



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

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO A SERVICIOS  
MULTIMEDIA DE LA RED HFC**

**Daenners Fabián Beltrán Alonzo**

Asesorado por el Ing. Marvin Leonel Chum Sánchez

Guatemala, octubre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO A SERVICIOS  
MULTIMEDIA DE LA RED HFC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**DAENNERS FABIÁN BELTRÁN ALONZO**

ASESORADO POR EL ING. MARVIN LEONEL CHUM SÁNCHEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO A SERVICIOS MULTIMEDIA DE LA RED HFC**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 19 de noviembre de 2021.



**Daenners Fabián Beltrán Alonzo**



Guatemala, 07 de marzo de 2023.  
REF.EPS.DOC.126.03.2023.

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

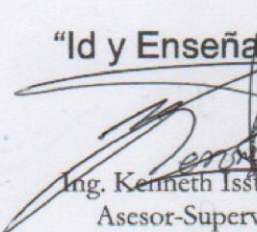
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Daenners Fabián Beltrán Alonzo** de la Carrera de Ingeniería Electrónica, Registro Académico No. **9415956** y **CUI 1963 02447 0101**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO A SERVICIOS MULTIMEDIA DE LA RED HFC"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

**"Id y Enseñad a Todos"**

  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Eléctrica  
Facultad de Ingeniería

c.c. Archivo  
KIER/ra

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala 07 de marzo de 2023.  
REF.EPS.D.97.03.2023.

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Rivera Carrillo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO A SERVICIOS MULTIMEDIA DE LA RED HFC"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Daenners Fabián Beltrán Alonzo**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

/ra



Guatemala, 28 de agosto de 2023

**Señor Director**  
**Armando Alonso Rivera Carrillo**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**  
**Facultad de Ingeniería, USAC**

Estimado Señor director:

Por este medio me permito dar aprobación al informe final de EPS titulado **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO A SERVICIOS MULTIMEDIA DE LA RED HFC**, desarrollado por el estudiante **Daenners Fabián Beltrán Alonzo**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

**Ing. Julio César Solares Peñate**  
**Coordinador de Electrónica**

REF. EIME 44.2023.

El director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del director de EPS, del asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de área, al Informe final de EPS del estudiante Daenners Fabián Beltrán Alonzo: **"MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO A SERVICIOS MULTIMEDIA DE LA RED HFC "**, procede a la autorización correspondiente.



Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo

Guatemala, 30 de agosto de 2023.



LNG.DECANATO.OI.718.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO A SERVICIOS MULTIMEDIA DE LA RED HFC**, presentado por: **Daenners Fabián Beltrán Alonzo**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.

Guatemala, octubre de 2023

JFGR/gaac

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por permitirme lograr esta meta.
<b>Mis padres</b>	Por siempre guiarme en el camino del bien.
<b>Mis hermanos</b>	Por ser mis héroes, por su valioso ejemplo y apoyo en todas las etapas de mi vida.
<b>Mis hijos</b>	Para que nunca dejen de luchar por sus sueños y logren sus metas.
<b>Mi esposa</b>	Por todo su apoyo en las buenas y en las malas.
<b>Mis asesores</b>	Por su valioso aporte y dedicación para la culminación de este proceso.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por abrirme sus puertas durante estos años de estudio

**Facultad de  
Ingeniería**

Por formarme como profesional de la ingeniería.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XIII
OBJETIVOS .....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. ESTRUCTURA DE UN VIDEO HUB Y ESTÁNDARES DOCSIS .....	1
1.1 Estructura de un Video Hub .....	1
1.1.1 Recepción de señales .....	1
1.1.2 Moduladores .....	1
1.1.3 Combinadores .....	2
1.1.4 Multiplexores .....	2
1.2 Estándares DOCSIS .....	2
1.2.1 Estándares DOCSIS .....	3
1.2.2 Modulación QAM .....	7
1.2.3 Espectro electromagnético .....	9
1.2.4 Plan de canales .....	10
2. ARQUITECTURA DE PLANTA EXTERNA .....	13
2.1 Diagrama de planta externa .....	13
2.1.1 Conceptos básicos .....	14
2.1.2 Elementos activos .....	20
2.1.3 Elementos pasivos .....	22
2.1.4 Consideraciones en el retorno .....	25

2.1.5	Calibración de la red .....	26
2.1.6	Nomenclatura de red .....	27
3.	ELEMENTOS DE DISTRIBUCIÓN DE SEÑAL Y NIVELES DE OPERACIÓN .....	29
3.1	Características del cable RG-6.....	29
3.2	Características de accesorios RG-6.....	30
3.3	Características de funcionamiento del cable módem.....	35
3.4	Características de funcionamiento del <i>set top box</i> .....	41
3.5	Niveles de operación .....	49
4.	PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO.....	53
4.1	Escenarios de falla y solución en servicios de Internet.....	53
4.2	Escenarios de falla y solución en servicios de video. ....	56
4.3	Escenarios de falla y solución en servicios de voz .....	59
	CONCLUSIONES.....	61
	RECOMENDACIONES .....	63
	REFERENCIAS .....	65

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Diagrama a bloques simplificado de un Video Hub.....	2
<b>Figura 2.</b>	Diagrama de constelación para 16 y 32 QAM.....	8
<b>Figura 3.</b>	Diagrama de planta externa en una red HFC.....	14
<b>Figura 4.</b>	Decibeles versus razones de potencia, impedancia de Ohms.....	75 16
<b>Figura 5.</b>	Relación de señal a ruido .....	18
<b>Figura 6.</b>	Constelación con error de modulación .....	19
<b>Figura 7.</b>	Nodo físico y su representación .....	20
<b>Figura 8.</b>	Amplificador y sus representaciones .....	21
<b>Figura 9.</b>	Fuente de poder y su representación .....	21
<b>Figura 10.</b>	<i>Splitter</i> y su representación .....	22
<b>Figura 11.</b>	Coplas y su representación .....	23
<b>Figura 12.</b>	<i>Power insert</i> y su representación .....	23
<b>Figura 13.</b>	TAP y su representación.....	24
<b>Figura 14.</b>	Cable coaxial RG-500.....	25
<b>Figura 15.</b>	Atenuador, ecualizador de <i>forwad</i> y retorno .....	26
<b>Figura 16.</b>	Partes de un cable coaxial.....	29
<b>Figura 17.</b>	TAP o copla RG-6.....	31
<b>Figura 18.</b>	<i>Splitters</i> RG-6 de dos, tres y cuatro salidas .....	32
<b>Figura 19.</b>	Filtro pasabanda, <i>hipass</i> .....	34
<b>Figura 20.</b>	Atenuadores o simuladores con pérdida de 3, 6 y 9 dB.....	34
<b>Figura 21.</b>	Diagrama a bloques de comunicación entre el CMTS y el CM....	36
<b>Figura 22.</b>	Etapa <i>tuning</i> en el aprovisionamiento .....	37

<b>Figura 23.</b>	Etapa <i>ranging</i> de aprovisionamiento del CM .....	39
<b>Figura 24.</b>	Proceso de conectividad del CM .....	39
<b>Figura 25.</b>	Proceso de configuración de CM .....	40
<b>Figura 26.</b>	Menú de diagnóstico de <i>set top box</i> .....	42
<b>Figura 27.</b>	Estado general de <i>set top box</i> .....	43
<b>Figura 28.</b>	Estado del canal fuera de banda, <i>OOB status</i> .....	45
<b>Figura 29.</b>	Diagnóstico <i>in band status</i> .....	47
<b>Figura 30.</b>	<i>Unit adress</i> y número de serie.....	48

## TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Esquemas de modulación y tasas de transmisión de DOCSIS 1.x.....	4
<b>Tabla 2.</b>	Esquemas de modulación y tasas de transmisión de DOCSIS 2.0.....	5
<b>Tabla 3.</b>	Tasas de transmisión de DOCSIS 2.0 usando <i>channel bonding</i> 6	
<b>Tabla 4.</b>	Número de bits por orden de modulación .....	8
<b>Tabla 5.</b>	Clasificación de espectro de frecuencias .....	9
<b>Tabla 6.</b>	Plan de canales 100 % digital .....	10
<b>Tabla 7.</b>	Clasificación de frecuencias de retorno.....	11
<b>Tabla 8.</b>	Pérdidas en el cable RG-6 por cada 100 metros .....	30
<b>Tabla 9.</b>	Pérdidas por inserción de taps o coplas.....	31
<b>Tabla 10.</b>	Pérdidas en splitters de 2, 3 y 4 salidas .....	33
<b>Tabla 11.</b>	Resumen del proceso de aprovisionamiento del CM.....	41
<b>Tabla 12.</b>	Descripción de errores, estado general.....	44
<b>Tabla 13.</b>	Descripción de campos, estado OBB.....	45
<b>Tabla 14.</b>	Descripción de campos, diagnóstico <i>in band status</i> .....	47
<b>Tabla 15.</b>	Niveles de operación en TAPS y tipo de portadora por canal .....	49

<b>Tabla 16.</b>	Niveles de operación en cable módem .....	52
<b>Tabla 17.</b>	Escenarios más comunes en fallas de Internet.....	54
<b>Tabla 18.</b>	Escenarios de falla y solución en servicios de video .....	58
<b>Tabla 19.</b>	Escenarios más comunes en fallas de telefonía (voz) .....	60





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
@	Arroba
Q	Quetzal (moneda de Guatemala)



## GLOSARIO

<b><i>Bit Error Ratio (BER)</i></b>	Porcentaje de bits que tiene errores en relación con el número total de bits recibidos en una transmisión.
<b>Cable módem</b>	Modulador y demodulador ubicado de lado del usuario destinado para el transporte de datos en un sistema de televisión por cable.
<b>C/N</b>	<i>Carrier to Noise Ratio</i> (razón de señal a ruido).
<b><i>Channel bonding</i></b>	Proceso lógico que combina los paquetes de datos recibidos en múltiples canales independientes en un flujo de datos de mayor velocidad.
<b>CMTS</b>	<i>Cable Modem Termination System</i> (sistema de terminación de módem por cable).
<b><i>Codeword Error Rate</i></b>	Relación entre el número de palabras de código incorregibles y el número total de palabras enviadas sin errores.
<b>Decibel (dB)</b>	Unidad para medir los niveles relativos de corriente, voltaje o potencia. Un aumento de 3 dB indica una duplicación de la potencia.

<b>Decibel milivolt (dBmV)</b>	Sistema de medición de dB en el que 0 dBmV se define como 1 milivoltio sobre 75 ohmios.
<b>DHCP</b>	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i> (protocolo de configuración de huésped dinámico).
<b>DOCSIS</b>	<i>Data Over Cable Service Interface Specifications</i> (especificaciones de la interfaz de servicio de datos por cable).
<b><i>Downstream (DS)</i></b>	Dirección de transmisión de la cabecera hacia al usuario.
<b>FDMA</b>	<i>Frequency Division Multiple Access</i> (acceso múltiple por división de frecuencia).
<b>FEC</b>	<i>Forward Error Correction</i> .
<b><i>Head end</i></b>	Ubicación central en la red de cable que es responsable de transmitir las señales en la dirección descendente. También llamada cabecera.
<b>HFC</b>	<i>Hybrid Fiber Coaxial</i> (híbrido fibra coaxial).
<b>Latencia</b>	Tiempo que toma un elemento de señal en pasar a través de un dispositivo.
<b>MAC</b>	<i>Media Access Control</i> (control de acceso al medio).

<b>MER</b>	<i>Modulation Error Ratio</i> (relación de errores de modulación).
<b>MHz</b>	<i>Mega Hertz.</i>
<b>QAM</b>	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i> (modulación de amplitud por cuadratura).
<b>Radiofrecuencia (RF)</b>	Frecuencias que van de 5 MHz hasta 1000 MHz en un sistema de cable por televisión.
<b>TDMA</b>	Time division multiple access (acceso múltiple por división de tiempo).
<b><i>Upstream (US)</i></b>	La dirección desde la ubicación del usuario hacia la cabecera.



## RESUMEN

En el presente trabajo trataremos la tecnología HFC, la cual ofrece servicios multimedia como Internet, video y telefonía. Como objetivo principal se pretende brindar conocimientos relevantes de esta arquitectura al área técnica, para atender los inconvenientes que se presentan a clientes con dicho servicio de manera más rápida y eficiente, logrando una mejor experiencia con el uso del servicio adquirido.

En el primer capítulo se dieron conceptos de la arquitectura de un Video Hub, espectro electromagnético y estándares DOCSIS. En el segundo capítulo se estudió la planta externa, su arquitectura y cuán importante es conocer sus componentes y cómo podrían afectar en la prestación de los servicios.

En el capítulo 3 se trató la parte del abonado, incluyendo su acometida, distribuciones internas, componentes y niveles óptimos de operación. La práctica de la teoría de los capítulos anteriores se abordó en el capítulo 4, en donde se aplican dichos conceptos para establecer los mejores procedimientos de mantenimiento a los servicios multimedia de la red HFC del lado del cliente.





# OBJETIVOS

## General

Optimizar tanto los tiempos como la calidad de atención en las incidencias de servicio multimedia en la tecnología HFC, a través de la elaboración y entrega de procedimientos técnicos al área operativa de Claro. Estos procedimientos estarán diseñados con el propósito de lograr mejoras sustanciales en la resolución de fallos de servicio multimedia en la mencionada tecnología.

## Específicos

1. Identificar los escenarios con los índices más altos de incidencia y reincidencia en las fallas reportadas.
2. Facilitar una comprensión integral al área operativa sobre las funciones desempeñadas por cada área y componente de la red en la tecnología HFC.
3. Crear documentación de diversos escenarios de fallas y sus correspondientes soluciones, con el propósito de proporcionar al personal recién incorporado (técnicos y supervisores) un recurso integral para consulta.



## INTRODUCCIÓN

En Guatemala hay diferentes empresas de telecomunicaciones que se dedican a la prestación de servicios multimedia, siendo uno de los aspectos diferenciables entre las empresas la atención pronta y el brindar buen servicio, dando soluciones que permitan que dichos servicios se encuentren estables y dentro de los parámetros de calidad correspondientes.

Entre los servicios más demandados e indispensables actualmente se encuentra el Internet. Hoy en día resulta imprescindible contar con dicho servicio, debido a su gran utilidad para realizar actividades tanto personales como laborales y, debido a esto, es necesario que dicho servicio sea estable, constante y de calidad.

Con este proyecto se pretende beneficiar a la empresa en donde se está ejecutando, para que sus índices de incidencia y reincidencia mejoren considerablemente, y el personal del área técnica cuente con mejor conocimiento para la atención en menor tiempo de los clientes que requieran de su apoyo en sus domicilios y/o empresas.



# **1. ESTRUCTURA DE UN VIDEO HUB Y ESTÁNDARES DOCSIS**

## **1.1. Estructura de un Video Hub**

El primer tema que es necesario abordar es el detalle de la estructura de un Video Hub, para lo cual se estudian los subtemas que a continuación se presentan.

### **1.1.1. Recepción de señales**

Proceso que se da en el *head end* o cabecera, el cual es un cuarto diseñado para la recepción de señales de televisión (por medio de enlaces satelitales, terrestres y microondas) y equipos para redes HFC (Internet). Tiene la principal ventaja de centralizar todas las señales de la red, distribuye y alimenta los HUB. Cada señal que llega a la cabecera es combinada, procesada y modulada.

### **1.1.2. Moduladores**

Dispositivos electrónicos que varían la forma de onda de una señal de acuerdo a una técnica específica, para poder ser enviada por medio de un canal de transmisión. Su funcionalidad es poder juntar las señales de banda base (audio y video), voz e Internet por medio de una portadora, la cual llevará su ubicación dentro del espectro electromagnético (Fusario, 1996).

### 1.1.3. Combinadores

Un combinador de radiofrecuencia es un dispositivo que combina múltiples frecuencias de diferentes fuentes (entrada) hacia un solo medio compartido (salida) (Fusario, 1996).

### 1.1.4. Multiplexores

Utilizados para mezclar las señales de los moduladores para transmitir las a través de un solo medio, dependiendo de la cantidad de canales así será la cantidad de multiplexores a utilizar dentro de la cabecera (Fusario, 1996).

#### Figura 1.

*Diagrama a bloques simplificado de un Video Hub*



*Nota.* Se presenta el diagrama de un Video Hub por bloques. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

## 1.2. Estándares DOCSIS

El segundo tema que se presenta en este primer capítulo del trabajo aborda todo lo relacionado con los estándares DOCSIS.

### 1.2.1. Estándares DOCSIS

DOCSIS son las siglas de *Data Over Cable Service Interface Specification*, que significa especificación de interfaz de servicios de datos por cable. Estándar internacional, no comercial, que define los requerimientos de interfaz de soporte de comunicaciones y operaciones para los sistemas de datos por cable, lo cual permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema CATV sobre una interface híbrida, fibra-coaxial (HFC) existente. El estándar DOCSIS abarca todos los elementos de la infraestructura de un cable módem, desde el equipo local del cliente hasta el equipo terminal en la cabecera del operador (Cable Labs, 2013).

Este estándar detalla muchas de las funciones básicas del cable módem, incluyendo cómo las frecuencias son moduladas en el cable coaxial, cómo el módem debe conectarse en la red con el CMTS y cómo la encriptación es iniciada. Esto es llamado proceso de aprovisionamiento y se detalla en un capítulo posterior.

Las características principales de versiones de DOCSIS se detallan a continuación:

- DOCSIS 1.0: especificación base, no soporta especificaciones de calidad de servicio, usa el servicio de mejor esfuerzo.
- DOCSIS 1.1: establece QoS para los servicios sensibles al retardo, fragmentación, concatenación, supresión de encabezamiento y aprovisionamiento seguro.
- DOCSIS 2.0: tiene soporte para servicios simétricos y servicios punto a punto, servicios IP multicast, mayor inmunidad al ruido y a la interferencia,



agrega nuevas modulaciones que permiten aumentar la capacidad de transmisión.

- DOCSIS 3.0: soporte para IPV6 y permite la agregación de canales (*channel bonding*) para alcanzar mayores velocidades.
- DOCSIS 3.1: pretende alcanzar los niveles de rendimiento de LAN.

En las siguientes tablas se aprecian los esquemas de modulación y las tasas de transmisión alcanzadas por los estándares DOCSIS.

**Tabla 1.**

*Esquemas de modulación y tasas de transmisión de DOCSIS 1.x*

Enlace	Modulación	Rango de frecuencias (MHz)	Ancho de banda del canal (MHz)	Tasa total de transmisión (Mbps)	Tasa nominal de transmisión (Mbps)
Descendente	256 - QAM	88 - 860	6	42.88	38
	64 - QAM	88 - 860	6	30.31	27
Ascendente (retorno)	16 - QAM	5 - 42	0.2	0.64	0.6
			0.4	1.28	1.2
			0.8	2.56	2.3
			1.6	5.12	4.6
			3.2	10.24	9
	QPSK	5 - 42	0.2	0.32	0.3
			0.4	0.64	0.6
			0.8	1.28	1.2
			1.6	2.56	2.03
			3.2	5.12	4.6

*Nota.* Se presentan en esta tabla la modulación y tasas de transmisión DOCSIS 1.x. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

**Tabla 2.**

*Esquemas de modulación y tasas de transmisión de DOCSIS 2.0*

<b>Enlace</b>	<b>Modulación</b>	<b>Ancho de banda del canal (MHz)</b>	<b>Tasa total de transmisión (Mbps)</b>
Descendente	256 - QAM	6	42.88
	64 - QAM	6	30.31
Ascendente (retorno)	32 - QAM	3.2	12.8
	64 - QAM	3.2	15.36
	16 - QAM	6.4	20.48
	32 - QAM	6.4	25.6
	64 - QAM	6.4	30.72
	128 - QAM	6.4	35.84

*Nota.* Se presentan en esta tabla la modulación y tasas de transmisión DOCSIS 2.0. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Se usan las mismas modulaciones y anchos de banda, al igual que en DOCSIS 3.0, solo que en este caso se añade la metodología de agregación de canales incrementando la velocidad (Cable Labs, 2013).

**Tabla 3.**

*Tasas de transmisión de DOCSIS 3.0 usando la metodología de agregación de canales (channel bonding)*

COINFIGURACIÓN DE CANALES		Tasa de	Tasa de
# Canales DS	# Canales US	transmisión DS (Mbps)	transmisión US (Mbps)
4	4	171.52	122.88
8	4	343.04	122.88

*Nota.* Transmisión de DOCSIS 3.0 con agregación de canales. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

En la tabla 3 se puede apreciar el incremento de velocidades debido al incremento de canales, el número de canales está limitado a las restricciones del *hardware* y a la cantidad del ancho de banda disponible en cada dirección.

Para el caso de la tabla 3, los valores mostrados son específicos de las modulaciones de mayor orden para cada dirección, usando en *downstream* 256 QAM, una tasa de transmisión de 42.88 Mbps por canal y en *upstream* una velocidad de 30.42 Mbps para una modulación de 64 QAM.

La metodología de agregación de canales (*channel bonding*) en DOCSIS 3.0 mejora el rendimiento en la transmisión de datos de la red HFC, su importancia es la alta capacidad de transmisión y agrupa canales de radiofrecuencias múltiples en un solo canal virtual, ofreciendo más ancho de banda a un cable módem DOCCIS 3.0 (Cable Labs, 2013).

En las versiones anteriores de DOCSIS para transportar datos se usaba un solo canal en ambos sentidos, este método permite utilizar múltiples canales simultáneamente, tanto de *upstream* como de *downstream*, logrando así transferencias de datos superiores a 120 Mbps.

### **1.2.2. Modulación QAM**

La modulación es un proceso en el que se adaptan la amplitud, la fase y la frecuencia de una señal portadora, de acuerdo a la señal que contiene la información (moduladora). Si se varía simultáneamente la amplitud y la fase en un modulador digital, el sistema recibiría el nombre de *Quadrature Amplitude Modulation* (QAM) (Fusario, 1996).

La modulación de amplitud en cuadratura o QAM es una técnica que codifica los datos mediante un mapa de símbolo, la información está contenida tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida.

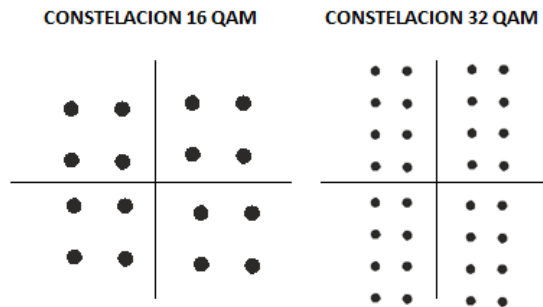
Mientras el nivel de QAM aumenta, existe un incremento en la velocidad de transmisión de los datos. Las técnicas de modulación usadas en el sentido ascendente son más robustas que en el descendente, esto se debe a la mayor presencia de ruido en el canal de retorno (Tabú y Schilling, 1986).

En el canal descendente para este caso se utiliza modulación de 256 QAM y para el canal ascendente modulación 64 QAM.

Los diagramas de constelación para QAM muestran las diferentes posiciones para los estados dentro de diferentes formas de QAM. Cuando el orden de modulación aumenta, también lo hace el número de puntos en el diagrama de constelación.

**Figura 2.**

*Diagrama de constelación para 16 y 32 QAM*



*Nota.* Diagrama de constelación para 16 y 32 QAM. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word y Paint.

**Tabla 4.**

*Número de bits por orden de modulación*

<b>MODULACIÓN</b>	<b>N.º DE BITS</b>
64 QAM	6
256 QAM	8
1024 QAM	10
2048 QAM	11
4096 QAM	12

*Nota.* Número de bits por orden de modulación. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

### 1.2.3. Espectro electromagnético

Conjunto de frecuencias utilizadas para transmitir información por vía radioeléctrica que se reparte en los distintos servicios de telecomunicaciones (telefonía móvil, televisión, navegación, área, entre otros), ordenadas según su frecuencia y longitud de onda (Tabú y Schilling, 1986).

En este caso en particular el espectro por medio de cable coaxial va de 0 hasta 1 GHz y se clasifica de la manera siguiente:

**Tabla 5.**

*Clasificación de espectro de frecuencias*

DIVISIÓN DE FRECUENCIAS DE CANALES DESCENDENTES		
CLASIFICACIÓN	CANALES	FRECUENCIA MHz
BANDA BAJA	2 - 6	55 - 88
BANDA ALTA	7 - 13	175 - 216
BANDA MEDIA	14 - 22	121 - 174
	95 - 99	91 - 120
SÚPER BANDA	23 - 36	216 - 300
HYPER BANDA	37 - 62	300 - 456
ULTRA BANDA	63 - 158	457 - 1002

*Nota.* Clasificación de espectro de frecuencias. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

#### 1.2.4. Plan de canales

Debido al crecimiento en la demanda de ancho de banda para servicios de Internet y lograr tener mayores velocidades de navegación, se hace necesaria la implementación de más portadoras DOCSIS, para lo cual es necesario la reordenación del espectro y el contenido en cada canal. Se hace referencia al contenido 100 % digital con cinco portadoras de retorno QAM con Split N y portadoras OFDMA.

**Tabla 6.**

*Plan de canales 100 % digital*

<b>CANALES DESCENDENTES DIGITALES</b>		
<b>CONTENIDO</b>	<b>CANAL</b>	<b>FREC (MHz)</b>
Frecuencia piloto	97	105
PATHTRAK	98	111
OM STB	99	116.25
PATHTRAK	14	123
DOCSIS 3.1 96 MHz	11 - 35	198 - 294
48 DOCSIS 3.0 SC	36 - 83	297 - 579
TV SD	92 - 114	633 - 735
LIBRE	115 - 130	741 - 831
TV HD	131 - 138	837 - 879
LIBRE	139 - 157	885 - 993
Frecuencia piloto	158	999

*Nota.* Plan de canales 100 % digital. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

**Tabla 7.**

*Clasificación de frecuencias de retorno*

<b>CONTENIDO Y FRECUENCIAS DE RETORNO</b>
---

<b>CONTENIDO</b>	<b>FREC (MHz)</b>
MONITOREO	7.5 - 12
ARPD	15.596 - 15.98
DOCSIS 3.0	26 - 51.7
DOSCIS 3.1	67.5

*Nota.* En esta tabla se observa la clasificación de frecuencias de retorno. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.





## 2. ARQUITECTURA DE PLANTA EXTERNA

### 2.1. Diagrama de planta externa

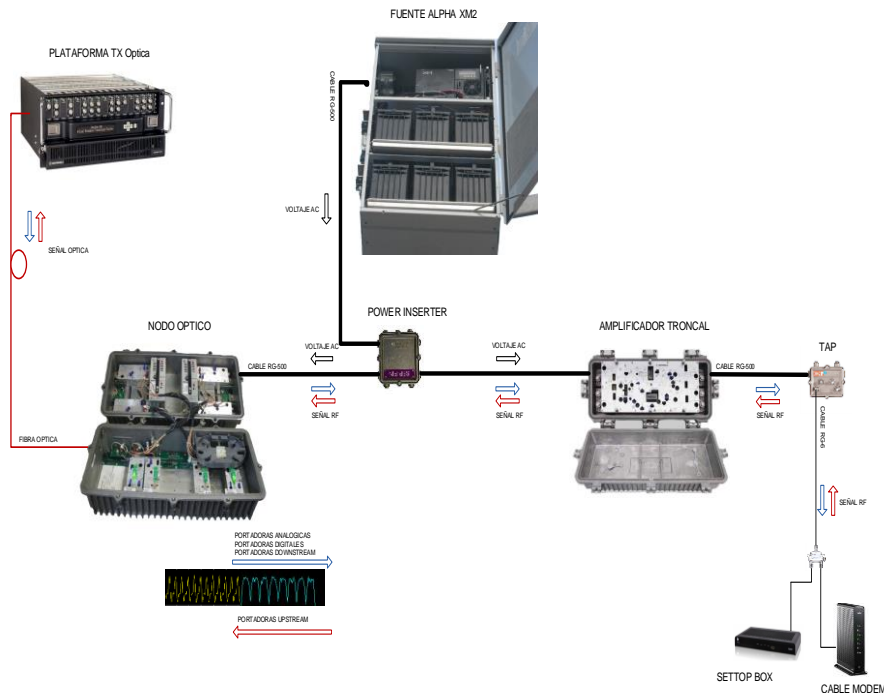
La planta externa recibe de la cabecera o Video Hub la señal por medio de un transmisor óptico directamente al nodo, el cual convierte la señal óptica a señal de radiofrecuencia. Esta señal posteriormente se divide en la red troncal y la red de distribución por medio de cable coaxial RG-500 y, de acuerdo a la necesidad, es amplificada, y llega a los TAPS en donde se toma para realizar las instalaciones a los abonados.

Los componentes de la red en planta externa son:

- Nodo óptico
- Amplificadores
- Fuente de poder
- Cable RG500
- *Power insert*
- *Taps*
- Coplas

**Figura 3.**

*Diagrama de planta externa en una red HFC*



*Nota.* En este caso se ilustra la planta externa en una red HFC. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

### 2.1.1. Conceptos básicos

Decibel (dB) es un término utilizado en el ámbito de las telecomunicaciones, la electricidad y la acústica, el decibel expresa el vínculo existente entre una cierta magnitud y otra magnitud de referencia, suele emplearse como magnitud de referencia el umbral más bajo de percepción en el ser humano. El decibel es una expresión logarítmica, por lo cual no es lineal y también es adimensional y escalar. Los decibeleles son muy usados debido a que la señal en dB puede ser fácilmente sumada y restada (Millman, 1984).

La ganancia de potencia  $G$  de un amplificador es la razón entre la potencia de salida y la potencia de entrada:

$$G = P_2 / P_1$$

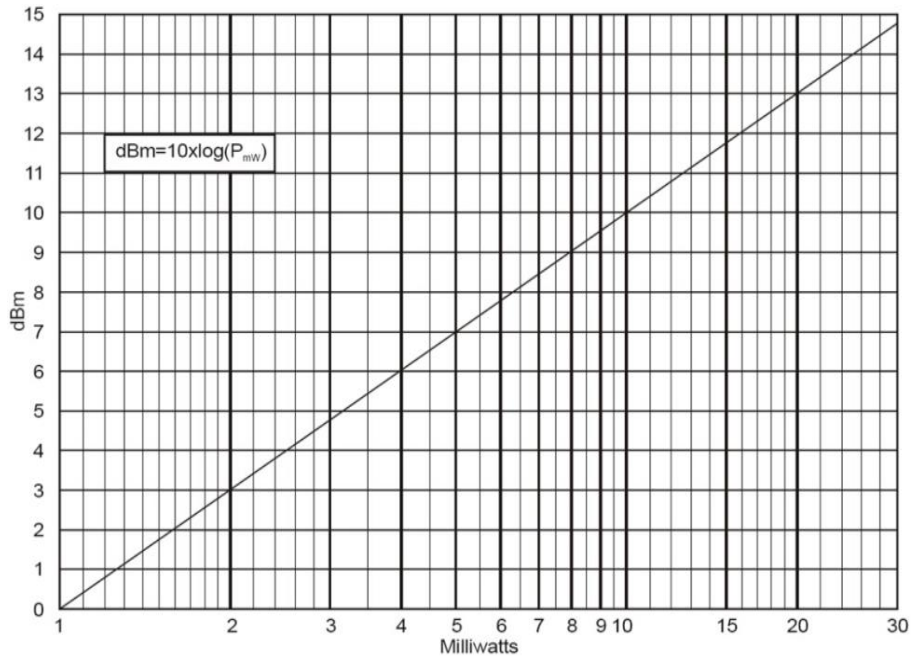
La ganancia de potencia en decibeles se define como:

$$G \text{ (dB)} = 10 \times \log (G)$$

Por ejemplo, si la potencia de salida es de 12.5 W y la potencia de entrada es de 01 W, la ganancia sería 12.5 W/01 W, lo que da un valor de 125, significa que la potencia de salida es 125 veces mayor de entrada, por lo tanto, la  $G(\text{dB})$  es igual a  $10 \times \log (125)$  con un valor de 21 dB. Cuando la ganancia de potencia es menor que la unidad, existe una pérdida de potencia llamada atenuación y la ganancia de potencia es negativa.

#### Figura 4.

*Decibeles versus razones de potencia, impedancia de 75 Ohms*



*Nota.* Se grafican los decibeles versus las razones de potencia. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Como se podrá observar, 3 dB equivale a una relación del doble entre las potencias, 6 dB es cuatro veces. Cuando el valor en dB es cero, indica que la relación de potencial es 1, o sea la potencia de salida es igual a la entrada. La impedancia de 75 ohmios es un estándar internacional para cables coaxiales.

El efecto Skin es uno de los fenómenos más comunes en las líneas de transmisión, también se le conoce como efecto peculiar o efecto Kelvin. Solo se da en corriente alterna, consiste en que la densidad de corriente se da principalmente por el exterior del conductor, en corriente continua la densidad de corriente es similar en todo el conductor. Cuando se aumenta la tensión o

frecuencia se produce un incremento del campo magnético en la zona central del conductor, este dificulta el desplazamiento de los portadores por dicha zona, haciendo aumentar la densidad de corriente en la zona superficial del conductor. Mientras más alta es la tensión o frecuencia, el efecto es más visible (Hayt, 1991).

Se consideran ruido todas las señales que perturban la transmisión en los sistemas de telecomunicaciones, y que disminuyen el rendimiento de los sistemas y sobre los cuales no se tiene un control completo (Fusario, 1996).

Los principales ruidos e interferencias que se puede encontrar dentro de una red HFC son los siguientes:

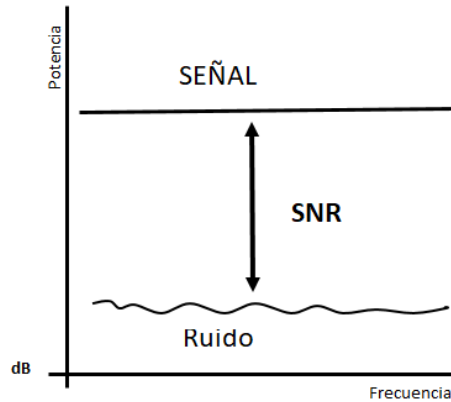
- Ruido de ingreso (*ingress*)
- Ingreso de armónicos
- Ruido térmico
- Distorsión común de la trayectoria.

El canal de retorno es más propenso a interferencias debido al rango de frecuencias en que trabaja.

SNR (*Signal to Noise Ratio*) se define como la proporción existente entre la potencia de salida de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe. En otras palabras, es el nivel que tiene la señal sobre el ruido, se busca tan alto como sea posible.

## Figura 5.

*Relación de señal a ruido*

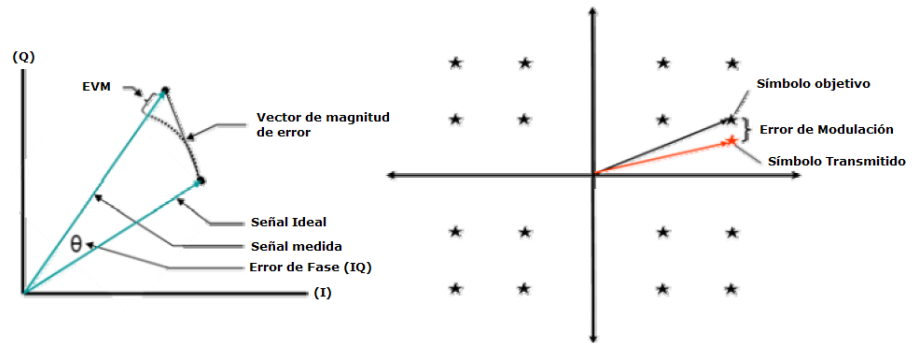


*Nota.* Se ilustra la relación de la señal y el ruido. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word y Paint.

MER (*Modulación Error Rate*) indica principalmente los errores en la modulación de una señal, es una medida que da noticia de qué tan cerca se encuentra la señal de ser degradada (Fusario, 1996).

## Figura 6.

### Constelación con error de modulación



*Nota.* Constelación con error de modulación. Elaboración propia, realizado con Microsoft Excel y Paint.

BER (*Bit Error Ratio*) es la cantidad de bits recibidos con errores dividida por la cantidad total de bits recibidos, durante un tiempo dado. Se traduce al español como tasa de error de bits. El BER da una indicación de cuando un paquete u otra unidad de datos tienen que ser retransmitidos por un error. Un BER muy alto puede indicar una velocidad menor en el tiempo de transmisión para una determinada cantidad de datos, ya que un BER más bajo reduciría la cantidad de paquetes que deben ser transmitidos. El BER normalmente es expresado como 10 elevado a una potencia negativa (Fusario, 1996).

FEC (*Forward Error Correction*) es un tipo de mecanismo de corrección de errores que permite su corrección en el receptor sin retransmisión de la información original (Fusario, 1996).

PreBER y PostBER se refiere a la medición de BER antes y después de FEC.

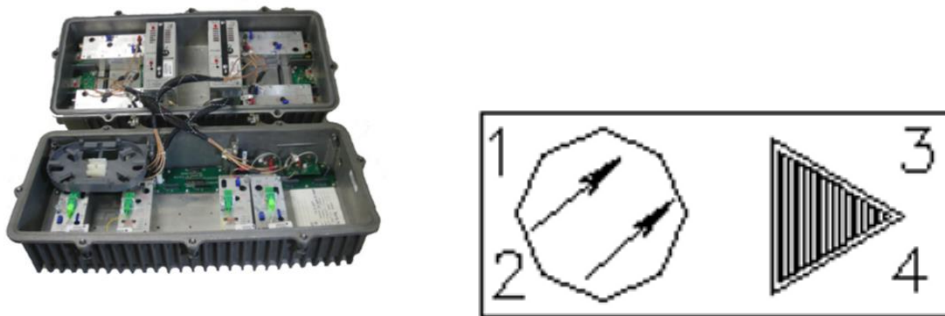


### 2.1.2. Elementos activos

En el caso del nodo, su función es recibir señal óptica proveniente del Video Hub y convertirla en una señal RF que es transmitida hacia la red troncal en cable coaxial.

#### Figura 7.

*Nodo físico y su representación*



*Nota.* Nodo físico y su representación. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

Los amplificadores de RF (troncales) son utilizados para mantener la ganancia unitaria del sistema de distribución, y compensan las pérdidas de señal en la red ocasionadas por el cable coaxial y los elementos pasivos en la red. También cumplen la labor de ecualizar, es decir entregar una pendiente adecuada para compensar las pérdidas en altas frecuencias del cable coaxial.

**Figura 8.**

*Amplificador y sus representaciones*

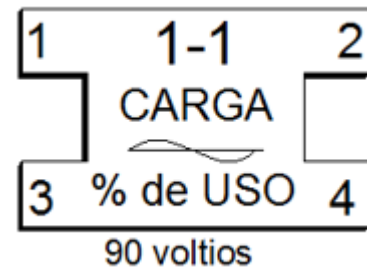


*Nota.* Se ilustra el amplificador y sus representaciones. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

La fuente de poder es el elemento activo de la red que tiene como objetivo convertir los 120 VAC de la red de energía en 90 VAC para alimentar los equipos activos descritos anteriormente (nodo y amplificadores) en la red HFC. Tiene un banco de baterías como respaldo que entra en funcionamiento en caso de falla en la energía comercial.

**Figura 9.**

*Fuente de poder y su representación*



*Nota.* Se ilustra la fuente de poder y sus representaciones. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

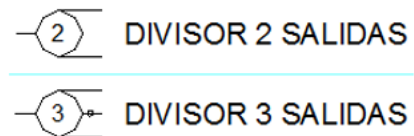
### 2.1.3. Elementos pasivos

Son todos los elementos de la red que no requieren energía comercial para su funcionamiento.

Los *splitter* dividen la señal de radiofrecuencia en dos o más salidas y son bidireccionales. En la red troncal los hay de 2 y 3 salidas.

#### Figura 10.

*Splitters y su representación*

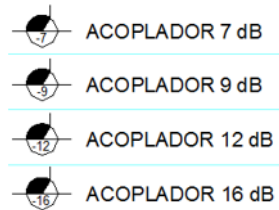


*Nota.* Se ilustran los *splitters* y su representación. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

Las coplas dividen la señal de radiofrecuencia en dos salidas desbalanceadas y son bidireccionales, las hay de 2 salidas.

## Figura 11.

### *Coplas y su representación*

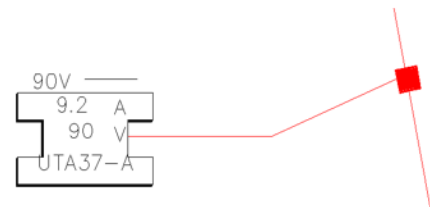


*Nota.* Se ilustran las coplas y su representación. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

*Power Insert* tiene la función de tomar la alimentación eléctrica proveniente de la fuente y suministrarla por medio de cable coaxial al nodo o amplificador.

## Figura 12.

### *Power insert y su representación*

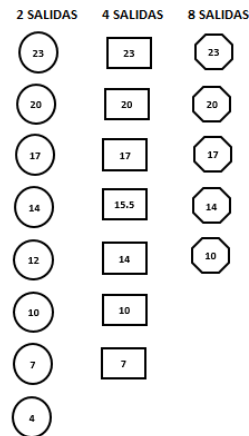


*Nota.* Se ilustra el *Power insert* y su representación. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

Los TAPS son una combinación de un acoplador direccional y un divisor. Son los puntos terminales en donde se conectan las acometidas de los usuarios. Se utilizan de 2, 4 y 8 salidas.

**Figura 13.**

*TAP y su representación*

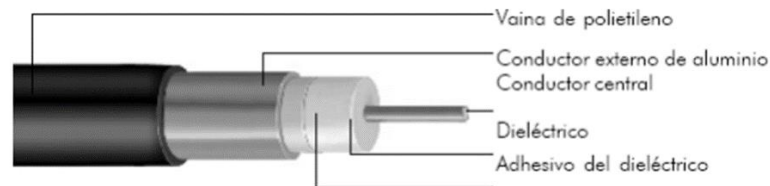


*Nota.* Se ilustra el TAP y su representación. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

El cable coaxial RG-500 es el cable usado para red troncal y distribución por su poca atenuación a largas distancias. Es un medio de transmisión compuesto por los siguientes elementos: un conductor central, dieléctrico, blindaje y chaqueta. Puede ser usado para transmitir señales análogas y digitales, se llama coaxial porque el conductor central y la malla externa tienen un eje común. Entre sus características está un diámetro de conductor central de 2.77 mm, impedancia de 75 ohmios y diámetro nominal del dieléctrico de 11.43 mm. Las siglas RG significan *radio guide* (guía de radio) (Hayt, 1991).

## Figura 14.

### Cable coaxial RG-500



*Nota.* Ilustración del cable coaxial RG-500. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

#### 2.1.4. Consideraciones en el retorno

Es importante tener en cuenta la ecualización en el retorno, ya que esta trae los beneficios siguientes:

- Reduce los efectos de ingreso de ruido a la red
- Los taps de bajo valor permiten los mayores aportes en el ruido
- Permite que los cables módem operen en su óptimo nivel de salida
- El 80 % de ingreso a la red ocurre en las acometidas

Para determinar el nivel apropiado del transmisor para cada cable módem y asegurar que las señales llegarán al amplificador en el nivel apropiado es necesario comprender el AGC (control automático de ganancia). Esto se refiere al proceso de ajuste de los niveles de señal originada en el cable módem a través de las instrucciones del demodulador en el CMTS (Cable Labs, 2013). Si este nivel es incorrecto, es enviado un comando por *forward* a través de la planta externa hasta el cable módem pidiendo incrementar o disminuir su nivel. Para hacer esos ajustes el CMTS se asegura que todas las señales de planta externa llegarán al demodulador en el mismo nivel dentro de algún límite preciso.

### 2.1.5. Calibración de la red

Aunque es una tarea específica del área de mantenimiento de la red troncal, es importante tener conocimiento de los conceptos siguientes:

- PAD o atenuador: es usado para balancear el amplificador para obtener siempre ganancia unitaria y limitar el nivel de entrada al primer híbrido.
- Ecuador: es usado para compensar la respuesta de frecuencia del cable coaxial a la llegada del amplificador. Los hay para el *forward* y el retorno.

#### Figura 15.

Atenuador, ecualizador de *forward* y retorno



*Nota.* Atenuador, ecualizar de *forward* y retorno ilustrados. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

- Pendientes de amplificadores: son el resultado de diferencia de amplitud entre las señales transmitidas en el *forward*, entre la frecuencia de los canales más bajo y la frecuencia más alta.

Dicha pendiente puede ser positiva o negativa. Es positiva cuando la amplitud del canal más alto es mayor a la amplitud del canal más bajo y negativa cuando la amplitud del canal más alto es menor a la amplitud del canal más bajo.

#### **2.1.6. Nomenclatura de red**

Se tiene como objetivo principal identificar en campo de qué equipos provienen los servicios a instalar en los domicilios de los abonados.

Por ejemplo: el Video Hub (VGU, LOU, AMA, ETC), nodo (identificado con solo números o bien números y letras), fuente de alimentación (dependiendo de la cantidad de fuentes utilizadas puede ser A, B o C), amplificador y TAP (se enumeran de acuerdo a las salidas del amplificador de que provienen: 101, 202, 301 y 401 enumerados de acuerdo a la totalidad de TAPS en la cascada). Punto muy importante es aclarar que esta nomenclatura no identifica segmentaciones lógicas realizadas en los nodos.

Ejemplo de codificación:

VGU 01 A 124 205

Las tres primeras letras describen el Video Hub, los dos dígitos siguientes el nodo, los siguientes tres dígitos describen el amplificador y su tipo, los últimos tres el TAP de donde se tomará la señal para la instalación correspondiente.





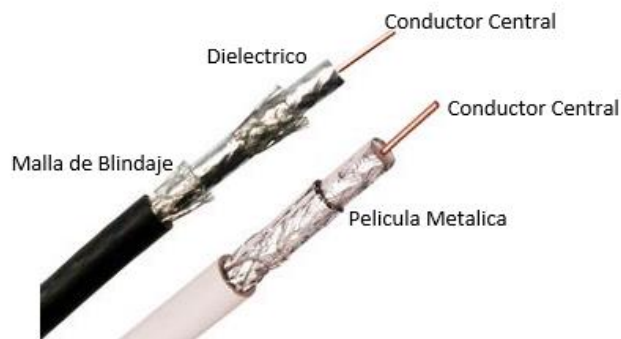
### 3. ELEMENTOS DE DISTRIBUCIÓN DE SEÑAL Y NIVELES DE OPERACIÓN

#### 3.1. Características del cable RG-6

La acometida es el último tramo de la red HFC, se conecta a la red de distribución en el TAP y llega hasta el domicilio de los usuarios. Este tramo de cable se realiza por medio de cable coaxial RG 6.

#### Figura 16.

*Partes de un cable coaxial*



*Nota.* Ilustración de las partes de un cable coaxial. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

Factor principal a tener siempre en mente son las pérdidas que tiene el cable RG-6 en las diferentes frecuencias que opera.

**Tabla 8.**

*Pérdidas en el cable RG-6 en dB por cada 100 metros*

Atenuación dB / 100 m			
Frecuencia MHz	Valor máximo	Frecuencia MHz	Valor máximo
5	2.66	400	14.11
55	5.25	450	15.03
211	10.1	500	15.93
250	11.25	550	16.7
270	11.48	600	17.77
300	12.14	750	19.69
330	12.76	870	21.33
350	13.15	1000	22.97

*Nota.* Pérdidas en el cable RG-6 en Db por cada 100 metros. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

### **3.2. Características de accesorios RG-6**

Son utilizados para la distribución de la señal dentro de la casa del cliente. Ejemplo de estos accesorios son los TAP o coplas, *splitters*, atenuadores, filtros pasa banda, todos en sus diferentes presentaciones. Además, como protección contra la humedad están los sellos o protectores de humedad y trampas terminadoras de 75 ohmios para evitar ingreso de ruido a la red. TAP o coplas son accesorios de conexión y distribución interna en la casa del usuario, cuentan con una salida para que continúe la señal (pérdida por inserción) y otra que sirve para derivación (pérdida específica según el valor de cada copla). En la actualidad se utilizan coplas de valor de pérdida de 6 y 9 dB.

**Figura 17.**

*TAP o copla RG-6*



*Nota.* Ilustración de TAP y copla RG-6. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

**Tabla 9.**

*Pérdidas por inserción de TAPS o coplas*

<b>Pérdida según frecuencia</b>	<b>TAP de 6</b>	<b>TAP de 9</b>
5 - 15 MHz	<b>2.1</b>	<b>1.3</b>
16 - 42 MHz	<b>1.9</b>	<b>1.3</b>
43 - 65 MHz	<b>1.9</b>	<b>1.3</b>
66 - 250 MHz	<b>1.9</b>	<b>1.8</b>
251 - 450 MHz	<b>2.2</b>	<b>1.8</b>
451 - 550 MHz	<b>2.2</b>	<b>1.8</b>
551 - 750 MHz	<b>2.2</b>	<b>2.3</b>
751 - 860 MHz	<b>2.2</b>	<b>2.3</b>
861 - 1000 MHz	<b>2.2</b>	<b>2.4</b>

*Nota.* Pérdidas por inserción de TAPS o coplas. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

El *splitter* es usado para dividir la señal de entrada en dos o más señales de salida, se utilizan actualmente de 2, 3 y 4 salidas, por lo regular de salidas desbalanceadas (diferente valor en cada salida).

**Figura 18.**

*Splitters RG-6 de dos, tres y cuatro salidas*



*Nota.* Se ilustran las diferentes medidas de splitters. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

**Tabla 10.**

*Pérdidas en splitters de 2, 3 y 4 salidas*

<b>Pérdida según frecuencia</b>	<b>Splitter de 2 salidas</b>	<b>Splitter de 3 salidas desbalanceado</b>	<b>Splitter de 3 salidas balanceado</b>	<b>Splitter de 4 salidas</b>
5 - 15 MHz	3.3	3.4 / 7.0	5.6	7
16 - 42 MHz	3.3	3.4 / 6.9	5.5	6.9
43 - 65 MHz	3.3	3.4 / 6.9	5.5	6.9
66 - 250 MHz	3.4	3.4 / 6.9	5.6	6.9
251 - 450 MHz	3.4	3.5 / 7.0	5.7	6.8
451 - 550 MHz	3.5	3.5 / 7.0	5.7	6.9
551 - 750 MHz	3.6	3.6 / 7.2	5.9	7.1
751 - 860 MHz	3.7	3.6 / 7.3	6.2	7.3
861 - 1000 MHz	3.8	3.8 / 7.7	6.5	7.5

*Nota.* Pérdidas en splitters según diferentes salidas. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Filtros *hi pass*: su función principal es impedir el ingreso de ruido u otro tipo de frecuencia indeseable en la banda de retorno.

**Figura 19.**

*Filtro pasabanda, hi pass*



*Nota.* Ilustración del filtro pasabanda. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

La función de los atenuadores es disminuir la señal en potencia sin afectar la señal de transmisión, se utilizan actualmente valores de atenuación de 3 (etiqueta azul), 6 (etiqueta roja) y 9 dBs (etiqueta verde).

**Figura 20.**

*Atenuadores o simuladores con pérdida de 3, 6 y 9 Db*



*Nota.* Atenuadores o simuladores con diferentes medidas de pérdida. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

### 3.3. Características de funcionamiento del cable módem

El cable módem es el principal equipo terminal de la red HFC. Su función principal es transmitir paquetes IP de una forma transparente entre el CMTS y el usuario. Dentro de sus funciones están:

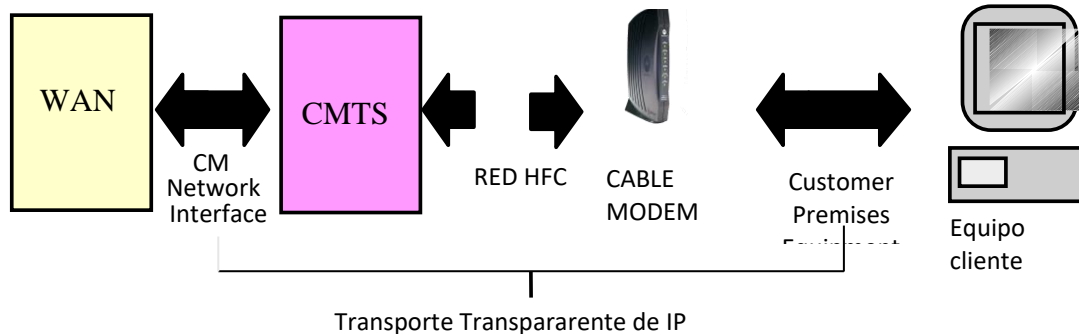
- Captar y transmitir señales de radio frecuencia
- Modula y demodula los datos
- Genera y verifica la información de control de errores (FEC)
- Encripta y desencripta la información
- Usa y respeta el protocolo MAC en el canal ascendente
- Realiza gestión y control de tránsito

El CMTS (*Cable Modem Terminal System*) tiene la función principal de hacer un puente entre la red HFC y la red IP. En este equipo se encuentran conectados todos los cables módem, con el avance tecnológico estos equipos hoy en día tienen funciones de ruteo y QoS. El flujo de datos entre los equipos es bidireccional, se conducen sobre las rutas conocidas como canal de subida (*upstream*) y canal de bajada (*downstream*) (Cable Labs, 2013).



**Figura 21.**

*Diagrama de bloques de comunicación entre el CMTS y el CM*



*Nota.* Se ilustra la comunicación entre el CMTS y el CM. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

El OSS (*Operation Support Services*), conocido más comúnmente como sistema de aprovisionamiento, provee la configuración al cable módem, por medio de servidores:

- DHCP
- TFTP
- DNS
- ToD

Flujo de aprovisionamiento de un cable módem: el aprovisionamiento de un cable módem consta de 6 pasos principalmente:

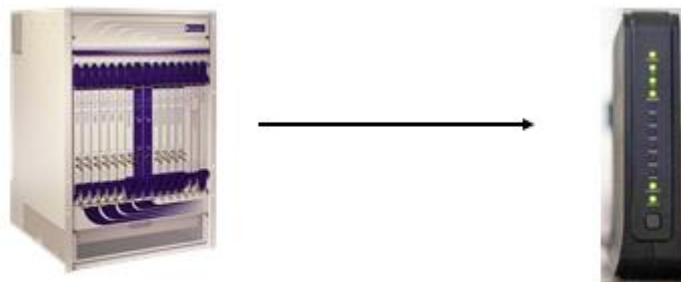
- *Tuning* o sintonización
- *Ranging*
- Conectividad

- Configuración
- Registro y
- Mantenimiento

En la etapa del *tuning* el CM barre toda la banda buscando un canal *downstream*, cuando encuentra una señal QAM se detiene e identifica si transporta información DOCSIS, de ser positiva la adquisición del canal se considera exitosa. También sintoniza con FEC y MPEG y la información de MAC se pasa a la siguiente capa (Cable Labs, 2013).

**Figura 22.**

*Etapa tuning en el aprovisionamiento*



El CM escucha el canal de Downstream

*Nota.* Etapa *tuning* en el aprovisionamiento. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

En esta etapa de aprovisionamiento el CM espera recibir tres mensajes MAC que el CMTS envía rápidamente en todos los canales *downstream*. El primer mensaje es el tiempo de sincronización (SYNC), que provee una referencia de tiempo común a todos los módems. El segundo mensaje es un descriptor del canal *upstream* (UCD), en donde se especifica la frecuencia de transmisión y modulación. El último mensaje es un mapa de asignación de

ancho de banda (MAP) que describe cuándo puede transmitir y por cuánto tiempo (Cable Labs, 2013).

En el *ranging* el módem transmite un mensaje al CMTS durante una ventana de mantenimiento definida en el MAP. El módem transmite su pedido de ajuste de *ranging* basado en su interpretación del SYNC y del MAP. El CMTS debe responder al CM, si después de un tiempo el CM no recibe respuesta pueden suceder dos cosas:

- Se produjo una colisión con otro CM
- El nivel de transmisión era muy bajo

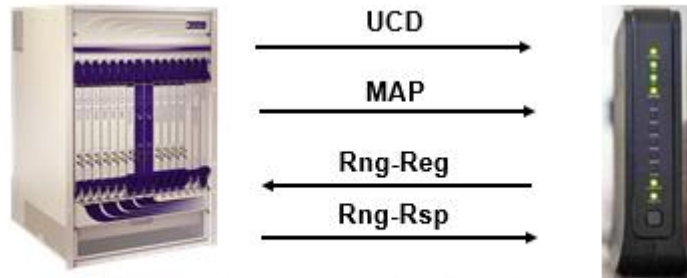
Si el CM no recibe respuesta de su pedido, deja pasar un número aleatorio de ventanas de mantenimiento y vuelve a transmitir con mayor nivel.

Cuando el CMTS recibe el pedido del CM, detecta desplazamiento dentro de la ventana de mantenimiento, la frecuencia de transmisión del CM y el nivel de señal en el puerto de *upstream*. Basado en esta información el CMTS determina las correcciones y se las envía al CM.

Una vez el CMTS recibe el pedido de mantenimiento, el resto del proceso de *ranging* se realiza utilizando mini tiempos sin que exista riesgo de colisiones. Al recibir la respuesta del CMTS, el módem ajusta sus parámetros y emite un segundo pedido de *ranging* (Cable Labs, 2013).

**Figura 23.**

*Etapa ranging de aprovisionamiento del CM*



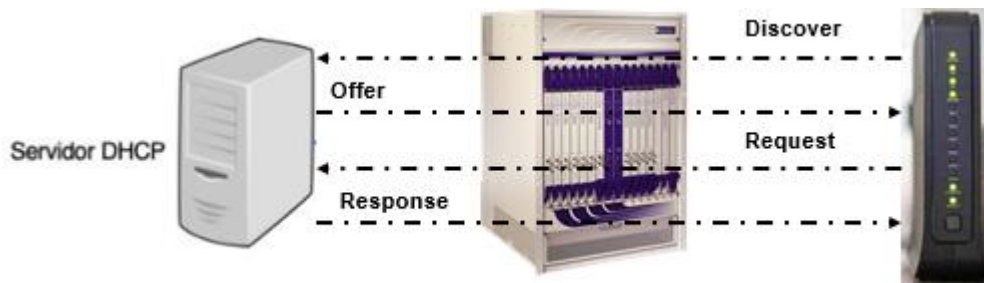
El CM ajusta sus niveles de potencia

*Nota.* Etapa ranging de aprovisionamiento del CM. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

En la conectividad el CM obtiene su IP a través de un proceso con el servidor DHCP, también obtiene su hora haciendo un *request* al ToD server.

**Figura 24.**

*Proceso de conectividad del CM*



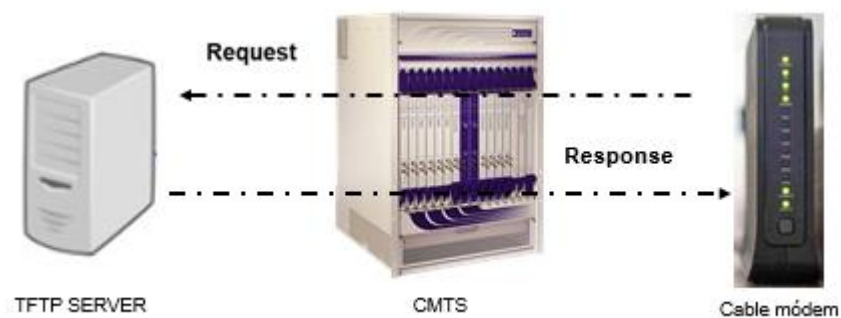
*Nota.* Proceso de conectividad del CM. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

En la configuración, el CM obtiene su archivo de configuración vía el servidor TFTP, acá el CM ya utiliza la IP que se le indicó en las opciones de DHCP. Para bajar el archivo de configuración utiliza el protocolo TFTP (*Trivial*

*File Transfer Protocol*). Este archivo de configuración lleva la información de ancho de banda de bajada y subida, así como todos los servicios asignados al CM.

### **Figura 25.**

*Proceso de configuración de CM*



*Nota.* Proceso de configuración de CM. Elaboración propia, realizado con Photoshop.

En el registro el CM se pondrá *on line*, solo hasta después de que se registre con el CMTS, en donde todos los parámetros de configuración adquiridos son aplicados.

En el mantenimiento, el CM mantiene comunicación periódica con el CMTS para ecualización y ajuste de niveles de potencia, cuando menos cada 30 segundos.

**Tabla 11.**

*Resumen de proceso de aprovisionamiento del CM*

<b>PROCESO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<i>TUNING</i>	El CM dentro del espectro ubica un canal de datos y sincroniza con QAM.
<i>RANGING</i>	El cable módem ajusta sus niveles de potencia.
CONECTIVIDAD	Se obtiene la IP del CM a través del servidor DHCP y su hora a través del servidor ToD.
CONFIGURACIÓN	Por medio del servidor TFTP el CM obtiene su archivo de configuración.
REGISTRO	El cable módem se pone en línea después de registrarse con el CMTS y validando los parámetros de configuración.
MANTENIMIENTO	Se mantiene una comunicación cuando menos cada 30 segundos entre el CM y el CMTS, ajustando niveles de potencia y otras validaciones correspondientes.

*Nota.* Resumen de aprovisionamiento del CM. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

### **3.4. Características de funcionamiento del *set top box***

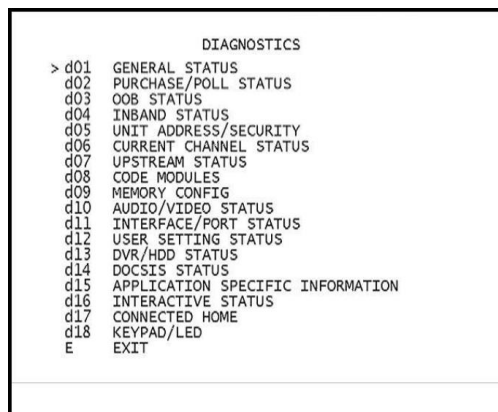
Los *set top box* (cajas digitales) son equipos que decodifican la señal de la televisión, algunos modelos permiten grabación de programas. El contenido HD únicamente se podrá disfrutar si tanto la STB como el televisor tienen la capacidad de decodificar y visualizar respectivamente dicho contenido. Para temas informativos, en este documento se tomarán como referencia las STB con menú oculto de modelo DCX-xxxx, y la información más relevante que pueda

ayudar a determinar con facilidad si los inconvenientes son en el equipo, o bien descartarlo para centrarse en la revisión de la distribución de señal dentro del domicilio del cliente.

El menú de diagnósticos sirve para acceder al menú de las STB y verificar opciones que pueden ayudar a determinar algún problema. Se ingresa presionado en el control remoto el botón apagar (debe estar encendido el STB) una vez, y dos veces del botón OK, que mostrará lo siguiente:

**Figura 26.**

*Menú de diagnóstico de set top box*



*Nota.* Diagnóstico del set top box. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Esta información se actualiza cada vez que se ingresa a dicho menú, mostrando información del estado del set top box. Para ingresar a cualquier opción se navega dentro del menú con las teclas de CH+ y CH-, para elegir la opción deseada presionamos la tecla OK, para ingresar al submenú correspondiente y analizar la información mostrada. A continuación se muestran los aspectos más relevantes para un diagnóstico efectivo:

**Figura 27.**

*Estado general del set top box*

```
GENERAL STATUS
ERROR:          EPO0  CONNECTED  DES
PLATFORM ID:    0x0812
MAPPED PLATFORMID: 0x0812
FAMILY ID:      0x001D
MODEL ID:        0xEC04
REMOD CHANNEL:  03
SETTOP LOCAL TIME: Nov 04 2010 14:20:15
DST ACTIVE:     NO
TIME ZONE:      GMT-05:00
DST ENTRY TIME: Apr 03 2011 07:00:00 GMT
DST EXIT TIME:  Oct 30 2011 06:00:00 GMT
CURRENT GPS TIME: Nov 04 2010 19:20:15
COUNTRY CODE:   USA, 1, UNITED STATES
TOTAL RUN TIME: 4H 50M
STANDBY TIME %: 1%
LOW POWER TIME %: 0%
```

*Nota.* Estado general del *set top box*. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

En cuanto al estado general, la información relevante a tener en cuenta es el tipo de error que muestra en la primera línea y el estado del STB conectado o desconectado, algunos de los errores que se pueden presentar son los siguientes:



**Tabla 12.**

*Descripción de errores, estado general*

<b>ERROR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>EP00</b>	Sin error.
EP01	No conectada.
EP03	Error de memoria DRAM.
EP04	Error de memoria SRAM.
EP07	Error en memoria ROM.
EP08	Error en test de memoria RAM.
EP09	Error en batería.
<b>EP11</b>	<i>Unit address</i> inválida.
EP12	Error de autocomprobación de encendido.
EP14	Error de inicio GITV.
EP15	Estructura TSI corrupta.
<b>EP18</b>	Error de inicialización del controlador.

*Nota.* Estado general de la descripción de errores. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

En cuanto al *out of band status* (OBB), este diagnóstico indica el estado del canal fuera de banda, dicha información se actualiza cada 5 segundos.

**Figura 28.**

*Estado del canal fuera de banda, OOB status*

```
OOB STATUS
OOB FREQUENCY: 075.25 MHz
CARRIER LOCK: YES
DATA: YES
EMM DATA: NO
SNR: 21.1 dB GOOD
AGC: 23 % GOOD
EMM PROVIDER ID: 0x0001
EMM PID: 0x1503
NETWORK PID: 0x0777
HUNT MODE: Hunted
LKC: 075.25 MHz
```

*Nota.* Estado del canal fuera de banda, *OOB status*. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

**Tabla 13.**

*Descripción de campos, estado OBB*

CAMPO	DESCRIPCIÓN
OOB frecuencia	Indica la frecuencia del canal fuera de banda, de 70 a 130 MHz.
<i>Carrier lock</i>	Indica si el receptor OBB está bloqueado para el operador.
Data	Indica si los datos están siendo transportados por el tráfico OOB y EMM.
EMM Data	Indica si los datos se transportan en el flujo OBB.

Continuación de la tabla 13.

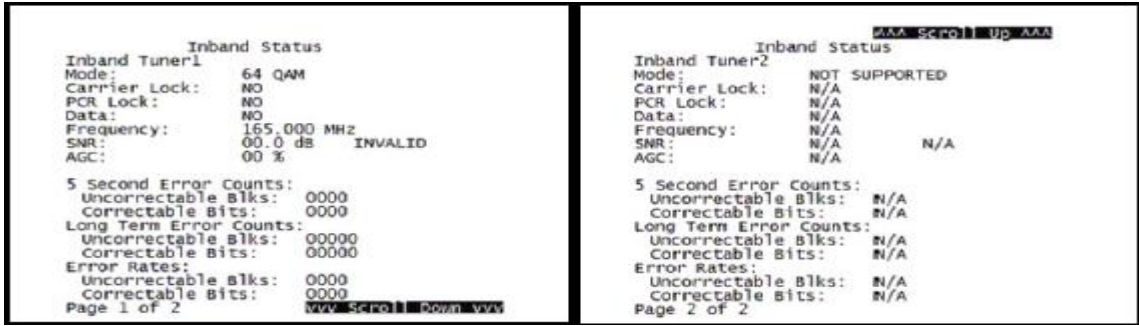
SNR / AGC	Cuando se sintoniza con la portadora da un estimado de la relación señal a ruido, de acuerdo a
	GOOD — Valor óptimo
	FAIR — Nivel de señal al margen, revisar señal
	POOR — Señal muy débil
LKC	INVALID — Valor de AGC no válido
	Muestra la última portadora reconocida, en este caso actual es 116.25 MHz. Este dato permanecerá en blanco hasta que se encuentre una portadora válida OOB.

*Nota.* Descripción de campos, estado OBB. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Se podrá elegir la frecuencia OBB manualmente dentro del menú OOB *status* y luego presionando la tecla menú, se habilita el campo LKC y con las teclas arriba y abajo se puede sintonizar la frecuencia deseada (116.25 MHz). Si presionando la tecla menú no se habilita ningún campo es indicación de que la *set top box* está en búsqueda automática de una frecuencia válida.

**Figura 29.**

*Diagnóstico in band status*



*Nota.* Diagnóstico *in band status*. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

*In band status* es el diagnóstico para el último canal sintonizado, dicha información se actualiza cada 5 segundos.

**Tabla 14.**

*Descripción de campos, diagnóstico in band status*

CAMPO	DESCRIPCIÓN
Mode	Muestra el tipo de modulación: 64 QAM 256 QAM
Frequency	Muestra la frecuencia del canal sintonizado.
Long Term Error Counts	Muestra errores corregibles e incorregibles, se actualiza cada 5 segundos y se reinicia cada 24 horas o bien cuando se apaga y se enciende el STB o se cambia de canal.

Continuación de la tabla 14.

<i>Error Rates</i>	Indica la tasa de error para errores corregibles e incorregibles, se actualiza cada 10 minutos y se reinicia cada vez que se cambia canal o se apaga y enciende el <i>set top box</i>
--------------------	---

*Nota.* Descripción de campos, diagnóstico *in band status*. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

### Figura 30.

*Unit address y número de serie*

```
UNIT ADDRESS
TVPC INSTALLED: NO
UNIT ADDRESS: 000-00703-52276-081

OOB ADDRESSES:
NETWORK: 000-00000-00000-000
MULTICAST 16 FOR: NET
                0x0000 0x0000
                0x0000 0x0000

SERIAL NO: M11240TDP558
MAC ADDRESSES:
DOCSIS: 7C BF B1 F8 1C 61
Ethernet: 90 B1 34 02 8E C8
1394: 00 00 00 00 00 00 00 00
USB: 90 B1 34 02 8E CA
Settop: 90 B1 34 02 8E C9
```

*Nota.* *Unit adress* y número de serie. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Esta opción permite visualizar y comparar los números de serie y *unit address* (valor único de dirección física) con la etiqueta física que llevan los equipos para proporcionar datos correctos al momento de envío de comandos al equipo.

### 3.5. Niveles de operación

Conocer los niveles de operación óptimos en cada etapa de la red es importante para garantizar que los servicios se están entregando de manera correcta en casa del cliente. Como técnicos multimedia se deben conocer los niveles que se entregan en el TAP 500 y los niveles adecuados para los STB y cable módem (Cable Labs, 2013). Son los siguientes:

Los niveles de operación en TAP 500 determinan la señal mínima requerida para instalar o reparar los servicios de clientes.

**Tabla 15.**

*Niveles de operación en TAPS y tipo de portadora por canal*

CANAL	FREC (MHz)	TAPS	CONTENIDO	CANAL	FREC(MHz)	TAPS	CONTENIDO
		Nivel mínimo (dB)				Nivel mínimo (dB)	
97	105	6.2	PILOTO	55	411	7.5	DOCSIS
36	297	7.0	DOCSIS	56	417	7.5	DOCSIS
37	303	7.0	DOCSIS	57	423	7.5	DOCSIS
38	309	7.1	DOCSIS	58	429	7.6	DOCSIS
39	315	7.1	DOCSIS	59	435	7.6	DOCSIS
40	321	7.1	DOCSIS	60	441	7.6	DOCSIS
41	327	7.1	DOCSIS	61	447	7.6	DOCSIS
42	333	7.2	DOCSIS	62	453	7.7	DOCSIS
43	339	7.2	DOCSIS	63	459	7.7	DOCSIS
44	345	7.2	DOCSIS	64	465	7.7	DOCSIS
45	351	7.2	DOCSIS	65	471	7.7	DOCSIS
46	357	7.3	DOCSIS	66	477	7.8	DOCSIS

Continuación de la tabla 15.

47	363	<b>7.3</b>	DOCSIS	67	483	<b>7.8</b>	DOCSIS
48	369	<b>7.3</b>	DOCSIS	68	489	<b>7.8</b>	DOCSIS
49	375	<b>7.3</b>	DOCSIS	69	495	<b>7.8</b>	DOCSIS
50	381	<b>7.4</b>	DOCSIS	70	501	<b>7.9</b>	DOCSIS
51	387	<b>7.4</b>	DOCSIS	71	507	<b>7.9</b>	DOCSIS
52	393	<b>7.4</b>	DOCSIS	72	513	<b>7.9</b>	DOCSIS
53	399	<b>7.4</b>	DOCSIS	73	519	<b>7.9</b>	DOCSIS
54	405	<b>7.5</b>	DOCSIS	74	525	<b>8.0</b>	DOCSIS
75	531	<b>8.0</b>	DOCSIS	124	795	<b>9.1</b>	DOCSIS
76	537	<b>8.0</b>	DOCSIS	125	801	<b>9.1</b>	DOCSIS
77	543	<b>8.0</b>	DOCSIS	126	807	<b>9.2</b>	DOCSIS
78	549	<b>8.1</b>	DOCSIS	127	813	<b>9.2</b>	DOCSIS
79	555	<b>8.1</b>	DOCSIS	128	819	<b>9.2</b>	DOCSIS
80	561	<b>8.1</b>	DOCSIS	129	825	<b>9.2</b>	DOCSIS
81	567	<b>8.1</b>	DOCSIS	130	831	<b>9.3</b>	DOCSIS
82	573	<b>8.2</b>	DOCSIS	131	837	<b>9.3</b>	HD
83	579	<b>8.2</b>	DOCSIS	132	843	<b>9.3</b>	HD
92	633	<b>8.4</b>	SD	133	849	<b>9.3</b>	HD
93	639	<b>8.4</b>	SD	134	855	<b>9.4</b>	HD
94	645	<b>8.5</b>	SD	135	861	<b>9.4</b>	HD
100	651	<b>8.5</b>	SD	136	867	<b>9.4</b>	HD
101	657	<b>8.5</b>	SD	137	873	<b>9.4</b>	HD
102	663	<b>8.6</b>	SD	138	879	<b>9.5</b>	HD
103	669	<b>8.6</b>	SD	139	885	<b>9.5</b>	LIBRE
104	675	<b>8.6</b>	SD	140	891	<b>9.5</b>	LIBRE
105	681	<b>8.6</b>	SD	141	897	<b>9.5</b>	DOCSIS
106	687	<b>8.7</b>	SD	142	903	<b>9.6</b>	DOCSIS
107	693	<b>8.7</b>	SD	143	909	<b>9.6</b>	DOCSIS
108	699	<b>8.7</b>	SD	144	915	<b>9.6</b>	DOCSIS

Continuación de la tabla 15.

109	705	<b>8.7</b>	SD		145	921	<b>9.6</b>	DOCSIS
110	711	<b>8.8</b>	SD		146	927	<b>9.7</b>	DOCSIS
111	717	<b>8.8</b>	SD		147	933	<b>9.7</b>	DOCSIS
112	723	<b>8.8</b>	SD		148	939	<b>9.7</b>	DOCSIS
113	729	<b>8.8</b>	SD		149	945	<b>9.7</b>	DOCSIS
114	735	<b>8.9</b>	SD		150	951	<b>9.8</b>	DOCSIS
115	741	<b>8.9</b>	DOCSIS		151	957	<b>9.8</b>	DOCSIS
116	747	<b>8.9</b>	DOCSIS		152	963	<b>9.8</b>	DOCSIS
117	753	<b>8.9</b>	DOCSIS		153	969	<b>9.8</b>	DOCSIS
118	759	<b>9.0</b>	DOCSIS		154	975	<b>9.9</b>	DOCSIS
119	765	<b>9.0</b>	DOCSIS		155	981	<b>9.9</b>	DOCSIS
120	771	<b>9.0</b>	DOCSIS		156	987	<b>9.9</b>	DOCSIS
121	777	<b>9.0</b>	DOCSIS		157	993	<b>9.9</b>	LIBRE
122	783	<b>9.1</b>	DOCSIS		158	999	<b>10.0</b>	PILOTO

*Nota.* Se presentan los niveles de operación en TAPS y tipo de portadora por canal. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Niveles de operación de cable módem son los que, de acuerdo a normas DOCSIS y diseño de la red, determinan el correcto funcionamiento del cable módem para recibir y enviar datos, incluida la telefonía. Los niveles a considerar son los siguientes:



**Tabla 16.**

*Niveles de operación de cable módem*

<b>Nivel</b>	<b><i>Upstream (TX)</i></b>	<b><i>Downstream (RX)</i></b>
Aceptable	Entre 40 y 50 dB inclusive	Entre -9 y 10 dB inclusive
Peligroso	Entre 39 y 40, entre 50 y 51 dB	Entre -9 y -10, entre 10 y 11 dB
Inaceptable	Menor que 39, mayor o igual a 51 dB	Mayo que 11 dB y menor que -10 dB
	<b><i>Upstream (SNR)</i></b>	<b><i>Downstream (SNR)</i></b>
Inaceptable	Menor a 27 dB	Menor a 33 dB
Aceptable	Mayor o igual a 27 dB	Mayor o igual a 33 dB

*Nota.* Niveles de operación de cable módem. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Los niveles de operación de cajas digitales (STB) básicamente se basan en dos parámetros importantes: el nivel de señal RX como mínimo debe ser mayor o igual a -15 dB y SNR mayor o igual a 33 dB, para no percibir ninguna afectación, principalmente en los canales HD.

## **4. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO**

### **4.1. Escenarios de falla y solución en servicios de Internet**

Se considera importante tomar la medición de los escenarios de falla y solución en los canales siguientes:

- Canal 36
- Canal 54
- Canal 74
- Canal 83
- Canal 115
- Canal 130
- Canal 141
- Canal 156

Los niveles y frecuencias para estos canales están dados en la tabla 15, adicional a la medición de SNR de subida y bajada, MER, preBER y postBER. En la siguiente tabla se muestran los escenarios y sus posibles soluciones, que en determinado momento pudieran complicar la labor del técnico en campo.

**Tabla 17.***Escenarios más comunes en fallas de Internet*

<b>Síntoma reportado</b>	<b>Proceso de solución</b>
No da las velocidades contratadas	Inicialmente se deben garantizar los niveles de señal tanto en el TAP como el punto en donde se instaló en el cable módem. Como se indica en las tablas 15 y 16, seguidamente se realizan pruebas de velocidad directamente en el cable módem, de no ser satisfactorias se valida con equipo de prueba y, de obtener los mismos resultados, se debe tomar la señal directa del TAP y levantar el cable módem. De obtener velocidades menores a la contratada por el cliente, se escala caso con el área de troncales de VOC para que realicen pruebas en el amplificador troncal, nodo y Video Hub y corrijan dicho inconveniente.
Inestabilidad	Como área técnica se debe garantizar los niveles de operación normados tanto en el TAP como en el punto de instalación del cable módem. Se debe validar velocidad contratada, cantidad de equipos que conecta el cliente (saturación), niveles de ruido en el nodo y comportamiento de ruido en el cable módem, también realizar pruebas de velocidad. En algunos casos es necesario corregir niveles y en otros es por el tipo de uso que le da el cliente a sus servicios y desconocimiento de las limitantes técnicas de los equipos (coberturas Wi Fi). Por último, considerar cambio de equipo.

Continuación de la tabla 17.

Lentitud	Validar niveles que se encuentran dentro de las normas correspondientes, validar velocidad contratada por el cliente (algunas veces es mucho menor de lo que según ellos tienen contratados), si está diferente a la contratada solicitar la corrección en la plataforma correspondiente, validar niveles de ruido en nodo y cable módem, validar cantidad de equipos conectados al servicio para determinar saturación por parte del cliente, de continuar problema de lentitud realizar mismas pruebas del primer síntoma de esta sección: "no da velocidades contratadas".
Lentitud e inestabilidad	Considerar todos los puntos anteriores más la revisión de errores corregibles e incorregibles transmitidos (verlos en la configuración del cable módem), de no disminuir la cantidad de dichos errores con la revisión de cableados, conectores y torqueado de accesorios, solicitar el apoyo del área troncal para la calibración de red correspondiente.
No navega en ciertas páginas y/o <i>play station</i>	Garantizar los niveles de operación óptimos de acuerdo a las referencias ya dadas y solicitar al área de gestión el cambio de IP de navegación para dicho cliente, por alguna razón las páginas consultadas bloquean las IP y las tienen en lista negra.

Continuación de la tabla 17.

No navega en un dispositivo específico	Validar tarjetas de red de los dispositivos, para que los equipos soporten la tecnología del equipo con que se brinda el servicio.
Sin los tres servicios	Por lo general, este tipo de falla se debe a una interrupción de los servicios a nivel general de un sector específico, se debe validar que se tenga señal en los TAPS con los niveles adecuados, en caso contrario se debe escalar el caso al área de troncales.

*Nota.* Escenarios más comunes en fallas de Internet. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

#### **4.2. Escenarios de falla y solución en servicios de video**

Para tener un diagnóstico asertivo en la atención de fallas de video es importante corroborar, como primer paso, los niveles de los canales 92 y 114 para canales SD y los canales 131 y 138 para video HD, así como el nivel de SNR y MER.

**Tabla 18.**

*Escenarios más comunes en fallas de video*

<b>Síntoma reportado</b>	<b>Proceso de solución</b>
Algunos canales sin señal	Validar niveles de referencia, como se indica en el apartado 4.2, garantizando estos niveles tomar en cuenta que varios canales viajan en una misma frecuencia, por lo tanto, se debe determinar si los canales que no se visualizan están comprendidos en la misma frecuencia; de confirmarlo, primero se consulta con el VOC si hay problema en el Video Hub en esa frecuencia, de lo contrario solicitar apoyo con el área de troncales para verificación de falla en el amplificador troncal o nodo.
Algún canal específico sin señal	Validar niveles de referencia tanto en TAP como en los puntos de TV instalados, validar si el inconveniente es solo en una <i>set top box</i> o en todas, de ser únicamente en una se debe confirmar los paquetes contratados, en caso contrario validar con el VOC si el problema es de la señal origen.

Continuación de la tabla 18.

Sin señal	El primer paso es garantizar que se tenga señal en el TAP con los niveles de referencia de la tabla 15, de tener niveles por debajo de estas referencias trasladar el reclamo al área de troncales para que garanticen los niveles óptimos. Si se tienen niveles óptimos en el TAP se debe garantizar que los niveles de referencia en las STB estén de acuerdo a normas, cambiar accesorios RG6 y cable de ser necesario. Si se garantiza todo lo anterior y aún sigue el problema, se debe validar con seguimiento si la serie del <i>set top box</i> se encuentra activa. Como último paso, cumpliendo todo lo anterior se procede a realizar cambio de equipo.
Sin señal por falla general	Abonado totalmente sin señal, se escala con VOC, troncales y/o fibra óptica
Interferencia en canales HD	Se puede presentar interferencias en los canales digitales por ingreso de señales ajenas de la red, específicamente se debe validar el ingreso de ruido de las acometidas de abonados afectados, específicamente en el canal 138 frecuencia 879 MHz, el cual presenta un nivel de señal inducido en la acometida o distribución de la señal por accesorios flojos o cables abiertos. Se debe proceder a realizar los cambios de cable y accesorios.

Continuación de la tabla 18.

Píxeleo	Si los niveles de referencia están correctos se debe identificar el tramo de distribución afectado, para ver si procede realizar el cambio, o bien, con la ayuda de un amplificador de señal casero, solventar el inconveniente. Este síntoma también se puede presentar por atenuación de señal en atenuadores o fibra óptica, en este caso de traslada el caso principalmente a VOC para su verificación desde el Video Hub.
---------	--

*Nota.* Escenarios más comunes en fallas de video. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

#### **4.3. Escenarios de falla y solución en servicios de voz**

Se debe aplicar el mismo procedimiento en cuanto a revisión de niveles, tal cual se hace en la revisión de los servicios de Internet, inciso 4.1. Teniendo la certeza de niveles correctos la mayor parte de los escenarios en este rubro se soluciona con el apoyo del Área de Sistemas y de Conmutación, por medio de los canales de comunicación correspondientes. Algunos de los escenarios son los siguientes:



**Tabla 19.**

*Escenarios más comunes en fallas de telefonía (voz)*

<b>Síntoma reportado</b>	<b>Proceso de solución</b>
Sin tono	Como área operativa, se debe garantizar los niveles de operación correspondientes en el cable módem y solicitar el apoyo del área de sistemas y conmutación para que solucione en las plataformas correspondientes.
Entrecorta llamadas	
Interferencia	
No genera llamadas a otro operador	
Aparato telefónico dañado	

*Nota.* Escenarios más comunes en fallas de telefonía. Elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

## CONCLUSIONES

1. Al proporcionar al equipo operativo procedimientos técnicos, se logró una notable mejora en los tiempos de respuesta y en la resolución de fallos de servicio, con lo cual no solo se logra beneficiar a los usuarios finales al garantizar una experiencia más fluida y satisfactoria, sino que también se fortalecerá la reputación de la empresa como proveedor comprometido con la excelencia en la atención al cliente.
2. La identificación y delimitación de los escenarios con los índices más significativos de incidencia y reincidencia proporcionó una base sólida para abordar de manera precisa y efectiva los problemas recurrentes. Este no solo permitió una asignación más estratégica de recursos y esfuerzos, sino que también abrió el camino para la implementación de soluciones específicas y medidas preventivas.
3. Se logró dotar al área operativa de conocimiento sobre las funciones desempeñadas por cada elemento y área dentro de la red en la tecnología HFC. Este conocimiento no solo ha empoderado al equipo para abordar desafíos operativos de manera más efectiva, también ha fomentado un enfoque resolutivo en la toma de decisiones. Al entender cómo cada pieza contribuye al funcionamiento integral de la red, se ha creado una base sólida para una coordinación más eficiente y una identificación más precisa de soluciones.

4. Se elaboró el *Manual de procedimientos de mantenimiento a servicios multimedia de la red HFC*, el cual fortalece la confianza en la toma de decisiones y la capacidad para abordar diversas situaciones operativas. Además, se promueve una uniformidad en las prácticas y enfoques al utilizar soluciones probadas y documentadas, lo cual, a su vez, contribuye a una mayor cohesión en el equipo y en los resultados obtenidos.

## RECOMENDACIONES

1. Reforzar al área de capacitación de personal de nuevo ingreso en los temas críticos en el área operativa, que ayuden al personal técnico a comprender el funcionamiento de la red HFC.
2. Tomar en cuenta que es recomendable que los equipos de supervisión de cada área operativa lleven a cabo sesiones técnicas de retroalimentación de manera regular, abordando conceptos clave y mejores prácticas. Se sugiere llevar a cabo estas sesiones al menos dos veces por semana, durante un mes y, posteriormente, cada dos meses, para asegurar una comprensión sólida de la teoría y su aplicación efectiva en la práctica.
3. Minimizar cualquier impacto en los indicadores de velocidad, al mantener y fortalecer la comunicación eficaz con las áreas de troncales, sistemas y conmutación. Esto garantizará la pronta resolución de cualquier contratiempo, permitiendo una respuesta ágil y eficiente que evite interrupciones significativas en los índices de rendimiento.
4. Recordar que, través del Departamento de Instalaciones, es necesario mejorar las supervisiones en campo y proporcionar retroalimentación al personal de los contratistas, enfocándose en resaltar la importancia de mantener altos estándares de calidad en la prestación de los servicios. Además, es útil destacar los beneficios que se derivan de la implementación de buenas prácticas.



## REFERENCIAS

Cable Labs. (2013). *Data over cable service interface specifications, physical layer specification*. <http://cablelabs.com>.

Fusario, R. (1996). *Teleinformática aplicada*. Edebé.

Hayt, W. (1991). *Teoría electromagnética*. McGraw-Hill.

Millman, J. (1984). *Electrónica*. Anaya.

Tabú, H. y Schilling, D. (1986). *Principles of communication systems*. McGraw-Hill.

