division Multiple Access*) para el acceso múltiple. Debido a la demanda de flujo de información de datos de bajada, el ancho de banda requerido para canales Downstream es mucho mayor que el del canal de Upstream [25].

El equipo DOCSIS 3.0 disponible comercialmente puede proporcionar lo que especifica la Tabla 2.6 [8]:

Parámetro		Ahora	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Downstream	Banda de frecuencia	54 - 1002 Mhz	108 - 1002 Mhz	300 – 1002 Mhz	300 – 1700 Mhz
	Modulación	256 - QAM	256 - QAM	> 1024 - QAM	> 1024 - QAM
	Canales	8	24	116	200
	Capacidad	300 Mbps	1 Gbps	5 Gbps	10 Gbps
Upstream	Banda de frecuencia	54 - 1002 Mhz	108 - 1002 Mhz	300 – 1002 Mhz	300 – 1700 Mhz
	Modulación	64 - QAM	64 - QAM	> 256 - QAM	> 256 - QAM
	Canales	4	12	33	55
	Capacidad	100 Mbps	300 Mbps	1 Gbps	2 Gbps

Tabla 2.6: Potencial de DOCSIS. Tomada de [8].

2.6.5 OTROS CONCEPTOS

2.6.5.1 Mascara de red

Una máscara de red permite la distinción de la red y los host en esta, mediante un numero de bits, los cuales también la identifican de acuerdo a una clase, desde la A hasta la C [18].



2.6.5.2 Host o anfitrión

El término Host es usado en informática para referirse a los dispositivos conectados a la red, que proveen y utilizan servicios de ella, tales como transferencia de archivos, conexión remota, base de datos, etc. Los usuarios que hacen uso de los hosts pueden a su vez pedir los mismos servicios a otros conectadas en la red. De forma general, un host es todo dispositivo informático que posee una dirección IP y que se encuentra conectado con uno o más equipos de cómputo [18].

2.6.5.3 Router o enrutador

Es un dispositivo hardware utilizado para la interconexión de redes de elementos de computo, la cual opera en la capa 3 o capa de Nivel de Red del modelo OSI. Este dispositivo realiza el enrutamiento de los paquetes de datos entre las redes, determinando la mejor ruta que debe tomar cada paquete. Estos enrutadores proporcionan la conectividad dentro de las empresas, entre las empresas, hacia Internet y en el interior del PSI [18].

3. CAPÍTULO: ARQUITECTURA FÍSICA Y LÓGICA

Emtel tiene implementada una red híbrida de Fibra Óptica y coaxial, conocida como red HFC para la transmisión de servicios residenciales a cada uno de los usuarios suscriptores. Esta debe ofrecer una gran cantidad de aplicaciones y servicios a sus usuarios, donde se requiere la capacidad de establecer una comunicación bidireccional, entre la cabecera y los dispositivos del usuario, con la finalidad de enviar la información del estado de la señal que llega al usuario [10].

La cabecera es el núcleo o parte central, es el lugar donde radica la infraestructura de red la cual concentra e interconecta los servicios que se pueden transmitir por medio de señales, tales como, los receptores satelitales de televisión análoga y digital, la red de telefonía conmutada tradicional y la conexión a la nube y la Internet. Desde allí se transmite los servicios a través de un anillo de Fibra Óptica, con la intención de aprovechar al máximo el ancho de banda de la fibra, el cual es mucho mayor al del Cable Coaxial. Dentro del anillo de fibra hay nodos ópticos, los cuáles tiene la función de transformar las señales en forma de luz de la Fibra Óptica, para enviarlas a través de una red de distribución conformada por Cable Coaxial y amplificadores para regenerar la señal hasta el tramo final de la red o acometida, de forma que lleguen al usuario. En el despacho del usuario, la señal se divide en dos, una señal ingresa al Cable Módem para el servicio de Internet y telefonía y la otra ingresa al decodificador, para el servicio de Televisión [10]. En la Figura 3.1 se observa la arquitectura física de la red HFC de Emtel.

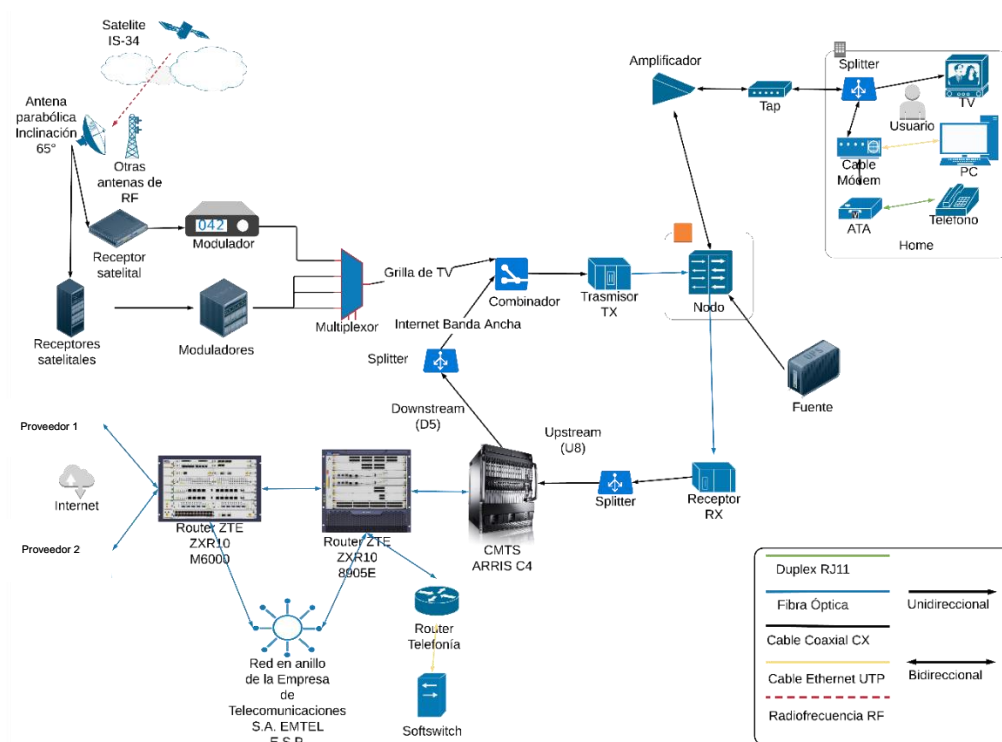


Figura 3.1: Arquitectura física. Por el autor.

Para el levantamiento de la información concerniente al diseño de la arquitectura física se realizaron varias tareas tales como, consultas a los ingenieros que interactúan con las diferentes distribuciones de la red, además de recorridos constantes y estudio de cada tramo de las señales que influyen en la red HFC, acudiendo a bibliografía que registra información de este tipo de redes, como se evidencia en el desarrollo de este documento. Esto se realiza debido a que la empresa no tiene condensada esta información y no cuenta con documentación gráfica que muestre las conexiones por las cuales esta se trasmite.

En la Figura 3.2 y 3.3 se puede observar la arquitectura lógica del enlace descendente y ascendente de Emtel respectivamente.



Figura 3.2: Arquitectura física y lógica enlace descendente.



Figura 3.3: Arquitectura física y lógica enlace ascendente. Por el autor.

El diseño arquitectónico de estas imágenes se realizó basado en la información que se puede extraer mediante la consola de consulta básica del dispositivo, con el fin de conocer los equipos y el flujo virtual de la señal que se transmite y se recibe a través del dispositivo CMTS.

En la Tabla 3.1 se observa la distribución de los nodos de manera lógica según cada tarjeta física del dispositivo CMTS. En esta se presenta la información de los puertos de las tarjetas del dispositivo CMTS que están conectadas a el total de nodos físicos, además de sus conexiones virtuales, transmisores, receptores y combinadores, con la siguiente distribución:

- En la primera columna se observa el número de nodos existentes.
- En la segunda columna se observa el nombre de los nodos.



- En la tercera columna se observan marcados con una X los nodos que contienen una conexión virtual llamada PPL (Principal), de la misma manera se observa en las columnas cuatro, cinco y seis, los nodos que tienen una o varias conexiones VTL (Virtual), siendo 3 el número máximo de conexiones.
- En la columna siete, se observa el TX (transmisor) al cual está asociado cada nodo para transmitir la señal de Downstream. Estos transmisores pueden dividir la señal para ser enviada a diferentes nodos, de modo que se presenta la información de la siguiente manera: El primer número corresponde a la cantidad de nodos a los cuales está asociado este transmisor, y el siguiente dato, son las letras TX que representan que es un transmisor, unidas a un número que es el identificador del transmisor.
- En la columna 8, se muestra la conexión hacia el combinador después de haber pasado la señal por el transmisor, para ser dividida en el número de nodos que se requiere. La información de este se presenta de la siguiente manera: El primer dato corresponde al nombre del combinador, el cual no todos tienen, continuando con una S y un número que representan la posición o Slot del combinador en el RACK 13, continuando con una P acompañada en algunos casos de una letra entre A y B asociadas a un número, representando el puerto del combinador al cual se está conectado el cable coaxial.
- En la columna 9, se muestra primero el número de la tarjeta y segundo el nombre de la interfaz de Downstream del CMTS a la cual está conectado cada nodo.
- En la columna 10, se observa el RX (receptor) al cual está asociado cada nodo para recibir la señal de Upstream. Se presenta la información de forma análoga a la columna 7, excepto el receptor Motorola que se nombra como Moto RX.
- En la columna 11, se muestra primero el número de la tarjeta y segundo el nombre de la interfaz de Upstream del CMTS a la cual está conectado cada nodo.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
#	NODO	PPL	VTL 1	VTL 2	VTL 3	TX	COMBINADOR	DOWN	RX	UP
1	Nodo 1	X	X	X	X	TX15	S13 P1	11 D0-3	RX3	1 U0
2	Nodo 2	X	X			TX27	S11 PA1	11 D4-7	4 RX27	1 U4
3	Nodo 3	X	X	X	X	TX28	S11 PB1	11 D8-11	RX17	1 U1
4	Nodo 4	X	X	X		TX29	S12 PA4	11 D12-15	4 RX26	1 U3
5	Nodo 5	X	X			2 TX7	S1 PA3	15 D0-3	RX4	2 U1
6	Nodo 6	X	X	X		2 TX7	S1 PA3	15 D0-3	RX7	2 U2
...

Tabla 3.1: Distribución lógica de los nodos ópticos en las tarjetas del CMTS. Por el autor.



3.1 CABECERA (HEADEND)

Es el centro de la red, desde este punto se realiza la agrupación y el tratamiento de los servicios que se van a distribuir, tales como los servicios de datos, voz y televisión [10]. Su complejidad depende de dichos servicios y en base a ello se cuenta con una variedad de dispositivos que permiten la recepción, procesamiento, codificación, modulación y transmisión de señales [12].

La cabecera es también la encargada de monitorear la red y supervisar su correcto funcionamiento. Por esta razón, el mantenimiento de la cabecera es importante y la necesidad de contar con herramientas que gestionen de forma preventiva, para prever el crecimiento sin perder la organización, se convierten en funciones indispensables para mantener a los dispositivos funcionando correctamente [12].

Las señales de vídeo son moduladas para colocar a cada una de ellas en un canal distinto y poder agruparlas en el combinador para formar una sola señal, multiplexando además la señal de datos y formando finalmente la señal compuesta que se enviará al suscriptor. Se delimita la cobertura con el tamaño de la red HFC y la cantidad de dispositivos necesarios para cumplir con un estándar de calidad, aumentando de forma análoga la complejidad de la red con cada nuevo suscriptor. Estos suscriptores pueden ser usuarios residenciales y en algunos casos usuarios corporativos, dependiendo de la necesidad de ancho de banda [10].

Para el servicio de telefonía se utiliza la técnica de Multiplexación por División de Tiempo (TDM, *Time Division Multiplexing*), de tal forma que se modulan sistemas de 30 canales telefónicos (2 Mbit/s) sobre los canales ascendentes y descendente [10].

Para el servicio de Internet se utiliza la banda de 5 a 50 MHz, el dispositivo de recepción y transmisión de datos desde la cabecera es el CMTS (*Cable Modem Termination System*) ARRIS C4, este dispositivo realiza la codificación, modulación y acceso al medio de cada uno de los dispositivos Cable Módem de los usuarios, por medio de una interfaz Ethernet.

Para el servicio de televisión se utiliza la banda de 50 a 860 MHz, debido a que este servicio no utiliza el canal de retorno, no maneja frecuencias más bajas de 50 MHz. Se hace la recepción de la información de los canales de televisión analógicos y digitales (la empresa no maneja canales digitales debido a que no están contratados con UNE, el cual es la empresa proveedora del servicio de televisión y Emtel en este caso, es la empresa comercializadora del servicio) y de los canales recibidos por las antenas locales (la empresa solo maneja antenas satelitales), los cuales se multiplexan en una señal televisión convencional (análoga) hacia los usuarios finales [10]. En la Figura 3.4 se observa la arquitectura física de la cabecera de la red HFC de Emtel.

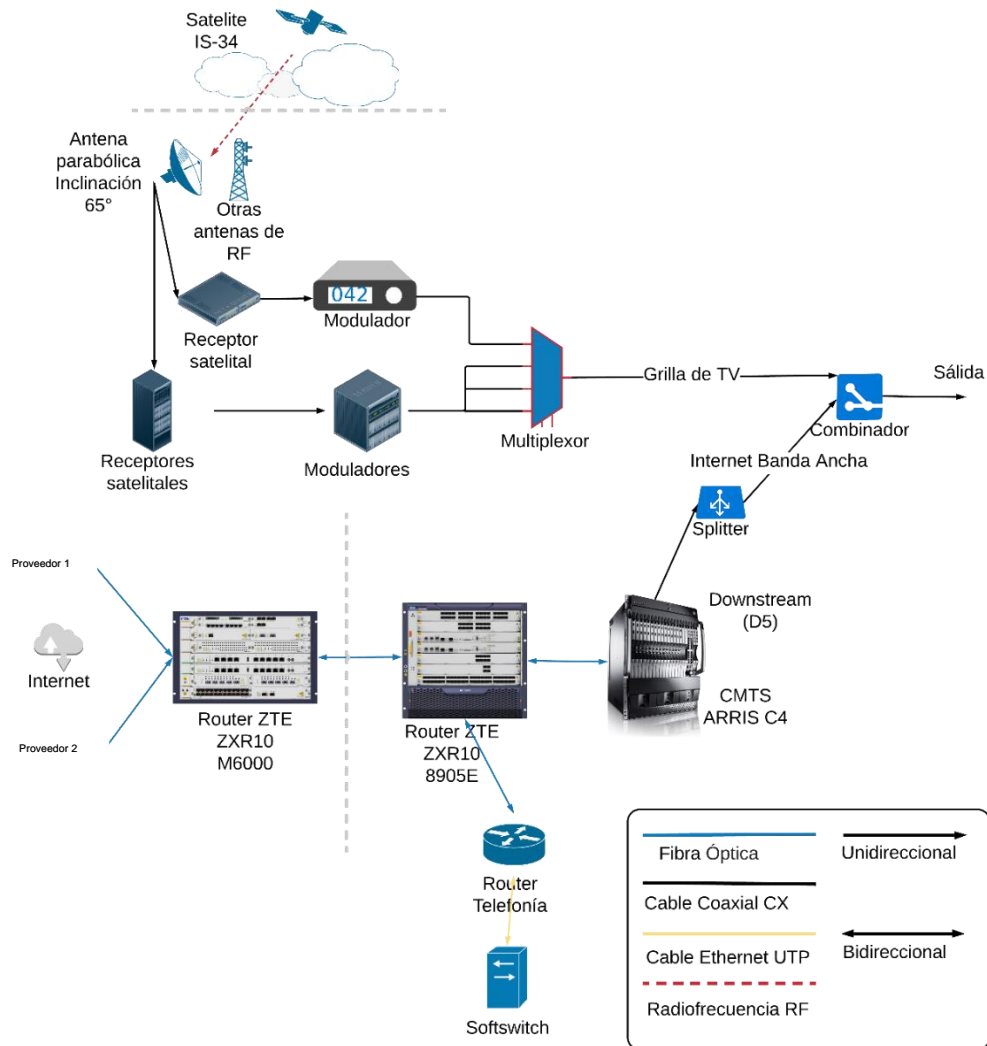


Figura 3.4: Cabecera de la red HFC de EMTTEL. Por el autor.

3.1.1 ELEMENTOS DE LA CABECERA

Los elementos de la cabecera son [12]:

- **Antenas satelitales:** Se utilizan para recibir las señales satelitales, se cuenta con antenas parabólicas orientadas a los satélites de los que se desea recibir la programación. La antena parabólica se caracteriza porque trabaja a altas frecuencias y tiene una ganancia elevada. En la Figura 3.5 se observan las antenas parabólicas de la red HFC de Emtel, esta figura es una foto de las instalaciones y equipos de la empresa, tomada por el autor al igual que varias más que se presentan con su debida descripción.
- **Reflector:** Es un dispositivo en forma de un paraboloide de revolución (resulta del giro de una parábola alrededor de su eje). Su superficie

refleja las ondas que interactúan en ella, hacia un punto en común, llamado foco.

- Dual feed: Se localiza en el punto focal, cuya función es la de fijar el LNB.
- Bloque Convertidor de Bajo Nivel de Ruido (LNB, *Low Noise Block*): Es un bloque de bajo ruido que recibe las señales reflejadas, dichas señales son de alta frecuencia y las convierte en señales de menor frecuencia (Banda L 950 a 2150 MHz) [30] para que puedan ser soportadas por el receptor satelital (Comúnmente las señales satelitales se encuentran en banda C, que comprende los rangos de frecuencias de 3.7 a 4.2 GHz y 5.9 a 6.4 GHz, o banda Ku, de 12 a 18 GHz).

Bandas	Frecuencias	
	Uplink	Downlink
C	5925 a 6425 MHz	3700 a 4200 MHz
Ku	14 a 14.5 GHz	11.7 a 12.2 GHz

Tabla 3.2: Rango de frecuencias de la banda C y Ku. Tomada de [30].



Figura 3.5: Antenas satelitales. Por el autor.

- Receptores satelitales: Dispositivos que reciben la señal proveniente de las antenas enviándolas posteriormente para su procesamiento a otros equipos. Se

encargan de amplificar, demodular, descriptar y decodificar la señal. Al tratarse de canales analógicos se requiere un receptor por canal, estos están debidamente colocados en racks [30]. En la Figura 3.6 se observan los receptores satelitales de la red HFC de Emtel.



Figura 3.6: Receptores satelitales. Por el autor.

- **Modulador:** Dispositivo encargado de colocar la portadora en banda base de video y audio, combina las señales de video y audio para convertirlas en señales de radiofrecuencia que se distribuirán por un sistema de Cable Coaxial. La salida del modulador se dirige hacia la etapa de combinación final.

En la Figura 3.7 se muestra la asignación de 6 MHz para el canal destinado al transporte de la señal de audio y video, donde la portadora de video se encuentra a 1.25 MHz arriba del límite inferior del canal. El ancho de banda efectivo asignado para la señal de video (AM) es de 4.75 MHz donde 0.75 MHz es para la banda lateral inferior y 4 MHz para la superior; por otro lado, se tiene un ancho de banda en total de 0.5 MHz para la señal de audio (FM). En la transmisión de señales de TV a color, se tiene una subportadora de color ubicada a 3.58 MHz de la portadora de video, esta subportadora se modula en amplitud y fase para codificar la información de color. En la Figura 3.8 se observan los diferentes tipos de moduladores utilizados en la red HFC de Emtel.

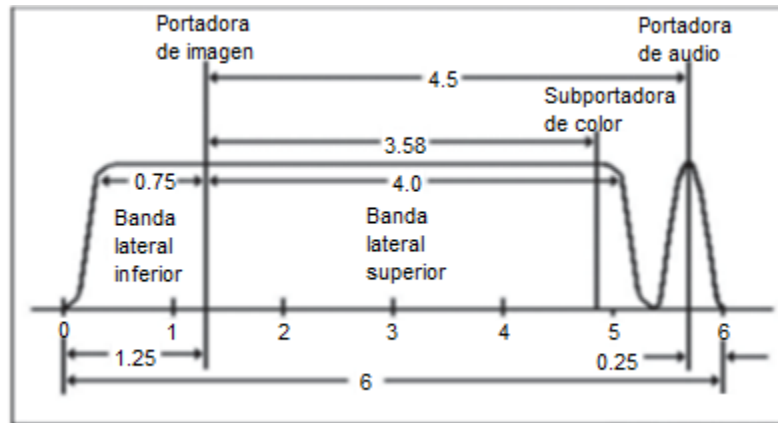


Figura 3.7: Espectro de la señal de video y audio. Modificada de [12].



Figura 3.8: Moduladores de diferentes tipos. Por el autor.

- **Combinadores:** Elementos dispuestos para la combinación de las radiofrecuencias de los distintos canales para formar la grilla de TV final. Se requiere de varios de estos dispositivos según la cantidad de canales analógicos que se quieran transportar. En la Figura 3.9 se observan los combinadores y la grilla de la red HFC en un Splitter, los combinadores conforman el hilo conductor del Cable Coaxial de salida que contiene la grilla de televisión de Emtel.



Figura 3.9: Combinadores y grilla de TV en Splitter. Por el autor.

- CMTS (Sistema de Terminación de Cable Módems): Es el equipo que recibe el tráfico de Internet y permite distribuirlo por cable hacia todos los usuarios. Desde la red HFC al CMTS llegan canales ascendentes que son compartidos por los suscriptores, mientras que desde el CMTS parten canales descendentes hacia los Cable Módem. En la Figura 3.10 se observa el CMTS.

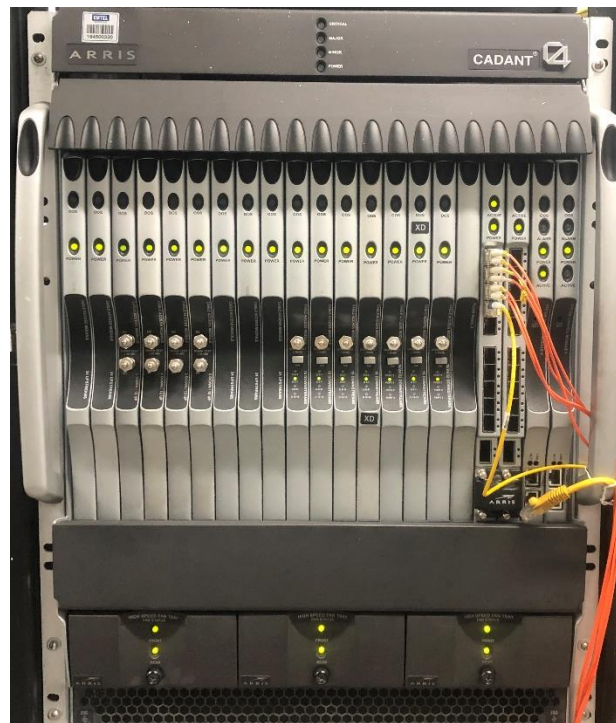


Figura 3.10: CMTS. Por el autor.

- Softswitch: Elemento que provee el control de llamada y servicios de conmutación de paquetes para telefonía, este se observa en la Figura 3.11. Hace de intermediario entre la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN, *Public Switched Telephone Network*) y la red HFC, se encarga por lo tanto de dirigir las llamadas desde y hacia la red de telefonía pública.



Figura 3.11: Softswitch. Por el autor.

3.2 RED TRONCAL

Es el tramo de la red HFC encargado del transporte de la señal óptica desde la cabecera hasta los diversos nodos ópticos de distribución repartidos en la población, mediante un enlace bidireccional de Fibra Óptica (2 fibras, una para transmisión y otra para recepción). Los enlaces utilizan fibras monomodo trabajando en la segunda (1330nm) o tercera (1550nm) ventana óptica, con un ancho de banda de 108 a 850 MHz para el canal Downstream o descendente y de 5 a 65 MHz para el canal de retorno o Upstream o ascendente [16][10].

Elementos de la red troncal [30]:

- Receptores (RX): Recibe la señal del nodo óptico para procesar la información obtenida y realizar la gestión. En la Figura 3.12 se observan los receptores de la red HFC de Emtel.

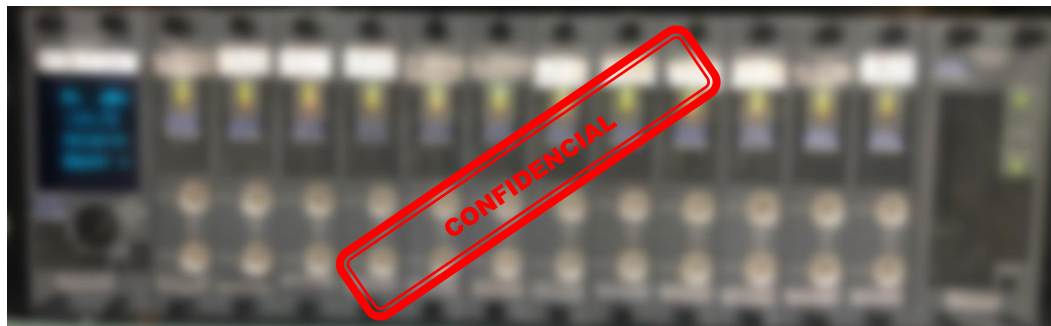


Figura 3.12: Receptores (RX). Por el autor.

- Transmisores (TX): Recibe la señal óptica transmitida de los combinadores para enviarla a los nodos ópticos. En la Figura 3.13 se observan los transmisores de la red HFC de Emtel.

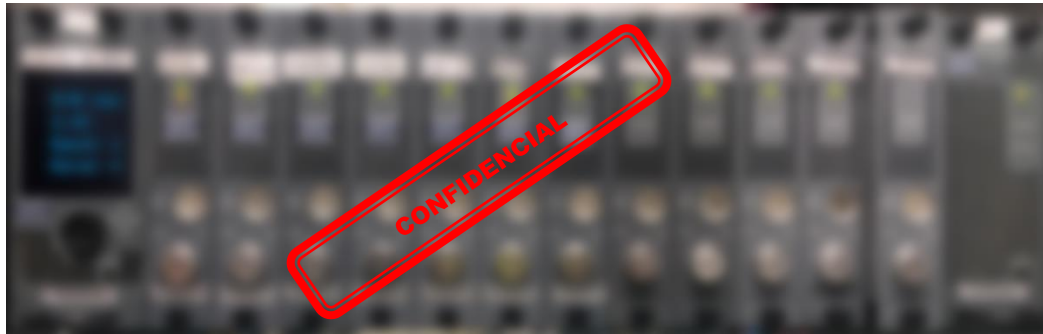


Figura 3.13: Transmisores (TX). Por el autor.

Las Terminaciones de Red Óptica (ONT, *Optical Network Termination*) cuya topología es de enlaces punto a punto, son las encargadas de convertir las señales ópticas que provienen de la cabecera a señales eléctricas de RF o radiofrecuencia para que puedan ser transmitidas por el Cable Coaxial hacia el usuario final por medio de la red de distribución. Como se cuenta con un sistema bidireccionales, los nodos ópticos también se encargan de recibir las señales eléctricas que son generadas por el usuario, para luego convertirlas en señales ópticas y así estas poder ser transmitidas a la cabecera. Los nodos ONT sirven a un número determinado de usuarios dependiendo del ancho de banda que se le quiere brindar a cada uno de estos, generalmente unos 250 usuarios [10] [25].

En la Figura 3.14 se observa la arquitectura física de la red troncal de la red HFC de Emtel.

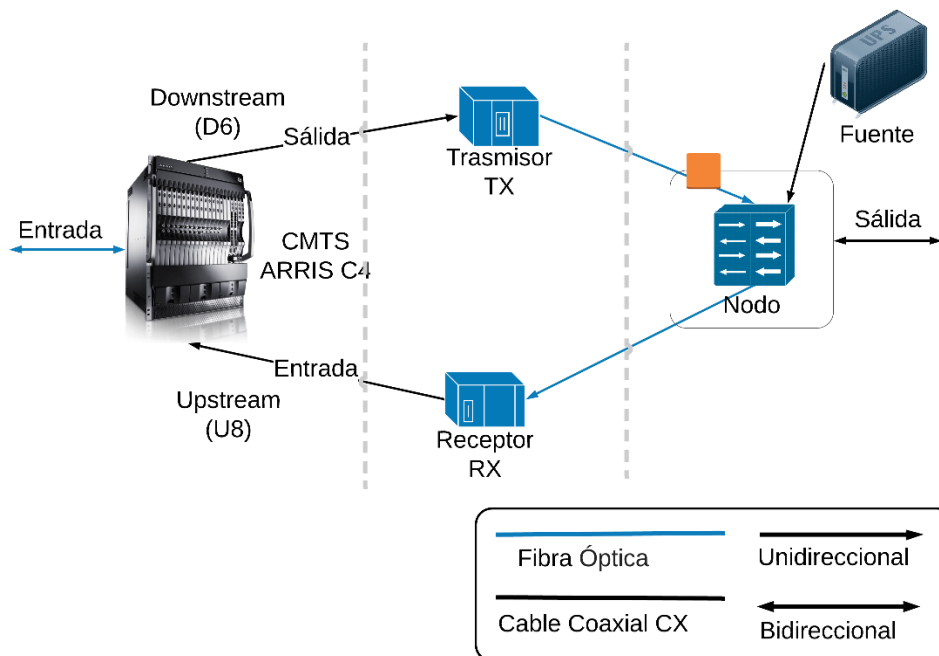


Figura 3.14: Red troncal de la red HFC. Por el autor.



3.3 RED DE DISTRIBUCIÓN

Maneja una topología tipo bus sobre cobre, más específicamente sobre Cable Coaxial, el cual es el medio de transporte de señales eléctricas desde la Red de Transporte Óptico (OTN, *Optical Transport Network*) hasta los equipos receptores de los usuarios, pasando por los amplificadores [5], los derivadores (TAP), divisores (Splitter) y los acopladores direccionales siendo estos últimos 3 dispositivos pasivos [10].

3.3.1 ELEMENTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN:

La red de distribución consta de varios elementos que la componen, entre ellos se puede diferenciar entre 2 grandes grupos, estos son los elementos activos y los pasivos, además también consta de fuentes para alimentación de los elementos activos [10]:

- Elementos activos: Los elementos activos son dispositivos capaces de generar ganancia o control.
 - Nodo óptico: Equipo encargado de transformar las señales ópticas a eléctricas, tanto las descendentes como las ascendentes, este se puede observar en la Figura 3.15. Está conformado por 2 módulos transmisores ópticos, un módulo receptor óptico y cuatro interfaces coaxiales.

Al nodo se conectan 3 hilos de Fibra Óptica, 2 hilos a los módulos transmisores que corresponderán a la señal de Upstream y el tercer hilo al receptor óptico que corresponde a la señal de Downstream. Una vez que el nodo ha realizado la conversión de la señal óptica en señal eléctrica, esta última será distribuida por los cuatro puertos coaxiales con los que cuenta el nodo para así llegar al usuario [12].

La señal generada por el CM de cada usuario se dirige por la red de distribución en sentido ascendente, atravesando los amplificadores bidireccionales hasta llegar al nodo donde se concentran y se convierten en señales ópticas, estas señales se transmiten hacia la cabecera. Esta señal, también llamada señal de Upstream, en las redes HFC ocupa la parte baja del espectro, la cual es compartida con todos los usuarios de un mismo nodo. Los retornos presentes en los nodos llegan a la cabecera multiplexados a distintas longitudes de onda [12].

Los nodos ópticos poseen cuatro salidas troncales eléctricas con una ganancia de 34 dBmV (0 dBmV = 1 milivoltio sobre 75 ohmios) y con un rango de recepción de potencia óptica entre -3 y +2 dBmV.



Figura 3.15: Nodo óptico. Por el autor.

- **Amplificadores:** Los amplificadores reciben la señal por medio del Cable Coaxial e incrementan la cantidad de potencia que reciben en su entrada, obteniendo la misma señal a la salida, pero amplificada, esto debido al bajo nivel de señal que se tiene en la entrada, compensado por las pérdidas producidas por la atenuación a lo largo de la transmisión por el Cable Coaxial [5]. Generalmente se utilizan entre 1 y 3 amplificadores de señal en este tramo de la red HFC, como el que se observa en la Figura 3.16, debido a los niveles de ruido y distorsión, que son agregados por estos dispositivos, manteniendo los niveles aceptables, tanto en el canal de Upstream como en el de Downstream.



Figura 3.16: Amplificador. Por el autor.

- Elementos pasivos: Los elementos pasivos son dispositivos encargados de la transmisión eléctrica entre los elementos activos.
 - Derivador: También conocido como TAP, es el encargado de distribuir la señal hacia los usuarios finales. Este elemento constituye la interfaz entre el final de la red de distribución y el principio de la red de acceso, se puede observar un par de estos dispositivos en la Figura 3.17. Maneja una señal de salida directa y las otras son atenuadas, o todas atenuadas, estas atenuaciones dependen del dispositivo y corresponden a las pérdidas por derivación. Las pérdidas por inserción son del orden de 1 dB. En la empresa se manejan con 4 y 8 puertos de salida.



Figura 3.17: Derivador o TAP. Por el autor.

- Divisor: También conocido como Splitter, es el encargado de dividir la señal en salidas balanceadas, se puede observar un par de estos dispositivos utilizados en Emtel en la Figura 3.18. En la empresa se trabajan de 2 y 3 salidas, en el Splitter con 2 salidas, las señales que salen por los puertos tienen la misma amplitud la cual corresponde a la mitad de la amplitud de la señal entrante, mientras que, en un Splitter con 3 salidas, 2 de ellas tendrán una atenuación de 6 dB mientras que la salida restante tiene una atenuación de 3 dB respecto a la señal de entrada.



Figura 3.18: Divisor o Splitter. Por el autor.

- Acoplador direccional: Es similar al anterior con la diferencia de que tiene una de sus salidas más atenuada. En la empresa se trabajan de 8, 12 y 16 dB de atenuación en la salida más atenuada, como el que se puede observar en la Figura 3.19.



Figura 3.19: Acoplador direccional. Por el autor.

- Insertor: La fuente de alimentación se interconecta con los cables coaxiales de la red mediante un inyector de alimentación, este debidamente protegido por fusible, permitiendo proveer de voltaje AC a la red de cobre.
- Fuente: Se encarga de proveer la energía eléctrica para los elementos activos de la red HFC. Se alimentan del voltaje de las líneas del servicio eléctrico público a 110V AC y entrega de 60V-90V AC a los equipos (voltaje necesario para su correcto funcionamiento). Consta de 2 módulos: un módulo transformador y un módulo inversor, además cuenta con un banco de 3 baterías que sirven como respaldo en el caso de que se genere un corte en el suministro eléctrico público. El módulo transformador convierte la señal de 110V AC que ingresa a la fuente en una señal de un rango de 60V a 90V AC, el módulo inversor es el que permite convertir la Corriente Continua (DC, *Direct Current*) de las baterías en Corriente Alterna (AC, *Alternating Current*), lo cual permite alimentar a los diversos equipos activos de la red HFC en el momento que no se tenga flujo eléctrico desde la red del servicio público. La fuente se puede observar en la Figura 3.20.



Figura 3.20: Fuente.

En la Figura 3.21 se observa la red de distribución y los dispositivos que hacen parte de esta.

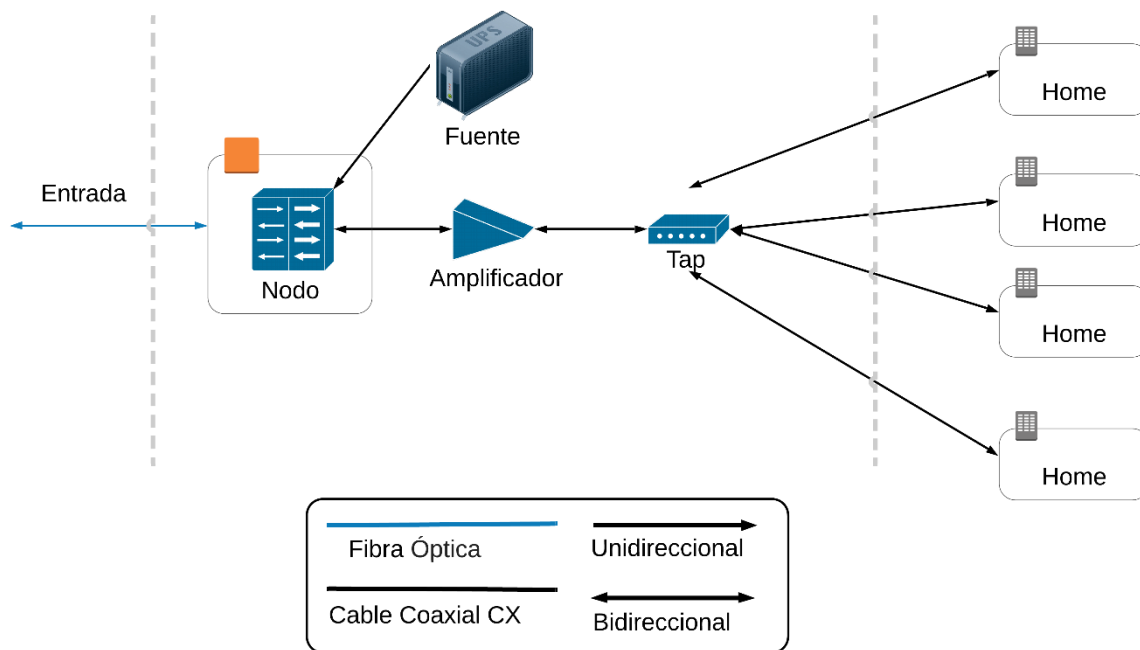


Figura 3.21: Red distribución de la red HFC de EMTEL. Por el autor.



3.4 RED DE ACCESO

También se le denomina red de acometida, la cual corresponde a la red de Cable Coaxial desde el derivador o TAP hasta la red interna de un hogar o edificio, en conclusión, es el último tramo antes de la conexión con los equipos terminales como los Decodificadores (STB, *Set-Top Box*) y para este caso específico, los Cable Módem. Se especifica cada uno de la siguiente manera [10]:

- Equipos terminales: Dispositivos que permiten el acceso al servicio contratado por el usuario suscriptor. Para este caso, la empresa solo maneja como equipo terminal el CM.
 - Set-Top Box (STB): Unidad de soporte físico que contiene un demodulador de señales digitales, un demultiplexor y un decodificador. Maneja funcionalidades e interfaces para la recepción y emisión de señales digitales que conforman un canal de televisión para ser visualizado en la pantalla de un TV. También tiene implementado un middleware, que es un software que asiste a una aplicación para interactuar o comunicarse con otras aplicaciones, dispuesto para la ejecución de las aplicaciones interactivas para la gestión de programas de televisión digital.
 - Cable Módem (CM): Modulador-Demodulador ubicado en el emplazamiento del usuario final. Provee comunicación de datos bidireccional a través de canales RF, realizando el establecimiento de un enlace IP con el CMTS para el acceso a los servicios de datos y voz, este último mediante un teléfono IP. Se pueden observar un par de los muchos equipos de CM en la Figura 3.22. Recibe datos a velocidades superiores a las enviadas, permiten el ahorro de recursos mediante el uso de multiplexación para la transmisión.



Debido a que este tipo de redes de acceso tiene la segunda mayor población de usuarios a nivel mundial entre todas las redes cableadas, vale la pena desarrollar técnicas de gestión, dentro de las cuales se requiere necesariamente un software especializado para mantener en supervisión la red, además de la constante modificación de parámetros necesarios para su correcto funcionamiento. Es por ello que se explora el software que cumpla con los requerimientos adecuados para que la empresa de EMTEL, brinde a sus suscriptores la mayor confianza y calidad de los servicios prestados [31].



4. CAPÍTULO: DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE FALLAS CENTRALIZADO

Las redes de comunicaciones de las CSP, se vuelven cada vez más complejas y la exigencia de la operación y prestación del servicio a los usuarios suscriptores, es cada vez más demandante. Según esto, las redes cada día soportan más aplicaciones y servicios. Debido a estos avances y con miras al futuro, la gestión de redes se ha convertido en una labor muy importante y de carácter proactivo para evitar fallas [18].

Para prevenir errores en un sistema, se puede utilizar un equipo que se ocupe de estar “observando y controlando” el funcionamiento y operación de la red, lo cual se pretende realizar por medio de un software especializado, en otras palabras, diseñado a la medida de las exigencias de los ingenieros de soporte de la red [18].

4.1 DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS A MONITOREAR (METRICAS DE MONITOREO)

Se realiza el proceso de diseño de software según la metodología adoptada previamente. De modo que se inicializa la búsqueda y posterior evaluación de las características de los equipos que se quieren monitorear, como lo son el CMTS ARRIS C4 ubicado en la cabecera de la red y los Cable Módem, estos últimos ubicados comúnmente en la residencia o despacho del cliente.

Para realizar la búsqueda de las características a monitorear y fallos más frecuentes, en primer lugar, se aborda en la empresa una encuesta para tener como punto de partida los inconvenientes que dificultan la correcta prestación del servicio. Se efectúan preguntas sobre las características que se deben monitorear, los problemas más frecuentes con estos dispositivos, las marcas de dispositivos que más fallan, tiempos de respuestas del equipo de soporte y más, a fin de tener un menor rango de búsqueda sobre dichas características.

Se presenta en el Anexo 4.1 la encuesta formulada para abarcar la información antes mencionada, con este se pretende mostrar la estructura, el diseño y la formulación de las preguntas realizadas para la abstracción de la información.

Después de obtener los resultados de la encuesta realizada al Jefe planta interna, Jefe planta externa, Ingenieros de soporte de plataformas, Líder red troncal y Agentes Helpdesk, se procede a organizar estos de mayor a menor importancia, según las respuestas dadas entre los encuestados, con la intención de buscar las variables que puedan ser monitoreadas para dar solución a los inconvenientes más comunes además de las variables para realizar el mantenimiento del equipo previniendo errores. Estas características se ordenan así:



- Características de monitoreo CMTS ARRIS C4.
 - Niveles de potencia de la señal hacia el CM.
 - Niveles de operatividad de la señal hacia CM.
 - Numero de CM.
 - Direccionamiento.
 - Autenticación.
 - Nodos alarmados.
 - Porcentaje de operatividad de los Nodos.
 - Ancho de banda entregado.
 - Servidores DNS.
 - Conexión a páginas web.

- Características de monitoreo Cable Módem.
 - MAC.
 - IP de registro en el CNR.
 - IP de autenticación.
 - Niveles de potencia de la señal hacia el CMTS.
 - Niveles de operatividad de la señal hacia CMTS.
 - Plan de velocidad asignado.
 - Tipo de protocolo DOCSIS.

Además de esta información, también se recopilaron los errores más comunes y las marcas de los CM que más fallan, se calificó en funcionamiento del servicio según el nivel de funcionamiento de los equipos, se investigó sobre el paso a paso para la solución de fallas, los parámetros a tener en cuenta para realizar un adecuado diagnóstico de estas fallas y el tiempo que se demora en dar solución a cada una de ellas. Los resultados de la encuesta se presentan en el Anexo 4.2, con este se pretende mostrar la veracidad de la información expuesta en este documento, la cual fue tomada fielmente de estos resultados.

4.2 DEFINICIÓN DEL PROTOCOLO

En segundo lugar, se realiza una investigación de protocolos por los cuales se puedan abstraer y procesar las variables por software, con el fin de crear el Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado de la red HFC, estos protocolos ya se describieron previamente en este documento.



Para realizar este proyecto se pueden emplear varios métodos, el más adecuado es la utilización de protocolo SNMP, el cual pretende el fácil intercambio de información de gestión entre los equipos de la red, primero dando paso al monitoreo y en segunda instancia al control, de forma que se inicializa un proceso de búsqueda, investigación e implementación de diferentes herramientas, con el objetivo de buscar las características previamente descritas por los trabajadores de la empresa que realizaron la encuesta.

Una vez se escoge el protocolo, se realiza la búsqueda de diferentes herramientas que se puedan utilizar para consultar la información requerida, haciendo uso de este protocolo. El software a utilizar para la consulta de los datos a través del protocolo SNMP es un buscador de MIBs o MIB Browser, el cual es el encargado de mostrar de manera ordenada los OID y la descripción de los mismos utilizando las MIB públicas y privadas del equipo según la investigación realizada. Finalmente, este es implementado para la extracción de los datos contenidos en los OID.

4.3 DISEÑO SOFTWARE

En tercer lugar, se evaluarán diferentes lenguajes de programación para el diseño de la herramienta de monitoreo, dando lugar a un trabajo más eficiente de la empresa, en cuanto a la mejora de la atención al cliente y a la calidad del servicio contratado por el mismo. Se realiza la instalación de un editor de código para obtener mayor comodidad al momento del desarrollo y diseño del código, el cual deberá tener una interfaz que brinde una buena experiencia de usuario, contando con propiedades como los son:

- Simplicidad.
- Claridad.
- Coherencia
- Interfaz intuitiva (Familiaridad).
- Rapidez.
- Escalabilidad.
- Seguridad.

Debido a trabajos a priori, se utilizará un lenguaje de diseño web para dar acceso remoto, para alojar la aplicación web en un servidor del centro de datos de la empresa (DATA CENTER). La cual consta de una base de datos y un sistema centralizado para el monitoreo de la red, tomando las consultas de los valores de las variables de los equipos CMTS y CM, para dar solución anticipada y en tiempo de ejecución a los posibles inconvenientes que estos presenten.



- PHP (*HyperText Processor / Procesador de Hipertexto*): Lenguaje enfocado a la creación de páginas web dinámicas, es interpretado por el servidor y genera código HTML.
- JavaScript: Lenguaje de programación interpretado del lado del cliente, orientado a objetos.
- Python: Lenguaje de programación interpretado de código legible, orientado a objetos.
- Ruby: Lenguaje de programación interpretado, reflexivo y orientado a objetos.

Al ser un diseño de página web, es necesario el uso de otros lenguajes y sistemas que agregan funcionalidades y complementan el procesamiento de la información, así como también una base de datos, como pueden ser:

- HTML (*HyperText Markup / Marcas de Hipertexto*): Lenguaje de marcado para estructurar la información presentada en la página, el cual define una estructura básica de contenido como texto, imágenes y distribución.
- CSS (*Cascading Style Sheets / Hojas de Estilo en Cascada*): Lenguaje de diseño gráfico para la presentación del documento web escrito en lenguaje de marcado como lo puede ser HTML.
- MySQL (*Structured Query Language / Lenguaje de Consulta de Estructuras*): Sistema de gestión de bases de datos relacional (Uso de relaciones, se conceptualiza como tabla compuesta de filas y campos), desarrollado bajo licencia dual (Licencia pública y licencia comercial).
- MariaDB (*Data Base / Base de Datos*): Sistema de gestión de base de datos derivado de MySQL con licencia pública general.

4.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE FALLAS CENTRALIZADO PARA LA TECNOLOGÍA HFC

4.4.1 ABSTRACCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE MONITOREO

Para empezar con este diseño, es necesario tener las variables de monitoreo y el protocolo por el cual se van a consultar; debido a la facilidad que brinda el protocolo SNMP para la gestión y en primera instancia para el monitoreo de los dispositivos, se utilizará este como protocolo de transferencia de información del estado de los dispositivos CMTS y CM, dicha información será procesada por la aplicación web, la cual se observa en la Figura 4.1.



EMTEL Inicio Nodos CMTS Cable Módem Usuarios Textos Soporte

Sistema de Monitoreo Centralizado de Fallas para la tecnología HFC de EMTEL



SMCF
El objetivo del Sistema de Monitoreo Centralizado de Fallas (SMCF) es llevar a cabo el monitoreo de los equipos pertenecientes a la red HFC de Emtel, los cuales son el CMTS (ARRIS Cadant C4) y Cable Módems de diferentes marcas, con el fin de prestar una mayor QoS (Calidad de Servicio) y QoE (Calidad de Experiencia) al cliente. El monitoreo es esencial para mantener unos estándares altos del servicio de Internet y telefonía IP.

HFC
Híbrido de fibra coaxial, es el término utilizado para definir la red que combina fibra óptica y cable coaxial para la prestación de servicios banda ancha.

CMTS
El CMTS (Sistema de Terminación de Cable Módems), es un equipo que se encuentra en la cabecera de la empresa y se utiliza para proporcionar servicios de datos de alta velocidad, como Internet por cable o Voz sobre IP, a los abonados.
Para proporcionar dichos servicios de alta velocidad, la compañía conecta su cabecera a Internet mediante enlaces de datos de alta capacidad a un proveedor de servicios de red. En la parte de abonado de la cabecera, el CMTS habilita la comunicación con los cable módems de los abonados.
EMTEL requiere calidad y confiabilidad para competir en los campos de transmisión de voz y datos actuales. El CMTS C4 de Arris permite que se pueda ofrecer un rendimiento de primera categoría en servicios de voz de clase portadora y datos de alta velocidad.

Todos los derechos reservados © 2019 SMCF v1.0.2 Hernán Montoya

Figura 4.1: Vista de Inicio del Sistema del Monitoreo de Fallas Centralizado (SMFC). Por el autor.

A partir de esto, se requiere de un software especializado que brinde la información de las variables que contiene los datos de monitoreo y una descripción de cada una de ellas, de forma que se puedan consultar al equipo. En efecto existen algunas aplicaciones software dispuesta para esto las cuales consultan, por medio de un componente llamado agente, de modo que este reporta los datos de gestión en forma de variables. Estas variables se rigen por un identificador de objeto (OID, *Object Identifier*), el cual es un nombre asignado de forma jerárquica, destinado para cada variable de gestión dentro de los dispositivos administrables. Además de la jerarquía, también son organizados los OID por otro tipo de metadatos, lo cuales pueden ser el tipo (string, integer, etc...) y la descripción de la variable.



El recopilar esta información se hace gracias a las bases de información gestionada (MIB, *Management Information Base*), las cuales son un tipo de base de datos que además de contener la información ordenada jerárquicamente, la estructura en forma de árbol. Las MIBs se han actualizado constantemente, pero originalmente se definieron en la publicación RFC 1213. Ya que es un protocolo estandarizado, facilita que cada dispositivo al cual se le pueda realizar gestión, contenga estas MIBs para realizar consultas, de forma que también existen 2 tipos diferentes de MIBs, las cuales son:

- Públicas: Las cuales están estandarizadas en todos los dispositivos administrables.
- Privadas: Agregan funcionalidades extras por parte del fabricante.

Los software antes mencionados se conectan a través del protocolo SNMP, por medio de una comunidad, lectura y escritura o solamente lectura, y de una contraseña configurada en el dispositivo mediante la cual se tiene acceso a la información de forma ordenada, facilitando la obtención del identificador de las variables y la descripción de cada una de ellas, de modo que se puedan consultar por medio del protocolo dando uso al OID por medio de una petición GET o WALK (comandos propios del protocolo), a través de una aplicación web.

Aunque hay varios de estos softwares, se optaron por 2 de ellos los cuales tenía licencias gratuitas por un mes, en cada una de sus presentaciones, lo cual facilito el proceso de consulta de los OID y la carga de las MIB privadas del dispositivo ARRIS C4, los softwares son:

- MG-SOFT visual MIB Builder: Es una aplicación para crear, diseñar, editar y validar archivos de definición de módulos MIB de manera visual. Este proporciona una interfaz de usuario fácil de usar que permite arrastrar y soltar que le permite diseñar un archivo de definición de MIB en cuestión de minutos.
- MIB browser de iReasoning: Es una herramienta poderosa y fácil de usar, su interfaz de usuario se puede apreciar en la Figura 4.2. El navegador MIB es una herramienta indispensable para que los ingenieros gestionen dispositivos y aplicaciones de red habilitados para SNMP. Permite a los usuarios cargar MIB estándar y patentadas, e incluso algunas MIBs mal formadas. Existen 3 ediciones diferentes que se ajustan a los requerimientos del cliente, las cuales son:
 - Personal Edition.
 - Professional Edition.
 - Enterprise Edition.

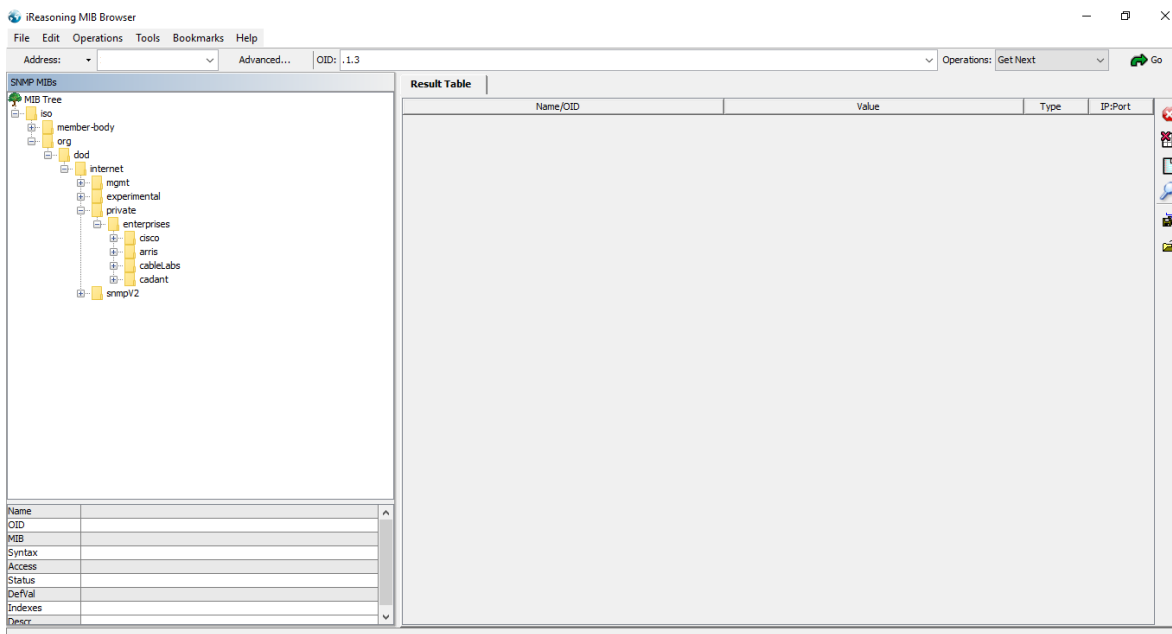


Figura 4.2: MIB Browser de iReasoning con las MIBs privadas cargadas del CMTS. Por el autor.

Se presenta en el Anexo 4.3 el contenido y costo del software mencionado con la finalidad de mostrar el alto valor monetario en el cual no incurrió la empresa, debido a que este gasto no está contemplado en su presupuesto financiero del año corriente y que gracias a la investigación realizada se encontraron licencias gratuitas para cumplir con los requerimientos establecidos.

Al instalar las herramientas, se procede a la búsqueda de las MIBs privadas del equipo ARRIS C4, las cuales mostrarán las variables únicas del equipo, de las cuales según la encuesta se abstraen las siguientes para el equipo CMTS:

- Hora local.
- Tipo de equipo.
- Nombre del equipo.
- Versión del sistema.
- IP del equipo.
- MAC del equipo.
- Mascara de subred del equipo.
- Gateway del equipo.
- Localización del equipo.
- Servicios que proporciona el equipo.
- Meridiano de localización del equipo.
- Tiempo desde el último reinicio.
- Número de cable módem registrados.
- Recomendaciones de la UIT.



- Rango de frecuencia de Upstream según la recomendación.
- Frecuencia máxima de Downstream.
- Frecuencia mínima de Downstream.
- Protocolo SSH del equipo.
- Estado del servidor SSH.
- Nombre de dominio para consultas DNS.
- Operaciones del cliente DNS.
- Servidor DNS.
- Servidor DNS de respaldo.
- Comunidades SNMP.
- Estados de sobre carga de la CPU general y de cada tarjeta (21).
- Estados de sobrecarga de la memoria y de cada tarjeta (21).
- MAC de los CM.
- IP de los CM.
- Potencia de recepción.
- Relación señal a ruido.

Las ultimas 4 se le realizan al total de Cable Módem conectados al ARRIS C4.
(Más de 6000 CM).

Y las variables abstraídas para los equipos CM son las siguientes:

- MAC de los CM.
- IP de los CM.
- CABLE-MAC.
- Potencia de recepción.
- Potencia de transmisión.
- Versión DOCSIS del CM.
- Plan de suscripción (PROFILE DOCSIS).
- Nodo del CM.
- Marca, revisión del hardware, versión del software, modelo del CM.

Adicionalmente, por petición del Jefe de planta externa, se agrega un nuevo requerimiento, el cual consta de visualizar la información concerniente al estado de los nodos conectados al CMTS. Debido a que esta información presentada en consola, por medio del comando "show cable modem summary fiber-node", no se pudo abstraer por medio de los OID, ya que contiene variables no accesibles y que tampoco fue posible relacionar dichos datos arrojados en consola por los arrojados en el software MIB Browser; entonces se optó por realizar una conexión SSH utilizando otro lenguaje de programación llamado Python, debido a que con este lenguaje si se pudo realizar la conexión SSH, mientras que con el lenguaje PHP no se logró. Se diseñó un script para realizar la conexión el cual ejecuta un comando, y a su vez este carga una variable con un texto plano que se decodifica, segmenta y



posteriormente se organiza de manera estadística, con lo cual fue posible mostrar la información solicitada de manera ordenada; finalmente se realiza un llamado desde el lenguaje PHP a este script para dar solución al requerimiento, dejando la información disponible lista para ser visualizada en el Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado.

Las variables abstraídas para los nodos son las siguientes:

- Nombre del nodo.
- Numero de CM conectados al equipo CMTS.
- CM operativos.
- CM deshabilitados.
- CM inicializados.
- CM no operativos.
- Porcentaje de operatividad.
- Total de cada uno de los datos anteriores.

4.4.2 BASE DE DATOS

Una vez que se registra la información se procede con el desarrollo y diseño de la aplicación o página web, la cual constara de una base de datos y una interfaz gráfica acorde a las exigencias del mercado, tales como CRUD de usuarios para definir roles predeterminados, de forma que se realice una correcta autenticación y manteniendo un alto grado de seguridad sin dejar a un lado, el manejo intuitivo y diseño moderno, dando lugar a una herramienta escalable y de rápido procesamiento. La base de datos a la cual se le dio el nombre de cmtsdb, constara de varias tablas para el procesamiento y almacenamiento de información, estas tablas se pueden observar en la Figura 4.3.

Tabla	Acción	Filas	Tipo	Cotejamiento	Tamaño
architectures	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	7	InnoDB	utf8mb4_unicode_ci	16 KB
arris_cadants	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	0	InnoDB	utf8mb4_unicode_ci	16 KB
cable_modems	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	6,195	InnoDB	utf8mb4_unicode_ci	448 KB
data_cable_modems	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	6,195	InnoDB	utf8mb4_unicode_ci	1.5 MB
manuals	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	0	InnoDB	utf8mb4_unicode_ci	16 KB
migrations	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	8	InnoDB	utf8mb4_unicode_ci	16 KB
password_resets	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	0	InnoDB	utf8mb4_unicode_ci	16 KB
theories	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	1	InnoDB	utf8mb4_unicode_ci	16 KB
users	Examinar Estructura Buscar Insertar Vaciar Eliminar	5	InnoDB	utf8mb4_unicode_ci	32 KB
9 tablas	Número de filas	12,411	InnoDB	latin1_swedish_ci	2.1 MB

Figura 4.3: Base de datos cmtsdb. Por el autor.

Para empezar, se necesita una tabla para las credenciales que darán acceso a la aplicación web, tipo inicio de sesión, en la cual se hará el registro de usuario con sus roles y el total de funcionalidades del CRUD. Para realizar este proceso se requiere de un motor de base



de datos, para el cual se dispuso de MySQL debido a que ya se ha trabajado con anterioridad en la formación profesional que brinda la Universidad del Cauca, disminuyendo el tiempo de estudio para la puesta en práctica de este motor. De igual forma, es necesario el uso de base de datos para el almacenamiento y ordenamiento de las variables del equipo, con lo que se facilita la consulta y el procesamiento de las mismas, con el fin de entablar una relación más amigable con el entorno visual que las rodea, mostrando una información compacta, pero proporcionando la información de cada uno de los dispositivos conectados a la red.

Esto es muy conveniente para la empresa, debido a que se accede a la información de los dispositivos por medio de comandos en consola, lo cual dificulta la correcta y rápida lectura de los datos, asimismo como la poca seguridad que brinda, ya que se deberían proveer credenciales con las cuales se pueden realizar cambios en el equipo principal. Estos cambios podrían llegar a tener grandes implicaciones como una caída o falla del sistema, causando un desabastecimiento de los servicios a la totalidad de clientes suscritos, razón por la cual se crea la necesidad de dar solución a esto. La tabla de la base de datos de los usuarios se puede visualizar en la Figura 4.4.

id	name	email	email_verified_at	password	type	remember_token	created_at	updated_at
1	Hernan Montoya	hermontoya@unicauca.edu.co	NULL	\$2y\$10\$zzwhrvpHtwvDKdz9FWCHYehb/vbXLIZ2bxq/RNV03K...	admin	NULL	2019-07-03 03:01:49	2019-07-03 03:01:49
2	Carlos	carlos@carlos	NULL	\$2y\$10\$7c7XoQi5QbXqlroRhOOHRuJFNHBVjZezlRnSlPawyrL...	member	NULL	2019-07-03 03:02:34	2019-07-03 03:02:34
3	cami	cami@cami	NULL	\$2y\$10\$8kVcAmGaU8nuNNq1C2U9Juykm51T9QenQyMXjjumpv4...	member	NULL	2019-07-09 18:17:35	2019-07-09 18:17:35
4	Luis	luis@luis	NULL	\$2y\$10\$tp6mMfLXr4PpWfht8TMO7pAeyxeGSSGryX0sXGloz...	member	NULL	2019-07-12 21:50:01	2019-07-12 21:50:01
5	Andres	andres@andres	NULL	\$2y\$10\$0V8WVsAGuxdi0MbA/rhSkBeeMyW652Tdgpp5gX9RMDbff...	admin	NULL	2019-08-28 14:23:53	2019-08-28 14:23:53

Figura 4.4: Tabla users de la base de datos cmtsdb. Por el autor.

Debido a la complejidad que genera el dar las credenciales de acceso al equipo de la mesa de ayuda (Helpdesk), se almacena la información de cada uno de ellos en la tabla la cual puede ser editada por un usuario con rol de administrador, brindando de esta manera acceso a nuevas tablas con el registro de las variables de monitoreo, de manera que ellos puedan acceder a la información en las nuevas tablas de datos del CMTS y de los CM, sin correr el riesgo de modificar de alguna manera la información en las tablas del equipo principal.

Así mismo, se realiza el proceso de creación y adecuación de las tablas para el almacenamiento de los datos del CMTS, de los CM, los informes teóricos, imágenes de la arquitectura y la arquitectura lógica y física, estas tablas se pueden evidenciar en la Figura 4.5, Figura 4.6, Figura 4.7, Figura 4.8 respectivamente.

Además, se realiza también un proceso de almacenamiento en la carpeta del código de otros archivos para visualizar, los cuales corresponden a las tablas de Excel de las arquitecturas, manuales de los equipos y grilla de televisión.



id	mac	ip	powerRx	snr
6195	24767d252936	10.55.7.129	-1.70	29.90
6194	bc14014fa380	10.52.8.184	0.00	29.00
6193	602ad0955803	10.52.7.150	-4.20	24.50
6192	0015a304fbe1	0.0.0.0	2.30	0.00
6191	185933484a78	10.52.8.7	0.00	31.30
6190	bcc810148f89	10.52.7.64	-5.50	27.10
6189	7cbfb1c0aeae	10.52.18.73	0.00	34.00
6188	94ccb92f3d4d	10.52.11.165	-0.10	31.80
6187	20e564e4f47c	0.0.0.0	-2.80	27.90
6186	c0cb38287251	0.0.0.0	-10.90	0.00
6185	001dd2c577b2	10.55.4.102	0.00	34.70
6184	14abf0429b32	10.55.5.237	0.00	31.90
6183	bc14014f9f24	10.52.0.137	-0.20	32.40
6182	407009e5fc52	10.55.0.245	0.00	30.20
6181	bcc81068bdf8	10.55.7.128	-0.10	32.20
6180	602ad06fbc29	10.52.11.23	0.00	35.10
6179	00ace096e2b2	10.52.2.78	-0.90	22.90
6178	001dd5debc52	10.55.5.118	-1.00	29.20
6177	0015cec433b7	0.0.0.0	-5.80	0.00
6176	bcc81067f4a4	10.55.7.127	0.00	31.80
6175	185933398f38	0.0.0.0	-13.80	0.00
6174	00ace08ead62	10.55.0.227	-3.30	27.50
6173	20e56461e829	10.52.1.213	-0.10	35.20
6172	7cb21b3ef87e	10.52.10.0	0.30	37.20
6171	bcc81058c864	10.55.7.126	0.00	34.60

Figura 4.5: Tabla cable_modems de la base de datos cmtsdb. Por el autor.



Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado para la tecnología HFC en la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P.

id	dataMac	dataIps	dataPowerRx	dataPowerTx	docsis	plan	mark
6195	fc528dba8bcbf	0.0.0.0	0.00	0.00	1		
6194	f8eda5b35e02	10.55.4.36	-1.50	46.30	4	planes_emta/plan_EMMA_4Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6193	f8eda5af5012	10.55.4.132	9.10	49.80	4	planes_emta/plan_EMMA_4Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6192	f8eda5af3642	10.55.5.189	4.20	48.00	4	planes_emta/plan_EMMA_8Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6191	f8eda5af30c2	10.55.4.148	1.10	52.00	4	planes_emta/plan_EMMA_4Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6190	f8eda5af1552	10.55.6.16	-4.10	45.80	4	planes_emta/plan_EMMA_8Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6189	f8eda5ae842	10.55.7.71	9.90	46.00	4	planes_emta/plan_EMMA_10Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6188	f8eda5ae3b2	10.55.5.205	-12.70	48.50	4	planes_emta/plan_EMMA_8Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6187	f8eda5ae3a02	10.55.5.15	11.20	41.50	4	planes_emta/plan_EMMA_8Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6186	f8eda5ae39d2	10.55.4.201	5.90	35.00	4	planes_emta/plan_EMMA_10Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6185	f8eda5ae1e22	10.55.4.110	8.60	34.80	4	planes_emta/plan_EMMA_4Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6184	f8eda5aceb52	10.55.6.154	0.70	51.00	4	planes_emta/plan_EMMA_8Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6183	f8eda5acb462	10.55.4.134	2.00	52.00	4	planes_emta/plan_EMMA_8Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6182	f8eda5a21452	10.55.6.229	4.60	48.00	4	planes_emta/plan_EMMA_8Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6181	f8eda5a1c7e2	10.55.4.16	-9.10	51.30	4	planes_emta/plan_EMMA_8Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6180	f8eda5a1c242	10.55.3.196	3.30	47.30	4	planes_emta/plan_EMMA_8Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6179	f8eda5a13fd2	10.55.6.140	-3.00	44.80	4	planes_emta/plan_EMMA_20Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6178	f8eda5a0c802	10.55.4.233	5.90	54.50	4	planes_emta/plan_EMMA_8Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6177	f8eda5a0a342	10.55.4.173	14.00	42.50	4	planes_emta/plan_EMMA_10Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6176	f8eda59f5082	10.55.4.159	-4.20	52.00	4	planes_emta/plan_EMMA_4Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6175	f8eda59e9c82	10.55.6.18	2.10	43.50	4	planes_emta/plan_EMMA_8Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6174	f8eda58bd152	10.55.2.250	9.90	51.80	4	planes_emta/plan_EMMA_8Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6173	f8eda58ad5a2	10.55.6.107	4.40	40.30	4	planes_emta/plan_EMMA_4Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6172	f8eda58a3482	10.55.7.19	6.70	55.00	4	planes_emta/plan_EMMA_8Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...
6171	f8eda57f7012	10.55.3.240	10.70	47.80	4	planes_emta/plan_EMMA_4Mbps.cm	ARRIS DOCSIS 3.0 / SIP 2.0 Touchstone Telephony Ga...

Figura 4.6: Tabla data_cable_modems de la base de datos cmtsdb. Por el autor.

id	migration	batch
99	2014_10_12_000000_create_users_table	1
100	2014_10_12_100000_create_password_resets_table	1
101	2019_05_22_192435_theories	1
102	2019_05_22_192525_manuales	1
103	2019_06_13_223104_arris_cadants	1
104	2019_06_13_223142_cable_modems	1
105	2019_07_02_214348_architectures	1
109	2019_07_10_191508_data_cable_modems	2

Figura 4.7: Tabla architectures de la base de datos cmtsdb. Por el autor.

id	name	created_at	updated_at
1	1562122978Anteproyecto.pdf	2019-07-03 03:02:58	2019-07-03 03:02:58

Figura 4.8: Tabla theories de la base de datos cmtsdb. Por el autor.

Finalmente, es importante resaltar que este proceso se pudo llevar a cabo gracias a la aplicación XAMPP, la cual provee al computador de herramientas necesarias para el diseño y desarrollo web, ya que para este caso fueron imprescindibles las herramientas MySQL, como motor de base de datos, PHP como lenguaje y Apache como servidor web local. La utilización de estas herramientas se produjo debido a que ya se habían hechos trabajos previos en la universidad con ellas y que son las utilizadas como material de trabajo en la materia de Gestión de redes. Esta aplicación se puede observar en funcionamiento en la Figura 4.9.

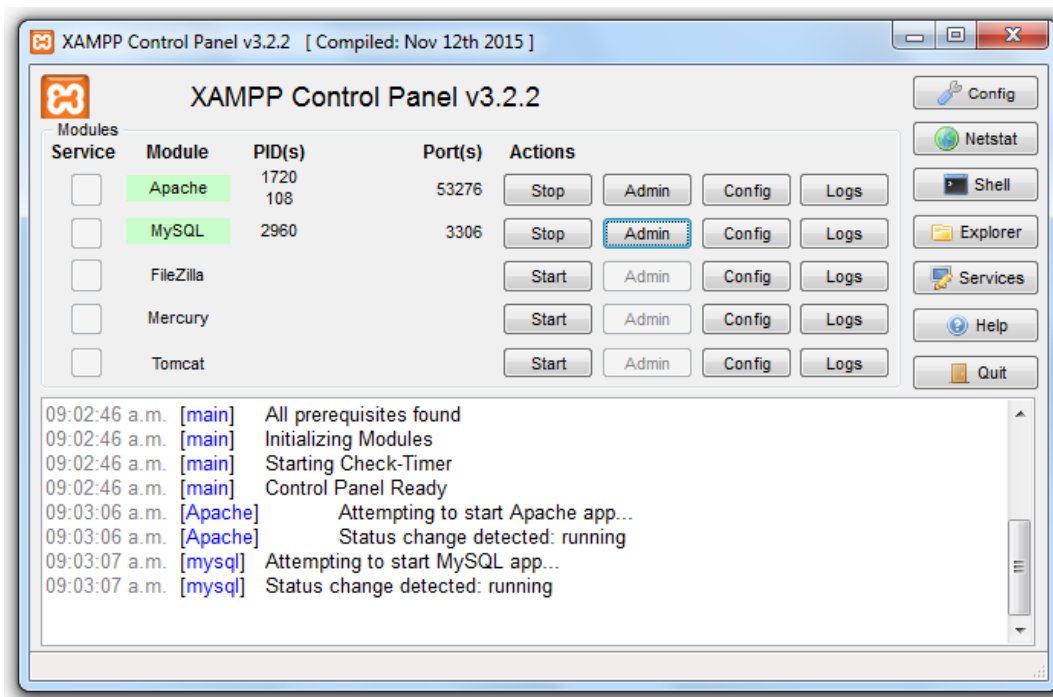


Figura 4.9: Aplicación XAMPP. Por el autor.

4.4.3 DESARROLLO DEL CÓDIGO

Por otra parte, el registrar toda la información en las tablas de la base de datos no es suficiente para el monitoreo de los dispositivos, lo cual conlleva al tratamiento que se le realiza a cada una de estas variables, dejando por sentado la exigencia de creación de algoritmos capaces de mostrar y procesar la información requerida por el equipo de Helpdesk.

Por esta razón, para algunas variables como las potencias, se plantea el código de colores del semáforo, tomando el rojo como peligro (Danger), el amarillo como advertencia o precaución (Warning) y el verde como activo y normal (Operational, Active and Normal), para facilitar la interpretación de los estados de las mismas, de igual forma se deja una referencia visual, para tener en cuenta la escala de estos estados en caso no conocer



profundamente la teoría, esto con el fin de que puedan ser supervisadas de manera más eficiente.

Sin embargo, se crearon algoritmos para el procesamiento de todas las variables debido a que, al ser almacenadas, no muestran valores entendibles por el usuario a cargo del sistema, tales como los siguientes.

- El CMTS maneja unos valores de potencia de subida y de relación señal a ruido que deben mantener unos niveles adecuados los cuales pueden ser monitoreados y que se podrán acceder según la MAC del CM asociado, únicamente desde su ventana, realizando un sondeo preventivo con el objetivo de establecer valores de potencia en los nodos de la red de distribución por medio de software y de forma remota.
- Los CM pueden ser buscados por la MAC desde cualquier ventana, para realizar una búsqueda más fácil y rápida de los datos de información del equipo en cuestión, apresurando la solución de inconvenientes y realizando un soporte más efectivo y cómodo para el cliente.
- La arquitectura de la red constantemente sufre cambios, cuyos cuales no se reporta, etiquetan y registran de modo que al haber realizado el proceso del levantamiento físico y lógico de la arquitectura HFC, se tiene en un software especializado, las conexiones de cada uno de los elementos que la componen, de manera que pueden ser modificadas. Entonces se crea un algoritmo en el sistema, en el cual se genera la subida de las imágenes de cada uno de los cambios que realicen a esta red, generando un registro único sin opción de modificación, de los cambios generados a través del tiempo.

4.4.4 DISEÑO GRÁFICO

El sistema hará parte integral de una empresa de telecomunicaciones de carácter público, reconocida en varios lugares del país, de modo que requiere de un diseño visual que agregue el nombre y el logotipo de Emtel, además de un diseño agradable y moderno, fácil de usar, mejorando la interacción con el usuario, manejando una interfaz más intuitiva, en consecuencia, se crean las siguientes vistas y accesos con sus componentes:

Vistas y sus componentes:

- Inicio de sesión:
 - Nombre de la aplicación web.
 - Logotipo de la Emtel.
 - Campos de credenciales y botones de acceso.
- Inicio:



- Barra de navegación.
- Imagen del equipo CMTS ARRIS C4.
- Breve descripción de la aplicación y de las siglas principales.
- Nodos:
 - Barra de navegación.
 - Estado operativo de los nodos.
- Características de monitoreo (CMTS):
 - Barra de navegación.
 - Campo y botón de búsqueda por MAC.
 - Tabla de características del CMTS.
- Estados de sobrecarga (CMTS):
 - Barra de navegación.
 - Tabla de características de sobrecarga del CMTS.
- Conexión física del CMTS al CM (Cable Módem):
 - Barra de navegación.
 - Tabla de características del CMTS hacia los CM.
 - Botones de base de datos.
- Estados de operación (Cable Módem):
 - Barra de navegación.
 - Tabla de características de los CM.
 - Botones de base de datos.
- Teoría (Textos):
 - Barra de navegación.
 - Anteproyecto en PDF.
 - Trabajo de grado en PDF.
- Manuales (Textos):
 - Barra de navegación.
 - Manual ARRIS C4 en PDF.
 - Arquitectura física y lógica de los nodos en Excel.
 - Conexión a los combinadores e Excel.
 - Orden de conexión de los equipos de forma ascendente y descendente en Excel.
 - Grilla TV en Excel.
- Soporte:
 - Barra de navegación.
 - Contactos de soporte.



- Ver (Arquitectura):
 - Barra de navegación.
 - Tabla de las imágenes de la arquitectura física y lógica.

- Subir (Arquitectura):
 - Barra de navegación.
 - Método de carga de las imágenes de las arquitecturas.

Accesos:

- Logotipo de Emtel, hacia la página www.emtel.net.co
- Modificar el LucidChart, hacia la página www.lucidchart.com

Estas vistas están disponibles para visualizar en el Anexo 4.4, con el fin de ver la interfaz de cada una de ellas y la información presentada en las mismas, dicha información fue expuesta anteriormente. De manera que se presenta una interfaz cómoda e intuitiva, donde se puede visualizar únicamente la información requerida para el monitoreo de forma gráfica y contrastante para su fácil reconocimiento.

4.4.5 IMPLEMENTACIÓN

El proceso de implementación se lleva a cabo en un servidor del DATA CENTER, el cual cuenta con VMware, un software de virtualización, en el que se instala una máquina virtual con sistema operativo (SO) CentOS 7. Una vez instalado este SO se procede a instalar las dependencias necesarias como los son Apache como servidor web, PHP como lenguaje de interpretado orientado a objetos, MySQL como gestor de bases de datos, Composer como instalador de dependencias de PHP y Git para el correcto manejo de versiones de la aplicación web, además de la generación de permisos y otros comandos necesarios para el funcionamiento del sistema de monitoreo, esto debido a que fue una herramienta diseñada en el SO Windows 10 con un servidor local dispuesto por XAMPP. Al ser estos procesos de especial cuidado, se hace en colaboración con ingenieros de la empresa.

Después de realizar la instalación de las dependencias y la configuración de las mismas, se procede a la clonación por medio de Git, de la aplicación completa, de modo que se hace las migraciones de las bases de datos y se crea el primer usuario administrador el cual genera el acceso a los demás usuarios miembros que se encargaran del uso de la aplicación y así del monitoreo de los dispositivos de la red HFC. Terminado el proceso de registro del usuario administrador y una vez este realiza el registro de los miembros, se finaliza con la ejecución de las acciones para la carga de la base de datos, dejando el sistema listo para las pruebas.



Este proceso se realizó en varias ocasiones, debido a las constantes fallas causadas al momento de realizar la implementación, lo que generó errores causados por las versiones utilizadas de cada uno de los programas instalados al momento de implementar el Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado en la máquina virtual, ya que el sistema operativo donde se desarrolló la aplicación web es diferente al SO donde se realizó la implementación, es decir Windows 10 y CentOS 7 respectivamente, lo que dio lugar a diferentes alternativas de solución como lo son un downgrade de la aplicación, el cual no fue exitoso y la creación del proyecto completo desde cero siendo esta la solución.

Una de las fallas que conllevó a esto fue el no funcionamiento de la API en las últimas versiones del lenguaje PHP para el uso del protocolo SNMP. Esto implicó un nuevo reto debido a que se requirió del uso de versiones pasadas de esta y de varias de las herramientas utilizadas para el diseño de la aplicación web. La nueva versión utilizada del lenguaje PHP produjo nuevos errores en las versiones del resto de dependencias como la versión del proyecto en Laravel, ya que este es el framework de trabajo, la versión de la biblioteca Bootstrap, la cual se utilizó para el diseño de la interfaz gráfica, entre otras.

Otro inconveniente fue la versión del lenguaje Python, debido a que la instalada no soportaba la biblioteca utilizada para realizar la conexión por medio del protocolo SSH, lo que requirió la instalación de una versión anterior, que mediante pruebas arrojó resultados satisfactorios al realizar y probar la conexión.



5. CAPÍTULO: PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con el objetivo de verificar la veracidad de la información que se muestra en el Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado que se ha diseñado, se realiza la comparación de los resultados obtenidos en el mismo con los resultados que se obtienen accediendo por consola a la gestión del equipo ARRIS Cadant C4 CMTS.

Para empezar, se efectuará la prueba del estado operativo de los nodos, de modo que se debe abstraer la información por medio de consola para comparar esta información con la presentada en la página de Nodos, para esto se ejecuta en consola el siguiente comando:

1. show cable modem summary fiber-node

Este comando muestra la información que se presenta en la Figura 5.1, la cual se compara con la información mostrada en la aplicación web, la cual se muestra en la Figura 5.2.

Fiber Node	Total	Oper	Disable	Init	Offline	%Oper
CE	272	233	0	1	38	85%
EI	378	345	0	1	32	91%
OE	611	559	0	3	49	91%
PA	65	56	0	0	9	86%
PA	223	183	0	3	37	82%
AI	163	147	0	2	14	90%
AN	371	331	0	3	37	89%
AS	256	217	0	3	36	84%
CA	266	250	0	0	16	93%
JU	209	197	0	0	12	94%
LA	288	268	0	0	20	93%
LA	266	250	0	0	16	93%
PI	184	167	0	2	15	90%
VA	371	331	0	3	37	89%
AI	257	234	0	1	22	91%
EI	223	183	0	3	37	82%
EM	245	215	0	2	28	87%
LA	296	275	0	2	19	92%
PI	209	197	0	0	12	94%
PU	186	164	0	2	20	88%
SI	288	268	0	0	20	93%
VA	264	228	0	1	35	86%
VA	192	173	0	1	18	90%
YA	320	282	0	0	38	88%
BE	335	300	0	3	32	89%
CA	256	217	0	3	36	84%
LA	562	491	0	3	68	87%
MA	371	331	0	3	37	89%
RI	296	275	0	2	19	92%
SI	260	225	0	1	34	86%
SI	444	401	0	2	41	90%
LA	256	217	0	3	36	84%
LA	335	300	0	2	33	89%
PI	444	401	0	2	41	90%
CI	371	331	0	3	37	89%
VI	320	282	0	0	38	88%
CI	444	401	0	2	41	90%
JA	371	331	0	3	37	89%
LA	288	268	0	0	20	93%
SA	444	401	0	2	41	90%
SA	288	268	0	0	20	93%
BE	257	233	0	2	22	90%
LC	288	268	0	0	20	93%
VI	256	217	0	3	36	84%
VI	457	411	0	2	44	89%
Total	13746	12322	0	74	1350	89%

Figura 5.1: Información mostrada al ejecutar el comando 1. Por el autor.



EMTEL Inicio Nodos CMTS Cable Módem Usuarios Textos

Estado de operación de los nodos

Fiber Node	Total	Oper	Disable	Init	Offline	%Oper
CE	272	239	0	1	32	87%
EL	378	343	0	1	34	90%
OE	611	553	0	3	55	90%
PA	65	56	0	0	9	86%
PA	223	181	0	2	40	81%
AL	163	147	0	3	13	90%
AN	371	330	0	4	37	88%
AS	256	213	0	3	40	83%
CA	266	251	0	0	15	94%
JL	209	195	0	0	14	93%
LA	288	266	0	1	21	92%
LA	266	251	0	0	15	94%
PI	184	165	0	2	17	89%
VA	371	330	0	4	37	88%
AL	257	231	0	1	25	89%
AL	257	231	0	1	25	89%
EL	223	181	0	2	40	81%
EA	246	220	0	1	25	89%
LA	296	274	0	2	20	92%
PI	209	195	0	0	14	93%
PL	186	153	0	6	27	82%
ST	288	266	0	1	21	92%
VA	264	229	0	2	33	86%
VA	192	175	0	1	16	91%
YA	320	275	0	0	45	85%
BE	335	302	0	2	31	90%
CA	256	213	0	3	40	83%
LA	562	495	0	3	64	88%
MA	371	330	0	5	36	88%
RI	296	274	0	2	20	92%
ST	260	228	0	1	31	87%
ST	444	395	0	2	47	88%
LA	335	302	0	2	31	90%
PL	444	395	0	2	47	88%
CL	371	330	0	5	36	88%
VI	320	275	0	0	45	85%
CI	444	395	0	2	47	88%
JA	371	330	0	5	36	88%
LA	288	266	0	1	21	92%
SA	444	395	0	2	47	88%
SA	288	266	0	1	21	92%
BE	257	231	0	1	25	89%
LC	288	266	0	1	21	92%
VI	256	213	0	3	40	83%
VI	457	413	0	3	41	90%
Total	13747	12246	0	89	1412	89%

Todos los derechos reservados © 2019

Figura 5.2: Vista de la información de los nodos en la página Nodos. Por el autor.

Como se observa en las imágenes, la información mostrada por el Sistema de Monitoreo de Fallas, corresponde fielmente a la información que muestra la consola al ejecutar el comando 1.



Continuando, se debe realizar la actualización de las tablas de la base de datos, las cuales se presentan en 2 vistas de la aplicación web como se pueden observar en la Figura 5.3 y 5.4.



Figura 5.3: Vista Enlace físico del CMTS al CM con la base de datos actualizada exitosamente. Por el autor.



Estados de operación de los CM (CM Measurements)

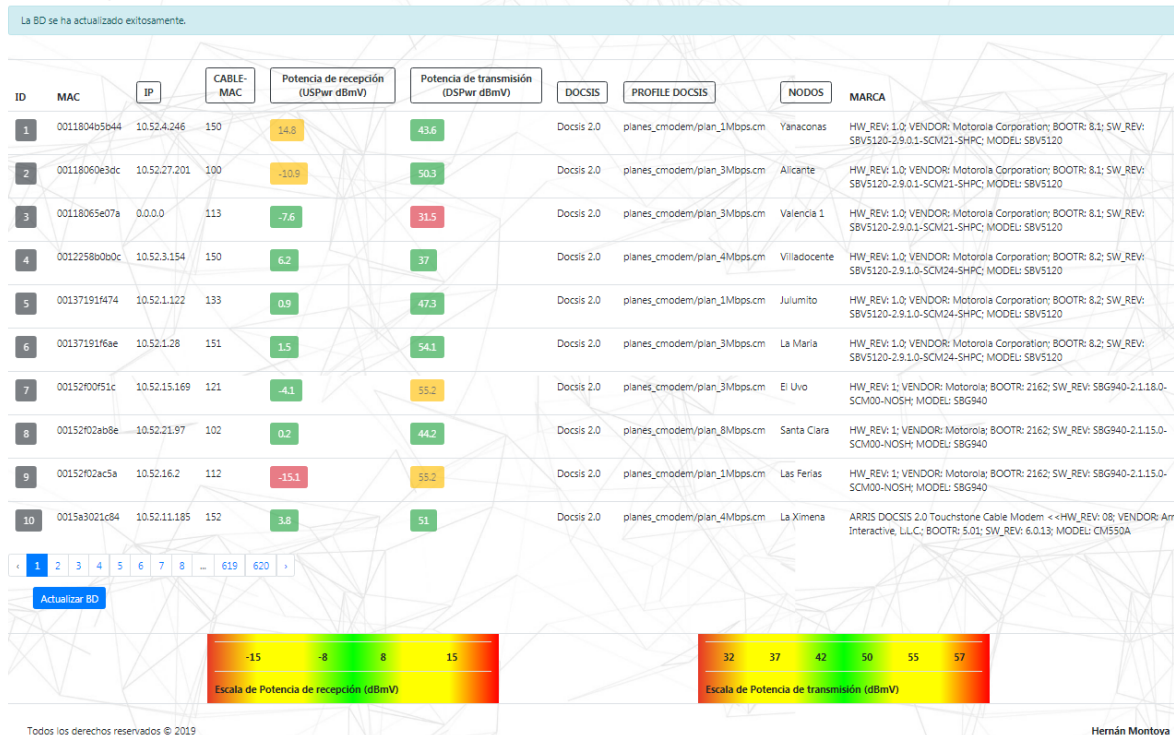


Figura 5.4: Vista Estados de operación de los CM con la base de actualizada exitosamente. Por el autor.

Seguido a esto, se tomará de forma aleatoria una MAC de un equipo CM con la que se ejecutan una serie de comandos en consola, los cuales mostraran información relevante para el monitoreo y diagnóstico de fallas. Los comandos ejecutados son los siguientes:

2. show cable modem detail xxxxxxxxxxxx
3. show cable modem phy xxxxxxxxxxxx

Sobre las x se escribe la MAC del equipo a al cual se le realiza la consulta. En el primer comando aparecen los datos que se muestran en la Figura 5.5 los cuales equivalen a los detalles de configuración y estado de operación del Cable Módem buscado, mientras que los datos arrojados en el segundo comando que se observan en la Figura 5.6, muestran los valores del enlace físico del CMTS al CM, entre otros.

Debido a la presentación plana y monocromática del resultado obtenido, no se facilita la lectura de los datos más importantes, ya que no todos los datos que muestran son valiosos para el equipo de soporte y la mesa de ayuda. Por esta razón, la presentación de las variables indicadas hace un efecto positivo en el Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado para la red HFC de EMTEL, mejorando la interfaz gráfica del usuario, ayudando a la correcta y rápida interpretación de la información ahí expuesta. La interfaz diseñada con este fin se expone en la Figura 5.7 y Figura 5.8.



```
TS_ARRIS C4-EMTEL> show cable modem phy 001e69298d50
rying remote CM....Response received

p 17 19:29:28

st Poll
Started: 2019 September 17 19:07
Completed: 2019 September 17 19:07

----- CMTS Measurements -----
Interface  USPwr  USSNR  uReflec Timing  Last
S-US)      (dBmV) (db)   (dBc)  Offset  Polled  MAC address
-----
/22-1/13   -0.9   30.9    0  368896  55.2  -1.7  38.2  32  9090  00:00  001e.6929.8d50  (RCA/Thomson)

Total  Oper  Disable  Init  Offline
-----
und    1    1    0    0    0
```

Figura 5.5: Datos arrojados por consola del comando 2. Por el autor.

```
CMTS_ARRIS_C4-EMTEL> show cable modem detail 001e69298d50
Sep 17 19:30:12

11/22-1/13  CM 001e.6929.8d50 (RCA/Thomson) D2.0 State=Operational D1.1/atdma PrimSID=1597 FiberNode= LAS FERIAS
Cable-Mac= 112 mCMsg = 1 mDSsg = 1 mUSsg = 1, RCS=0x00000007 TCS=0x0000000e
Timing Offset=368896 Rec Power=-0.75 dBmV Proto-Throttle=Normal
Uptime= 0 days 13:28:09 IPv4=10.52.3.178 cfg=planes_cmodem/plan_3Mbps.cm FreqRng=STD
LB Policy=1 LB Group=947914752 Filter-Group CM-Down:0 CM-Up:0
Privacy=Disabled
em1x1Enable=Disabled em1x1Operational=No em1x1TotalDuration= 0 days 00:00:00
MDF Capability= N/A MDF Mode= N/A
u/d SFID SID State Sched Tmin Tmax DFrms DBytes CRC HCS Slot/Channels
u 33797 1597 Activ BE 0 2000048 676518 266836191 7 7 1/13
d 33798 *1201 Activ 0 3328000 1189943 1535351026 11/22
L2VPN per CM: (Disabled)
Current CPE=1, IPv4 Addr=1, IPv6 Addr=0 Max CPE=2, IPv4 Addr=32, IPv6 Addr=64
CPE 18a6.f72a.842b Filter-Group:Up=0 Down=0 Proto-Throttle=Normal IPv4=190.115.225.30
```

Figura 5.6: Datos arrojados por consola del comando 3. Por el autor.

Los datos que se comparan entre la interfaz de la consola y del sistema de monitoreo se encerraron en recuadros de colores para facilitar la relación entre ellos. Estos se organizaron de forma tabular y se nombraron debidamente en la interfaz de la aplicación web.

Enlace físico del CMTS al CM (CMTS Measurements)

Buscar

Buscar

ID	MAC	IP	Potencia de recepción (USPwr dBmV)	Relación señal a ruido (USSNR dB)
3189	001e69298d50	10.52.3.178	-0.9	31.6

Figura 5.7: Datos arrojados por el sistema de monitoreo (Vista Enlace físico del CMTS al CM). Por el autor.



Estados de operación de los CM (CM Measurements)



Figura 5.8: Datos arrojados por el sistema de monitoreo (Vista Estados de operación del CM). Por el autor.

Los datos abstraídos de la consola son comparados con los datos arrojados por el sistema de monitoreo, datos previamente procesados por algoritmos, para constatar el funcionamiento de la codificación. La información que se compara es imprescindible para que la empresa pueda prestar un servicio de alta calidad, ligado a estos requerimientos se revisa dato por dato en la Tabla 5.1 y se obtienen los siguientes resultados:

Nombre del dato a comparar	Color de recuadro comparativo	Valor del dato en la interfaz de la consola	Valor del dato en la interfaz del sistema de monitoreo
MAC	Red	001e.6929.8d50	001e6298d50
IP	Cyan	10.52.3.178	10.52.3.178
CABLE-MAC	Yellow	112	112
USPwr	Red	-1.7	-2
DSPwr	Black	55.2	55.2
DOCSIS	Grey	D2.0	Docsis 2.0
PROFILE DOCSIS	Blue	planes_cmodem/plan_3M bps.cm	planes_cmodem/plan_3M bps.cm
NODO	Orange	LAS_FERIAS	Las Ferias
MARCA	Yellow	(RCA/Thomson)	Thomson...
USPwr	Green	-0.9	-0.9
USSNR	Blue	30.9	31.6

Tabla 5.1: Tabla comparativa del valor de las variables de ambas interfaces. Por el autor.

Se evidencia que la información presentada en el Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado corresponde fielmente a la información del mismo equipo que muestra la consola al ejecutar los comandos antes mencionados, excepto en 2 campos que involucran medición de señal. Debido a que se leen valores de una señal analógica, la cual es variable con el tiempo y por efectos externos, se evidencian pequeños cambios en estos resultados comparativos, los cuales generan un margen mínimo de error que no afecta en gran medida el monitoreo y diagnóstico de fallos. Así mismo, se realizan muchas más pruebas en las cuales se evidencian los mismos resultados.

Además de esto, se presenta la información de todos los CM conectados al CMTS, información que no es posible obtener en la consola por la densidad de la misma.



Después de realizar la actualización de la base de datos que contiene la información correspondiente de los Cable Módem, también se evidencia una rápida repuesta del sistema a la petición de información relacionada a la MAC del equipo a consultar. Característica fundamental de procesos de monitorea, disminuyendo el tiempo de respuesta de cada consulta. Esto se evidencia en cada prueba realizada a diferentes dispositivos.

Existen otras variables, las cuales no se consultan en la empresa porque el equipo de soporte no conoce los comandos para que por medio de la consola se muestre esta información, las cuales ayudan en el proceso de monitoreo y detección de fallas de los equipos involucrados en el servicio y partes de los mismos. Estas variables fueron encontradas en el proceso de investigación de las MIB privadas del equipo ARRIS Cadant C4 CMTS, gracias a la ayuda del MIB Browser de iReasoning. Las variables de las que se habla se pueden observar en la Figura 5.9, Figura 7.10, Figura 5.11 y en la Figura 5.12. debido a que son varias y algunas se enfocan en unas características en particular, se dividieron en 2 grupos y vistas, uno son las Características de monitoreo (generales del CMTS) y el otro los Estados de sobrecarga (de las CPU y las memorias, tanto generales como particulares de cada tarjeta).

N°	Variable	Atributo
1	La hora local es:	Mon, 16 Sep 2019 17:47:33 -0500
2	El equipo es un:	Cadant C4 CMTS
3	El nombre del equipo es:	CMTS_ARRIS_C4-EMTEL
4	La versión del sistema es:	CMTS_V08.03.01.02
5	La IP activa del equipo es:	
6	La MAC del equipo es:	
7	La mascara de subred del equipo es:	255.255.255.0
8	La gateway del equipo es:	0.0.0.0
9	El equipo se encuentra en:	EMTEL SANTA CLARA - POPAYAN (CAUCA)
10	El equipo proporciona servicios:	Físico (repeater), Internet (gateway)
11	El equipo se encuentra en el meridiano:	America/Bogota
12	Tiempo desde el último reinicio:	9 días, 17 horas, 22 minutos, 24 segundos
13	Número de cable módem registrados:	6237
14	El Anexo UIT-J 83 que se utiliza para este CMTS ARRIS C4 es:	Anexo A
15	Rango de frecuencia de Upstream:	América del Norte
16	Frecuencia máxima de Downstream:	867 GHz
17	Frecuencia mínima de Downstream:	91 GHz
18	Protocolo SSH de este equipo:	SSH 2

Figura 5.9: Vista de Características de monitoreo del ARRIS C4 CMTS (Parte 1). Por el autor.



19	Estado del servidor SSH:	Activo
20	Nombre de dominio para consultas DNS:	emtel.net.co
21	Operaciones del cliente DNS:	Inactivas
22	Primer servidor DNS 8.8.8.8:	Activo
23	Segundo servidor DNS 190.5.200.98:	Activo
24	Comunidades SNMP:	

Todos los derechos reservados © 2019 Hernán Montoya

Figura 5.10: Vista de Características de monitoreo del ARRIS C4 CMTS (Parte 2). Por el autor.

EMTEL Inicio CMTS ▾ Cable Módem ▾ Usuarios Textos ▾ Soporte Arquitectura ▾ Hernán Montoya

Estados de sobrecarga del CMTS Cadant C4 CMTS

Los estados de sobrecarga del CMTS son los parámetros de operación más importantes del dispositivo, estos indican el efecto de saturación u ocupación completa de la CPU (Unidad central de Procesamiento) y la memoria que impide que este funcione de manera correcta o normal. Por esta razón, son una característica de monitoreo imprescindible para el sistema. Con el fin de observar adecuadamente el estado de cada una de las tarjetas y de los componentes generales, se presenta una distribución de colores de semáforo y de palabras clave que aumentan la claridad ofreciendo información del estado. Se maneja la siguiente convención:

Normal Warning Danger

El estado de la CPU general es: Normal

El estado de la memoria general es: Normal

Estados de sobrecarga de CPU por N° de tarjeta (Slot)		Estados de sobrecarga de memoria por N° de tarjeta (Slot)	
N° de tarjeta	Estado	N° de tarjeta	Estado
1	Normal	1	Normal
2	Normal	2	Normal
3	Normal	3	Normal
4	Normal	4	Normal
5	Normal	5	Normal
6	Normal	6	Normal

Figura 5.11: Vista de Estados de sobrecarga del ARRIS C4 CMTS (Parte 1). Por el autor.



Figura 5.12: Vista de Estados de sobrecarga del ARRIS C4 CMTS (Parte 2). Por el autor.

Todas estas características solamente pueden compararse con la información que presenta el MIB Browser, debido a que no se tienen como proceso de monitoreo y con ello no se conocía los comandos para extraerlas. Por consiguiente, se muestra en la Figura 5.13 el resultado de los OID que arrojan los valores para las características de monitoreo del CMTS, en la Figura 5.14 se muestra el valor de los estados de sobrecarga generales del CMTS y en la Figura 5.15 se muestra el estado de sobrecarga por tarjeta del CMTS, arrojados por el MIB Browser.



Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado para la tecnología HFC en la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P.

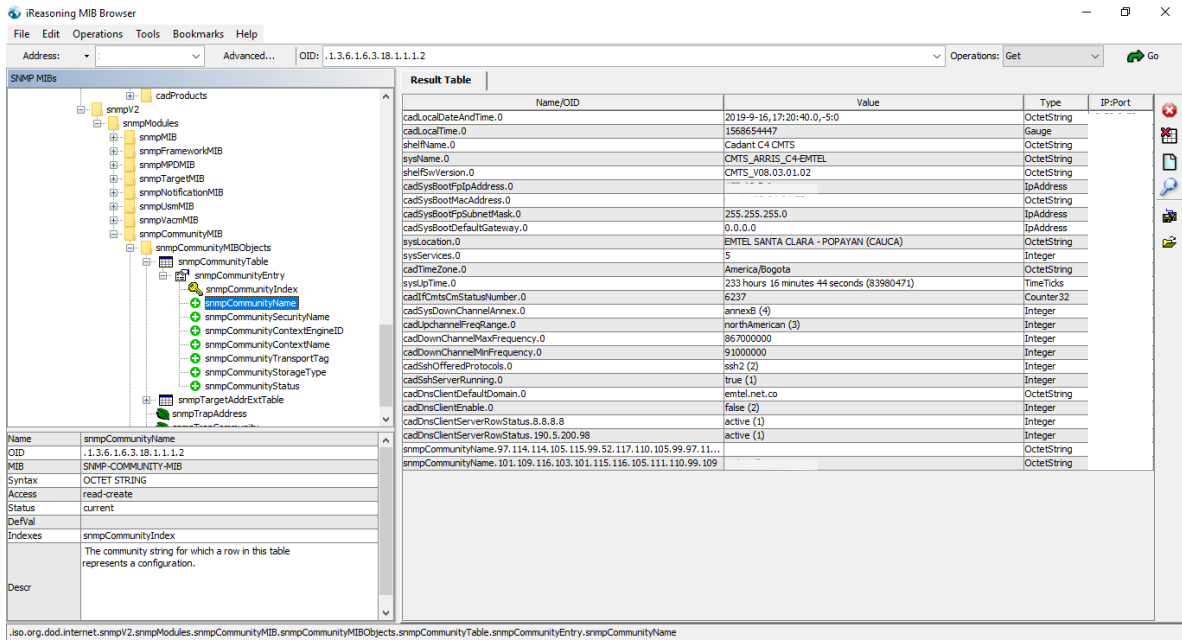


Figura 5.13: MIB Browser con los valores de las Características de monitoreo del CMTS. Por el autor.

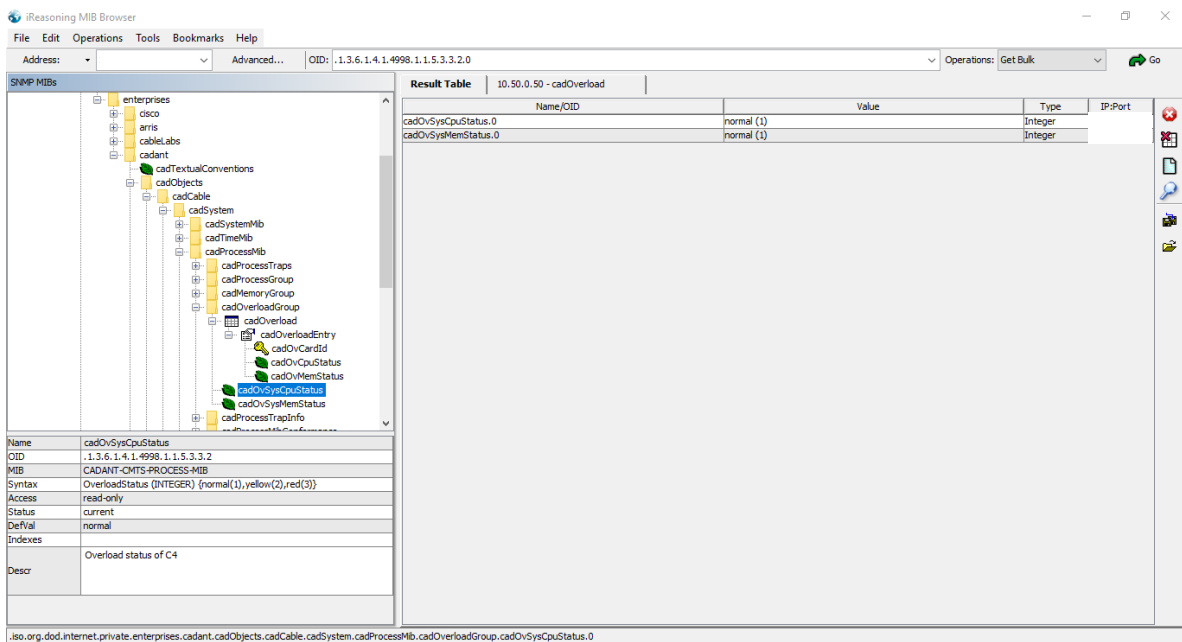


Figura 5.14: MIB Browser con los valores de los Estados de sobrecarga general del CMTS. Por el autor.

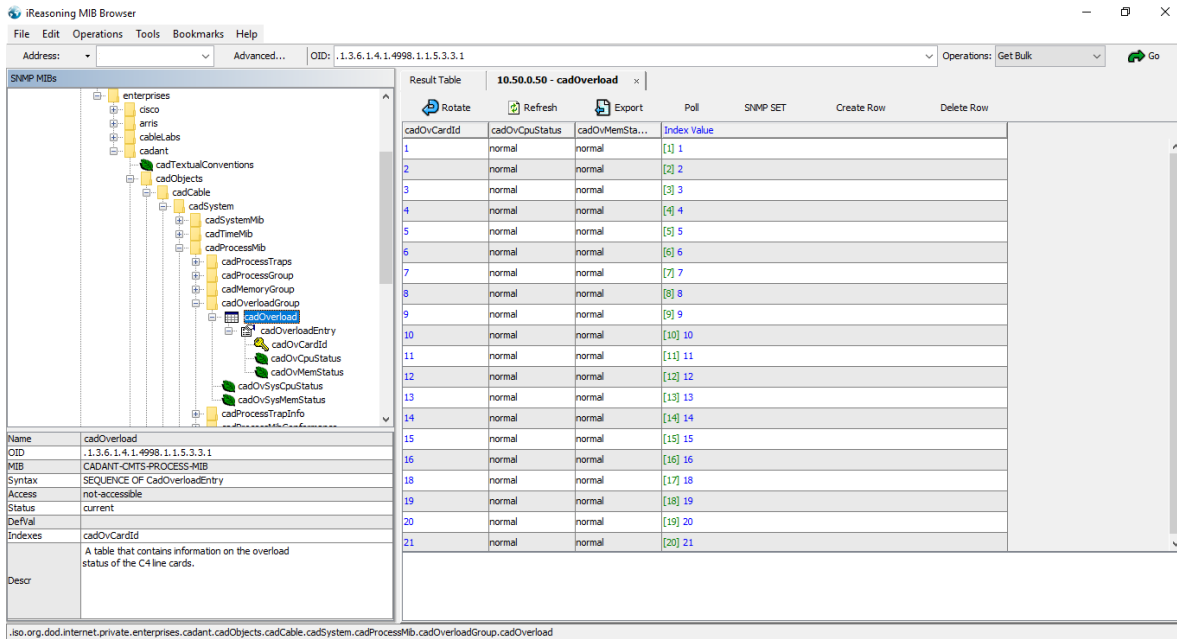


Figura 5.15: MIB Browser con los valores de los Estados de sobrecarga del CMTS por tarjeta. Por el autor.

Algunas de estas variables no arrojan los datos exactamente igual a los que son mostrados en el MIB Browser, debido a que se necesita de una descripción presente en las MIB (este es el motivo que hace necesario su uso, así como el de la abstracción de los OID donde se localiza la información descrita), la cual le da sentido al valor de cada variable; esto es un proceso que realiza el fabricante para simplificar su software. Por esta razón, se crearon algoritmos capaces de interpretar la información y mostrarla claramente al usuario que interactúa con ella, mejorando el nivel de entendimiento de los datos arrojados por los OID, como en el caso particular de la Figura 5.16, el cual presenta un valor, este valor del OID tiene una descripción que ayuda a su interpretación, la cual se muestra en la Figura 5.17 y en la Figura 5.18, se muestra el valor entendible por el usuario presentado en la interfaz gráfica del sistema de monitoreo.

Name	cadIf3CmtsCmRegStatusMdIfIndex
OID	. 1.3.6.1.4.1.4998.1.1.20.2.2.1.32
MIB	CADANT-CMTS-MAC-MIB
Syntax	InterfaceIndexOrZero (Integer32) (0..2147483647). Hint: d
Access	read-only
Status	current
DefVal	
Indexes	cadIfCmtsCmStatusMacAddress
Descr	This attribute represents the interface Index of the CMTS MAC Domain where the CM is active. If the interface is unknown, the CMTS returns a value of zero.

Figura 5.16: Descripción del OID. Por el autor.



Result Table		
Name/OID	Value	Type
cadIf3CmtsCmRegStatusMdiIndex.0.17.128.75.91.68	536871063	Integer
cadIf3CmtsCmRegStatusMdiIndex.0.17.128.96.227.220	536871013	Integer
cadIf3CmtsCmRegStatusMdiIndex.0.17.128.101.224.122	536871026	Integer
cadIf3CmtsCmRegStatusMdiIndex.0.18.37.139.11.12	536871063	Integer
cadIf3CmtsCmRegStatusMdiIndex.0.19.113.145.244.116	536871046	Integer
cadIf3CmtsCmRegStatusMdiIndex.0.19.113.145.246.174	536871064	Integer
cadIf3CmtsCmRegStatusMdiIndex.0.21.47.0.245.28	536871034	Integer
cadIf3CmtsCmRegStatusMdiIndex.0.21.47.2.171.142	536871015	Integer
cadIf3CmtsCmRegStatusMdiIndex.0.21.47.2.172.90	536871025	Integer
cadIf3CmtsCmRegStatusMdiIndex.0.21.163.2.28.132	536871065	Integer

Figura 5.17: Valores de 10 OID. Por el autor.

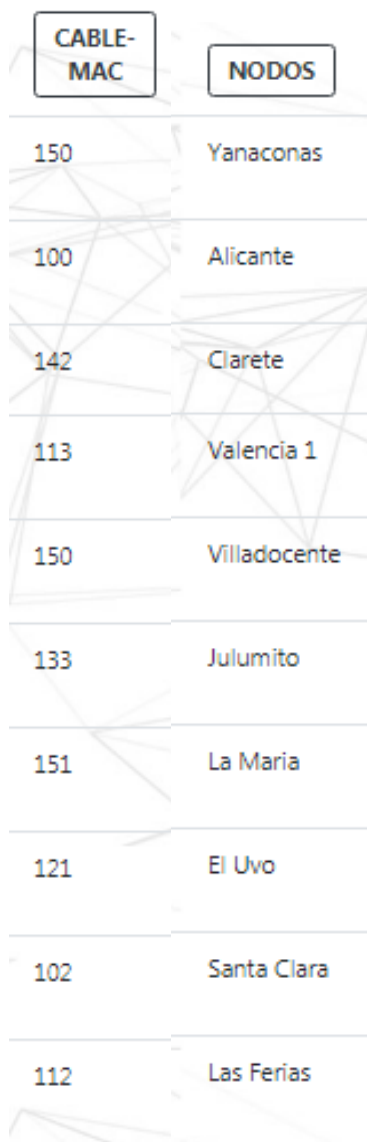


Figura 5.18: Resultado entendible por el usuario de los 10 OID. Por el autor.



Al realizar la comparación de los valores de cada una de las variables presentadas en las figuras, se obtiene un resultado confiable, ya que los datos arrojados por el sistema de monitoreo concuerdan exitosamente con los presentados en el MIB Browser y los que se consultan por medio de consola con comandos de ejecución.

Además de esto, se realizaron pruebas de seguridad con el objetivo de acceder a las vistas con información perteneciente al administrador o administradores de la aplicación web, con el fin de evitar posibles intromisiones de usuarios sin credenciales o con credenciales no adecuadas, de manera que a cada una de las intromisiones el sistema se defiende redirigiendo a vistas como la de inicio de sesión o la de inicio (página principal de la aplicación). Consolidando al Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado para la tecnología HFC de la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P. como una herramienta útil, eficiente y segura para el desarrollo de actividades que mantengan un alto estándar de QoS y QoE, fortaleciendo la confianza del cliente hacia la empresa y su equipo de trabajo.



6. CAPÍTULO: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

6.1 CONCLUSIONES

- Como consecuencia del desarrollo y la implementación del aplicativo web, se consolida una gestión más proactiva por parte del equipo de soporte de EMTEL que facilita la toma de decisiones de las directivas al momento de planear, adecuar y expandir la red HFC, debido a la centralización de la información concerniente al estado de la misma y su distribución en la arquitectura física y lógica.
- Se identifica una disminución del tiempo de reacción a la corrección de fallas de los dispositivos CMTS y CM, por parte del equipo de soporte de EMTEL, mejorando la calidad y prestación de los servicios de comunicaciones, por medio de la información presentada en el Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado, siendo esta clara y concisa para el conocimiento del estado de los dispositivos y de la red.
- Frente a las pruebas realizadas, se establece un nuevo protocolo de descongestión, dando lugar a la depuración de equipos CM registrados en el CMTS cuyos valores de los datos visualizados en la aplicación web indican un estado de desconexión, ya que estos no deben estar presentes ocupando espacio en la memoria.
- El análisis realizado a las métricas de monitoreo, indica un mejoramiento de la calidad del servicio de internet y telefonía IP, debido a que se toman acciones preventivas para un correcto funcionamiento del CMTS y de los CM conectados al mismo, solicitando un mantenimiento del estado físico de las conexiones en la red tales como reinicios, niveles de potencia y relación señal a ruido.
- Finalmente, la visualización de la arquitectura física y lógica ayuda a los ingenieros de soporte a conocer la distribución y localización de los dispositivos que conforman la red HFC, dispuesta por la empresa para la prestación de los servicios, además del flujo de las señales transportadas por esta, con el fin de localizar las fallas de manera más centralizada.

6.2 RECOMENDACIONES

- Mantener actualizado los diagramas de la arquitectura física y lógica con los cambios posteriores a este trabajo, de manera que al subirlos al Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado se haga efectiva una evidencia de los cambios realizados, esto con el fin de encontrar a futuro más eficientemente las fallas involucradas con la ubicación y flujo de la señal de la red HFC.



- Realizar el reinicio del dispositivo ARRIS C4 con una frecuencia aproximada a 2 meses o 60 días, con el objetivo de limpiar sus registros para evitar lentitud con sus procesos como los realizados con el Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado.
- Realizar procesos de actualización y mejoramiento de Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado buscando completar el proceso de gestión de los dispositivos conectados al CMTS, añadiendo control de variables y procesos, centralizando el flujo óptimo de actividades por medio de la web.

6.3 TRABAJOS FUTUROS

- El sistema se realizó de tal forma que se pueden agregar funcionalidades, de modo que es una herramienta con un alto grado de escalabilidad permitiendo agregar la fase de control de las características abstraídas.
- Se hace posible el monitoreo de otras variables y características no contempladas en este trabajo, las cuales pueden ayudar en la mejora del servicio prestado por este dispositivo, como lo puede ser el tráfico y los paquetes enviados, recibidos y errados.
- La centralización del software de gestión de las diferentes redes presentes en la empresa es una ardua tarea que requiere de gran atención, puesto que con esta implementación se abren las puertas para continuar el crecimiento de la aplicación web con otras tecnologías como la red GPON, de manera que se desarrolle un sistema de gestión y se adhiera a este trabajo.
- Es una buena práctica para realizar mantenimiento y corrección de fallas el conocimiento global de la arquitectura de las redes paralelas a la red HFC que se trabajó en este proyecto, con lo cual es necesario un levantamiento de cada uno de los componentes de las otras redes con las que trabaja la empresa.



7. ANEXOS

7.1 ANEXO 4.1

Características de monitoreo de alarmas y fallos de los dispositivos ARRIS C4 y Cable Módem

Principales características de monitoreo de alarmas y fallos de los Dispositivos CMTS (ARRIS C4 y Cable Módem) de la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P.

***Obligatorio**

1. Dirección de correo electrónico *

2. Nombre completo *

3. Cargo *

4. Nivel académico * *Marca solo un óvalo.*

- Técnico
- Tecnólogo
- Profesional
- Postgrado

5. Mencione y enumere según nivel de importancia, las características que se deben monitorear en el dispositivo ARRIS C4 *



6. Mencione y enumere según nivel de importancia, las características que se deben monitorear en los dispositivos Cable Módem *

7 Mencione los fallos más comunes presentados en el dispositivo ARRIS C4 *

8. Mencione los fallos más comunes presentados con los dispositivos Cable Módem *

9. Califique el funcionamiento del dispositivo ARRIS C4 * *Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	
Deficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

10. Califique el funcionamiento de los dispositivos Cable Módem * *Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	
Deficiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excelente

11. Mencione los parámetros de señal que se deben tener en cuenta para el diagnóstico de un fallo en los equipos de CMTS



12. Mencione los parámetros físicos que se deben tener en cuenta para el diagnóstico de un fallo en los equipos de CMTS

13 Mencione los parámetros lógicos que se deben tener en cuenta para el diagnóstico de un fallo en los equipos de CMTS

14. Enumere el paso a paso que se debe seguir para realizar un diagnóstico definitivo o remisión al sector técnico, de los dispositivos CMTS

15. ¿Qué marcas de Cable Módem se utilizan en la empresa? *



16. ¿Cuál de estas marcas genera más fallos?

17. Describa los fallos más comunes, tomando como referente la marca del dispositivo
Cable

Módem

18 ¿Cuántos Cable Módem en promedio, se deben reiniciar al
día? *Marca solo un óvalo.*

- 1 a 2 Cable Módem
- 2 a 5 Cable Módem
- 5 a 10 Cable Módem
- Más de 10 Cable Módem

19. ¿Cuántas veces al día en promedio, se debe reiniciar un mismo Cable Módem?
Marca solo un óvalo.

- 1 vez
- 2 veces
- 3 veces
- Más de 3 veces



20. ¿Cuánto tiempo en promedio es requerido para resolver un fallo interno a cabecera? *Marca solo un óvalo.*

- 1 a 3 minutos
- 3 a 5 minutos
- 5 a 10 minutos
- Más de 10 minutos

21. ¿Cuánto tiempo en promedio es requerido para resolver un fallo externo a la cabecera? *Marca solo un óvalo.*

- 1 a 60 minutos
- 1 a 4 horas
- 4 a 12 horas
- 12 a 24 horas
- Más de 24 horas

Recibir una copia de mis respuestas

Con la tecnología de
 Google Forms



Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado para la tecnología HFC en la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTel E.S.P.

7.2 ANEXO 4.2

Marca temporal	Dirección de correo electrónico	Nombre completo	Cargo	Nivel académico	Mencione y enumere según nivel de importancia, las características que se deben monitorear en el dispositivo ARRIS C4	Mencione y enumere según nivel de importancia, las características que se deben monitorear en los dispositivos Cable Módem	Mencione los fallos más comunes presentados en el dispositivo ARRIS C4
10/31/2018 11:41:52	csolmar2@gmail.com	Cristian Camilo Solarte Martínez	Help Desk	Profesional	Nn	Señal de Down y up	Nn
10/31/2018 12:53:42	montenegrodaniel0@gmail.com	daniel clemente montenegro	ingeniero de soporte de plataformas	Profesional	1-nivel de porcentaje de operatividad de los nodos, 2-niveles de enganche de un cable modem, 3- señal a ruido de un nodo	1-niveles de enganche de cable modem, 2- plan de velocidad asignado, 3direcciones ip de enganche	
10/31/2018 23:01:54	harfer.munoz054@gmail.com	Harold Fernando Muñoz Perdomo	help desk	Tecnologo	en este aspecto no tengo mucha experiencia, soy nuevo en el cargo.	parámetros, velocidad que llega, número de usuarios conectados.	hasta el momento no he identificado ninguno.
11/1/2018 12:38:28	ldoradodaza@gmail.com	Luis Gabriel Dorado Daza	Agente Help Desk	Profesional	1.Ancho de banda entregado por proveedor de servicio 2.DNS de GOOGLE y empresa EMTel S.A E.S.P 3.Direccionamiento ip 4.Autenticación. 5.Problemas con páginas web. 6.Intermitencias ocasionadas por mantenimiento en fibra 7.Congestión en los nodos debido a que se excedió en nivel de usuario permitidos para el buen funcionamiento de la red. 8.Temperaturas en el cuarto de telecomunicaciones para el buen funcionamiento de equipo.	1. Para metros de upstream y downstream 2.Registro del cable router en plataforma CNR 3.Registro del mac Gateway o Wan mac 4.Verificar si esta asignando ip valida dentro del router 5.Verificar si la mac esta activa y si esta con la placa del usuario legalizada 6.Parámetros óptimos para transmisión de datos en red HFC	1. ancho de banda proporcionado por el proveedor de servicios el cual sino se monitorea o se le da un diagnóstico temprano ocasiona intermitencias en los usuarios y hasta ocasionar pérdida total del ancho de banda. 2. direccionamiento ip a veces no asigna ip valida el fallo puede porque no hay ip disponible en el CNR sea problema de registro 3.Problemas de DNS tanto de google con los de la empresa en el cual dificulta la carga de las páginas web 4.En DOCSIS 2.0 no deja mirar parámetros de red desde los script o agregado sería importante poder verificar estos parámetros. 5.Congestión en los nodos debido a que hay muchos usuarios conectados a red. 6.Problemas de autenticación asigna ip y enganchan pero no navegan. 7.Problemas de direccionamiento el router asigna ip no valida 8.Los router enganchan y navegan pero la reiniciar el router se desengancha
11/1/2018 14:29:23	kellymont29@gmail.com	Kelly Carolina Montenegro Rojas	Helpdesk	Profesional	1.DNS 2.ANCHO DE BANDA 3.DIRECCIONAMIENTO IP	1.DHSP 2. UP STREAM 3. DOW STREAM	1.Intermitencia del servicio de la Internet. 2.Cable modem no en ganchar. 3.Cable modem dañados que mados
11/6/2018 17:06:29	andreslm3105@gmail.com	ANDRÉS OSIRIS LOPEZ MARTÍNEZ	Ingeniero Soporte Plataformas	Profesional	1. Niveles de señal 2. Cable noise cable cableupstream (snr > 20db) 3. Nodos alarmados	1. Niveles físicos 2. Direcciones IP asignado tanto al cable modem como al mta.	Nodos alarmados
11/6/2018 17:40:23	plantaexterna@emtel.com.co	Giovanny Andres Muñoz Castro	Líder Red Troncal	Profesional	SNR, porcentaje de módems conectados por nod.	Parámetros de subida, bajada y SNR.	Módems desenganchados
11/13/2018 12:50:56	rcamayo@emtel.com.co	ruben Dario camayo	Jefe planta externa	Postgrado	1. Anchos de banda 2.Ruido 3.Niveles de senal 4.Portadpras senal a ruido	1. Parametros tecnicos 2.Niveles de operacion	1. Parametros de congestion



Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado para la tecnología HFC en la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTTEL E.S.P.

Mencione los fallos más comunes presentados con los dispositivos Cable Módem	Califique funcionamiento o del dispositivo ARRIS C4	el Califique funcionamiento de los dispositivos Cable Módem	el Mencione los parámetros señal que se deben tener en cuenta para el diagnóstico de un fallo en los equipos de CMTS	Mencione los parámetros físicos que se deben tener en cuenta para el diagnóstico de un fallo en los equipos de CMTS	Mencione los parámetros de diagnóstico definitivo o remisión al sector técnico, de los tener en cuenta para diagnóstico de un fallo en los equipos de CMTS	Enumere el paso a paso que se debe seguir para realizar un lógicos que ;Qué marcas de Cable Módem se utilizan en la empresa?	
Red wifi, cobertura wifi, se queman los puertos lan	5		3 Up 35 a 50 / down -5 a 5 dbi Nn	Nn	Marca del modem / mac del modem / que bombillos están operativos / red wifi activa	Arris / motorola / netgear / RCA / Cisco / hitron	
					1- se revisa registros 2- se revisa si esta enganchado 3- red wifi que este activa 4- si en el caso que no este enganchado, se envía a revisión daño físico		
desajuste de niveles, calentamiento del dispositivo	5		4 SNR, USNR, DSNR, DSPWR, USPWR			arris, motorola cisco,	
bloqueos, intermitencias, reducción del ancho de banda.	4		4 potencia de carga debe estar idealmente entre 45 y 50 dBmV potencia de descarga debe estar entre 0 y 10 dBmV	estado de los bombillos o indicadores led's	se solicita marca del módem, estado de los bombillos, conexiones físicas o parámetros, registro de la MAC del módem.	hitron. cisco. arris. motorola.	
1. Fallos en red wifi toca desactivar la red de 5 HZ y solo ejar activa la de 2. 4 HZ pues genera intermitencias en los dispositivos. 2. Fallo en la telefonía ip se quema el puerto o genera intermitencias así los parámetros estén bien. 3. Toca reiniciarlos para que mejoren la velocidad y funcione otra vez telefonía ip e internet 4. Daño en puertos y red inalámbrica LAN por descargas eléctricas. 5. Cobertura limitada de la red wifi 6. Se des configura mucho la red wifi por cualquier bajo de energía. 7. Funciona bien en En DOCSIS 3.0 en DOCSIS 2.0 he notado intermitencias y fallos por velocidad lenta 8. Se desenganchan mucho los parámetros de red tienen que ser buenos para que funcione bien. 9. Se queman mucho por descargas eléctricas tempestad	3		3 Upstream = Tx entre 35-52 dBmV Downstream= Rx Entre 5 y 5 dBmV	1. Cable bien conectado en splitter cable coaxial debe ingresar al puerto IN las salidas de 7.5db debe ir a tv y el que dice 3.5 db de ir al router. 2. Verificar conectores RG6 que entes bien conectados dentro de red interna. 3. Verificar que la antena de router este bien puesta y no tenga ningún daño. 4. Verificar cable coaxial no este roto o dañado en el tramo interno.	1. Se verifica registro de router como del las Gateway en CNR 2. Se verifica que esta se ir asignando ip valida 3. Se verifica DHCP en el router y pc de usuario 4. Se verificar configuración de usuario 5. Se verifican dns en router .	tanto Se llama al usuario y se le pregunta el nombre de los bombillos encendidos en el router dependiendo de ello se determina la falla . Si el router este desenganchado (sin señal) se procede a mirar conexiones internas del cable coaxial y los terminales rg6 tanto en el router como en el splitter y tomas de tv internos. Se verifican registros del Reuter en CNR y dirección WAN ip que está asignado el router. Si después de esto no engancha se envía a revisión técnica calibración. Si el router engancha pero no da internet se reinicia desde el scrip o se hace manual mente con el usuario si no sube el internet con ello se procede a mirar que dirección ip que asigna. el problema puede ser de registro de Gateway sino es ello se procede a mirar direccionamiento ip de router y del pc sino todo está bien se procede a mirar si hay algún daño con el dispositivo ARRIS C4 o algún daño en red con las ingeniero de soporte. Si el fallo es por intermitencias y velocidad lenta se procede a verificar parámetros de red dependiendo del resultado se envía a calibración.	1. Router arris emta 2. Router Cisco 3. Motorola 4. Hitron tech marca 5. Neet gear
1. La Mac no siempre es la misma toca buscarlos en la lista de consolidados. 2. Hablar con el usuario para que le dicte la Mac que tienen en su casa 3. Cable de red mal conectado en el pc de escritorio. 4. Cable de poder flojo. 5. Algunos dispositivos móviles no le coje la señal wifi.	4		4 1. Dow stream 2. up stream	1. nombre de los bombillos 2. revisar cables. 3. que marca de modem es	1 registro 2. Ip	1. Hitron 2. Arris 3. Cisco 4. Motorola	
Se debe reiniciar los cable modem para que los teléfonos IP vuelvan a funcionar.	5		4 SNR	SNR	IP ASIGNADAS	1. REGISTRO CORRECTO EN EL CNR 2. PARÁMETROS FÍSICOS CISCO MOTOROLA ARRIS	
Modém se desengancha constantemente, ausencia de red WiFi	4		4 SNR	conexiones por cada puerto		Arris y Motorola.	
1. Ruido 2. Descargas electricas 3. Niveles de señal inadecuados 4. Aproveccionamiento	5		4 Relacion señal a ruido nn Niveles de potencia up y down		Aproveccionamiento, Revisión física, lógica, planta externa o planta interna internet y telefonía ip, perfiles adecuados docsis	Arris, cisco direcciones cm,	



Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado para la tecnología HFC en la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTel E.S.P.

¿Cuál de estas marcas genera más fallos?	Describe los fallos más comunes, tomando como referente la marca del dispositivo Cable Módem?	¿Cuántos Cable Módem veces al día en promedio, promedio, se debe reiniciar al día?	¿Cuántas veces al día en promedio, promedio, se debe reiniciar un mismo Cable Módem?	¿Cuánto tiempo en promedio es requerido para resolver un fallo interno a la cabecera?	¿Cuánto tiempo en promedio es requerido para resolver un fallo externo a la cabecera?
Cisco y arris new	Red wifi, cobertura wifi, se queman los puertos lan	Más de 10 Cable Módem	1 vez	Más de 10 minutos	Más de 24 horas
arris	desenganche del dispositivo por calentamiento, wifi con poco alcance			Más de 10 minutos	4 a 12 horas
arris	se suele bloquear constantemente, sobre todo cuando tienen función EMTA, a raíz de esto se cae la telefonía ip.	2 a 5 Cable Módem	1 vez	Más de 10 minutos	12 a 24 horas
1. Router emta 2.Router Cisco	<p>ROUTER ARRIS EMTA</p> <p>1.Fallos en red wifi toca desactivar la red de 5 HZ y solo ejar activa la de 2. 4 HZ pues genera intermitencias en los dispositivos. 2.Follo en la telefonía ip se quema el puerto o genera intermitencias asi los parámetros estén bien. 3.Toca reiniciarlos para que mejoren la velocidad y funcione otra vez telefonía ip e internet 4.Daño en puertos LAN por descargas eléctricas. 5.Funciona bien en En DOCSIS 3.0 en DOCSIS 2.0 he notado intermitencias y fallos por velocidad lenta</p> <p>CISCO</p> <p>1.Toca reiniciarlos para que mejoren la velocidad y funcione internet. 2.Se des configura mucho la red wifi por cualquier bajo de energía. 3.Se queman mucho por descargas eléctricas tempestad 4.Cobertura wifi limitada</p> <p>MOTOROLA</p> <p>1.Se des configura mucho la red wifi por cualquier bajo de energía 2.Toca reiniciarlos para que mejoren la velocidad y funcione internet.</p> <p>HITRON TECH MODEM MARCA EMTel</p> <p>1.Se queman la red wifi por descarga eléctrica 2.Se desenganchan mucho los parámetros de red tienen que ser buenos para que funcione bien. 3.Toca reiniciarlos para que mejoren la velocidad y funcione internet.</p> <p>NEET GEAR</p>	5 a 10 Cable Módem	1 vez	Más de 10 minutos	12 a 24 horas
1.Hitron	1. Toca reiniciarlos para que mejoren la velocidad y funcione internet. 1.Hitron por la cobertura y porque son de los mas viejos que tiene la Empresa Emtel.	5 a 10 Cable Módem	2 veces	Más de 10 minutos	12 a 24 horas
ARRIS		5 a 10 Cable Módem	1 vez	Más de 10 minutos	1 a 60 minutos
Emta de Arris	Problema de cobertura WiFi	2 a 5 Cable Módem	1 vez	Más de 10 minutos	1 a 4 horas
Arris	Wifi, sobrecalentamieto	1 a 2 Cable Módem	1 vez	Más de 10 minutos	1 a 4 horas



7.3 ANEXO 4.3

Features Table

	Personal Edition	Professional Edition	Enterprise Edition
Runs on Windows, Mac OS X, Linux and other UNIX platforms	✓	✓	✓
Supports basic SNMP operations	✓	✓	✓
Table view for MIB tables	✓	✓	✓
Trap Receiver	✓	✓	✓
Supports IPv6	✓	✓	✓
Supports SNMPv1/v2c	✓	✓	✓
Supports loading any standard or private MIB	✓	✓	✓
Maximum number of MIBs loaded	10	No restrictions	No restrictions
Free	✓		
Supports SNMPv3		✓	✓
Network discovery		✓	✓
ICMP Ping tool		✓	✓
ICMP Traceroute tool		✓	✓
SNMPv3 USM user management		✓	✓
Compares devices		✓	✓
Performance graph		✓	✓
Port view for network interface cards		✓	✓
Switch port mapper		✓	✓
Device snapshot		✓	✓
Cisco device snapshot		✓	✓
Forwards traps via email		✓	✓
Periodically refreshes table		✓	✓
Dynamic table row creation and deletion		✓	✓
Rule engine for processing traps		✓	✓
Watch actions (email alerts and command execution when threshold is violated)			✓
Run as service (Trap Receiver & Watches)			✓
Email template			✓
Price per license	0.00	295.00	595.00



7.4 ANEXO 4.4

Manual de operación del Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado para la tecnología HFC de la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTEL E.S.P.

Se puede acceder a esta aplicación web desde cualquier dispositivo con acceso a internet por medio la red de Emtel, utilizando la dirección 10.20.0.17 desde un navegador web, el cual accederá a la página de inicio de sesión, donde empieza la interacción con el sistema.

Página Inicio de sesión

En esta página se deben utilizar las credenciales asignadas por el administrador del sistema, las cuales son el correo institucional y la contraseña que se asignó al momento de la creación del usuario en el sistema.

El correo debe ser escrito de la forma ejemplo@ejemplo.com y la contraseña debe tener una longitud mayor a 8 caracteres la cual se verá así *********.



Una vez escritas estos 2 requerimientos en los campos, se procede a presionar el botón de Acceder, el cual lo llevara a la página de inicio.

En la parte inferior como pie de página está el año de creación, sus derechos legales y el nombre del diseñador, estos datos estarán presentes en todas las páginas.

Página Inicio (Página principal)

En esta página se presenta la barra de navegación en la parte superior de color gris, la cual estará presente en todas las paginas una vez se lleva a cabo el proceso de inicio de sesión con las credenciales adecuadas. Presenta una serie de botones y desplegables que darán acceso a otras páginas, así como una barra de búsqueda. Diferirá de la sesión de administrador y de miembro, nombres de los roles asignados a los usuarios que manejarán la aplicación, en el botón de usuarios que solo aparece en el rol de administrador, del cual se hablara más adelante.

También se observa el título de la aplicación acompañado de la imagen del CMTS, la descripción del sistema, de la red y del equipo.



EMTEL Inicio Nodos CMTS Cable Módem Usuarios Textos Soporte

Buscar

Arquitectura

Hernán Montoya

Sistema de Monitoreo Centralizado de Fallas para la tecnología HFC de EMTEL



SMCF
El objetivo del Sistema de Monitoreo Centralizado de Fallas (SMCF) es llevar a cabo el monitoreo de los equipos pertenecientes a la red HFC de Emtel, los cuales son el CMTS (ARRIS Cadant C4) y Cable Módems de diferentes marcas, con el fin de prestar una mayor QoS (Calidad de Servicio) y QoE (Calidad de Experiencia) al cliente. El monitoreo es esencial para mantener unos estándares altos del servicio de Internet y telefonía IP.

HFC
Híbrido de fibra coaxial, es el término utilizado para definir la red que combina fibra óptica y cable coaxial para la prestación de servicios banda ancha.

CMTS
El CMTS (Sistema de Terminación de Cable Módems), es un equipo que se encuentra en la cabecera de la empresa y se utiliza para proporcionar servicios de datos de alta velocidad, como Internet por cable o Voz sobre IP, a los abonados.
Para proporcionar dichos servicios de alta velocidad, la compañía conecta su cabecera a Internet mediante enlaces de datos de alta capacidad a un proveedor de servicios de red. En la parte de abonado de la cabecera, el CMTS habilita la comunicación con los cable módems de los abonados.
EMTEL requiere calidad y confiabilidad para competir en los campos de transmisión de voz y datos actuales. El CMTS C4 de Arris permite que se pueda ofrecer un rendimiento de primera categoría en servicios de voz de clase portadora y datos de alta velocidad.

Todos los derechos reservados © 2019

SMCF v1.0.2

Hernán Montoya

El primer botón (EMTEL) es un acceso directo a la página de la empresa, el cual ayuda a mantener el acceso a la misma monitoreado desde esta aplicación.



El segundo botón (Inicio) se presiona para acceder a la página principal.

El tercer botón (Nodos) se presiona para acceder a la página del estado de los nodos conectados al CMTS.

El cuarto botón (CMTS) es un desplegable con 2 nuevos botones de acceso, uno es a las Características de monitoreo del CMTS y el otro son los Estados de sobrecarga del CMTS.



Al presionar el botón de Características de monitoreo se accederá a la página Características de monitoreo del ARRIS Cadant C4 CMTS.

Al presionar el botón de Estados de sobrecarga se accederá a la página Estados de sobrecarga del ARRIS Cadant C4 CMTS.

El quinto botón (Cable Módem) es un desplegable con 2 nuevos botones de acceso, uno es el Enlace físico del CMTS al CM y el otro son los Estados de operación.



Al presionar el botón de Enlace físico del CMTS al CM se accederá a la página Enlace físico del CMTS al CM (CMTS Measurements).

Al presionar el botón de Estados de operación se accederá a la página Estados de operación de los CM (CM Measurements).

El sexto botón (Usuarios) se presiona para acceder a la página Lista de usuarios, este botón solo está presente en la sesión del administrador, ya que solo él puede conocer y hacer gestión de los usuarios que utilizan el sistema de monitoreo.

El séptimo botón (Textos) es un desplegable con 2 nuevos botones de acceso, uno es el Teóricos y el otro es Manuales.



Al presionar el botón de Teóricos se accederá a la página Teoría.

Al presionar el botón de Manuales se accederá a la página Manuales.

El octavo botón (Soporte) se presiona para acceder a la página Contáctenos.

El campo Buscar se utiliza para buscar una MAC en la página Estados de operación, la MAC cuenta con 12 caracteres alfanuméricos (Número hexadecimal) los cuales se deben escribir de forma consecutiva, sin separadores o caracteres especiales. Este campo requiere que se presione el botón Buscar de la interfaz o el botón Enter del ordenador, para realizar la búsqueda.

El noveno botón (Buscar) se presiona para realizar la búsqueda de la MAC escrita en el campo Buscar en la página Estados de operación.

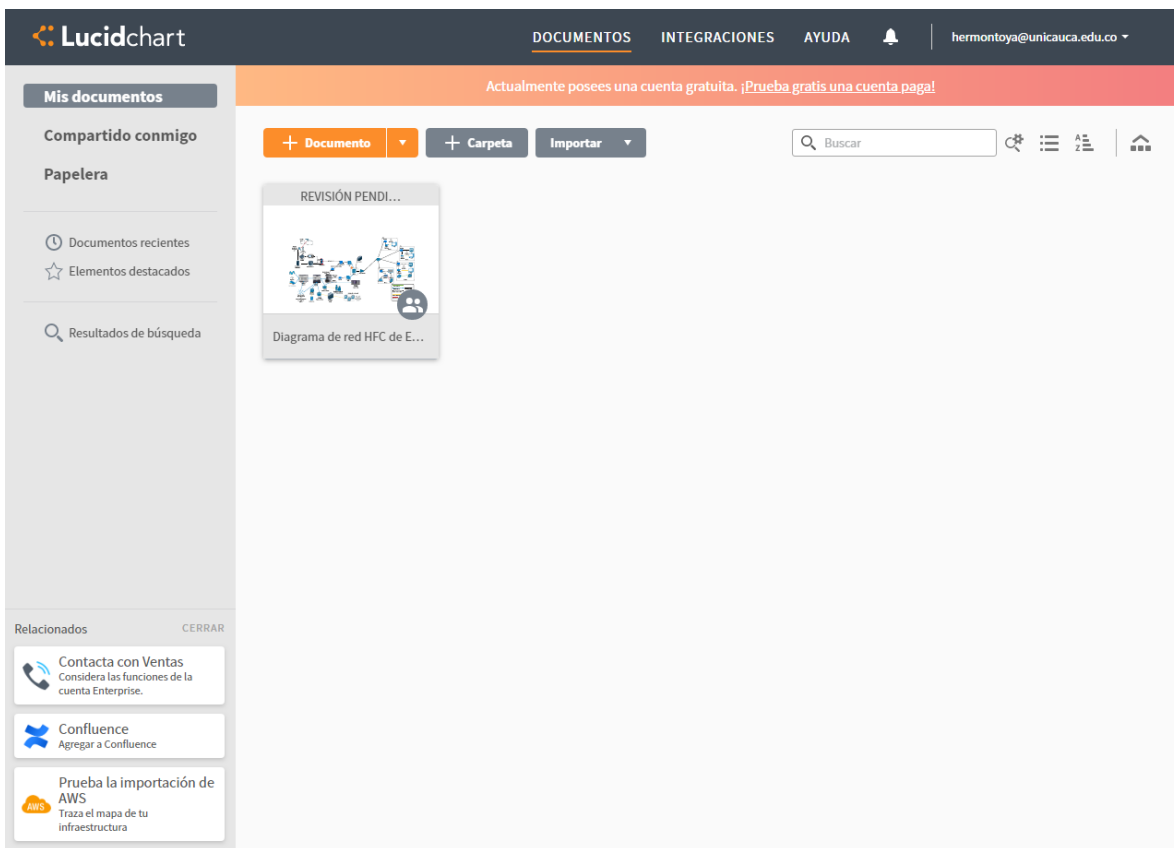
El décimo botón (Arquitectura) es un desplegable con 3 nuevos botones de acceso, uno es Ver, otro es Subir y el otro es Modificar en LucidChart.



Al presionar el botón de Ver se accederá a la página Arquitectura física y lógica de la tecnología HFC.

Al presionar el botón de Subir se accederá a la página Carga de imágenes de arquitectura física y lógica.

El botón Modificar en LucidChart es un acceso directo a la página de LucidChart, en la cual se diseñaron las gráficas de la arquitectura física y lógica y donde se pueden modificar en caso de haber una actualización de la red.



El undécimo botón (Nombre de quien inicio sesión, según como se ha registrado en la lista de usuarios) es un desplegable con 1 nuevo botón de acceso, el cual es Cerrar sesión.



EMTEL Inicio Nodos CMTS Cable Módem Usuarios Textos Soporte Arquitectura Hernán Montoya

Sistema de monitoreo centralizado de fallas para la tecnología HFC de EMTEL

Al presionar el botón Cerrar sesión, se cerrará la sesión y se redirigirá a la página de Iniciar sesión.

Página Nodos

En esta página se presentan las variables y los atributos de cada uno de los nodos conectados al equipo CMTS, las cuales corresponden al nombre de nodo, el número y estado de CM conectados a cada nodo, y el porcentaje de operatividad del mismo.

EMTEL Inicio Nodos CMTS Cable Módem Usuarios Textos Soporte Arquitectura Hernán Montoya

Estado de operación de los nodos

Fiber Node	Total	Oper	Disable	Init	Offline	%oper
CF----	272	234	0	1	37	86%
EL	378	345	0	1	32	91%
OB	611	559	0	3	49	91%
PA	65	56	0	0	9	86%
PA	223	183	0	3	37	82%
AL	163	147	0	2	14	90%
AN	371	331	0	4	36	89%
AS	256	217	0	3	36	84%
CA	266	250	0	0	16	93%
SU	209	197	0	0	12	94%
LA	288	268	0	1	19	93%
LA	266	250	0	0	16	93%
PE	184	167	0	2	15	90%
VA	371	331	0	4	36	89%
AL	257	234	0	1	22	91%
AL	257	234	0	1	22	91%
EL	223	183	0	3	37	82%
EM	245	215	0	2	28	87%
LA	296	275	0	2	19	92%
PI	209	197	0	0	12	94%
PU	186	164	0	2	20	88%
ST	288	268	0	1	19	93%
VA	264	228	0	1	35	86%
VA	192	173	0	1	18	90%
YA	320	282	0	0	38	88%
RE	335	300	0	2	33	89%
CA	256	217	0	3	36	84%
LA	562	491	0	3	68	87%
MA	371	331	0	3	37	89%
RI	296	275	0	2	19	92%
ST	260	225	0	1	34	86%
ST	444	401	0	3	40	90%
LA	335	300	0	2	33	89%
PL	444	401	0	3	40	90%
CL	371	331	0	3	37	89%
VE	320	282	0	0	38	88%
CE	444	401	0	3	40	90%
JA	371	331	0	3	37	89%
LA	288	268	0	1	19	93%
SA	444	401	0	3	40	90%
SA	288	268	0	1	19	93%
BE	257	234	0	1	22	91%
LO	288	268	0	1	19	93%
VE	256	217	0	3	36	84%
VE	457	411	0	2	44	89%
Total	13746	12324	0	89	1339	89%

Todos los derechos reservados © 2019 SMCF v1.0.2 Hernán Montoya

Página Características de monitoreo del ARRIS Cadant C4 CMTS

En esta página se presentan las variables y los atributos de cada una de ellas, que representan las características de monitoreo del equipo CMTS, las cuales cuentan un total de 24.

Muestran una amplia información a tener en cuenta del funcionamiento de la red HFC y del equipo CMTS, lo cual ayuda al monitoreo del mismo.

Hernán Darío Montoya Solarte



EMTEL Inicio Nodos CMTS Cable Módem Usuarios Textos Soporte Buscar Arquitectura Hernán Montoya

Características de monitoreo del ARRIS Cadant C4 CMTS

N°	Variable	Atributo
1	La hora local es:	Mon, 07 Oct 2019 18:15:12 -0500
2	El equipo es un:	Cadant C4 CMTS
3	El nombre del equipo es:	CMTS_ARRIS_C4-EMTEL
4	La versión del sistema es:	CMTS_V08.03.01.02
5	La IP activa del equipo es:	
6	La MAC del equipo es:	
7	La mascara de subred del equipo es:	255.255.255.0
8	La gateway del equipo es:	0.0.0.0
9	El equipo se encuentra en:	EMTEL SANTA CLARA - POPAYAN (CAUCA)
10	El equipo proporciona servicios:	Físico (repeater), Internet (gateway)
11	El equipo se encuentra en el meridiano:	America/Bogota
12	Tiempo desde el ultimo reinicio:	30 días, 17 horas, 50 minutos, 6 segundos
13	Número de cable módem registrados:	6194
14	El Anexo UIT-J 83 que se utiliza para este CMTS ARRIS C4 es:	Anexo A
15	Rango de frecuencia de Upstream:	America del Norte
16	Frecuencia máxima de Downstream:	867 GHz
17	Frecuencia mínima de Downstream:	91 GHz
18	Protocolo SSH de este equipo:	SSH 2
19	Estado del servidor SSH:	Activo
20	Nombre de dominio para consultas DNS:	emtel.net.co
21	Operaciones del cliente DNS:	Inactivas
22	Primer servidor DNS 8.8.8.8:	Activo
23	Segundo servidor DNS 190.5.200.98:	Activo
24	Comunidades SNMP:	

Todos los derechos reservados © 2019 SMCF v1.0.2 Hernán Montoya



Página Estados de sobrecarga del CMTS Cadant C4 CMTS

En esta página se presenta la explicación de los estados de sobrecarga, con los posibles valores y representaciones que pueden tener, tanto de manera general como particular de cada una de las tarjetas que componen el CMTS.

EMTEL Inicio Nodos CMTS Cable Módem Usuarios Textos Soporte

Estados de sobrecarga del CMTS Cadant C4 CMTS

Los estados de sobrecarga del CMTS son los parámetros de operación más importantes del dispositivo, estos indican el efecto de saturación u ocupación completa de la CPU (Unidad central de Procesamiento) y la memoria que impide que este funcione de manera correcta o normal. Por esta razón, son una característica de monitoreo imprescindible para el sistema. Con el fin de observar adecuadamente el estado de cada una de las tarjetas y de los componentes generales, se presenta una distribución de colores de semáforo y de palabras clave que aumentan la claridad ofreciendo información del estado. Se maneja la siguiente convención:

Normal Warning Danger

El estado de la CPU general es: Normal El estado de la memoria general es: Normal

Estados de sobrecarga de CPU por N° de tarjeta (Slot) Estados de sobrecarga de memoria por N° de tarjeta (Slot)

N° de tarjeta	Estado	N° de tarjeta	Estado
1	Normal	1	Normal
2	Normal	2	Normal
3	Normal	3	Normal
4	Normal	4	Normal
5	Normal	5	Normal
6	Normal	6	Normal
7	Normal	7	Normal
8	Normal	8	Normal
9	Normal	9	Normal
10	Normal	10	Normal
11	Normal	11	Normal
12	Normal	12	Normal
13	Normal	13	Normal
14	Normal	14	Normal
15	Normal	15	Normal
16	Normal	16	Normal
18	Normal	18	Normal
19	Normal	19	Normal
20	Normal	20	Normal
21	Normal	21	Normal

Todos los derechos reservados © 2019 SMCF v1.0.2 **Hernán Montoya**



Página Enlace físico del CMTS al CM (CMTS Measurements)

En esta página se presentan las MAC y las IP de todos los equipos conectados al CMTS asociadas a la potencia de recepción y la relación señal a ruido percibidas por el mismo, valores que se utilizan por parte del ingeniero de planta externa para la adecuación de los niveles de señal adecuados para el correcto funcionamiento del servicio.

Se organiza la información en orden ascendente de numero de MAC registrada, pero se puede variar, presionando los botones de MAC, potencia de recepción y relación señal a ruido.

También presenta paginación y escala de cada una de las potencias aquí relacionadas con sus respectivas unidades, para facilitar la lectura por parte del usuario.

Los recuadros de línea negra son botones que, al posar el cursor sobre ellos, se tornan de relleno negro lo que indica que pueden ser activados.

ID	MAC	IP	Potencia de recepción (USPwr dBmV)	Relación señal a ruido (USSNR dB)
1	1859339a11a5	10.52.10.200	0	35.7
2	bc14014fb1f0	10.52.3.226	-0.5	33.7
3	bc14014fb768	10.52.30.104	-0.6	35.4
4	bc14014f9244	10.52.30.135	-0.4	30.1
5	9039555bcb60	10.52.11.244	0	32.5
6	602ad081d481	10.52.19.108	0	33.9
7	0015cec43b49	10.52.28.123	0.2	19.1
8	00265055ac70	10.52.21.76	0	31.2
9	145bd1c2348c	10.52.4.21	0	33.8
10	a47aa4f64245	10.52.1.199	0	31.4

Página Estados de operación del CM (CM Measurements)

En esta página se presentan las características en las que está operando cada CM, como lo son, la MAC e IP del dispositivo, el grupo de CABLE-MAC al que está asociado, la potencia de transmisión y de recepción de la señal que llega del CMTS, la versión del DOCSIS que está corriendo en el CM, el perfil DOCSIS que corresponde al plan adquirido por el usuario suscripto, el grupo de nodos al cual pertenece, la marca del equipo con su



versión de software, modelo y número de serie. Todo esto para realizar un correcto monitoreo de fallas.

Se organiza la información en orden ascendente de numero de MAC, pero se puede variar, presionando los botones de IP, potencia de recepción, potencia de transmisión, DOCSIS y PERFIL DOCSIS.

También presenta paginación y escala de cada una de las potencias aquí relacionadas con sus respectivas unidades, para facilitar la lectura por parte del usuario.

ID	MAC	IP	CABLE-MAC	Potencia de recepción (USPwr dBmV)	Potencia de transmisión (DSPwr dBmV)	DOCSIS	PROFILE DOCSIS	NODOS	MARCA
1	0011804b5944	10.52.4.246	150	-14.2	43.3	Docsis 2.0	planes_cmodem/plan_1Mbps.cm	Yanaconas	HW_REV: 1.0; VENDOR: Motorola Corporation; BOOTR: 8.1; SW_REV: SBV5120-2.9.0.1-SCM21-SHPC; MODEL: SBV5120
2	0011806e3dc	10.52.27.201	100	-11	50.7	Docsis 2.0	planes_cmodem/plan_3Mbps.cm	Alicante	HW_REV: 1.0; VENDOR: Motorola Corporation; BOOTR: 8.1; SW_REV: SBV5120-2.9.0.1-SCM21-SHPC; MODEL: SBV5120
3	0011806e85c	0.0.0.0	142	0	0	Docsis 1.0		Clarete	
4	0011806e407a	10.52.6.223	113	-7.9	42.6	Docsis 2.0	planes_cmodem/plan_3Mbps.cm	Valencia 1	HW_REV: 1.0; VENDOR: Motorola Corporation; BOOTR: 8.1; SW_REV: SBV5120-2.9.0.1-SCM21-SHPC; MODEL: SBV5120
5	0012258b060c	10.52.3.154	150	6	37	Docsis 2.0	planes_cmodem/plan_4Mbps.cm	Villadocente	HW_REV: 1.0; VENDOR: Motorola Corporation; BOOTR: 8.2; SW_REV: SBV5120-2.9.1.0-SCM24-SHPC; MODEL: SBV5120
6	001371914474	10.52.1.122	133	-3	46.3	Docsis 2.0	planes_cmodem/plan_1Mbps.cm	Julumito	HW_REV: 1.0; VENDOR: Motorola Corporation; BOOTR: 8.2; SW_REV: SBV5120-2.9.1.0-SCM24-SHPC; MODEL: SBV5120
7	00137191f6ae	10.52.1.28	151	-0.3	55.1	Docsis 2.0	planes_cmodem/plan_3Mbps.cm	La María	HW_REV: 1.0; VENDOR: Motorola Corporation; BOOTR: 8.2; SW_REV: SBV5120-2.9.1.0-SCM24-SHPC; MODEL: SBV5120
8	00152f00f51c	10.52.15.169	121	-3.8	55.2	Docsis 2.0	planes_cmodem/plan_3Mbps.cm	El Livo	HW_REV: 1; VENDOR: Motorola; BOOTR: 2162; SW_REV: SBG940-2.1.18.0-SCM00-NOSH; MODEL: SBG940
9	00152f02ab9e	10.52.21.97	102	-1.9	44.7	Docsis 2.0	planes_cmodem/plan_8Mbps.cm	Santa Clara	HW_REV: 1; VENDOR: Motorola; BOOTR: 2162; SW_REV: SBG940-2.1.15.0-SCM00-NOSH; MODEL: SBG940
10	00152f02ac5a	10.52.16.2	112	-14.1	55.2	Docsis 2.0	planes_cmodem/plan_1Mbps.cm	Las Ferias	HW_REV: 1; VENDOR: Motorola; BOOTR: 2162; SW_REV: SBG940-2.1.15.0-SCM00-NOSH; MODEL: SBG940

« 1 2 3 4 5 6 7 8 ... 618 619 »

Actualizar BD

Escala de Potencia de recepción (dBmV)

Escala de Potencia de transmisión (dBmV)

Todos los derechos reservados © 2019 SMCF v1.0.2 Hernán Montoya

Página Lista de usuarios

En esta página se presenta la lista de usuarios por paginación (al exceder 5 usuarios), los cuales pueden acceder al sistema con sus nombre, correo y tipo de acceso.

También se presentan los botones de Editar, para la edición del usuario, el de Eliminar para borrar a uno de ellos de la lista y el botón de Registrar nuevo usuario, para agregar usuarios con el objetivo de dar acceso a la aplicación web a nuevos miembros.



EMTEL Inicio Nodos CMTS Cable Módem Usuarios Textos Soporte Arquitectura Hernán Montoya

Lista de usuarios

ID	Nombre	Correo	Tipo	Acción
1	Hernan Montoya		Administrador	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
2	Rubén Camayo		Administrador	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
3	Plataformas		Administrador	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
5	Jorge Gonzalez		Miembro	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>
6	Kelly Montenegro		Miembro	<input type="button" value="Editar"/> <input type="button" value="Eliminar"/>

< 1 2 >

Todos los derechos reservados © 2019 SMCF v1.0.2 Hernán Montoya

Página Crear usuario

En esta página se presenta el formulario para la creación de usuarios nuevos, con los campos de Nombre, Correo, Contraseña, Tipo (Administrado o Miembro) y su respectivo botón de Registrar para guardar la información en la base de datos.

EMTEL Inicio Nodos CMTS Cable Módem Usuarios Textos Soporte Arquitectura Hernán Montoya

Crear usuario

Nombre

Correo

Contraseña

Tipo
Seleccione un nivel de usuario ▼

Todos los derechos reservados © 2019 SMCF v1.0.2 Hernán Montoya

Página Editar usuario

En esta página se presenta el formulario para la edición de usuarios, con los campos de Nombre, Correo y Contraseña, su respectivo botón de Aceptar para actualizar la información en la base de datos.



EMTEL Inicio Nodos CMTS Cable Módem Usuarios Textos Soporte **Arquitectura** **Hernán Montoya**

Editar usuario

Nombre

Correo

Contraseña

Todos los derechos reservados © 2019 SMCF v1.0.2 **Hernán Montoya**

Página Teoría

En esta página se presenta los documentos Anteproyecto y de Trabajo de grado, para consultar las bases teóricas de la red y del Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado.

EMTEL Inicio Nodos CMTS Cable Módem Usuarios Textos Soporte **Arquitectura** **Hernán Montoya**

Teoría

SISTEMA DE MONITOREO DE FALLAS CENTRALIZADO PARA LA TECNOLOGÍA HFC EN LA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE POPAYÁN S.A. EMTel E.S.P.

Universidad del Cauca

Anteproyecto de Trabajo de Grado
Modalidad: Práctica Profesional

HERNÁN DARIO MONTOYA SOLARTE

Director: MSc. Alejandro Toledo Tovar
Asesor: Ing. Rubén Darío Camayo Medina

Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones (GNTT)
Popayán – Cauca
2018

Trabajo.pdf 1 / 62

SISTEMA DE MONITOREO DE FALLAS CENTRALIZADO PARA LA TECNOLOGÍA HFC EN LA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE POPAYÁN S.A. EMTel E.S.P.

Universidad del Cauca

Trabajo de Grado
Modalidad: Práctica Profesional

HERNÁN DARIO MONTOYA SOLARTE

Director: MSc. Alejandro Toledo Tovar
Asesor: Ing. Rubén Darío Camayo Medina

Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones (GNTT)
Popayán – Cauca
2018

Todos los derechos reservados © 2019 SMCF v1.0.2 **Hernán Montoya**

Página Manuales

En esta página se presenta el manual del CMTS y documentos en Excel que corresponden a la distribución de la arquitectura física y lógica de la red, la conexión a los combinadores, la conexión ascendente y descendente de la señal (los dispositivos por donde la señal se transporta) y la grilla de televisión respectivamente.




Sistema de Monitoreo de Fallas Centralizado para la tecnología HFC en la Empresa de Telecomunicaciones de Popayán S.A. EMTTEL E.S.P.

EMTEL Inicio Nodos CMTS Cable Módem Usuarios Textos Soporte

Buscar **Arquitectura** **Hernán Montoya**

Manuales

User Guide 1 / 3180



C4® CMTS Release 8.3

User Guide
STANDARD Revision 1.0
November 2018

C4/Cc CMTS Release 8.3 User Guide

ARRIS Standard Software License Terms and Warranty Table

ARRIS Standard Software License Terms and Warranty Table

ARRIS reserves the right to apply the use of Customer's hardware and software.

ARRIS reserves the right to apply the use of Customer's hardware and software.

Informacion_de_nodos.pdf 1 / 1

CARTELA #	NODO	PPL	VTL 1	VTL 2	VTL 3	TA	ID	SR
1	Administración	x	x	x	x	1010	100	1001
1	La línea	x	x	x	x	1020	101	1011
1	Administración	x	x	x	x	1030	102	1021
1	La línea	x	x	x	x	1040	103	1031
1	Administración	x	x	x	x	1050	104	1041
1	La línea	x	x	x	x	1060	105	1051
1	Administración	x	x	x	x	1070	106	1061
1	La línea	x	x	x	x	1080	107	1071
1	Administración	x	x	x	x	1090	108	1081
1	La línea	x	x	x	x	1100	109	1091
1	Administración	x	x	x	x	1110	110	1101
1	La línea	x	x	x	x	1120	111	1111
1	Administración	x	x	x	x	1130	112	1121
1	La línea	x	x	x	x	1140	113	1131
1	Administración	x	x	x	x	1150	114	1141
1	La línea	x	x	x	x	1160	115	1151
1	Administración	x	x	x	x	1170	116	1161
1	La línea	x	x	x	x	1180	117	1171
1	Administración	x	x	x	x	1190	118	1181
1	La línea	x	x	x	x	1200	119	1191
1	Administración	x	x	x	x	1210	120	1201
1	La línea	x	x	x	x	1220	121	1211
1	Administración	x	x	x	x	1230	122	1221
1	La línea	x	x	x	x	1240	123	1231
1	Administración	x	x	x	x	1250	124	1241
1	La línea	x	x	x	x	1260	125	1251
1	Administración	x	x	x	x	1270	126	1261
1	La línea	x	x	x	x	1280	127	1271
1	Administración	x	x	x	x	1290	128	1281
1	La línea	x	x	x	x	1300	129	1291
1	Administración	x	x	x	x	1310	130	1301
1	La línea	x	x	x	x	1320	131	1311
1	Administración	x	x	x	x	1330	132	1321
1	La línea	x	x	x	x	1340	133	1331
1	Administración	x	x	x	x	1350	134	1341
1	La línea	x	x	x	x	1360	135	1351
1	Administración	x	x	x	x	1370	136	1361
1	La línea	x	x	x	x	1380	137	1371
1	Administración	x	x	x	x	1390	138	1381
1	La línea	x	x	x	x	1400	139	1391
1	Administración	x	x	x	x	1410	140	1401
1	La línea	x	x	x	x	1420	141	1411
1	Administración	x	x	x	x	1430	142	1421
1	La línea	x	x	x	x	1440	143	1431
1	Administración	x	x	x	x	1450	144	1441
1	La línea	x	x	x	x	1460	145	1451
1	Administración	x	x	x	x	1470	146	1461
1	La línea	x	x	x	x	1480	147	1471
1	Administración	x	x	x	x	1490	148	1481
1	La línea	x	x	x	x	1500	149	1491
1	Administración	x	x	x	x	1510	150	1501
1	La línea	x	x	x	x	1520	151	1511
1	Administración	x	x	x	x	1530	152	1521
1	La línea	x	x	x	x	1540	153	1531
1	Administración	x	x	x	x	1550	154	1541
1	La línea	x	x	x	x	1560	155	1551
1	Administración	x	x	x	x	1570	156	1561
1	La línea	x	x	x	x	1580	157	1571
1	Administración	x	x	x	x	1590	158	1581
1	La línea	x	x	x	x	1600	159	1591
1	Administración	x	x	x	x	1610	160	1601
1	La línea	x	x	x	x	1620	161	1611
1	Administración	x	x	x	x	1630	162	1621
1	La línea	x	x	x	x	1640	163	1631
1	Administración	x	x	x	x	1650	164	1641
1	La línea	x	x	x	x	1660	165	1651
1	Administración	x	x	x	x	1670	166	1661
1	La línea	x	x	x	x	1680	167	1671
1	Administración	x	x	x	x	1690	168	1681
1	La línea	x	x	x	x	1700	169	1691
1	Administración	x	x	x	x	1710	170	1701
1	La línea	x	x	x	x	1720	171	1711
1	Administración	x	x	x	x	1730	172	1721
1	La línea	x	x	x	x	1740	173	1731
1	Administración	x	x	x	x	1750	174	1741
1	La línea	x	x	x	x	1760	175	1751
1	Administración	x	x	x	x	1770	176	1761
1	La línea	x	x	x	x	1780	177	1771
1	Administración	x	x	x	x	1790	178	1781
1	La línea	x	x	x	x	1800	179	1791
1	Administración	x	x	x	x	1810	180	1801
1	La línea	x	x	x	x	1820	181	1811
1	Administración	x	x	x	x	1830	182	1821
1	La línea	x	x	x	x	1840	183	1831
1	Administración	x	x	x	x	1850	184	1841
1	La línea	x	x	x	x	1860	185	1851
1	Administración	x	x	x	x	1870	186	1861
1	La línea	x	x	x	x	1880	187	1871
1	Administración	x	x	x	x	1890	188	1881
1	La línea	x	x	x	x	1900	189	1891
1	Administración	x	x	x	x	1910	190	1901
1	La línea	x	x	x	x	1920	191	1911
1	Administración	x	x	x	x	1930	192	1921
1	La línea	x	x	x	x	1940	193	1931
1	Administración	x	x	x	x	1950	194	1941
1	La línea	x	x	x	x	1960	195	1951
1	Administración	x	x	x	x	1970	196	1961
1	La línea	x	x	x	x	1980	197	1971
1	Administración	x	x	x	x	1990	198	1981
1	La línea	x	x	x	x	2000	199	1991
1	Administración	x	x	x	x	2010	200	2001
1	La línea	x	x	x	x	2020	201	2011
1	Administración	x	x	x	x	2030	202	2021
1	La línea	x	x	x	x	2040	203	2031
1	Administración	x	x	x	x	2050	204	2041
1	La línea	x	x	x	x	2060	205	2051
1	Administración	x	x	x	x	2070	206	2061
1	La línea	x	x	x	x	2080	207	2071
1	Administración	x	x	x	x	2090	208	2081
1	La línea	x	x	x	x	2100	209	2091
1	Administración	x	x	x	x	2110	210	2101
1	La línea	x	x	x	x	2120	211	2111
1	Administración	x	x	x	x	2130	212	2121
1	La línea	x	x	x	x	2140	213	2131
1	Administración	x	x	x	x	2150	214	2141
1	La línea	x	x	x	x	2160	215	2151
1	Administración	x	x	x	x	2170	216	2161
1	La línea	x	x	x	x	2180	217	2171
1	Administración	x	x	x	x	2190	218	2181
1	La línea	x	x	x	x	2200	219	2191
1	Administración	x	x	x	x	2210	220	2201
1	La línea	x	x	x	x	2220	221	2211
1	Administración	x	x	x	x	2230	222	2221
1	La línea	x	x	x	x	2240	223	2231
1	Administración	x	x	x	x	2250	224	2241
1	La línea	x	x	x	x	2260	225	2251
1	Administración	x	x	x	x	2270	226	2261
1	La línea	x	x	x	x	2280	227	2271
1	Administración	x	x	x	x	2290	228	2281
1	La línea	x	x	x	x	2300	229	2291
1	Administración	x	x	x	x	2310	230	2301
1	La línea	x	x	x	x	2320	231	2311
1	Administración	x	x	x	x	2330	232	2321
1	La línea	x	x	x	x	2340	233	2331
1	Administración	x	x	x	x	2350	234	2341
1	La línea	x	x	x	x	2360	235	2351
1	Administración	x	x	x	x	2370	236	2361
1	La línea	x	x	x	x	2380	237	2371
1	Administración	x	x	x	x	2390	238	2381
1	La línea	x	x	x	x	2400	239	2391
1	Administración	x	x	x	x	2410	240	2401
1	La línea	x	x	x	x	2420	241	2411
1	Administración	x	x	x	x	2430	242	2421
1	La línea	x	x	x	x	2440	243	2431
1	Administración	x	x	x	x	2450	244	2441
1	La línea	x	x	x	x	2460	245	2451
1	Administración	x	x	x	x	2470	246	2461
1	La línea	x	x	x	x	2480	247	2471
1	Administración	x	x	x	x	2490	248	2481
1	La línea	x	x	x	x	2500	249	2491
1	Administración	x	x	x	x	2510	250	2501
1	La línea	x	x	x	x	2520	251	2511
1	Administración	x	x	x	x	2530	252	2521
1	La línea	x	x	x	x	2540	253	2531
1	Administración	x	x	x	x	2550	254	2541
1	La línea	x	x	x	x	2560	255	2551
1	Administración	x	x	x	x	2570	256	2561
1	La línea	x	x	x	x	2580	257	2571
1	Administración	x	x	x	x	2590	258	2581
1	La línea	x	x	x	x	2600	259	2591
1	Administración	x	x	x	x	2610	260	2601
1	La línea	x	x	x	x	2620	261	2611
1	Administración	x	x	x	x	2630	262	2621
1	La línea	x	x	x	x	2640	263	2631
1	Administración	x	x	x	x	2650	264	2641
1	La línea	x	x	x	x	2660	265	2651
1	Administración	x	x	x	x	2670	266	2661
1	La línea	x	x	x	x	2680	267	2671
1	Administración	x	x	x	x	2690	268	2681
1	La línea	x	x	x	x	2700	269	2691
1	Administración	x	x	x	x	2710	270	2701
1	La línea	x	x	x	x	2720	271	2711
1	Administración	x	x	x	x	2730	272	2721
1	La línea	x	x	x	x	2740	273	2731
1	Administración	x	x	x	x	2750	274	2741
1	La línea	x	x	x	x	2760	275	2751
1	Administración	x	x	x	x	2770	276	2761
1	La línea	x	x	x	x	2780	277	2771
1	Administración	x	x	x	x	2790	278	2781
1	La línea	x	x	x	x	2800	279	2791
1	Administración	x	x	x	x	2810	280	2801
1	La línea	x	x	x	x	2820	281	2811
1	Administración	x	x	x	x	2830	282	2821
1	La línea	x	x					



Página Contáctenos

En esta página se presenta el personal a cargo de la administración y del desarrollo de la aplicación web, sus nombres, cargos y correos de contacto.

EMTEL Inicio Nodos CMTS Cable Módem Usuarios Textos Soporte **Arquitectura** **Hernán Montoya**

Contáctenos

Personal administrativo a cargo :

Rubén Camayo. Jefe Planta externa, rcamayo@emtel.net.co

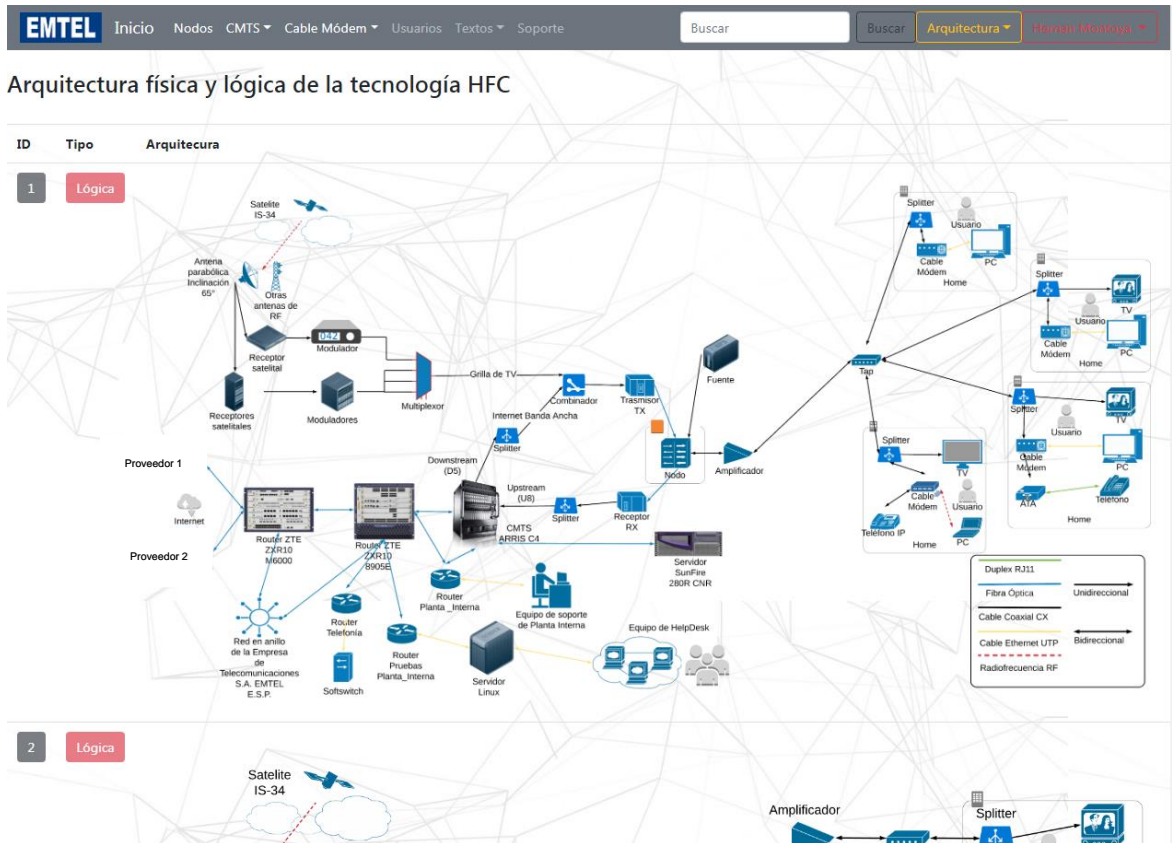
Personal desarrollador a cargo :

Hernán Montoya. Pasante Unicauca, hermontoya@unicauca.edu.co

Todos los derechos reservados © 2019 SMCF v1.0.2 Hernán Montoya

Página Arquitectura física y logia de la tecnología HFC

En esta página se presenta las imágenes que componen la arquitectura física o lógica por separado y de manera vigente, según son cargadas ascendentemente a la base de datos.



Página Carga de imágenes de la arquitectura física y lógica

En esta página se presenta el formulario de carga de las imágenes, con su tipo, el botón de Seleccionar archivo para buscarlo en el ordenador y el botón de Subir para guardar la imagen en la base de datos.



8. REFERENCIAS

- [1] “Mi empresa – EMTEL S.A. E.S.P.” [Online]. Available: <https://www.emtel.net.co/mi-empresa/>. [Accessed: 01-Jun-2018].
- [2] J. G. Li, J. Qi, and D. M. Tang, “HFC equipment management based on SNMP protocol,” *Proc. 2nd Int. Conf. Intell. Control Inf. Process. ICICIP 2011*, no. PART 1, pp. 115–119, 2011.
- [3] “Monitoreo y Gestión de Red.” [Online]. Available: <http://www.auben.net/index.php/tecnologias/monitoreo-y-gestion-de-red>. [Accessed: 01-Jun-2018].
- [4] R. H. Pressman, *Ingeniería del software, un enfoque práctico*, 5th ed. Mc Graw Hill, 2002.
- [5] D. R. Acero Patiño, H. F. Choles Mejía, and L. C. Ruiz Moreno, “Estudios técnicos para aportar en la disminución de mantenimientos de redes hfc,” *Trab. Grado Istitución Univ. Politécnico Grancolombiano*, pp. 1–27, 2017.
- [6] “Todo acerca de las PQR (peticiones, quejas o reclamos) – Tigo Colombia.” [Online]. Available: <https://ayuda.tigo.com.co/hc/es/articles/115015861787-Todo-acerca-de-las-PQR-peticiones-quejas-o-reclamos->. [Accessed: 18-Mar-2019].
- [7] B. Carro, H. N. Chan, A. Sánchez, J. Redoli, and R. Mompó, “Mantenimiento preventivo en redes HFC,” *URSI 2001*, pp. 1–2, 2016.
- [8] J. Lee, J. Lee, S. Park, and A. C. A. Technology, “Home Gateway for RF / PON based Gigabit Transmission System for Cable Network,” pp. 609–613, 2017.
- [9] T. Kim, C. Park, and S. Park, “The Application of Compression Methods for RoIP Data Transmission Efficiency in the HFC Network,” pp. 134–137, 2017.
- [10] J. P. D. Lozano, “Análisis económico-financiero para el monitoreo de los nodos y baterías de la red HFC de Telmex bajo las buenas prácticas del PMI,” 2012.
- [11] “Steren Colombia | TV Y VIDEO.” [Online]. Available: <http://www.steren.com.co/tv-y-video>. [Accessed: 19-Mar-2019].
- [12] C. E. López Chango and E. V. Del Salto Álvarez, “Diseño y plan de migración para la implementación del estándar DOCSIS 3.1 en 3 nodos críticos principales de la red HFC quito de la empresa TVCable,” *Trab. Grado Esc. Politécnica Nac. Quito*, pp. 1–171, 2016.
- [13] T. Benhavan and K. Songwatana, “HFC Network Performance Monitoring System using DOCSIS Cable Modem Operation Data in a 3 Dimensional Analysis,” *4th Jt. Int. Conf. Inf. Commun. Technol. Electron. Electr. Eng.*, pp. 2–6, 2014.
- [14] A. J. Figueroa La Rochelle, “Estudio de gestión de redes y servicios: VPNS, redes ópticas y redes CATV en la carrera de ingeniería en sistemas computacionales,” *Trab. Grado Univ. Estatal del Sur Manabí*, pp. 1–126, 2017.
- [15] S. Ra, J. Song, J. Bae, J. Jung, N. Hur, and C. Kim, “Implementation and Performance Analysis of QAM Modulator Applicable to the HFC network,” no. Cm, pp. 1213–1215, 2016.
- [16] M. G. Adames, “Rediseño e implementación del sistema de monitoreo de la red de telecomunicaciones de distribuidora NISSAN S.A.,” *Trab. Grado Univ. Católica Colomb.*, pp. 1–132, 2015.
- [17] E. F. Abril Mena, “Implementación de una solución de gestión de rendimiento en redes de acceso,” *Trab. Grado Univ. St. Tomas*, pp. 1–106, 2016.
- [18] A. S. Duque Padilla, “Sistema de monitoreo mediante NAGIOS en la empresa AST grupo de la ciudad de Pereira,” *Práctica Prof. Univ. Católica Pereira*, pp. 1–75, 2011.
- [19] M. Simakovié, I. Masnikosa, and C. Zoran, “Performance Monitoring Challenges in HFC Networks,” *Telsiks*, pp. 385–388, 2017.



- [20] “Concepto de red pública y red privada.” [Online]. Available: <http://www.eveliux.com/mx/concepto-de-red-publica-y-red-privada.html>. [Accessed: 20-Mar-2019].
- [21] “Tipos de redes informáticas según su alcance -.” [Online]. Available: <http://www.gadae.com/blog/tipos-de-redes-informaticas-segun-su-alcance/>. [Accessed: 20-Mar-2019].
- [22] “Tipos De Cable Para Red Local Lecciones De Informática.” [Online]. Available: <https://mejorimagen.eu/tipos-de-cable-para-red-local-lecciones-de-informatica.html>. [Accessed: 20-Mar-2019].
- [23] “1.3.7 Topologías de Redes.” [Online]. Available: http://cidecame.uaeh.edu.mx/lcc/mapa/PROYECTO/libro27/137_topologas_de_redes.html. [Accessed: 20-Mar-2019].
- [24] D. E. L. A. S. Telecomunicaciones and D. E. L. A. Uit, “UIT-T,” 2004.
- [25] T. Docsis, C. T. Laboratories, N. Cablelabs, A. S. Is, and C. T. Laboratories, “Data-Over-Cable Service Interface Specifications MAC and Upper Layer Protocols Interface Specification.”
- [26] “Fibra óptica y las voces de la región - El Vigía.” [Online]. Available: <https://www.elvigia.net/c-t/2014/5/17/fibra-ptica-voce-regin-158481.html>. [Accessed: 20-Mar-2019].
- [27] “Fibra Optica, qué es y cómo funciona.” [Online]. Available: <https://www.fibraopticahoy.com/fibra-optica-que-es-y-como-funciona/>. [Accessed: 20-Mar-2019].
- [28] “Cable coaxial: Tipos y características - Novelec.” [Online]. Available: <https://blog.gruponovelec.com/redes-vdi/cable-coaxial-tipos-y-caracteristicas/>. [Accessed: 20-Mar-2019].
- [29] P. Tungsakul, K. Songwatana, and P. Moungnuol, “A Quality Analysis of DOCSIS Cable Modem,” in *International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)*, 2016, pp. 1–6.
- [30] L. C. Serna, “Propuesta de un plan de mejora para el servicio de televisión en un centro de gestión de redes y servicios de Claro Colombia S.A.,” 2016.
- [31] Y. Yuan, P. Lu, J. J. P. C. Rodrigues, and Z. Zhu, “Improving Energy-Efficiency of HFC Networks with a Master-Slave Linecard Configuration,” pp. 4159–4163, 2013.