

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,  
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**ANÁLISIS DE RUIDO Y OPTIMIZACIÓN DE LAS SEÑALES  
BIDIRECCIONALES TRANSMITIDAS SOBRE LA RED HFC - EN  
LA CIUDAD DE PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**MOISES MANUEL ENRIQUEZ MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PUNO – PERÚ**

**2019**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ANÁLISIS DE RUIDO Y OPTIMIZACIÓN DE LAS SEÑALES BIDIRECCIONALES TRANSMITIDAS SOBRE LA RED HFC – EN LA CIUDAD DE PUNO

TESIS PRESENTADA POR:

MOISES MANUEL ENRIQUEZ MAMANI

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO



APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

: .....  
Mg. TEOBALDO RAÚL BASURCO CHAMBILLA

PRIMER MIEMBRO

: .....  
M.Sc. LUIS ENRIQUE BACA WIESSE

SEGUNDO MIEMBRO

: .....  
M.Sc. JASMANY RUELAS CHAMBI

DIRECTOR / ASESOR

: .....  
Dr. JOSÉ EMMANUEL CRUZ DE LA CRUZ

Área : Telecomunicaciones y redes de datos.  
Tema : Aplicación de las telecomunicaciones

FECHA DE SUSTENTACIÓN 28 DE NOVIEMBRE DEL 2019

**DEDICATORIA:**

“Dedico este Proyecto de Tesis a Dios todo poderoso, a mis queridos padres (Matbesh y Federica), a mis hermanas y a mi amada novia (Liz Yoselin), quienes me apoyaron en todo momento incondicionalmente”.

**AGRADECIMIENTO:**

Agradezco en especial a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, de la Universidad Nacional del Altiplano, por haber compartido sus experiencias y conocimientos a lo largo de mi formación profesional. A mis padres quienes supieron apoyarme en todo momento mi cariño, respeto y admiración para ellos.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS .....	6
ÍNDICE DE TABLAS .....	9
INDICE DE ACRONIMOS.....	12
RESUMEN .....	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I.....	15
INTRODUCCIÓN .....	15
1.1. Planteamiento del problema de investigación. ....	17
1.2. Formulación del problema .....	17
1.3. Justificación .....	17
1.4. Hipótesis de la Investigación .....	18
1.4.1. Hipótesis General.....	18
1.4.2. Hipotesis Específicos .....	18
1.5. Objetivos de la Investigación.....	18
1.5.1. Objetivo general.....	18
1.5.2. Objetivo específico .....	18
1.6. Antecedentes de la investigación .....	19
CAPITULO II.....	21
REVISIÓN DE LITERATURA .....	21
2.1. Híbrido Fibra Coaxial (HFC).....	21
2.1.1. Definición: .....	21
2.1.2. Estructura de una red HFC.....	22
2.1.3. Cabecera de red.....	22
2.1.4. Red Troncal.....	24
2.1.5. Red de distribución .....	24
2.1.6. Acometida .....	26
2.1.7. Planta externa HFC .....	27
2.1.8. inHouse HFC .....	40
2.1.9. Medios de transmisión .....	46
2.1.10. Fibra Óptica .....	50
2.1.11. Canal de transmisión.....	52
2.1.12. CMTS.....	54
2.1.13. DOCSIS .....	56
2.1.14. Perturbaciones en la red HFC .....	60

2.1.15. Tipos de ruido .....	61
2.1.16. Efecto embudo .....	62
2.1.17. Canal de transmisión HFC .....	63
2.1.18. Tasa de modulación errada (MER) .....	67
2.1.19. Tasa de bits errados (BER) .....	70
2.1.20. Electrónica para balanceo de la red .....	73
2.1.21. Desviación estándar .....	74
2.1.22. DSAM 6300 .....	75
CAPITULO III .....	76
MATERIALES Y MÉTODOS .....	76
3.1. Tipo nivel de investigación .....	76
3.2. Población. ....	76
3.3. Muestra. ....	76
3.4. Ubicación y Descripción de la investigación .....	76
3.5. Material experimental. ....	79
3.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos. ....	79
3.7. Procedimiento del experimento. ....	79
3.8. Documentación del análisis de ruido .....	81
CAPITULO IV .....	85
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	85
4.1. Análisis de ruido en el retorno. ....	85
4.2. Afectación del ruido en la portadora de retorno .....	103
4.3. Procedimiento de detección de ruido y optimización de las señales bidireccionales HFC .....	104
4.4. Proceso de instalación inHouse HFC .....	120
4.5. Proceso de mantenimiento HFC .....	126
CONCLUSIONES .....	129
RECOMENDACIONES .....	131
ANEXOS .....	136
ANEXO A .....	136
ANEXO B .....	139
ANEXO C .....	141
ANEXO D .....	146

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 2.1:</b> Estructura de la red HFC .....	21
<b>Figura N° 2.2:</b> Componentes de la red HFC.....	27
<b>Figura N° 2.3:</b> Fuente de alimentación HFC .....	28
<b>Figura N° 2.4:</b> Nodo Óptico SG400 Motorola, componentes principales.....	29
<b>Figura N° 2.5:</b> Diagrama de bloques de un amplificador en su forma simple .....	32
<b>Figura N° 2.6:</b> El amplificador BT100 de cuatro puertos de salida a 1GHz. ....	33
<b>Figura N° 2.7:</b> Simbología, acoplador HFC .....	34
<b>Figura N° 2.8:</b> Acopladores direccionales de distribución HFC .....	35
<b>Figura N° 2.9:</b> Simbología, divisor de red exterior .....	35
<b>Figura N° 2.10:</b> Divisor de red externo de 3 vías, Motorola .....	36
<b>Figura N° 2.11:</b> Simbología, TAPS de 8, 4 y 2 bornes .....	36
<b>Figura N° 2.12:</b> Tap 14Px8, Arris .....	37
<b>Figura N° 2.13:</b> Tipo de TAPS, con diferentes niveles, Motorola .....	37
<b>Figura N° 2.14:</b> Símbolo, Insertor de potencia.....	38
<b>Figura N° 2.15:</b> Insertor de potencia, Arris. ....	38
<b>Figura N° 2.16:</b> Carga terminal, TAP final .....	39
<b>Figura N° 2.17:</b> Componentes de hardware del cable modem .....	41
<b>Figura N° 2.18:</b> Estructura, Cable Modem.....	42
<b>Figura N° 2.19:</b> eMTA, Arris TG8620.....	44
<b>Figura N° 2.20:</b> Decodificador digital, DCX700.....	45
<b>Figura N° 2.21:</b> Splitter de 3 salidas con atenuación de 3.5dB y 7dB .....	46
<b>Figura N° 2.22:</b> Cable coaxial y componentes .....	48
<b>Figura N° 2.23:</b> Cable coaxial RG6, sin y con mensajero.....	49
<b>Figura N° 2.24:</b> Fibra óptica y sus componentes.....	51
<b>Figura N° 2.25:</b> Espectro de distribución de la red HFC (Dowstream y Upstream) ....	53

<b>Figura N° 2.26:</b> CMTS y funciones en la red HFC .....	55
<b>Figura N° 2.27:</b> DOCSIS y su función en la red HFC .....	56
<b>Figura N° 2.28:</b> Efecto embudo, en la red de distribución .....	62
<b>Figura N° 2.29:</b> Distribución de las portadoras en un canal digital y analógico .....	63
<b>Figura N° 2.30:</b> Diagrama de constelación para un símbolo.....	65
<b>Figura N° 2.31:</b> Diagramas de constelación, 4QAM; 16QAM ;64QM; 256QAM .....	66
<b>Figura N° 2.32:</b> Puntos de ubicación del diagrama de constelación .....	66
<b>Figura N° 2.33:</b> MER, vector ideal vs vector de error.....	67
<b>Figura N° 2.34:</b> Relación de C/N canal analógico y MER de un canal digital .....	68
<b>Figura N° 2.35:</b> Posición de símbolo en un diagrama de constelación .....	69
<b>Figura N° 2.36:</b> Diagrama de constelación con un buen nivel de MER.....	69
<b>Figura N° 2.37:</b> Diagrama de constelación con un deficiente nivel de MER .....	70
<b>Figura N° 2.38:</b> Diagrama de constelación, BER FEC .....	72
<b>Figura N° 2.39:</b> medidor de campo DSAM 6300.....	75
<b>Figura N° 3.40:</b> Ubicación del plano PUPU002 HFC .....	77
<b>Figura N° 3.41:</b> Ubicación del plano PUPU004 HFC .....	78
<b>Figura N° 4.42</b> Nodo Óptico – PUPU002 .....	82
<b>Figura N° 3.43:</b> Nodo Óptico, plano PUPU004 .....	84
<b>Figura N° 4.44:</b> Primera muestra de frecuencia y nivel de ruido. ....	85
<b>Figura N° 4.45:</b> Segunda muestra de frecuencia y nivel de ruido. ....	87
<b>Figura N° 4.46</b> Tercera muestra de frecuencia y nivel de ruido.....	88
<b>Figura N° 4.47:</b> Cuarta muestra de frecuencia y nivel de ruido. ....	90
<b>Figura N° 4.48:</b> Quinta muestra de frecuencia y nivel de ruido.....	92
<b>Figura N° 4.49:</b> Séptima muestra de frecuencia y nivel de ruido.....	95
<b>Figura N° 4.50:</b> Octava muestra de frecuencia y nivel de ruido. ....	97
<b>Figura N° 4.51:</b> Novena muestra de frecuencia y nivel de ruido .....	99

<b>Figura N° 4.52:</b> Decima muestra de frecuencia y nivel de ruido .....	101
<b>Figura N° 4.53:</b> Puntos de muestra nodo óptico y el medidor de campo DSAM 6300 .....	106
<b>Figura N° 4.54:</b> Puntos de muestra Amplificador, medidor de campo DSAM 6300.	108
<b>Figura N° 4.55:</b> Procedimiento de descarte e ingreso de ruido en el TAP.....	110
<b>Figura N° 4.56:</b> Medición del nivel óptico.....	112
<b>Figura N° 4.57:</b> Amplificador BTM y componentes básicos.....	114
<b>Figura N° 4.58:</b> Instalación de la acometida – abonado.....	122
<b>Figura N° 4.59:</b> Distribución interna de la acometida.....	123
<b>Figura N° 4.60:</b> Forma correcta, ponchado de un coaxial y el conector RG6.....	125
<b>Figura N° 4.61</b> Barrido del amplificador de forward .....	128

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 2.1:</b> Distribución del nivel de potencia óptica HFC .....	30
<b>Tabla N° 2.2:</b> Atenuación por frecuencia del cable coaxial .....	49
<b>Tabla N° 2.3:</b> Distribución de frecuencia DOCSIS .....	58
<b>Tabla N° 2.4:</b> Distribución de modulación en los canales DW y UP .....	58
<b>Tabla N° 2.5:</b> Tipos de ruido, en la red de distribución HFC .....	61
<b>Tabla N° 2.6:</b> Niveles de la tasa de bits errados (BER).....	71
<b>Tabla N° 2.7:</b> Electrónica de balanceo de dispositivos activos de la red HFC.....	73
<b>Tabla N° 3.8:</b> Cuadro de actividad de ruido, que se toman en el VIAVI XPARTRACK, para análisis.....	80
<b>Tabla N° 3.9:</b> Cuadro de actividad de balanceo y revisión de los equipos activos y pasivos de la red HFC del plano PUPU002.....	80
<b>Tabla N° 3.10:</b> Cuadro de actividad de balanceo y revisión de los equipos activos y pasivos de la red HFC del plano PUPU004.....	81
<b>Tabla N° 3.11:</b> Distribución, de los componentes del nodo óptico. ....	82
<b>Tabla N° 3.12:</b> Distribución de los niveles de Downstream y Upstream, PUPU002.....	83
<b>Tabla N° 3.13:</b> Distribución de los niveles de Downstream y Upstream, PUPU004.....	84
<b>Tabla N° 4.14:</b> Primera muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI XPERTRACK.....	86
<b>Tabla N° 4.15:</b> Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la primera muestra .....	86
<b>Tabla N° 4.16:</b> Segunda muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVIXPERTRACK .....	87
<b>Tabla N° 4.17:</b> Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la segunda muestra .....	88

<b>Tabla N° 4.18:</b> Tercera muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI	
XPERTRACK.....	89
<b>Tabla N° 4.19:</b> Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la tercera muestra	
.....	89
<b>Tabla N° 4.20:</b> Cuarta muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI	
XPERTRACK.....	90
<b>Tabla N° 4.21:</b> Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la cuarta muestra	
.....	91
<b>Tabla N° 4.22:</b> Quinta muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI	
XPERTRACK.....	92
<b>Tabla N° 4.23:</b> Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la quinta muestra	
.....	93
<b>Tabla N° 4.24:</b> Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la quinta muestra	
.....	93
<b>Tabla N° 4.25:</b> Sexta muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI	
XPARTRACK.....	94
<b>Tabla N° 4.26:</b> Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la sexta muestra	94
<b>Tabla N° 4.27:</b> Séptima muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI	
XPERTRACK.....	95
<b>Tabla N° 4.28:</b> Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la séptima muestra	
.....	96
<b>Tabla N° 4.29:</b> Octava muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI	
XPERTRACK.....	97
<b>Tabla N° 4.30:</b> Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la octava muestra	
.....	98

<b>Tabla N° 4.31:</b> Novena muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI XPERTRACK.....	99
<b>Tabla N° 4.32:</b> Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la novena muestra .....	100
<b>Tabla N° 4.33:</b> Decima muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI XPERTRACK.....	101
<b>Tabla N° 4.34:</b> Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la décima muestra .....	102
<b>Tabla N° 4.35:</b> Niveles obtenidos .....	102
<b>Tabla N° 4.36:</b> Frecuencias de ruido y su afectación en la portadora .....	103
<b>Tabla N° 4.37:</b> Niveles de ruido y su afectación en la portadora de retorno .....	103
<b>Tabla N° 4.38:</b> Procedimiento de descarte e ingreso de ruido en el nodo óptico .....	105
<b>Tabla N° 4.39:</b> Niveles adquiridos en el nodo óptico SG4000.....	106
<b>Tabla N° 4.40:</b> Procedimiento de descarte e ingreso de ruido en el .....	107
<b>Tabla N° 4.41:</b> Tabla de niveles adquiridos en el amplificador BTM .....	108
<b>Tabla N° 4.42:</b> Procedimiento de descarte e ingreso de ruido en el TAP .....	109
<b>Tabla N° 4.43:</b> Tabla de niveles adquiridos en el TAP .....	110
<b>Tabla N° 4.44:</b> Filtros HFC .....	111
<b>Tabla N° 4.45:</b> Medición de parámetros, Nodo Óptico .....	113
<b>Tabla N° 4.46:</b> Identificación de los componentes del amplificador.....	115
<b>Tabla N° 4.47:</b> Balanceo y manejo de las portadoras en el amplificador BTM.....	115
<b>Tabla N° 4.48:</b> Balanceo del TAP .....	119
<b>Tabla N° 4.49:</b> Niveles de downstream y upstream, en instalaciones .....	124

## INDICE DE ACRONIMOS

- BW:** Es la diferencia entre el valor superior e inferior de una banda de frecuencia.
- BER:** Tasa de Bits con Error. Unidad adimensional que generalmente se expresa como una relación entre la cantidad de bits erróneos con respecto al número total de bits recibidos y permite evaluar, junto con otros parámetros, la calidad de la transmisión.
- CM:** Cable Modem Equipo modulador-demodulador colocado en las instalaciones del suscriptor para establecer comunicaciones de datos a altas velocidades
- UP:** Upstream Canal de subida, se interpreta como la transmisión de cable módem al HUB.
- DW:** Downstream canal de bajada del HUB al usuario.
- DOCSIS:** Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable.
- PAD:** Electrónica, para atenuar señal.
- SCS:** Simulador de cable.
- SFE:** Ecualizador de forward.
- SER:** Ecualizador de retorno.
- TAP:** Dispositivo pasivo de la red HFC.
- MER:** Tasa de error de modulación.
- FEC:** Corrección directa de errores.
- HFC:** Hibrido Fibra – Coaxial.
- CMTS:** Sistema de terminación de Cablemódems.
- QAM:** Modulación por amplitud en cuadratura.

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se estudia el análisis de ruido y optimización de las señales bidireccionales transmitidas sobre la red HFC - en la ciudad de Puno. Actualmente la red HFC cuenta con diversos problemas de ruido e interferencias que se presentan, debido a la gran cantidad de equipos activos que la componen, los cuales en su mayoría se encuentran ubicados en exteriores y por lo tanto son vulnerables a gran cantidad de factores adversos. Pero principalmente al ingreso de señal no desea que se obtiene del cable coaxial y la distribución interna del usuario, que es donde enfocamos este estudio. En la primera parte de este trabajo de investigación se estudia los componentes de la tecnología HFC; y posterior se realiza el análisis de pico de ruido dentro de las 2 portadoras del canal de retorno UPSTREAM en base a la desviación estándar que identifica el intervalo de frecuencia donde se ubica el ruido, con referencia a los planos PUPU002 y PUPU004 de la ciudad de Puno, posteriormente se realiza el trabajo de optimización de la señal bidireccional en base el balanceo de los dispositivos activos (nodo óptico y amplificadores) y pasivos (TAP) que compone la red HFC, utilizando ecuaciones básicas y una electrónica de balanceo; por consiguiente finalizamos con una guía técnica de instalaciones y mantenimiento preventivo, principalmente para la conexión directa hacia el usuario denominada acometida, bajo el estándar DOCSIS.

Palabras Clave: Comunicación bidireccional, ruido, balanceo, cable coaxial y DOCSIS.

## ABSTRACT

In this research we study the noise analysis and optimization of bidirectional signals transmitted over the HFC network - in the city of Puno. Currently, the HFC network has various noise and interference problems that arise, due to the large number of active equipment that compose it, which are mostly located outdoors and therefore are vulnerable to a large number of adverse factors. But mainly to the signal input you do not want to be obtained from the coaxial cable and the internal distribution of the user, which is where we focus this study. The components of HFC technology are studied in the first part of this research paper; and later, the noise peak analysis is performed within the 2 carriers of the UPSTREAM return channel based on the standard deviation that identifies the frequency range where the noise is located, with reference to the PUPU002 and PUPU004 planes of the city of Puno, the work of optimizing the bidirectional signal is subsequently carried out based on the balancing of the active (optical node and amplifiers) and passive (TAP) devices that make up the HFC network, using basic equations and a balancing electronics; therefore we conclude with a technical guide of installations and preventive maintenance, mainly for the direct connection to the user called rush, under the DOCSIS standard.

Keywords: Bidirectional communication, noise, balancing, coaxial cable and DOCSIS.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad empresas de telecomunicaciones ofrecen el servicio de internet de banda ancha por medio de redes HFC (Ovadia, 2001). Los servicios que se pueden prestar a través de ellas van en crecimiento. Implementar estos nuevos servicios es una realidad aún para operadores pequeños, debido al avance de la tecnología en la digitalización de las señales y el rápido desarrollo de equipos, los cuales son más sofisticados y de menor costo. haciendo posible que en la ciudad de Puno los usuarios puedan acceder a servicios tales como televisión por cable, televisión digital, Internet de banda ancha, guías de programación interactivas, telefonía fija y entre otros.

Actualmente, en las redes HFC existentes presentan diversos problemas que inciden directamente en la calidad del servicio ofrecido al usuario. estos se deben, básicamente, a defectos en la construcción de la red y a la instalación directa hacia el domicilio del usuario, por desconocimiento del personal técnico sobre la forma correcta de manipulación del cable y otros elementos físicos. ( Herrera , Vargas , & Micolini Orlando)

Un problema típico se presenta en la estructura de la red de distribución HFC es que, así como todas las señales ascendentes convergen en un único punto que es el nodo óptico, también las señales indeseadas, ruido e interferencias, recogidas en todos y cada uno de los puntos del bus coaxial, convergen en el nodo óptico, sumándose sus potencias y contribuyendo a la degradación de la relación señal a ruido. Este fenómeno se conoce como acumulación de ruido por efecto embudo. A esto hay que añadir el hecho inevitable de que el espectro del canal de retorno es considerablemente más ruidoso que el del canal descendente. Analizar fuentes de ruido en base al analizador

VIAVIXpertrack y la optimización de la señal bidireccional utilizando la electrónica de balanceo HFC. Los resultados, pueden ser aplicados en otros lugares. También estas contribuciones ayudaran en futuras investigaciones como referencia o en mejoras que se realice a este trabajo.

En el Capítulo I se presenta el planteamiento del problema, la formulación del problema, la justificación de la presente investigación y se abordan los antecedentes nacionales e internacionales.

En el Capítulo II Se describen fundamentos teóricos que nos ayudara a sostener la presente investigación.

En el Capítulo III se describe el diseño metodológico de la investigación, y se define el tipo de investigación como descriptivo no experimental y como población la ciudad de Puno, con muestra no probabilístico. Se realiza las pruebas de las hipótesis y su validación según los objetivos planteados.

En el Capítulo IV En este capítulo se realiza el análisis e interpretación de los resultados de investigación, para lo cual se revisa el estándar DOCSIS 3.0, que nos ayuda a entender el funcionamiento de la red HFC, seguimiento y análisis de niveles de ruido (VIAVIXpertrack), niveles de los equipos activos y pasivos HFC, la electrónica de balanceo y calibración HFC. Esto nos ayuda a comprobar la hipótesis planteada en la investigación.

### **1.1. Planteamiento del problema de investigación.**

La red de distribución coaxial presenta diversos problemas que inciden directamente en la calidad de servicio. Estos problemas básicamente se deben a defectos en la construcción e instalación directa hacia el usuario, ya que estos son los puntos de ingreso de ruido e interferencia; estas señales indeseadas recogidos en cada uno de los puntos del coaxial, converge en la red troncal, sumándose potencias y contribuyendo a la degradación de la señal a esto llamamos efecto embudo.

Sin dejar de mencionar también el desconocimiento del personal técnico sobre la forma correcta de manipulación del cable y sus elementos. Es por ello que surge la necesidad de analizar la estructura de la red para determinar puntos críticos, de esta manera se procede a dar ideas y soluciones para disminuir riesgos.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo analizar el ruido y optimizar las señales bidireccionales transmitidas sobre la red HFC en la ciudad de Puno?

### **1.3. Justificación**

Con este proyecto pretendemos enseñar al personal técnico de instalación y mantenimiento, la importancia y la forma de manipular los materiales requeridos en una instalación o mantenimiento HFC, evitando así la generación e ingreso de ruido a la red; seguimiento y atenuación de esta. Considerando también el balanceo y calibración de los equipos activos y pasivos de la red, garantizando así niveles óptimos utilizando la electrónica de balanceo (Ecuallizadores, Simuladores y Pads HFC).

## **1.4. Hipótesis de la Investigación**

### **1.4.1. Hipótesis General**

- ¿Es posible analizar el ruido y optimizar las señales bidireccionales transmitidas sobre la red HFC – en la ciudad de Puno?

### **1.4.2. Hipotesis Específicos**

- ¿Es posible analizar el ruido que ingresa a la red HFC?
- ¿Es posible optimizar la señal bidireccional trasmitida sobre la red HFC?

## **1.5. Objetivos de la Investigación**

### **1.5.1. Objetivo general**

Analizar el ruido y optimizar las señales bidireccionales transmitidas sobre la red HFC en la ciudad de Puno.

### **1.5.2. Objetivo específico**

- a) Analizar fuentes de ruido de la red HFC en la ciudad de Puno.
- b) Optimizar las señales bidireccionales trasmitidas sobre la red HFC en la ciudad de Puno.
- c) Determinar los procesos y normas técnicas de instalación y mantenimiento externo para prevenir fuentes ruido y optimizar las señales bidireccionales transmitidas sobre la red HFC en la ciudad de Puno.

## 1.6. Antecedentes de la investigación

Agustín Palacios, Otoniel René, (2006). “Análisis de ruido en la señal transmitida en un cable coaxial” En esta investigación se procede a desarrollar el análisis de ruido transmitida en un cable coaxial, que involucra toda la estructura de la red donde se presta el servicio de televisión e Internet a través de la red HFC. Abarca conceptos básicos, estructura de red, análisis de interferencias y una guía técnica de instalaciones y mantenimiento preventivo y correctivo principalmente para la conexión directa hacia el usuario denominada acometida.

Telmex – Ecuador, (2011). “Manual de activación y balanceo HFC”. En esta investigación se procede a desarrollar el manual de activación y Balanceo de equipos externos HFC, explicar claramente la forma correcta de la instalación y puesta en marcha de los nodos ópticos SG4000, Amplificadores BTD100, BT3, MBv3, MB100 y BLE100 bajo todas las características de operación.

Borroto Dueñas, Reinaldo Enrique, (2012) “Monitoreo remoto de los principales parámetros de un nodo, cabecera CATV/HFC” en esta investigación se procede a desarrollar una herramienta de software, que facilita el monitoreo remoto de redes de CATV y permita dar rápida respuesta y solución a sus clientes; de manera que ahorren tiempo y optimicen sus tareas. Se estudiaron varios softwares de monitoreo, para elegir uno apropiado para el país. El programa elegido fue configurado teniendo en cuenta los requerimientos de los ingenieros de Telecable.

Alva Coras, Carlos, (2012) “Procesos y normas técnicas de instalaciones HFC”. En esta investigación se procede a desarrollar un manual que tiene como objetivo brindar los alcances necesarios para realizar la gestión para la atención

de las instalaciones HFC cumpliendo la fecha de compromiso de atención y manteniendo un orden para la calidad de atención al cliente.

Cesar Rivera – Geraldine Santillan, (2014). “Procesos y normas técnicas de mantenimiento HFC”. En esta investigación se procede a desarrollar un manual que brinda al personal técnico de mantenimiento a clientes y planta externa HFC los lineamientos generales para poder realizar un adecuado trabajo bajo normativas generales y procedimientos actuales.

## CAPITULO II

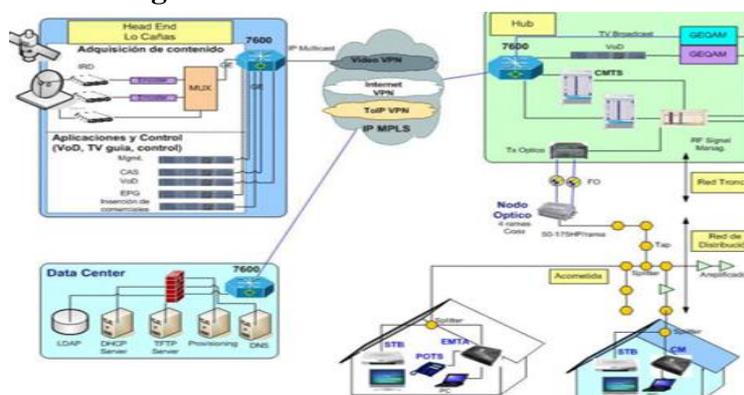
## REVISIÓN DE LITERATURA

## 2.1. Híbrido Fibra Coaxial (HFC)

## 2.1.1. Definición:

Una red HFC (Híbrido Fibra - Coaxial) es una red de telecomunicaciones por cable que combina Fibra Óptica y Cable Coaxial como soportes de la transmisión de las señales, la fibra óptica básicamente es utilizada en la red troncal y el cable coaxial en la red de distribución y acometida, obteniendo una red bidireccional capaz de brindar varios servicios. HFC aprovecha las cualidades de la fibra óptica como su gran ancho de banda y su inmunidad a ruido y por otro lado los bajos costos y la facilidad en instalaciones que ofrece el cable coaxial, consiguiendo mayor capacidad (servicios), mayor alcance (distancia) y bidireccionalidad. Un gran avance de este tipo de redes es la utilización de la red para el tráfico ascendente (Upstream) lo cual permitió realizar labores de monitoreo y el ofrecimiento de servicios bidireccionales como el Internet y la telefonía. Para este tipo de redes el ancho de banda es distribuido en el siguiente rango de frecuencias: Televisión analógica entre 50 – 500MHz, Internet, telefonía y televisión digital, entre 500 – 750/860 MHz. Y para el retorno de datos desde el cliente entre 5 – 42 MHz.

Figura N° 2.1: Estructura de la red HFC



Fuente: (Telmex, 2009)

### 2.1.2. Estructura de una red HFC

La red HFC está estructurado por cuatro bloques los cuales se menciona a continuación:

- Cabecera de red.
- Red troncal
- Red de distribución.
- Red de acometida a los usuarios.

### 2.1.3. Cabecera de red

La cabecera es considerada el cerebro de una red HFC, desde el cual se maneja todo el sistema. Su complejidad depende de los servicios que ha de prestar la red y en base a ello se contara con una variedad de dispositivos como receptores, transmisores, demoduladores, moduladores, combinadores, multiplexores, de-multiplexores y CMTS (Sistema de Terminación de Cable Modem). Los equipos siguen procesos interrelacionados y organizados de tal manera que se extrae la información de las señales recolectadas por diversos medios satelitales, microonda, fibra óptica y coaxial para nuevamente ser enviadas por medios de transmisión como es la fibra óptica formando la red troncal.

Dentro de las actividades que se procesan en la cabecera de red se encuentran los servicios de Televisión analógica y digital, Internet, telefonía y transmisión de datos y enlaces dedicados. Todas las señales recibidas por la cabecera de red requieren un tratamiento antes de ser introducida a la red.

La cabecera también se encarga de monitorear la red y supervisar el funcionamiento. El monitoreado se está convirtiendo en un requerimiento básico de las redes de cable, a causa de la complejidad de las nuevas arquitecturas y de la sofisticación de los nuevos servicios que transportan, que exigen de la red una

fiabilidad muy alta. Otras de las funciones que se realizan en la cabecera se relacionan con la tarificación y control de los servicios prestados a los abonados (Mejia & Bedoya, 2017)

Para la conexión a internet, es necesaria una comunicación bidireccional y ésta es obtenida asignando una parte relativamente pequeña del ancho de banda, se conoce como Upstream de comunicación de datos del usuario al operador, este es el denominado canal de retorno para el cual se reserva la parte baja del espectro de frecuencia localizado entre los 5 MHz y los 42 MHz. Al contrario, el ancho de banda de descarga es más grande, que se conoce como comunicación de datos “downstream” del operador al usuario, este es el denominado canal de bajada para el cual se utiliza la parte del espectro de frecuencias comprendido entre los 65 y los 860MHz (Traverso, 2011).

En esta técnica se utilizan dos modems: uno en el extremo del usuario, conocido como Cable Modem y otro en la cabecera del operador, conocido como Sistema de Terminación de Cable Modem (CMTS). El operador se conecta a través del CMTS en su cabecera a un Proveedor de Servicios de Internet. Los CMTS pueden manejar la conexión a internet de entre 4000 a 30000 usuarios. Una cabecera puede tener más de un CMTS. Este dispositivo realiza la codificación, modulación y gestión de acceso al medio compartido por los Cable Modem, proporcionando una interfaz Ethernet (pozo, 2005).

En la Cabecera se encuentran, además otros equipos como el Switch Ethernet, un servidor AAA (Authentication, Authorization and Accounting), para control de acceso y tarificación y un servidor de contenidos locales y de caching para las páginas más visitadas. Uso de servidores para la contabilidad y registro, Protocolo de

Configuración de Anfitrión Dinámico, DHCP para asignar y administrar las direcciones IP de todos los usuarios de sistema del cable y control de los servidores.

#### **2.1.4. Red Troncal**

La red troncal se encarga de transportar las señales desde la cabecera hasta un receptor/ transmisor óptico conocido como Nodo Óptico (dispositivo encargado de transformar señales ópticas en eléctricas y viceversa).

Esta red se presenta en una configuración en forma de anillo redundante de fibra óptica (FO) que une a un conjunto de nodos. Los nodos se alimentan en ambos sentidos, horario (llamado también primario) y antihorario (llamado también secundario), por lo que si la señal del sentido primario, por algún motivo no llegase al nodo, entonces automáticamente conmutara al lado secundario, lo cual demuestra la robustez de este tipo de configuración en anillo, ya que al nodo óptico le seguirá llegando señal, para distribuir a los usuarios del servicio. (Valdivia Medina, 2014)

La red troncal distribuye las señales multiplexadas en frecuencia desde la cabecera hasta la red de distribución, recibe también la información de la señal de retorno de los abonados y la lleva hasta la cabecera; esta sección de la red HFC está conformada por fibra óptica.

La finalidad del uso de fibra óptica en esta línea es disminuir o prescindir de la larga serie de amplificadores que provocan ruido e interferencia esto hace que la red sea de alta calidad.

#### **2.1.5. Red de distribución**

La red de distribución se encarga de llevar las señales desde los puntos de distribución hasta los usuarios. En los nodos terminales las señales ópticas se convierten a señales eléctricas y se distribuyen a los hogares de los usuarios a través de una estructura tipo bus coaxial; cada nodo terminal tiene la capacidad para alimentar

unos pocos cientos de hogares a través de la red de distribución debe llevarse a cabo la transmisión de datos y conmutación, teniendo como misión principal multiplexar las señales provenientes de diferentes proveedores de servicios a distintos usuarios y adaptar el transporte a las características específicas del bucle de abonado (Rojas, 2009).

En particular, la red debe ser capaz de gestionar el establecimiento y liberación de conexiones de banda ancha con los bucles de los usuarios, además de transportar con diferentes tipos de requerimientos en cuestiones de ancho de banda.

- El parámetro más elemental en una red coaxial es el Ancho de Banda, el cual es determinado por los equipos de amplificación que son utilizados en dicha red. Algunos operadores de redes HFC sugieren emplear redes coaxiales pequeñas para evitar el uso de amplificadores entre la parte óptica y el usuario. (Dias Ruis)
- El segundo parámetro importante para considerar en una red HFC es el tamaño del área de la red coaxial. Todos los usuarios conectados a la misma red coaxial comparten el mismo ancho de banda. (Dias Ruis)

En la red de distribución HFC se puede clasificar por el tipo de elemento instalado en dos grandes grupos.

1. **Elementos Activos** son aquellos que necesitan de una fuente de alimentación sea externa o interna para la operación de su electrónica, es decir consumen potencia. En este grupo se encuentran nodos ópticos, amplificadores y fuentes de voltaje.
2. **Elementos Pasivos** son aquellos elementos que no necesitan voltaje para su operación por lo tanto no consumen potencia, en este grupo se encuentran los acopladores, taps, coaxial y conectores. Estos elementos están distribuidos a lo

largo de la red HFC, conforme al diseño, en base a cálculos de ganancia y pérdidas de tal forma que garanticen los niveles óptimos para los servicios contratados. Se describe cada elemento de la red de distribución en los párrafos siguientes.

#### **2.1.6. Acometida**

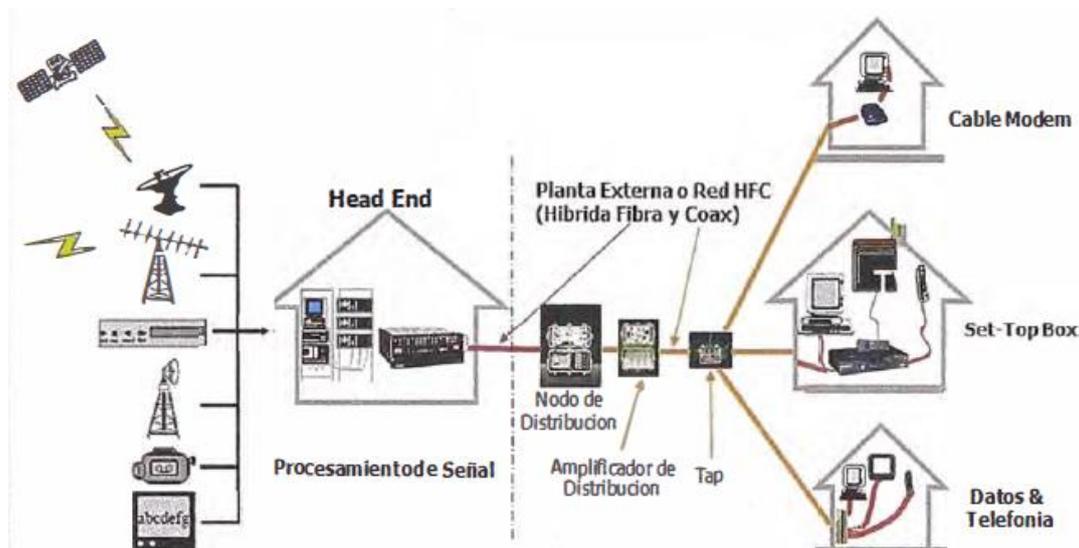
Esta es la que llega a los hogares de los abonados y es sencillamente el último tramo antes de la base de conexión, en el caso de los edificios es la instalación interna. Generalmente está compuesta por cable calibre RG-6 y accesorios respectivos.

Los equipos terminales proveen la interfaz entre los dispositivos de aplicaciones del usuario final y el sistema de distribución compartido. Dependiendo del servicio, los equipos terminales pueden realizar funciones como: transformación de formatos de los datos de la red, monitoreo y otras funciones de seguridad. Por lo general, son la cara más visible de la red y proveer a los usuarios de estos equipos representa una gran inversión debido principalmente al alto número de equipos que puede tener una red. Los equipos más importantes son: Equipos, que se encuentran al interior de los hogares conectados directamente a la red o como equipos intermedios entre el conector y el receptor.

Es en esta sección de la red de cable donde se encuentran los Cable Modem, estos son los dispositivos que conectan la red de cable a una computadora u otros dispositivos de red, como puntos de acceso inalámbrico (*accesspoint* y *switch*) con el propósito de entregar internet de gran velocidad y otros servicios de valor agregado a los usuarios. El papel principal del modem del cable es distinguir entre la señal de televisión y la señal de internet, para luego tomar los datos de internet y transformarlos en una señal digital y enviarlos a una computadora. Estos equipos de muy alta calidad

y durabilidad se colocan a disposición del cliente, la empresa proveedora del servicio, los cuales son responsables de la mayor parte de la calidad del servicio ofertada.

**Figura N° 2.2:** Componentes de la red HFC



**Fuente:** (Valdivia Medina, 2014)

### 2.1.7. Planta externa HFC

#### 2.1.7.1. Fuente de alimentación XM3P

Elemento que permite el suministro de potencia a todos los equipos activos de la red tales como Amplificadores, Nodos y la misma fuente, se alimenta del voltaje 110VAC de la red eléctrica y entrega a los equipos un voltaje de 90VAC para que enciendan y funcionen. Cuenta con un banco de baterías, que suministra respaldo en caso falle la energía eléctrica del sector.

Las fuentes también proveen energía en caso de cortes en el suministro eléctrico, esto es factible ya que posee bancos de baterías conectados en serie y paralelo de tal forma de proveer 36V en DC y con un sistema de inversión incorporado en la fuente transforma la corriente continua en corriente alterna para mantener los amplificadores encendidos y así mantener los servicios. Dependiendo de la carga de la red coaxial con respecto a los elementos activos, es la duración que la fuente puede dar en caso de un corte eléctrico.

**Figura N° 2.3:** Fuente de alimentación HFC

Elaboración propia

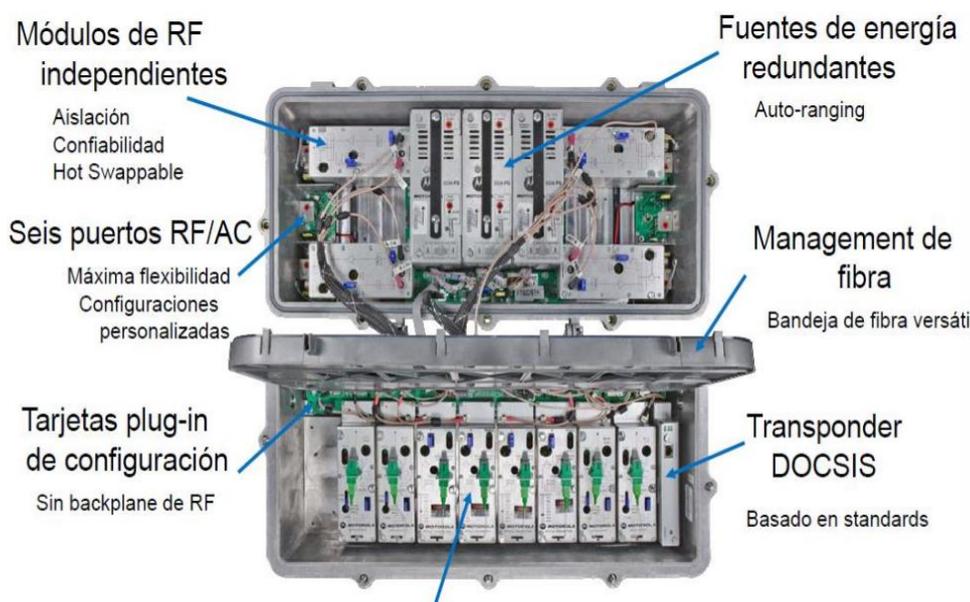
### 2.1.7.2. *Nodo óptico HFC*

La función del nodo es recibir señal óptica y es el corazón de una red híbrida. Puesto que es el que se comunica directamente con la cabecera, la cual viene libre de distorsión, ruido o interferencia desde largas distancias, y convertirla en una señal RF que es transmitida hacia la red de distribución y a otros amplificadores en cable coaxial. Es un componente activo de la red HFC (Angulo Bellio & Polo Olivo, 2011).

Está compuesta en su configuración básica de un módulo receptor RX que está conectado con el Hilo de F.O Azul y un módulo transmisor TX con hilo de F.O. Naranja.

El nodo óptico es muy flexible se puede instalar en caso de excesiva demanda hasta un total de cuatro módulos ópticos en RX y TX, para lo cual dentro del compartimiento de fibra óptica quedan como reserva 6 hilos de fibra disponibles. Tiene fuente de alimentación principal y uno de reserva, tiene cuatro ramales de salida y entrada de señales de RF los cuales están conectados directo a un amplificador bidireccional o mediante un divisor a dos amplificadores en paralelo. Los niveles de señal óptica ideal que admiten tanto receptor como transmisor son de 1 mW o 0 dBm equivalente también a 1 VDC medido con un voltímetro.

**Figura N° 2.4:** Nodo Óptico SG400 Motorola, componentes principales



Nueve slots para módulos ópticos  
**Fuente:** (SIÑANI CALLISAYA, 2017)

Dentro de su estructura física, está formado de los siguientes elementos:

- **Housing:** es la parte externa que protege al nodo de emisiones electromagnética. Por su estructura física está diseñado para disipar la temperatura por los elementos internos y alojamientos de los módulos de RF y fuentes de poder.
- **Receptor óptico:** es el que recibe la señal de luz la transforma en radio frecuencia, aquí llega las señales de la cabecera de red.
  - **Transmisor óptico:** es el módulo que recibe las señales eléctricas de los módulos de radio frecuencia y las transforma en señales de luz para ser enviadas a la cabecera de red.
  - **Módulos RF:** son derivaciones para distribuir la señal RF a diferentes sectores según el diseño. Internamente tienen etapas de pre-amplificación y bidireccionales.
  - **Fuentes de poder:** es el módulo que suministra energía a las partes activas del nodo. Típicamente transforma la corriente alterna en corriente

continua. El nodo para que funcione debe recibir entre 60-90 Vac los cuales son rectificadas en varios niveles de voltaje.

- **Transponder:** es un equipo que detecta variables sean físicas o lógicas y las convierte en señales eléctricas, es un equipamiento para monitorear a nivel remoto parámetros como potencia óptica del receptor, niveles de voltajes tanto AC como DC, niveles de enganche, relación señal ruido (SNR), niveles de Medición de error radio (MER).

Los retornos de distintos nodos llegan a la cabecera por distintas vías o multiplexadas a distintas longitudes de onda 1310 nm y 1550 nm. De este modo una señal generada por el equipo terminal de un usuario recorre la red de distribución coaxial en sentido ascendente atravesando amplificadores bidireccionales hasta llegar al nodo de esta manera se transmiten hacia la cabecera.

**Tabla N° 2.1:** Distribución del nivel de potencia óptica HFC

OPTICAL INPUT LEVEL (dBm/mW)	TP Volts (1mW = 1V)	OUTPUT (dBmV) a 547.25 MHz 77 channels	COMENTARIO
3.0/2.0	2.0	52	High level
2.0/1.58	1.58	50	Normal
1.5/1.4	1.4	49	Normal
1.0/1.26	1.26	48	Normal
0.5/0.9	1.1	47	Normal
0.0/1.00	1.00	46	<b>Optimo</b>
-0.5/0.9	0.9	45	Normal
-1.0/0.8	0.8	44	Normal
-1.5/0.71	0.71	43	Normal
-2.0/0.6	0.6	42	Normal
-2.5/0.56	0.56	41	Normal
-3.0/0.5	0.5	40	Normal
-3.5/0.44	0.44	39	Normal
-4.0/0.4	0.4	38	Normal
-5.0/0.3	0.3	36	Low level

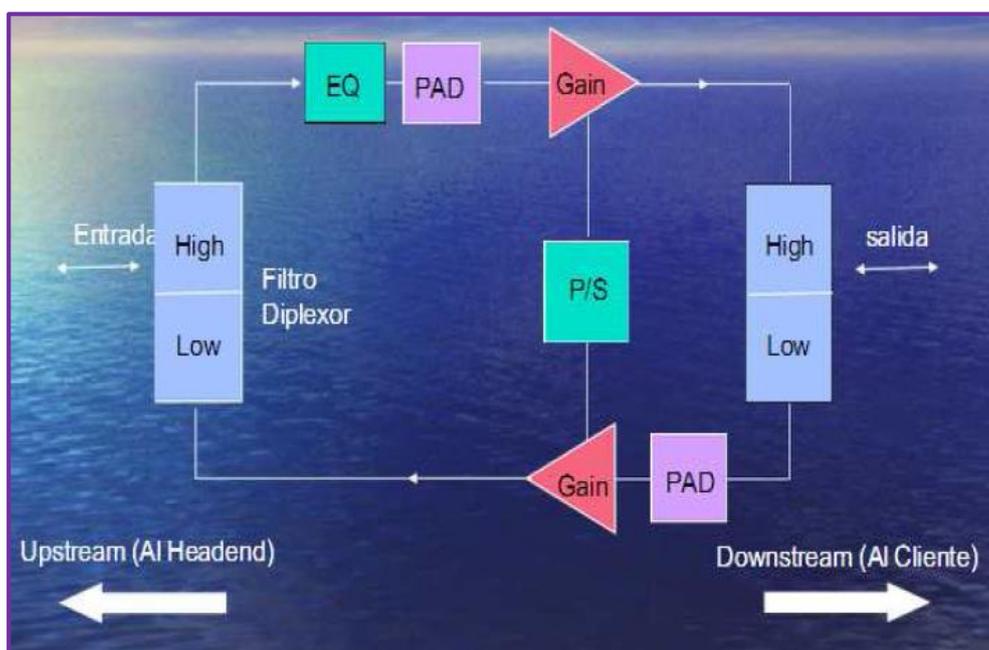
**Fuente:** (Telmex, 2009)

### 2.1.7.3. *Amplificadores HFC*

Los amplificadores son equipos activos de la red, que regeneran o amplifican la señal, esto es necesario porque la señal de RF se degenera por las atenuaciones del cable y demás elementos instalados en la red coaxial. Por su electrónica los equipos amplificadores aportan con su figura de ruido, por lo que es aconsejable no tener muchos amplificadores en cascada. Se utilizan para mantener la ganancia unitaria del Sistema de Distribución, supliendo las pérdidas del cable coaxial sufridas tanto por distancia como por frecuencia.

En la actualidad los diseños de red HFC contemplan cascadas menores a tres amplificadores, esto es una ventaja al momento de realizar los mantenimientos correctivos y preventivos en busca de ruido. Los amplificadores deben tener ganancia unitaria, es decir todos deben de estar balanceados a un mismo nivel para garantizar la estabilidad de los servicios. La sección de Forward opera bajo el concepto de ganancia unitaria. Ganancia Unitaria significa igual ganancia a la salida entre amplificadores. Además de amplificar también cumplen la labor de ecualizar; es decir entregar una pendiente adecuada para compensar las pérdidas en altas frecuencias del cable coaxial (Angulo Bellio & Polo Olivo, 2011).

Filtro diplexor, Las señales en ambos sentidos viajan por el mismo cable coaxial, al entrar a un amplificador, se requiere algún tipo de circuito que separe el flujo de señales en ambas direcciones para poderlas amplificar. Este circuito es el filtro diplexor que se encuentra a la entrada y salida de cada estación amplificadora. Electrónicamente hablando, es un filtro bidireccional consistente en un filtro pasa-altos en la dirección hacia delante y un filtro pasa-banda en la dirección de retorno.

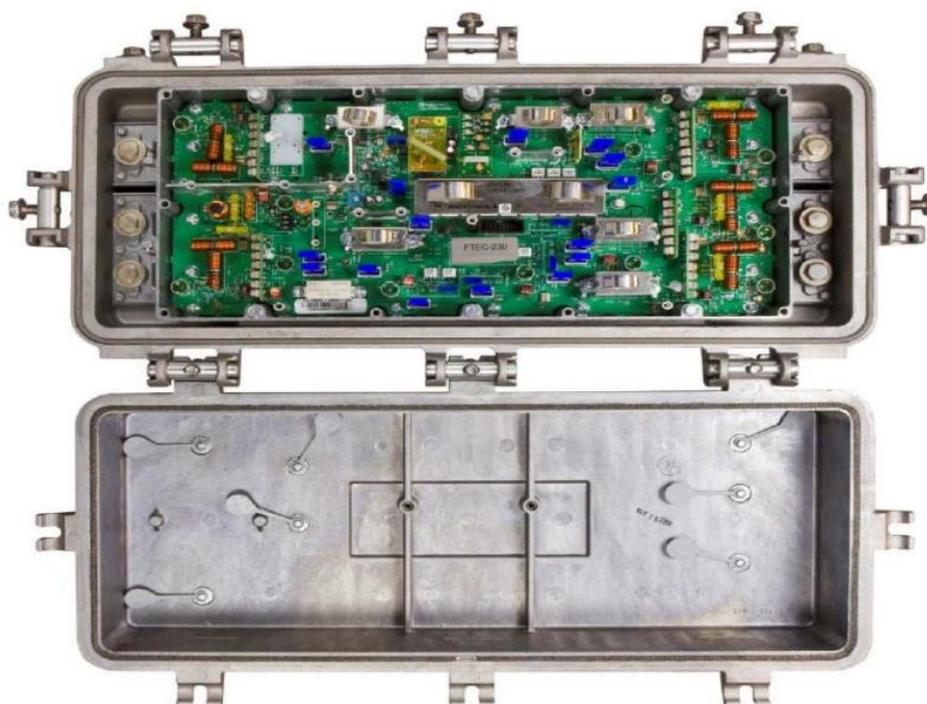
**Figura N° 2.5:** Diagrama de bloques de un amplificador en su forma simple**Fuente:** DOCSIS 3.0

Podemos encontrar diferentes modelos de amplificadores RF disponibles.

- Amplificador Troncal Broadband Trunk Distribucion (BTD)
- Amplificador Mini-Bridge V3 (MBV3) 3 salidas de RF
- Mini Bridger (MB): 2 salidas de RF fijas con habilitación de una tercera salida que se toma mediante una división de señal de una de sus dos salidas mediante un Splitter.
- Line extender (LE): equipo con una salida utilizada generalmente para extender la señal en tramos con distancias extensas.

Los equipos activos mencionados, están distribuidos en la red para garantizar los niveles deseados a las acometidas de los clientes. La variación o desbalance repercute directamente a los servicios contratados.

**Figura N° 2.6:** El amplificador BT100 de cuatro puertos de salida a 1GHz.



**Fuente:** (SIÑANI CALLISAYA, 2017)

Se describe a continuación las etapas más importantes de un amplificador, tomado como referencia, para los demás tipos de amplificadores mencionados en el apartado anterior, solo aumenta la cantidad de etapas amplificadoras en base a su salida

- **Filtro diplex:** es el elemento que separa las frecuencias altas de las bajas, es decir, divide la señal de forward o bajada proveniente del Headend, de las de Upstream o subida proveniente de los clientes.
- **Ecualizadores y simuladores:** son elementos que ayudan a linealizar la señal y poder dar pendiente para que pueda ser transmitida a otros elementos. Su función principal es ecualizar la entrada al primer híbrido.
- **PADs:** Son elementos que atenúan la señal para que puedan entrar con niveles óptimos al primer híbrido del amplificador.
- **Híbridos:** su función es la de pre-amplificar la señal de entrada y seguir a las siguientes etapas del amplificador.

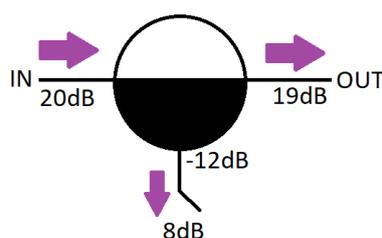
- **Bode:** es la etapa de compensación de niveles por variación de temperatura del cable o del equipo. Mantiene los niveles a los cuales fue calibrado, manteniendo la ganancia unitaria.
- **MDR:** elemento del amplificador que nos permite atenuar las frecuencias bajas para obtener niveles de pendiente en la salida según a la frecuencia que trabaja el sistema HFC. Típicamente en redes bidireccionales se trabaja a 750, 850 y 1000 MHz.
- **Fuente de poder:** suministra de voltaje continuo de 24 VDC a los híbridos.

#### 2.1.7.4. Dispositivos acopladores direccionales de distribución HFC

Es un dispositivo pasivo. Se utilizan para extraer nivel de señal de una red HFC, es implementado para derivar señal en el recorrido del cable principal o troncal y así crear puntos de distribución en la red HFC. Los parámetros de un acoplador son: Valor del Tap en dBmV, Ancho de Banda en MHz, pérdida por inserción, pérdida de retorno, aislamiento, Power Passing. Se diferencia del Splitter debido a que sus salidas manejan diferentes niveles de atenuación. (Angulo Bellio & Polo Olivo, 2011)

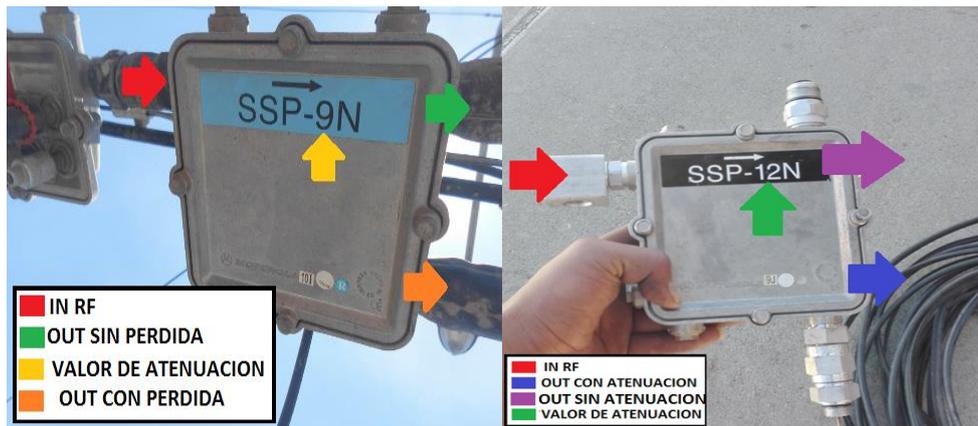
Los dispositivos de distribución acoplador IN, OUT 20dB 19dB 8dB Acopladores de línea dura existen de 7dB, 9dB, 12dB y 16dB, se usan en red externa para distribución de señal a las diferentes dimensiones del nodo. Decibel (dB): Unidad de medida de potencia utilizado en el medio de las Redes HFC, para determinar las pérdidas (-dB) y la ganancia de un sistema (+dB).

**Figura N° 2.7:** Simbología, acoplador HFC



**Fuente:** (SIÑANI CALLISAYA, 2017)

**Figura N° 2.8:** Acopladores direccionales de distribución HFC



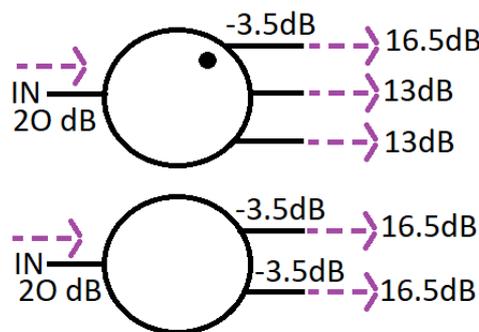
Elaboración propia

**2.1.7.5. Divisor de red exterior HFC**

Es un elemento pasivo que divide la señal RF en dos o más salidas y es bidireccional; en la red HFC los hay de 2 y 3 salidas. Los parámetros: números de salidas, ancho de banda, pérdida de inserción, pérdida de retorno, aislamiento. (Angulo Bellio & Polo Olivo, 2011).

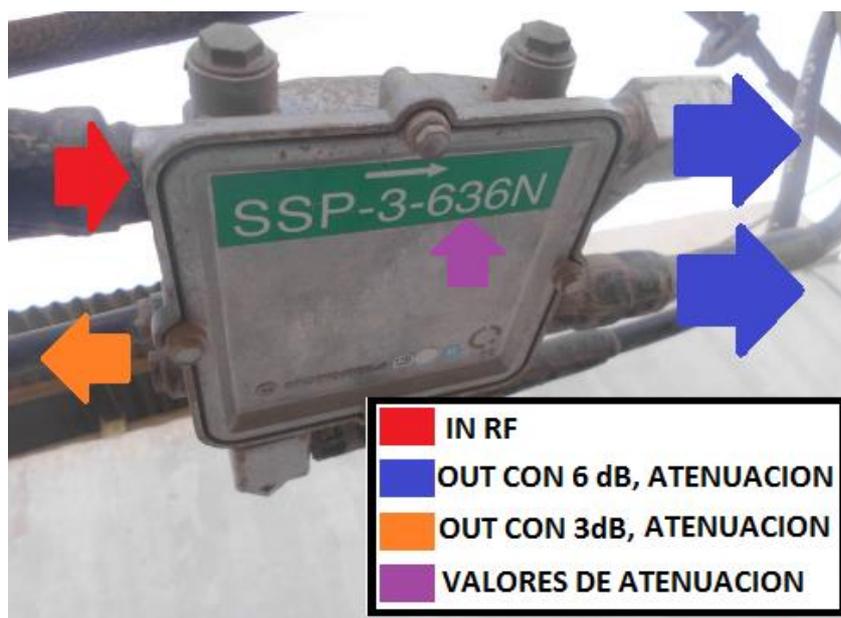
- Splitter de dos vías: Tienes dos salidas balanceadas, es decir con la misma atenuación.
- Splitter de tres vías: Tiene tres salidas, donde dos de ellas tienen mayor pérdida que la otra.

**Figura N° 2.9:** Simbología, divisor de red exterior



**Fuente:** (SIÑANI CALLISAYA, 2017)

**Figura N° 2.10:** Divisor de red externo de 3 vías, Motorola

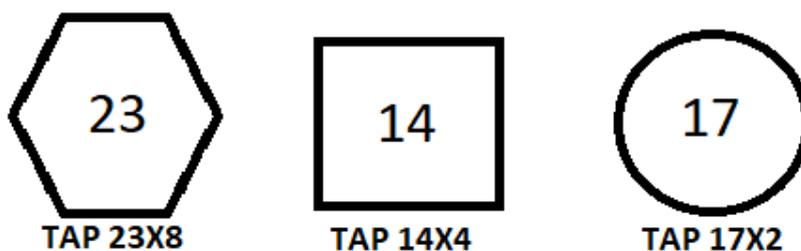


Elaboración propia

### 2.1.7.6. Multitap HFC

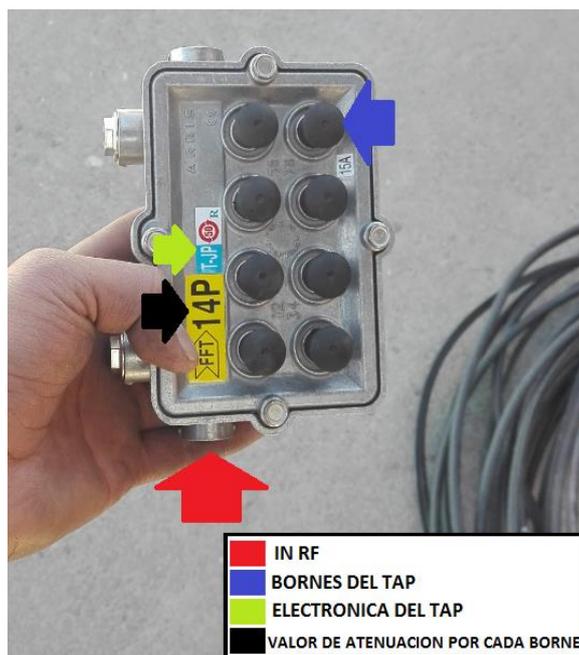
Elementos pasivos de la red que permiten derivar la señal de entrada en varias salidas para las acometidas de los abonados. Básicamente a los TAP se los distinguen por el número de salidas y por la atenuación que tienen internamente, dependiendo del diseño se instalan TAP de mayor atenuación cerca de los equipos amplificadores y a medida que la red avanza se van instalando TAP de menor valor para compensar las pérdidas del cable. (Montes Santos, 2016)

**Figura N° 2.11:** Simbología, TAPS de 8, 4 y 2 bornes



**Fuente:** (SIÑANI CALLISAYA, 2017)

**Figura N° 2.12:** Tap 14Px8, Arris



Elaboración propia

- Existen diferentes niveles de potencia de salida en los taps, esto está directamente relacionado con la etapa de instalación y el lugar a instalar (casa, edificio) y la longitud de la acometida.

**Figura N° 2.13:** Tipo de TAPS, con diferentes niveles, Motorola

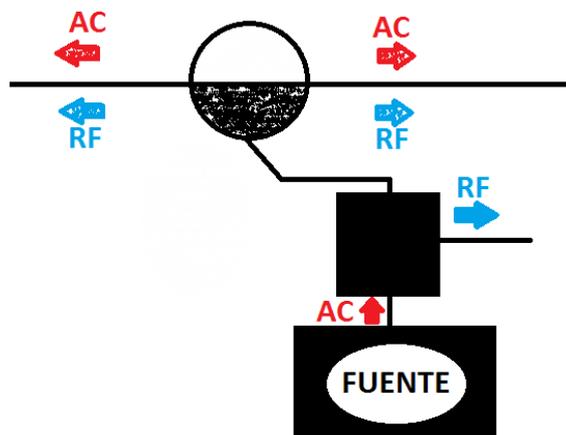


Elaboración propia

**2.1.7.7. Insertor de potencia**

Tiene la función de tomar la alimentación eléctrica proveniente de la fuente y suministrarla por medio de cable coaxial al Nodo y a los amplificadores.

**Figura N° 2.14:** Símbolo, Insertor de potencia



**Fuente:** (Angulo Bellio & Polo Olivo, 2011)

**Figura N° 2.15:** Insertor de potencia, Arris.



Elaboración propia

### 2.1.7.8. Carga terminal

Dispositivo en forma de tapa de 75 Ohm, instalado en uno de los extremos del tap cuando estos son de tipo no terminal y se convierten en el final del ramal de distribución.

**Figura N° 2.16:** Carga terminal, TAP final



Elaboración propia

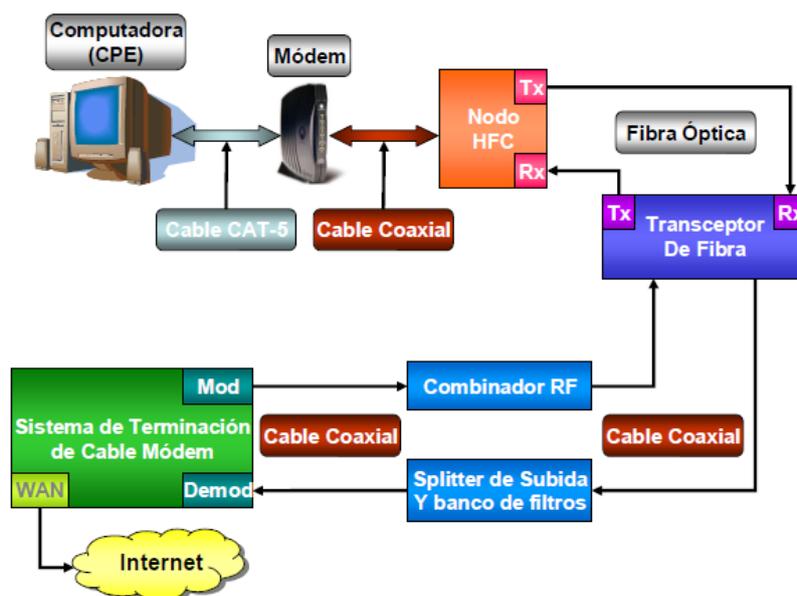
## **2.1.8. inHouse HFC**

### **2.1.8.1. Cable Modem**

El cable módem es un dispositivo utilizado para dar acceso a Internet. Es instalado por los operadores que brindan el servicio de Internet a través de la red de TV por cable. Trabajan a altas velocidades y están diseñados para trabajar con el estándar DOCSIS. Su funcionamiento se logra a través del Sistema Terminal de Cable Modem (CMTS).

Básicamente es un módem por cable que cumple los estándares del sector en relación con la conectividad de datos de alta velocidad junto con un servicio de telefonía digital, proporcionan prestaciones de cable modem de datos y voz, de manera cableada (Ethernet) o inalámbrica, para conectar una variedad de dispositivos en el hogar o la oficina. Además, admiten un acceso de alta velocidad a servicios de datos y de voz altamente rentables. Los cables módems se conectan a la red HFC mediante un conector de cable coaxial de tipo (RG6), y al PC a través de una interfaz Ethernet 10/100. Los sistemas de módems de cable no requieren una topología de red concreta, más bien que se cumplan ciertas normas de calidad en la comunicación de extremo a extremo

Los equipos del cliente (CPE), tales como una PC casera, se comunican sobre una conexión de red utilizando el protocolo IP. Usualmente esto es hecho con una tarjeta de interfaz de red Ethernet y un cable UTP; sin embargo, nuevos modelos de módems proporcionan una interfaz USB en su lugar.

**Figura N° 2.17:** Componentes de hardware del cable modem

**Fuente:** (Cartagena, 2007)

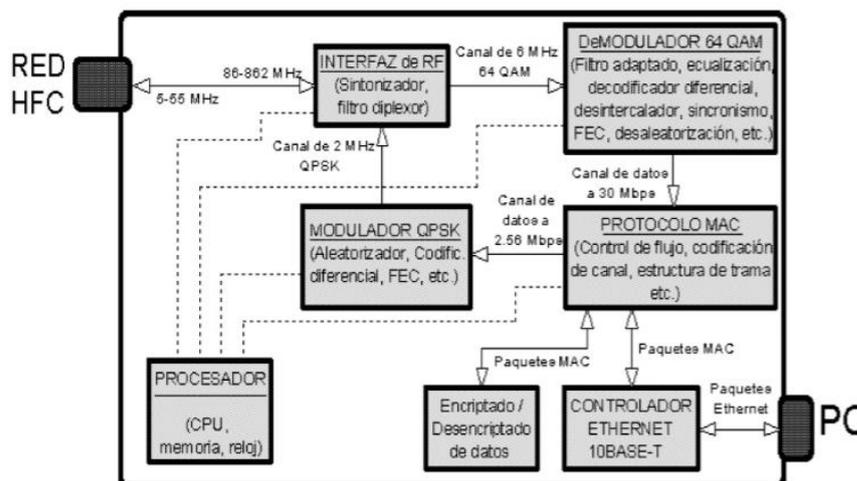
Los nodos HFC ofrecen a los proveedores de servicios muchas ventajas. Los nodos HFC usualmente son ubicados estratégicamente en vecindarios donde puedan conectar la mayor cantidad de usuarios con la menor distancia promedio total. Estos nodos individuales son conectados a un Nodo Concentrador o Repetidor Multipuesto (HUB) central en el equipo terminal del proveedor (llamado Transceptor de Fibra) utilizando cables de fibra óptica. El propósito de este concentrador es de que sirva de interfaz entre el cable de fibra óptica desde el campo de servicio y el cable coaxial del CMTS.

Tanto las señales de subida como las señales de bajada se conectan al Sistema de Terminación de Cable módems o CMTS (Cable Modem Terminal System). Aquí, las frecuencias más bajas del divisor de señales de subida son demoduladas, y las frecuencias más altas de bajada son moduladas al cable coaxial.

### 2.1.8.2. Estructura del cable modem

La estructura básica de un cable modem consta de sintonizador, demodulador, modulador y control de acceso al medio.

**Figura N° 2.18:** Estructura, Cable Modem



**Fuente:** (Donoso Vallejo, 2012)

- **Sintonizador.** Este dispositivo se conecta a la salida del cable. En ocasiones se adiciona un divisor que separa el canal de datos del Internet de la programación CATV normal, recibe una señal digital modulada y la entrega al modulador. En su defecto cuenta con un diplexor (divisor) que permite al sintonizador usar un conjunto de frecuencias para el downstream (50-860 Mhz) y otro para el upstream (5-50 Mhz).
- **Demodulador.** Es un dispositivo que separa las señales que recibe el receptor, básicamente cuando llega una señal modulada generalmente en QPSK, es decir llega la portadora (la que contiene la información), la demodulación ocurre cuando te deshaces de la portadora y te quedas con la información. Funciones del demodulador conversión de la señal modulada (QAM) en una señal simple, conversión de la señal analógica en digital, sincronización de las tramas, para asegurar que se encuentran en línea y en orden, verificación de Errores.

- **Combinador.** Este dispositivo es el encargado de mezclar todas las señales provenientes de los moduladores para que puedan ser transmitidas por una sola línea de transmisión. Las frecuencias de las señales deben ser distintas para no producir interferencia, los mezcladores están basados en filtros pasa banda, elimina banda, pasa alto y pasa bajo. Todos los equipos de cabecera funcionan con la energía de la red de distribución eléctrica.
- **Control de Acceso al Medio.** Todos los dispositivos de una red tienen un componente de acceso al medio, en el caso de los Cable Modems, estas tareas resultan complejas. En la mayoría de los casos, algunas funciones MAC son asignadas a un microprocesador (del Cable Modem, o del usuario del sistema).
- Existen diversos fabricantes de cable módem, entre los principales están Motorola, Arris, Thecnicolor y Cisco.

### 2.1.8.3. MTA

Un MTA es un equipo que permite conectar un teléfono (análogo) a una red de datos. Para esto debe convertir la voz (que es analógica) en datos; así, la voz es digitalizada y luego convertidas en paquetes IP, muy similares a los de Internet. Un MTA tiene que conectarse a una red de datos, típicamente mediante una interfaz de RF (En el ambiente de Cable, la conexión física de una MTA o eMTA (CM+MTA) es mediante conectores coaxiales (Telmex, 2009).

eMTA es un dispositivo que permite conectarse a la cabecera de red mediante el Sistema Terminal de Cable Modem. Este equipo administra las comunicaciones de los Cable Modem. Está ubicado en el HUB y sirve como puente entre la red HFC y la backbone IP. Una de las ventajas de esta norma es la calidad de servicio (QoS), que permite el servicio de telefonía (Telmex, 2009).

- El Cable Modem permite tener acceso a Internet.

- El MTA es un dispositivo que permite brindar servicio de telefonía.

**Figura N° 2.19:** eMTA, Arris TG8620



Elaboración propia

- El eMTA Arris TG862 es un equipo terminal que integra un cable modem y un MTA. brinda los accesos a internet y telefonía, para telefonía cuenta con 2 puertos in/out RJ-11 y para internet cuenta con 4 puertos in/out RJ-45.

#### 2.1.8.4. Teléfono

El teléfono es el dispositivo de telecomunicaciones diseñado para transmitir señales acústicas por medio de señales eléctricas a distancia. El modelo ITCG-009 tiene aplicaciones que permiten identificar la llamada, memoria para guardar números telefónicos, registros de llamadas. Brinda servicios como interfaz de voz, la cual se conecta al e-MTA a través del cable telefónico al puerto RJ-11

#### 2.1.8.5. Decodificador

- DTA100. equipo terminal de cable digital marca Motorola el más sencillo en presentación de bajo costo que procesa el estándar mpeg-2; solo procesa la señal digital, transformándola en analógica y la modula en el canal 3.

- DCX700. Es un decodificador digital utilizado para procesar la señal digital de alta definición (HDTV), cuenta un sintonizador de 1 GHz que soporta servicios de mpeg-2 y mpeg-4 e incluye lo último en interfaces de salida de video y audio, incluyendo el HDMI y dolby digital plus.
- DCX3400 Es un equipo que tiene la posibilidad de grabación de video digital (DVR) con un sintonizador de 1 GHz que soporta servicios de mpeg-2 y mpeg-4 e incluye lo último en interfaces de salida de video y audio, incluyendo el HDMI y dolby digital plus. La capacidad de grabación depende del disco duro instalado, siendo esta de 160 GB o de 250 GB, procesa la señal digital de alta definición (HDTV) además de los SDTV: permite disfrutar de las funciones de grabación digital de la programación con un control on-line de la señal que se está observando. La HD se visualiza correctamente empleando el puerto HDMI y los canales SDTV por los puertos A/V RCA. (Rivera & Geraldine Santillan, 2011)

**Figura N° 2.20:** Decodificador digital, DCX700



**Fuente:** (Rivera & Geraldine Santillan, 2011)

#### **2.1.8.6. Conector RG6**

Dispositivo que permite realizar una conexión temporal o semi-permanente. Para los dispositivos como el eMTA y el decodificador-TV, como se muestra en la Figura 2.21.

### 2.1.8.7. *Splitter de distribución interna*

Elemento de interiores que divide la potencia de la señal de entrada en dos o tres salidas iguales. Se tiene de 3.5dB y 7dB.

**Figura N° 2.21:** Splitter de 3 salidas con atenuación de 3.5dB y 7dB



Elaboración propia

### 2.1.9. Medios de transmisión

“El medio de transmisión constituye el canal que permite la transmisión de información entre dos terminales en un sistema de transmisión. Las transmisiones se realizan habitualmente empleando ondas electromagnéticas que se propagan a través del canal” (Medios de transmisión ).

Las redes Híbrida Fibra – Coaxial HFC, utilizando como medios de transmisión el cable coaxial en la línea de distribución y línea de acometida al usuario, mientras en la línea troncal se emplea fibra óptica.

Detallaremos los componentes y característica de estos 2 medios de transmisión a continuación.

### *2.1.9.1. Cable coaxial*

Un cable coaxial puede ser definido como un cable conformado por dos conductores metálicos separados por un dieléctrico el conductor central o núcleo esta hecho de aluminio recubierto por cobre y el conductor externo o malla de apantallamiento se realiza en aluminio, el dieléctrico generalmente se fabrica de polietileno y el recubriendo externo del cable con PVC; la cantidad de mallas de apantallamiento varían según el tipo de cable igualmente el tipo de dieléctrico y el diámetro del conductor central. La forma de fabricación del conductor central (aluminio recubierto por cobre) se debe al aprovechamiento del llamado efecto piel que se presenta en los cables, este consiste en que los electrones a altas frecuencias (como las que se manejan a nivel de RF de 5MHz a 860 MHz ) tienden a viajar por la superficie del cable y teniendo en cuenta que en el cable coaxial las perdidas en las frecuencias altas es mayor que en las frecuencias bajas el recubriendo del núcleo se realiza en cobre el cual es un excelente conductor, sabiendo que las bajas frecuencias sufren atenuaciones menores y tienden a viajar por el centro del núcleo (Benitez, 2013).

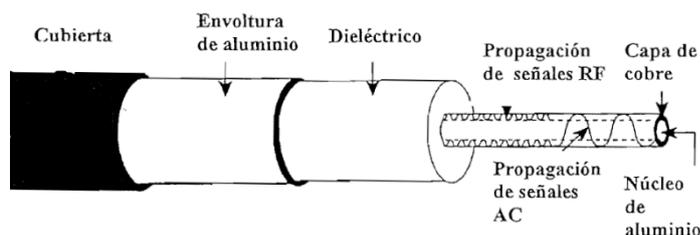
Cable coaxial constituye la línea o medio de transmisión utilizado en la red de distribución y acometida al usuario en las redes HFC. Por su estructura presenta mayor blindaje e interferencias externas y puede trasladar señales a mayores distancias con mayor velocidad; con bajas perdidas y un ancho de banda superior (Nuñez Ibarra, 2003).

Es un medio de transmisión compuesto por los siguientes elementos: un conductor central, dieléctrico, blindaje y chaqueta. Es posible encontrarlos con mensajero (Utilizado para fijarlo o tensionarlo en tendidos aéreos). Existen varios tipos de cable coaxial, cada uno con un diámetro, características mecánicas, eléctricas, y

atenuación RF diferentes. Puede ser usado para transmitir tanto señales analógicas como digitales (Montes Santos, 2016)

Las señales de RF son conducidas únicamente por la parte externa del conductor central (capa de cobre) que proporciona menor resistencia, esto se conoce como efecto skin y la profundidad de conductividad define este efecto para los cables coaxiales. El voltaje AC viaja a través de todo el conductor a bajas frecuencias.

**Figura N° 2.22:** Cable coaxial y componentes



**Fuente:** (Nuñez Ibarra, 2003)

#### 2.1.9.2. Tipos de cable coaxial

**Cable coaxial flexible:** Este cable es el utilizado en la red de abonado, dentro de los cables flexibles se encuentran los cables **RG59, RG6 y RG11**; esta denotación simboliza, la medida del diámetro del conductor en pulgadas. Estos cables pueden ser del tipo simple, doble o cuádruple mallado siendo este último el más utilizado por sus mejores características de blindaje, pueden tener un mensajero o portante el cual es un cable de acero adherido al revestimiento de PVC y sirve para sujetar el cable en tendidos aéreos (Benitez, 2013)

**Cable coaxial semiflexible:** El tipo de conductor externo (malla) en este tipo de cable es semirrígido ya que no se trata de pequeños conductores trenzados sino de un tubo de aluminio, el cual también posee mejores cualidades mecánicas. Se utiliza para el tendido de redes troncales y de distribución ya que las resistencias que brinda a la señal por metro, es menor que el cable flexible, dentro de este tipo de cable los más utilizados son el **RG500, QR540 y RG750**, que corresponden a la medida del diámetro

del conductor externo en pulgadas, también se construyen con un mensajero para el tendido aéreo; el cable más utilizado en la red de distribución de las redes HFC es el RG500 (Benitez, 2013)

**Figura N° 2.23:** Cable coaxial RG6, sin y con mensajero



**Fuente:** HFC - red Híbrida Fibra Coaxial, (2014)

### 2.1.9.3. Atenuación por frecuencia del cable coaxial

La tabla muestra las pérdidas en los diferentes tipos de cable coaxial por cada 100 metros de distancia a una temperatura promedio de 20 grados centígrados expresado en dB.

**Tabla N° 2.2:** Atenuación por frecuencia del cable coaxial

FRECUENCIA	RG500	RG625	RG750	RG860	RG59	RG6	RG11
5 MHz	0.5	0.4	0.4	0.3	2.5	1.9	1.2
30 MHz	1.3	1	0.8	0.75	-	-	-
55 MHz	1.8	1.5	1.2	1.1	6.4	5	3
83 MHz	2.2	1.9	1.5	1.3	-	-	-
108 MHz	2.5	2.1	1.7	1.5	-	-	-
150 MHz	2.9	2.5	2	1.8	-	-	-
183 MHz	3.3	2.8	2.2	2	-	-	-
211 MHz	3.6	3	2.4	2.1	11.5	9.3	5.5
250 MHz	3.9	3.3	2.7	2.3	12.4	9.9	6.1
300 MHz	4.3	3.3	2.9	2.5	13.7	11.2	6.7
350 MHz	4.7	3.9	3.2	2.7	15	12.1	7.3
400 MHz	5	4.2	3.4	2.9	16.2	13.2	7.8
450 MHz	5.3	4.4	3.7	3.1	17.2	13.9	8.1
500 MHz	5.7	4.7	3.9	3.3	18.3	14.7	9.2
550 MHz	6	4.9	4.1	3.5	19.3	15.5	9.5
600 MHz	6.3	5.2	4.3	3.6	20.1	16.3	9.8
750 MHz	7.1	5.8	4.9	4.1	23	18.3	11.3
862 MHz	7.3	6.2	5.2	4.3	-	-	-
1000 MHz	8.3	6.8	5.7	4.7	26.5	21.5	13.1

Elaboración propia

### 2.1.10. Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio físico de transmisión de información, usual en redes de datos y telecomunicaciones, que consiste en un filamento delgado de vidrio o de plástico, a través del cual viajan pulsos de luz láser o led, en la cual se contienen los datos a transmitir. A través de la transmisión de estos impulsos de luz se puede enviar y recibir información a importantes velocidades a través de un tendido de cable, a salvo de interferencias (Conceptode, 2019).

La fibra óptica se compone frecuentemente de filamentos de vidrio de alta pureza, muy delgados y flexibles, cuyo grosor es similar al de un cabello humano (de 2 a 125micras). La FO es esencialmente un medio “transparente” para las radiaciones electromagnéticas situadas en la banda visible y en el infrarrojo cercano. Esto quiere decir que la atenuación que sufre la luz a la circular dentro de la fibra es muy baja. Este medio de transmisión óptico se comporta como una guía de onda, lo cual permite la propagación de ondas electromagnéticas longitudinalmente. Es decir, una vez que la luz es insertada por uno de los extremos de la fibra, circula siempre en su interior reflejándose o “rebotando” contra las paredes, hasta alcanzar el extremo opuesto (Hinojosa Gomez, 2007).

La fibra óptica es utilizada en enlaces principales que tienen distancias grandes, para evitar pérdidas significativas en la transmisión de la señal. Es el medio utilizado actualmente, para transmitir la señal entre la Cabecera principal, hacia los HUBS y receptores (nodo óptico). Dichos enlaces pueden llevar servicios de video, voz y datos (Agustin Palacios, 2006).

Para transmitir señales por fibra óptica se utiliza modulación de amplitud sobre un rayo óptico, la ausencia de señal indica un cero y la presencia un uno. La

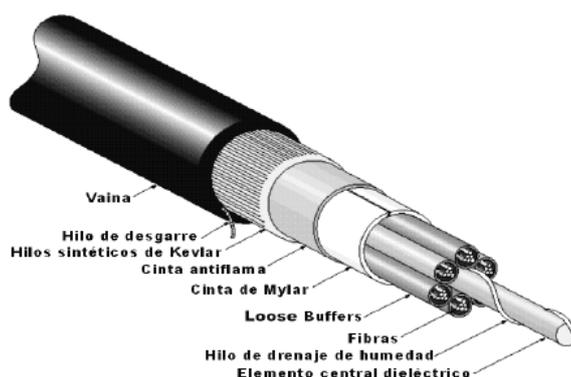
transmisión de fibra óptica es unidireccional. Experimentalmente se han transmitido hasta Gbps sobre una distancia de 110 Kms (Donoso Vallejo, 2012).

### *2.1.10.1. Componentes del cable de fibra óptica.*

El cable de fibra está formado por un núcleo rodeado por una cubierta. En la mayoría de los casos, la fibra está cubierta por un nivel intermedio que lo protege de la contaminación. Asimismo, se compone de una carcasa exterior que cubre todo el cable. Tanto el núcleo como la cubierta pueden estar hechos de cristal o de plástico, sin embargo, deben ser densidades distintas

Los plásticos se caracterizan por ser ligeros y económicos, pero no proporcionan una fortaleza estructural ya que emiten humos cuando se queman, caso contrario, la tubería de metal es costosa, pero proporciona mayor fortaleza. El teflón es ligero y se puede utilizar al aire libre, pero es costoso y no incrementa la robustez del cable. Evidentemente que la elección del material depende de las condiciones de instalación en sitio y las funciones que se deseen cumplir. A continuación, se muestra una fibra con sus respectivos, cualidades.

**Figura N° 2.24:** Fibra óptica y sus componentes



**Fuente:** HFC - red Híbrida Fibra Coaxial, (2014)

Las diferentes trayectorias que puede seguir un haz de luz en el interior de una fibra se denominan modos de propagación. Y según el modo de propagación tendremos dos tipos de fibra óptica:

**Fibra monomodo.** Permite la propagación de un único modo de luz, a través de la reducción del diámetro del núcleo de fibra, permitiendo enviar información a largas distancias y a buena tasa de transferencia.

**Fibra multimodo.** Permite que los haces de luz se propaguen en más de una manera (más de mil modos distintos), lo cual incrementa el margen de error y la hace no muy recomendable para conexiones de muy larga distancia.

Las señales ópticas del sistema **HFC** son transmitidas exclusivamente por fibra óptica monomodo ya que este tipo de fibra presenta características apropiadas para la transmisión de señales entre las que se mencionan:

Se adaptan a grandes distancias por tener menor atenuación y mayor ancho de banda que las fibras multimodo. El coeficiente de atenuación es inferior a **1dB/km. en la longitud de onda 1300nm y 0.5dB/km en 1550nm** ( Arias Vega, 2004).

#### **2.1.11. Canal de transmisión.**

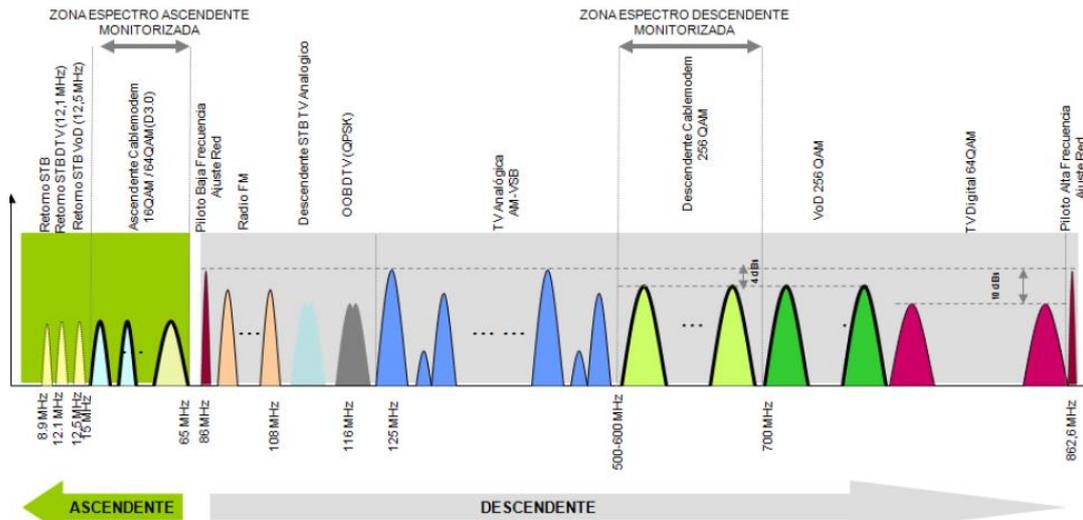
La transmisión de datos en una red HFC se realiza a través de un medio de acceso compartido, en la que un grupo de usuarios de un mismo barrio comparte un ancho de banda de 6 MHz en el sistema. Donde el ancho de banda disponible entre 5 – 860 MHz se distribuye en canales a diferentes frecuencias utilizando multiplexación por división de frecuencia FDM.

Al transmitir datos a través de una red HFC se debe reservar canales para el envío de la información hacia el cliente y de retorno, logrando así tener un sistema de comunicación bidireccional, para esto se crea canales denominados descendente (Downstream) y ascendente (Upstream) para cumplir con la transmisión de datos del

proveedor hacia el equipo del abonado (usuario) y viceversa respectivamente. A continuación, se detalla cada canal de transmisión.

En la **Figura N° 25**, se presenta el espectro de frecuencias de canales tanto ascendentes como descendentes, para las redes HFC.

**Figura N° 2.25:** Espectro de distribución de la red HFC (Downstream y Upstream)



Fuente: (Borroto Dueñas, 2012)

### 2.1.11.1. Canal ascendente (Upstream)

El canal de retorno hace referencia a la vía comprendida entre el abonado y la cabecera; ocupa en las redes HFC el espectro comprendido entre **5 y 42 MHz**, este ancho de banda lo comparten todos los usuarios servidos por un nodo óptico.

Algunos de los servicios que se entrega mediante las redes HFC requieren establecer comunicaciones bidireccionales entre cabecera y los equipos terminales del usuario, lo cual se logra teniendo un canal de retorno. Las señales emitidas por los equipos terminales de los usuarios del servicio se transmiten por la red de distribución atravesando amplificadores bidireccionales, hasta llegar al nodo óptico en donde se convierten de señales RF a ópticas, para avanzar por la red troncal hasta llegar a la cabecera.

El canal de Retorno (Upstream) es un canal de comunicaciones muy problemática debido a que la parte de coaxial de la red HFC se comporta como una gran antena que recoge las señales indeseadas que penetran sobre todo en su parte más baja (entre **5 y 15-20 MHz**), es así que cualquier señal que exista en el espectro de radio frecuencia (RF) en la banda de **5 a 42 MHz** puede penetrar en la red pudiéndose referir a emisoras internacionales de onda corta, emisoras de Banda Ciudadana y radioaficionados, señales provenientes de televisores mal apantallados, ruido de RF generado en ordenadores, interferencias eléctricas, motores eléctricos, sistema de encendido de vehículos, secadores de pelo, etc ( Arias Vega, 2004).

#### ***2.1.11.2. Canal descendente (Downstream)***

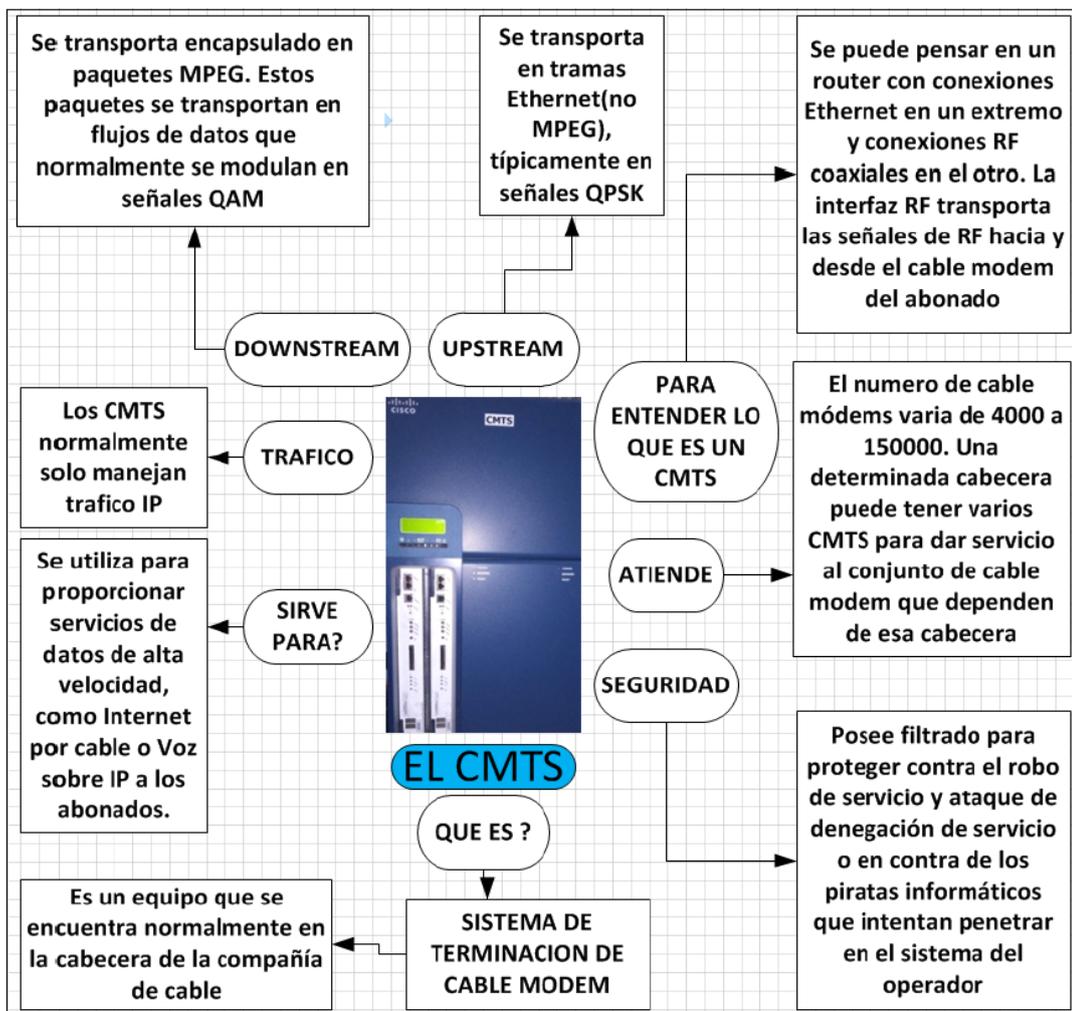
El canal descendente es el camino desde la cabecera (Head End) al abonado. Por este canal se transmiten señales analógicas y digitales de acuerdo con el tipo de servicio que se va a proveer a los usuarios. Los canales descendentes están localizados en el rango de frecuencia de 88 a 862 MHz, entre los 88 y los 606 MHz se multiplexan los canales analógicos y entre 606 y 862 los canales digitales. El canal descendente se caracteriza por ser un canal poco ruidoso comparado con el canal ascendente.

#### **2.1.12. CMTS**

Un equipo que se encuentra normalmente en la cabecera de la compañía de cable 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 el cable módems de los abonados. Dependiendo del CMTS, el número de cable módems que puede manejar varía entre 4.000 y 150.000 o incluso más.

Una determinada cabecera puede tener uno o más CMTS para dar servicio al conjunto de cable módem que dependen de esa cabecera para satisfacer la demanda de tráfico. Los equipos del cliente o CPE (Customer Premise Equipment), se comunican sobre una conexión de red utilizando el protocolo IP. Usualmente esto es hecho con una tarjeta de red Ethernet y un cable de categoría-5 (CAT5). El cable módem se conecta a un cable coaxial compartido que usualmente conecta muchos otros módems y termina en un nodo HFC.

Figura N° 2.26: CMTS y funciones en la red HFC

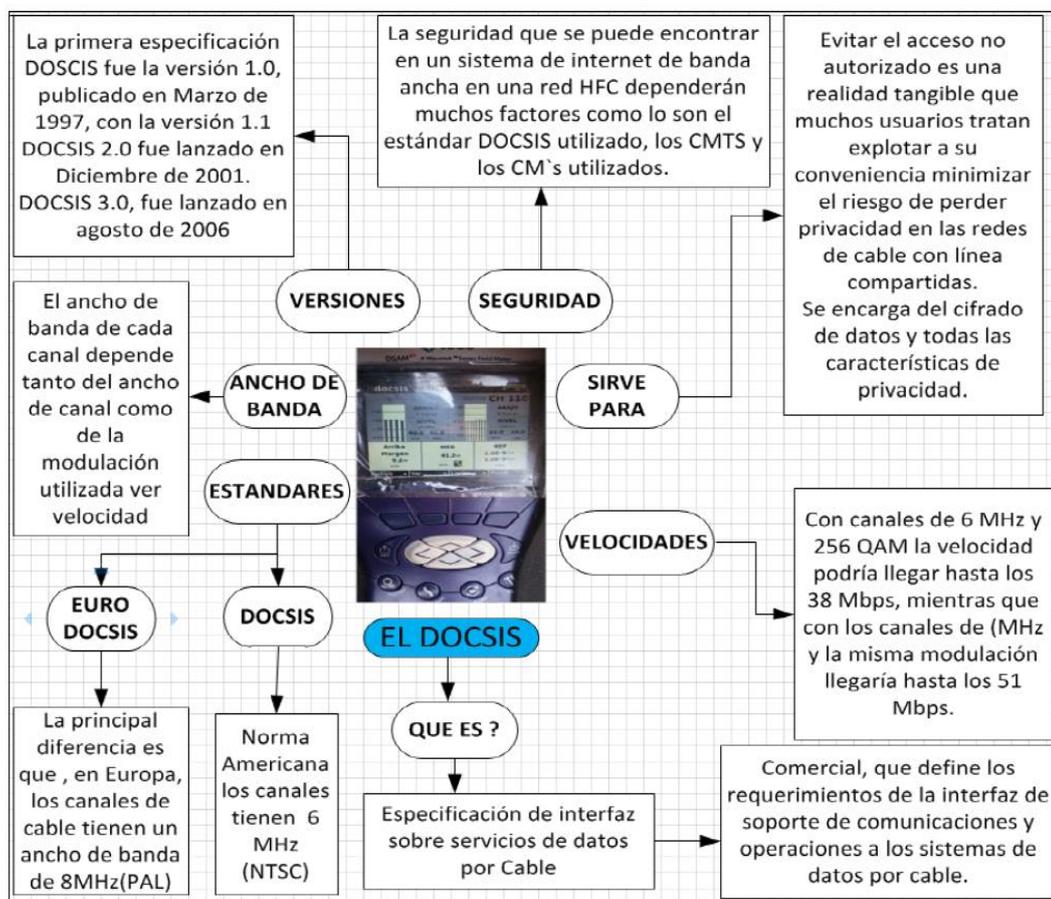


Fuente: (SIÑANI CALLISAYA, 2017)

2.1.13. DOCSIS

El estándar DOCSIS es un estándar internacional, no comercial, que define los requerimientos de la interfaz de soporte de comunicaciones y operaciones para los sistemas de datos por cable, cubre todo elemento de la infraestructura de un Cable Modem, desde el CPE hasta el equipo terminal del operador. Esta especificación detalla muchas de las funciones básicas del Cable Modem de un cliente (modulación de frecuencias en el cable coaxial, aplicación del protocolo SNMP a los Cable Modem, encriptación de datos, etc); muchas funciones adicionales son definidas, pero por lo general no son usadas a menos que el CMTS lo requiera. El término de equipo terminal usualmente se refiere a todo el equipo que es usado por un proveedor de servicios para mantener y operar una red de Cable Módem (SIÑANI CALLISAYA, 2017).

Figura N° 2.27: DOCSIS y su función en la red HFC



Fuente: (SIÑANI CALLISAYA, 2017)

DOCSIS 3.0, la fortaleza de esta versión radica básicamente en dos importantes innovaciones: la “unión de canales” y el soporte de “IPv6”, el protocolo de Internet de próxima generación. El cable modem “escucha” varias portadoras descendentes y no sólo una como ocurría en las versiones anteriores de DOCSIS; las tramas DOCSIS descendentes y de retorno se multiplexan en diferentes frecuencias. La unión de canales es también de gran importancia en esta versión el término se refiere a que los datos se transmitirán desde y hacia los cables módems utilizando múltiples canales de RF en vez de uno sólo, como solía hacerse en las dos versiones anteriores de DOCSIS. Los canales no están físicamente unidos para transmitir la señal modulada digitalmente, sino que se unen de manera lógica para ensanchar el canal de comunicación. En el CMTS se distribuye la información para que viaje por diferentes canales y en el cable modem se recolecta y se ordena.

El cable modem DOCSIS 3.0 será capaz de recibir datos de manera simultánea provenientes de estos cuatro canales lógicos, que corresponden a un solo canal de mayor capacidad, aunque estén separados físicamente; es decir, ni siquiera deben ser canales de RF adyacentes. La importancia de este desarrollo indica que, al unir 10 canales convencionales, el enlace sería de  $42.88 \text{ Mbps} \times 10 = 420.88 \text{ Mbps}$  y al unir 24 canales el enlace tendría una capacidad de  $1,024.12 \text{ Mbps}$ , o lo que es lo mismo, 1 Gbps, algo antes inimaginable para la transmisión de datos en una red de cable; los mismos resultados se pueden aplicar al canal de retorno, elevando significativamente la máxima tasa de transmisión del enlace.

#### ***2.1.13.1. Frecuencias empleadas por DOCSIS***

DOCSIS garantiza su adecuado funcionamiento en las redes de cable que adoptan el estándar. Además de ser un estándar de interoperabilidad de cable módem, DOCSIS incluye parámetros que se recomiendan para lograr un mejor desempeño de

la red de cable. Los rangos de frecuencia que utiliza DOCSIS en las redes bidireccionales son los que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla N° 2.3:** Distribución de frecuencia DOCSIS

SENTIDO	EUROPA	AMERICA
Ascendente	5 - 65 MHz.	5 - 42 MHz.
Descendente	96 – 864 MHz.	88 – 862 MHz.

Elaboración propia

#### 2.1.13.2. Técnicas de modulación permitidas en DOCSIS

La transmisión Downstream (desde la cabecera al usuario) permite modulaciones de 64-QAM y 256-QAM sobre canales de 6 MHz de ancho de banda, mientras que en la transferencia Upstream (desde el usuario a la cabecera), DOCSIS acepta dos tipos de modulaciones: QPSK y 16-QAM, tal como se indica en la tabla

**Tabla N° 2.4:** Distribución de modulación en los canales DW y UP

MODULACION	SENTIDO	Bits/Símbolo	S/R
QPSK	Ascendente	2	> 21 dB
16 QAM	Ascendente	4	> 24dB
64 QAM	Descendente	6	> 25 dB
256 QAM	Descendente	8	> 33 dB

Elaboración propia

#### 2.1.13.3. Funcionalidad del cable modem con DOCSIS

La arquitectura del sistema DOCSIS le asegura al usuario privacidad de datos y previene el acceso no autorizado al servicio por el cable de red de trabajo compartido mediante la encriptación del tráfico, los cables módems pueden transmitir datos en un espectro de extensión diferente y, por lo tanto, solo puede leer datos entrantes de la instalación de cable que esté indicada con la dirección específica de ese módem.

La funcionalidad a través del cable modem, se da cuando esta empieza a buscar en el espectro downstream la portadora modulada en forma digital (64QAM a 256QAM) que contenga información específica del cable módem. Una vez que se ha

sincronizado con la portadora adecuada, el cable módem busca, entre los datos que se envían desde la central, un mensaje conocido como Descriptor del Canal Upstream (UCD) que le indica la frecuencia a la que deberá transmitir. El cable módem comienza a transmitir en la frecuencia Upstream asignada, incrementando gradualmente su potencia hasta que sea "escuchado" por el CMTS.

En este punto es donde se inicia la transmisión bidireccional entre el cable módem y la central de datos. Después de iniciada esta transmisión, terminan de ajustarse los niveles de operación de la frecuencia Upstream del cable módem y se establece la sincronía necesaria para evitar colisiones de datos con otros cables módems. En el proceso de iniciación del sistema se establece la conectividad con el protocolo de Internet, para ello el cable módem envía al CMTS una solicitud de protocolo de configuración de huésped dinámico (DHCP) para obtener la dirección IP y otros parámetros adicionales necesarios para establecer la conexión por medio de este protocolo, inmediatamente después, el cable módem solicita al servidor la fecha y hora exacta que se utilizará para almacenar los eventos de acceso del suscriptor.

Una vez realizado el proceso de inicialización, el cable módem está listo para utilizar la red como cualquier otro dispositivo Ethernet sobre los estándares de transmisión admitidos por DOCSIS y sus respectivas versiones. La configuración propia del cable módem, se lleva a cabo después de las solicitudes DHCP y las requeridas por el servidor. El CMTS descarga al cable módem ciertos parámetros de operación vía el Protocolo simple de Transferencia de Archivos (TFTP), terminada esta descarga, el cable módem realiza un proceso de registro, con la utilización de DOCSIS y BP (Privacidad de Línea de Base) en la red, el cable módem deberá adquirir información necesaria de la central y seguir los procedimientos para inicializar el servicio.

## **2.1.14. Perturbaciones en la red HFC**

### **2.1.14.1. Distorsión**

La distorsión se define como un cambio no deseado en la forma de onda que sufre las señales, esto ocurre cuando las señales atraviesan los amplificadores utilizados en la red de distribución, presentando algún grado de alinealidad entre las señales de entrada y salida.

Para una red de banda ancha los amplificadores procesan múltiples señales de RF y la energía total que atraviesa el dispositivo puede ser significativo, lo que obliga a los amplificadores trabajar en zonas no lineales, produciendo efectos no deseados. A la salida del amplificador aparecerán nuevas señales distintas a las señales que ingresaron y se produce distorsión armónica como distorsión por intermodulación.

Por lo tanto, para definir las características de distorsión de un dispositivo se debe considerar no solo el nivel de señal a su salida, sino también el número de señales que pasan a través de este. Existen diversos tipos de distorsión por intermodulación que afecta el buen funcionamiento de los amplificadores y por ende provocan anomalías en las señales recibidas por el usuario.

### **2.1.14.2. Ruido.**

En electrónica, se entiende por ruido, a toda señal, pulso o actividad radio frecuente indeseada presente en una banda o portadora, hay que diferenciar entre ruido base, y ruido ingresado. El ruido base está presente siempre en toda transmisión, y no es posible eliminarlo. El ruido ingresado sí es posible controlarlo.

2.1.15. Tipos de ruido.

Tabla N° 2.5: Tipos de ruido, en la red de distribución HFC

PRINCIPALES PROBLEMAS DE RUIDO	
RUIDO	FACTORES
<b>Distorsión Común de Trayectoria:</b> En sistemas HFC bidireccionales, es la intermodulación entre portadoras del DOWSTREAM cuyas diferencias cae en el UPSTREAM, restringiendo su espectro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contacto entre metales diferentes.</li> <li>- Corrosión</li> </ul> <p>La causa, usualmente, se puede encontrar en las conexiones mecánicas en los componentes pasivos de la trayectoria común de las señales de Dowstrem y Upstream.</p>
<b>Ruido eléctrico:</b> Cualquier energía eléctrica no deseada presente en pasa banda útil de un circuito de comunicaciones; o ruido atmosférico perturbaciones eléctricas que ocurren naturalmente dentro de la atmósfera de la tierra; también es comúnmente llamado electricidad estática que son los fenómenos eléctricos naturales, tales como rayos o relámpagos	
<b>Ruido de impulsos o intermitente:</b> El ruido de impulso o intermitente se considera como impulsos cortos de amplitud considerable, los cuales pueden afectar a grupos de bits en la transmisión de un dato y producir errores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Este ruido es producido debido a efectos eléctricos no deseados tales como malos ajustes y falsos contactos en la unión de conectores de la red de dispositivos pasivos o conexiones domiciliarias</li> </ul>
<b>Las Micro reflexiones:</b> El nivel de estas reflexiones viene determinado por la magnitud de las pérdidas de retorno en cada discontinuidad. Un par de discontinuidades con pérdidas de retorno bajas y separadas por una longitud de cable lo suficientemente grande puede provocar la aparición de ecos con retardos y niveles suficientes como para interferir apreciablemente con la señal directa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se generan en las discontinuidades existentes a lo largo de la red de cable como (conectores, empalmes, derivadores, amplificadores, e incluso imperfecciones o daños en el propio cable coaxial), que producen reflexiones de parte de la energía de la señal, debido a errores de desadaptación de impedancias</li> </ul>
<b>Ruido barrido:</b> Este tipo de ruido se origina, por la mala manipulación del cable coaxial, curvatura de 90°	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se generan por la mala manipulación del cable coaxial, tanto en la red de distribución y acometida.</li> </ul>

<b>Ruido de piso: Nivel de ruido que realiza la pérdida de señal.</b>	- Se generan por la des calibración de los equipos activos (amplificador y nodo óptico).
<b>Ruido de amplitud: Este ruido comprende un cambio repentino en el nivel de potencia</b>	- Es causado por amplificadores defectuosos, contactos sucios con resistencias variables, cargas agregadas repentinas porque se conmutan nuevos circuitos durante el día y por labores de mantenimiento

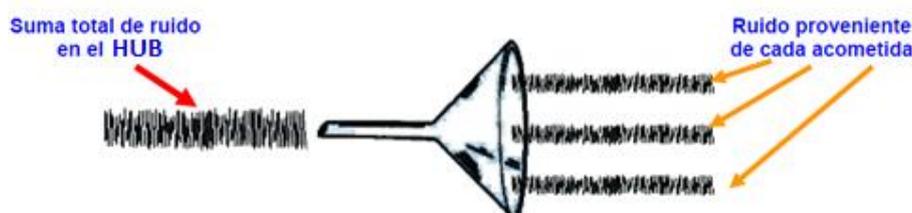
Elaboración propia

### 2.1.16. Efecto embudo

Para el caso del canal ascendente en la red HFC, su estructura tipo árbol presenta un inconveniente ya que las señales provenientes de todos los usuarios entran a la parte de retorno y todas estas señales convergen y se combinan en el nodo óptico; de igual manera sucede con el ruido e interferencias aportando a la degradación de la relación portadora ruido esto se conoce como ruido por efecto embudo.

Consiste en que el ruido e interferencias introducidas por los distintos abonados se suman, de tal forma que, al aumentar el número de estos, aumenta el ruido del canal. Teóricamente, si  $n$  es el número de abonados que comparten el canal de retorno, el nivel de ruido aumenta en un factor  $10\log(n)$  si las señales no deseadas son no correlacionadas, y según  $20\log(n)$  si están correlacionadas y exactamente en fase. En cualquier caso, cuanto mayor sea el número de usuarios que comparten el canal de retorno, éste será más ruidoso.

**Figura N° 2.28:** Efecto embudo, en la red de distribución



Elaboración propia

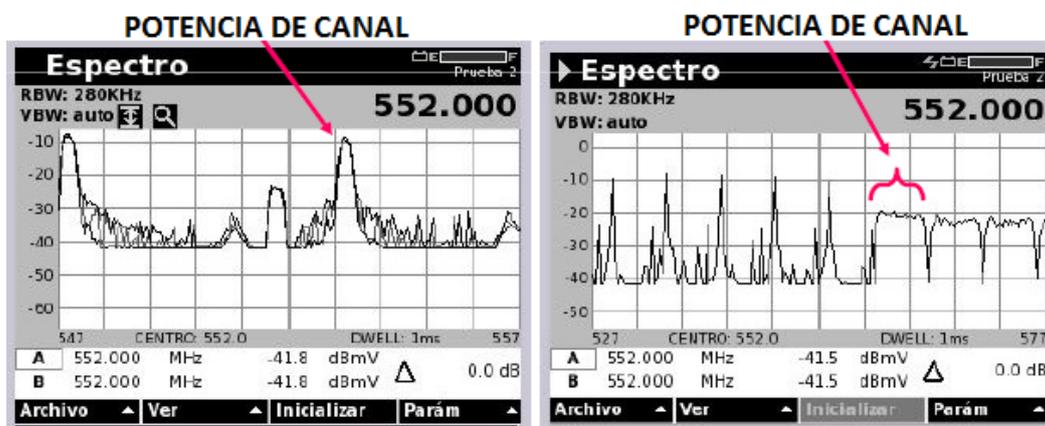
### 2.1.17. Canal de transmisión HFC

El canal de transmisión HFC, es un canal digital que conforma 8 portadoras digitales que inician desde los 550 MHz – 860 MHz.

Las pruebas necesarias para los canales digitales en la vía forward (señales digitales que se trasladan desde la cabecera hasta el usuario) son: Tasa de Modulación Errada (MER), Tasa de Bit errados BER, nivel de potencia y vista del diagrama de constelación, para el caso de los canales digitales utilizados para la vía de retorno, la medición del BER resulta la más importante.

En la **Figura N° 2.29** podemos visualizar el contraste entre un canal analógico y digital. La potencia en los canales digitales es un valor promedio, a diferencia de los canales analógicos en donde es una medición de la potencia pico. (Nuñez Ibarra, 2003).

**Figura N° 2.29:** Distribución de las portadoras en un canal digital y analógico



Fuente: (Nuñez Ibarra, 2003)

#### 2.1.17.1. Diagrama de constelación

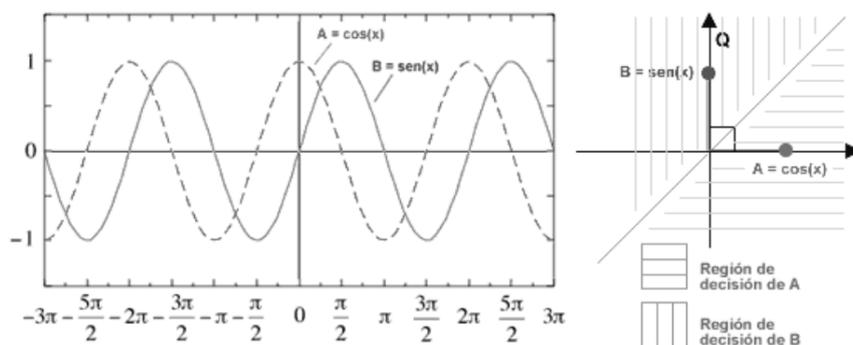
El diagrama de constelación constituye una herramienta de gran valor que informa si la señal digital sufre deterioro en su trayecto sobre la red y permite encontrar la fuente del problema, Para iniciar con un análisis del diagrama de constelación se debe entender modulación **QAM** (tipo de modulación utilizada en las transmisiones Downstream y Upstream).

**QAM** es una forma de modulación digital en la cual la información digital está contenida tanto en la amplitud como en fase de la portadora a ser transmitida. QAM es un método de modulación de amplitud que permite a dos canales (portadoras) de información ser transmitidas en una sola frecuencia al mismo tiempo. Las señales digitales QAM poseen dos componentes llamados I y Q que representan a las 2 señales que se transmiten.

Para incrementar la cantidad de datos a transmitir en un ancho de banda específico, se fragmenta la amplitud de la portadora en niveles intermedios que representan combinaciones específicas de bits.

La señal QAM permite llevar 2 portadoras al mismo tiempo en una sola frecuencia. Esto es posible si se tiene las 2 portadoras en la misma frecuencia, pero desfasados 90 grados la una de la otra. Para un conjunto de 6 bits de datos la mitad de los bits son enviados por el canal I, mientras los otros 3 bits restantes por el canal Q, los 6 bits representan 64 niveles que pueden ser enviados en una única frecuencia, esto es comúnmente conocido como **64 QAM**.

Los componentes I y Q son desfasados 90 grados uno del otro, un camino para visualizar la modulación QAM es el diagrama de constelación que consiste en representar los componentes I y Q en un gráfico XY; el eje X representa la componente I y el eje Y representa la componente Q, lo cual se ilustra en la siguiente figura (Nuñez Ibarra, 2003).

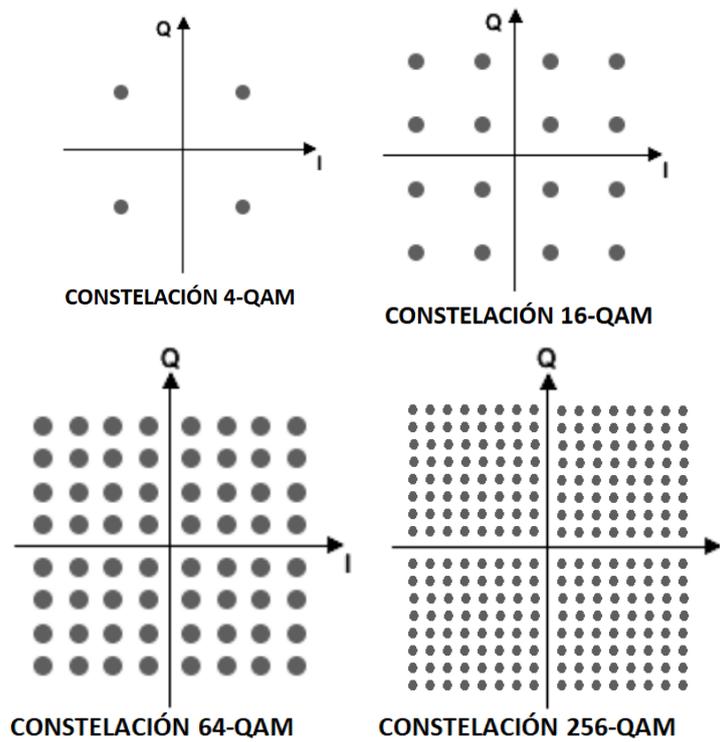
**Figura N° 2.30:** Diagrama de constelación para un símbolo

Fuente: (Nuñez Ibarra, 2003)

A continuación, definimos de forma breve la modulación digital **QPSK**, **16QAM**, **64QAM** y **256 QAM** utilizados en la red HFC.

- **Modulación en cuadratura por desplazamiento de fase (QPSK)** es la forma más simple de QAM (también conocido como 4QAM). QPSK utiliza dos portadoras con idéntica frecuencia, desfasada  $90^\circ$  entre sí, y dos posibles amplitudes. Un nivel de amplitud representa un 0, el otro un 1. Utilizado en la transmisión de retorno (Upstream).
- Modulación 16QAM es una matriz de cuatro por cuatro, de 16 celdas que representan una de las 16 combinaciones binarias posibles. La posición vertical y horizontal de cada punto corresponde a I y Q niveles de amplitud de la señal transmitida en un ciclo.
- La Modulación 64QAM se tiene 8 niveles en la componente I y 8 niveles en la componente Q teniendo un total de 64 diferentes posibles puntos (símbolos). Idealmente cada una de estas 64 representaciones (puntos) deben permanecer en la misma posición.
- La modulación 256 QAM usa 16 niveles en la componente I y 16 niveles en la componente Q, es decir un total de 64 símbolos.

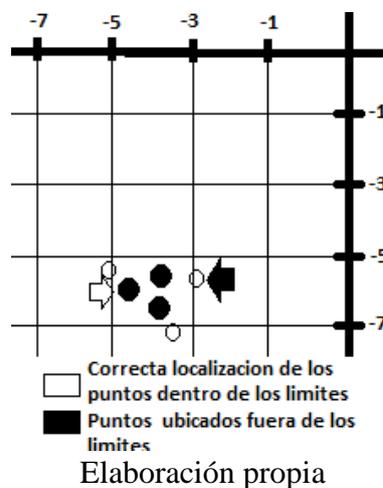
**Figura N° 2.31:** Diagramas de constelación, 4QAM; 16QAM ;64QAM; 256QAM



**Fuente:** (Nuñez Ibarra, 2003)

Cada punto que representa en la constelación es un cuadrado por límites de decisión; si la señal se ubica dentro de estos límites, los datos serán recibidos correctamente, en la practica el ruido y otros problemas hacen que los puntos se ubiquen en áreas adyacentes ocasionando que los datos sean errados.

**Figura N° 2.32:** Puntos de ubicación del diagrama de constelación

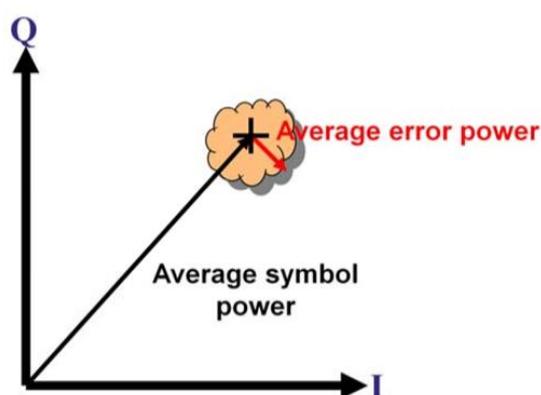


### 2.1.18. Tasa de modulación errada (MER)

La tasa de error de modulación o, por sus siglas inglesas, MER (Modulation Error Rate) define un factor que nos informa de la exactitud de una constelación digital. Esta es una herramienta cuantitativa que permite valorar cómo es de buena una señal modulada digitalmente. Es el equivalente a la información que aporta SNR (Relación señal/ruido), para las modulaciones analógicas. Al igual que esta puede ser expresado en dB.

La Tasa de Error de Modulación puede definirse, gráficamente, como la "dispersión" de puntos respecto al valor esperado. (Es la diferencia entre la señal que nos entra con respecto a la ideal, se expresa en dB, cuanto más cercanos estén los puntos en la constelación mejor será la señal. La diferencia entre esos valores se aprecia observando la separación entre dos vectores: uno señalando a un punto ideal de la constelación (vector ideal), y el otro señalando desde un punto medido hacia el punto ideal (vector de error) Si usamos este resultado en el denominador en un cociente, con la magnitud de la señal promedio en el numerador, el resultado será la MER.

**Figura N° 2.33:** MER, vector ideal vs vector de error



**Fuente:** (Nuñez Ibarra, 2003)

Analíticamente, para el caso de los decibelios se puede hallar como:

$$MER(dB) = 10 * \log_{10} \frac{\text{potencia de simbolo promedio}}{\text{potencia de error promedio}} \dots(2.1)$$

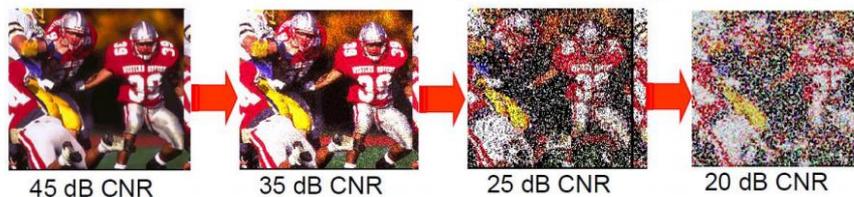
El MER es un indicador de degradación de la calidad de la transmisión que se ocasiona por el ruido, ingresos y las distorsiones compuestas. El MER, una expresión de la relación señal a ruido además de cualquier otra señal de distorsión no transitoria, también muestra distorsiones de fase y amplitud que pudieron haber pasado desde la cabecera (Solutions, 2016).

A diferencia de los sistemas analógicos en donde la degradación de video es notoria para diferentes valores bajos C/N, en sistemas digitales un valor pobre del MER no está evidente, lo que significa que el ruido afecta en mayor grado a las señales analógicas que a las digitales, realizando comparaciones entre valores C/N para un canal analógico y valores de MER para un canal digital.

En la **Figura N° 2.34** se muestra la calidad de señal de un sistema de un canal analógico y digital.

**Figura N° 2.34:** Relación de C/N canal analógico y MER de un canal digital

Efecto del ruido en sistemas analógicos (CNR empeora gradualmente)



Efecto del ruido en sistemas digitales (MER empeora gradualmente)

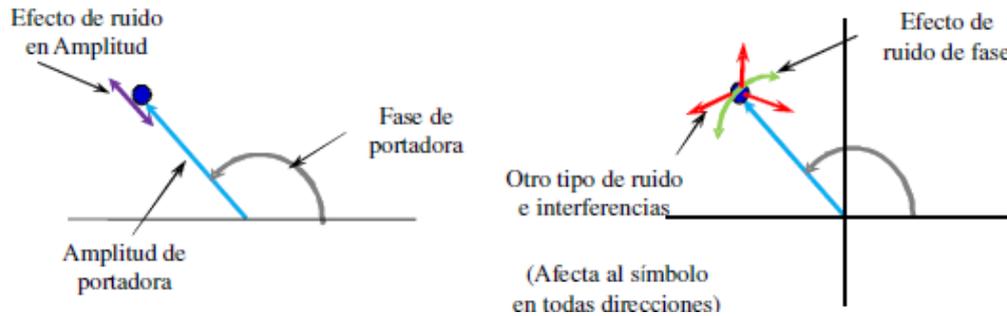


**Fuente:** (Telmex, 2009)

El ruido de amplitud y fase afectara la posición de los símbolos en el diagrama de constelación; mientras el ruido de amplitud cambia de distancia desde el origen, el

ruido de fase varia la posición rotacional, además de estos dos ruidos los otros tipos de ruidos e interferencias pueden afectar el símbolo en todas las direcciones.

**Figura N° 2.35:** Posición de símbolo en un diagrama de constelación

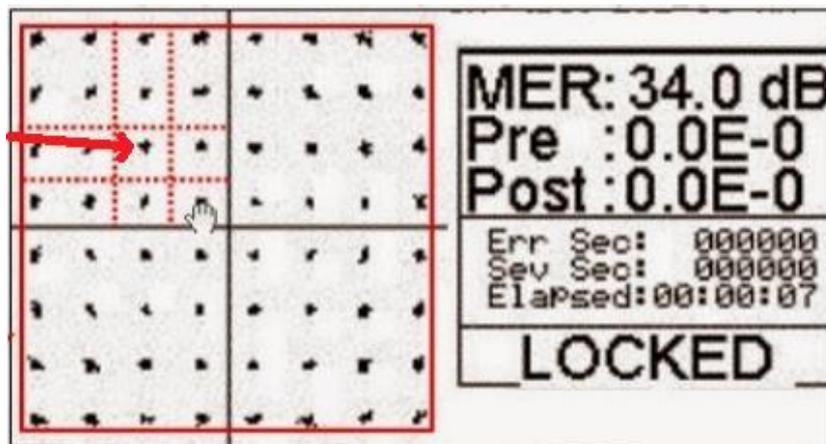


**Fuente:** (Telmex, 2009)

Como ya se explicó anteriormente el diagrama de constelación da una indicación visual de como el ruido afecta a la señal, así también mediante el diagrama de constelación se puede saber si el MER del sistema es óptimo o no.

En la **Figura N° 2.36** se muestra el diagrama de constelación con un buen **MER**; la forma de los puntos bien definido dentro de los niveles de decisión y puntos bien posicionados y homogéneos en los límites externos. **MER > 30 dB**

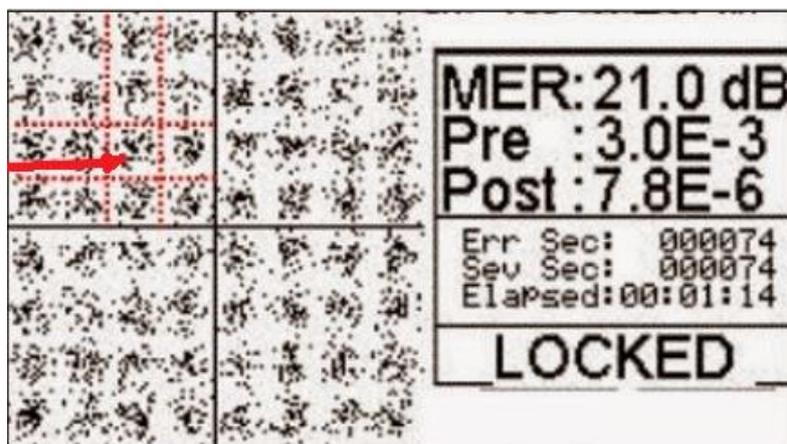
**Figura N° 2.36:** Diagrama de constelación con un buen nivel de MER



**Fuente:** (Valdivia Medina, 2014)

En la **Figura N° 2.37** se muestra el diagrama de constelación con un deficiente **MER**; los puntos están esparcidos, lo que implica gran probabilidad de caer fuera de los niveles de decisión y puntos mal posicionados.  $MER < 30$  dB

**Figura N° 2.37:** Diagrama de constelación con un deficiente nivel de MER



**Fuente:** (Valdivia Medina, 2014)

El MER se expresa en dB, un valor alto del mismo significa un nivel pequeño de deterioro y una mejor señal, un valor bajo de MER implica un alto grado de deterioro de la señal. Los decodificadores **SET TOP BOX** del usuario que se utilizan modulación de 64 QAM requieren un MER superior de 22 dB. Para decodificadores Set Top que utiliza 256 QAM se requiere un valor mejor que 28 dB para una óptima operación del sistema (Izaguirre Zuñiga, 2010).

#### **2.1.19. Tasa de bits errados (BER)**

En la transmisión de datos existe la posibilidad de que algunos de los bits que conforman los datos no sean recibidos correctamente, los bits errados son consecuencia de ruido o problemas intermitentes como conectores defectuosos interferencias de onda estrecha.

El BER rápidamente detecta ruidos de impulso en el sistema al revelar cuando se pierde o se daña información a nivel de bits.

El BER es un parámetro fundamental que determina la calidad de la señal demodulada en un sistema. Este se define como el número de bits erróneos entre el número de bits transmitidos.

$$BER = \frac{N^{\circ} \text{ de bits erroneos}}{N^{\circ} \text{ de bits transmitidos}} \quad \dots(2.2)$$

El BER cuantifica el número de errores de bit de una trama sea cual fuere el origen del error. Midiendo tan solo este parámetro y manteniéndolo por debajo de los límites de decodificación correcta se asegura una buena calidad de la señal recibida.

La tasa de bits errados BER esta expresado en notación científica, donde 1.0E-3 e equivale a tener un bit errado de 1000 bits transmitidos, mientras más negativo sea el exponente, mejor será el BER, un valor inferior que 1.0E-6 es necesario para que un sistema opere correctamente, como se indica en la siguiente tabla.

**Tabla N° 2.6:** Niveles de la tasa de bits errados (BER)

DECIMAL	NOTACION CIENTIFICA
<b>1</b>	1.0E+00
<b>0.1</b>	1.0E-01
<b>0.01</b>	1.0E-02
<b>0.001</b>	1.0E-03
<b>0.0001</b>	1.0E-04
<b>0.00001</b>	1.0E-05
<b>0.000001</b>	1.0E-06
<b>0.0000001</b>	1.0E-07
<b>0.00000001</b>	1.0E-08
<b>0.000000001</b>	1.0E-09

Elaboración propia

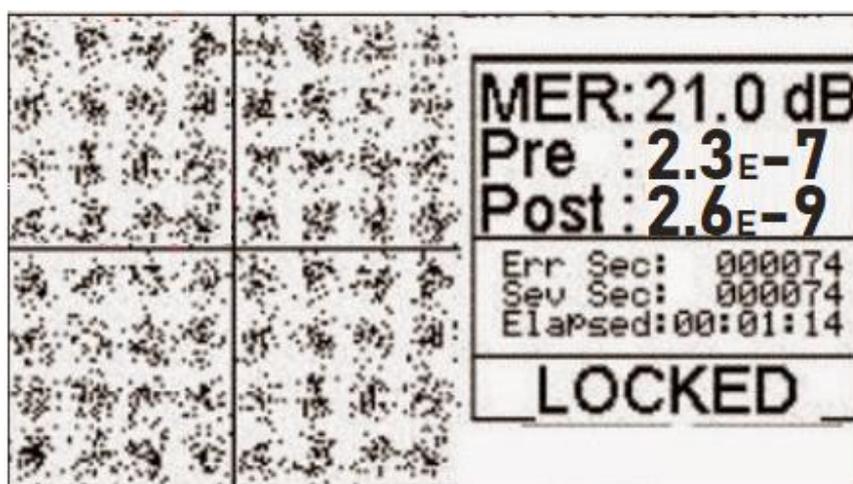
El analizador DSAM 6300 mide el valor del BER antes y después del FEC (Forward Error Correction), método de corrección de errores en donde bits de datos son añadidos al flujo de bits para decrecer el número de bit errados introducidos por el canal de transmisión). La circuitería de FEC se encuentra localizada en el eMTA.

El BER antes del FEC es la suma de todos los bits errados, mientras el VER después del FEC indica el número de bits errados que no pudieron ser corregidos. La diferencia entre pre y post FEC indica cuan robusto es este método de corrección.

El BER es otro buen indicador del funcionamiento de todo el sistema. El analizador establece como valor límite  $1E-8$  antes del FEC y  $1E-9$  después del FEC.

En la **Figura N° 38** se visualiza el resultado de una medición en donde el valor del BER PRE-FEC está por encima de  $1E-8$ , es decir está fuera del límite correcto, mientras que el valor después del FEC es aceptable. De acuerdo con el diagrama de constelación se puede afirmar que hay presencia de ruido y el valor de MER se encuentra en un valor no deseado.

**Figura N° 2.38:** Diagrama de constelación, BER FEC



**Fuente:** (Valdivia Medina, 2014)

Típicamente las señales digitales están situadas entre 6 a 12 dB por debajo del valor pico de las portadoras analógicas. Un valor cercano a los 6 dB significa mejores condiciones de trabajo de la red, por ende, se tendrá un mejor BER. (Nuñez Ibarra, 2003).

**2.1.20. Electrónica para balanceo de la red**

Para balancear la red debemos de conocer la función que cumple un ecualizador, simulador de forward y retorno al igual que los pads.

**Tabla N° 2.7:** Electrónica de balanceo de dispositivos activos de la red HFC

ELÉCTRONICA PARA BALANCEO	
<p><b>Ecualizador de forward (SFE):</b> se utiliza para compensar la pendiente negativa producida por el cable a la entrada del amplificador su rango de compensación esta desde 2 a 22 dB en pasos de 2.</p>	
<p><b>Simulador de cable (SCS):</b> Utilizado para compensar pendientes positivas a la entrada del amplificador disponible de 1 hasta 10 dB.</p>	
<p><b>Ecualizador de retorno (SER):</b> Se utiliza para compensar pendientes de retorno al HUB disponible de 2 a 12 dB en pasos de 2.</p>	
<p><b>Atenuadores de RF (PAD):</b> Se utiliza para ajustar los niveles de entrada/salida en los amplificadores disponibles desde 1 a 24 dB en paso de 1</p>	

**Fuente:** (Montes Santos, 2016)

### 2.1.21. Desviación estándar

La desviación estándar (o desviación típica) es una medida de dispersión para variables de razón (ratio o cociente) y de intervalo, de gran utilidad en la estadística descriptiva. Es una medida (cuadrática) de lo que se apartan los datos de su media y, por tanto, se mide en las mismas unidades que la variable.

Para conocer con detalle un conjunto de datos, no basta con conocer las medidas de tendencia central, sino que necesitamos conocer también la desviación que representan los datos en su distribución, con objeto de tener una visión de estos más acorde con la realidad a la hora de describirlos e interpretarlos para la toma de decisiones.

Ecuaciones para considerar en el cálculo de la desviación estándar: Cálculo del promedio de un intervalo definido.

$$\bar{x} = \frac{\sum(x*f)}{n} \quad \dots(2.3)$$

Donde:

$\bar{x}$ : Promedio de un intervalo definido.

$x$ : Media aritmética de un intervalo.

$f$ : Frecuencia que se tiene en un intervalo.

$n$ : Numero de datos.

Cálculo de la desviación estándar.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})*f}{n-1}} \quad \dots(2.4)$$

Donde:

$S$ : Desviación estándar.

$x$ : Media aritmética de un intervalo.

$\bar{x}$ : Promedio.

$f$ : Frecuencia que se tiene en un intervalo

$n$ : Número de datos.

### 2.1.22. DSAM 6300

El medidor de análisis de servicio digital DSAM-6300 combina las mejores funciones de prueba de video, audio y datos con las funciones de barrido de reversa y de directa del tan popular sistema de barrido SDA en un diseño portátil, resistente y multi tecnológico que funciona en los entornos más hostiles (Solutions, 2016).

(DSAM) incorpora tecnologías de vanguardia de procesamiento de señal digital (DSP) y de especificación de interfaz de servicios de datos por cable (DOCSIS) para probar los servicios de cable módem, vídeo digital, vídeo analógico y VoIP. Puede probar prácticamente todos sus servicios simplemente con un solo medidor. No es necesario contar con varios medidores ni cambiar los equipos de prueba, incluso para los servicios de voz sobre IP (VoIP) (wvega, 2013).

**Figura N° 2.39:** medidor de campo DSAM 6300



**Fuente:** (Solutions, 2016)

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Tipo nivel de investigación

El presente trabajo de investigación responde a la modalidad de investigación no experimental y tiene un enfoque cualitativo, ya que se analizará e interpretará diferentes niveles de ruido que se genera en la red HFC.

#### 3.2. Población.

Para el estudio del presente trabajo de investigación se toma como población la ciudad de Puno, debido a que la operadora AMERICA MOVIL PERU S.A.C. (Claro) despliega y construyó una red de acceso de banda ancha, Híbrido de Fibra Óptica – Coaxial (HFC).

#### 3.3. Muestra.

El tipo y tamaño de la muestra utilizado en el presente trabajo de investigación es del tipo no probabilístico donde la zona de investigación se seleccionó por proximidad y facilidad de acceso a los datos.

Como punto de muestra se realiza 2 puntos de medición a 2 nodos ópticos, que están distribuidos dentro del plano PUPU002 y PUPU004 estos puntos fueron tomados, se realizó y se obtuvo 10 muestras del analizador VIVIXpertrack.

#### 3.4. Ubicación y Descripción de la investigación

La ubicación de la población para este proyecto de investigación se encuentra en el departamento de Puno demarcado por las cuadras ubicados relativamente entre las Av. Simón Bolívar, Av. Floral, Jr. Los incas y la Av. Costanera.

Figura N° 3.40: Ubicación del plano PUPU002 HFC



Elaboración propia

Figura N° 3.41: Ubicación del plano PUPU004 HFC



Elaboración propia

### **3.5. Material experimental.**

El material experimental está conformado por la documentación técnica estándar DOCSIS, hojas de datos de los equipos activos y pasivos, elementos de la red HFC y el equipo de medición (DSAM 6300).

### **3.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos.**

El procedimiento, para la recolección de datos fue el siguiente.

- Reunión con el supervisor y jefe de construcción, instalación mantenimiento HFC – Puno.
- Recolección de algunos de los planos de la red HFC.
- Visita de campo y visualización de los equipos activos y pasivos de la red HFC.
- Revisión de las portadoras (VIVIXPERTRACK) y datos recolectados.
- Revisión de informes, tesis y folletos con referencia a el análisis y optimización de la red HFC.

### **3.7. Procedimiento del experimento.**

Para la realización del presente trabajo de investigación se inició con la recopilación de información que consistió en recorrer la zona que se seleccionó como muestra donde se levantó la información referente a la ubicación del nodo óptico, amplificadores y los dispositivos pasivos de la red, dicha información se procesó en el plano respectivo, para identificación y comparación con el plano.

Para la adquisición de datos sobre el nivel y frecuencia de ruido se realizó recolección de datos 2 veces a la semana, considerando las actividades de la Tabla N° 3.8.

**Tabla N° 3.8:** Cuadro de actividad de ruido, que se toman en el VIAVI XPARTRACK, para análisis

<b>MUESTRAS DE RUIDO PUPU002 Y PUPU004</b>																			
	<b>HUB 1era semana</b>				<b>HUB 2da semana</b>				<b>HUB 3ra semana</b>										
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V
<b>Muestra 1</b>																			
<b>Muestra 2</b>																			
<b>Muestra 3</b>																			
<b>Muestra 4</b>																			
<b>Muestra 5</b>																			

Elaboración propia

Para la detección de ruido se realiza el procedimiento de descartas, iniciando en el:

- nodo óptico, revisando de los 4 ramales que lo componen (red de distribución)
- Amplificador, revisión de los ramales donde se ubican los equipos pasivos.
- TAP, revisión de las borneras de cada una de las acometidas.

**Tabla N° 3.9:** Cuadro de actividad de balanceo y revisión de los equipos activos y pasivos de la red HFC del plano PUPU002

<b>OPTIMIZACION DE LAS SEÑALES PUPU002</b>																			
	<b>NODO OPTICO 1era semana</b>				<b>AMPLIFICADOR 2da semana</b>					<b>TAP 3ra semana</b>									
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V
<b>Balanceo del N.O.</b>																			
<b>Revisión del N.O.</b>																			
<b>Balanceo AMP</b>																			
<b>Revisión AMP</b>																			
<b>Balanceo TAP</b>																			

Elaboración propia

**Tabla N° 3.10:** Cuadro de actividad de balanceo y revisión de los equipos activos y pasivos de la red HFC del plano PUPU004

OPTIMIZACION DE LAS SEÑALES PUPU004																			
	NODO OPTICO 1era semana						AMPLIFICADOR 2da semana						TAP 3ra semana						
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V
<b>Balanceo del N.O.</b>																			
<b>Revisión del N.O.</b>																			
<b>Balanceo AMP</b>																			
<b>Revisión AMP</b>																			
<b>Balanceo TAP</b>																			

Elaboración propia

Para el procedimiento de balanceo de los equipos activos y pasivos, requerimos revisar, los niveles de potencia óptica, forward (Dowstream) y de retorno (Upstream).

- Medición de parámetros en el nivel de forward y retorno (DSAM 6300)
- Uso de la electrónica, para el balanceo del nodo óptico, amplificador y el TAP. Estas actividades se realizan de acuerdo a lo escrito en las Tablas N° 9 y 10.

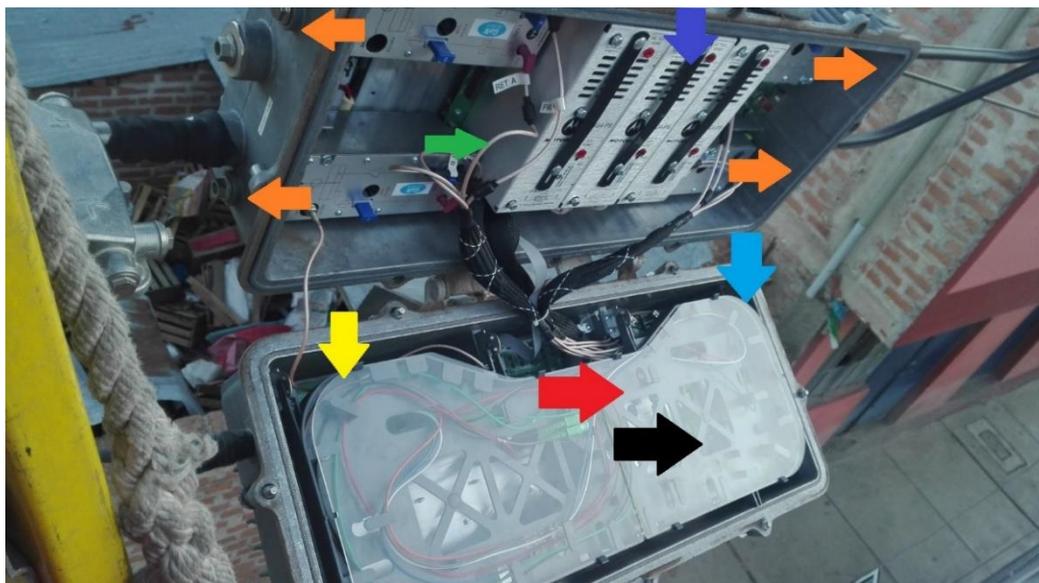
### 3.8. Documentación del análisis de ruido

Para el análisis de ruido en el Nodo Óptico se sigue el procedimiento técnico establecido por **América Móvil Perú S.A.C** que realiza el monitoreo de nivel de ruido en el HUB usando el software VIVIXPERTRACK.

Para el presente material, se designó el plano **PUPU002** y **PUPU004** de la red HFC, ya que se tiene mayor índice de perturbaciones e ingreso de ruido, según datos obtenidos en el VIAVI XPERTrack (anализador de espectros). La red troncal (nodo óptico – SG4000 Motorola), se encuentra entre las Av. Simón Bolívar y la Av. Costanera de la ciudad de Puno.

En la **Figura N° 3.42**, se muestra el nodo SG400 – Motorola del plano PUPU002, con las siguientes características: 4 transmisores ópticos y 4 receptores ópticos, 8 mini coaxiales, óptica – radio frecuencia, 1 transponder, para sistemas de control, 4 salidas de radiofrecuencia, para la red de distribución y 3 bancos de batería.

**Figura N° 4.42** Nodo Óptico – PUPU002



Elaboración propia

**Tabla N° 3.11:** Distribución, de los componentes del nodo óptico.

COLOR	DESCRIPCIÓN
Yellow	Salida, para la red de distribución (Radio Frecuencia)
Purple	Banco de baterías.
Green	4 pares de mini coaxial (Óptica – Radio frecuencia)
Blue	Transponder, para medición y estado de la red.
Red	Par de transmisores ópticos.
Black	Par de receptores ópticos.

Elaboración propia

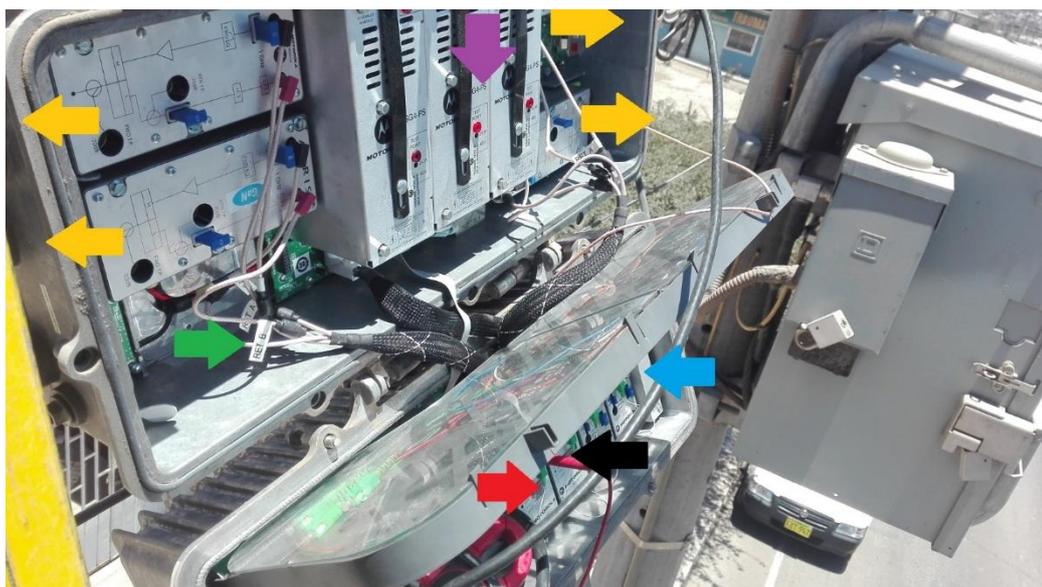
**Tabla N° 3.12:** Distribución de los niveles de Downstream y Upstream, PUPU002

NUMERO		PUPU002
<b>MODELOS SG4-100UK/SXX-NES-S-R</b>		
<b>FORWARD</b>		
<b>ENTRADA 1Ghz</b>		<b>SALIDA 1Ghz</b>
<b>0dB</b>		<b>57dB</b>
<b>ENTRADA 870 MHz</b>		<b>SALIDA 870 MHz</b>
<b>0dB</b>		<b>55dB</b>
<b>ENTRADA 750 MHz</b>		<b>SALIDA 750 MHz</b>
<b>0dB</b>		<b>53dB</b>
<b>ENTRADA 550 MHz</b>		<b>SALIDA 550 MHz</b>
<b>0dB</b>		<b>49 dB</b>
<b>ENTRADA 54 MHz</b>		<b>SALIDA 54 MHz</b>
<b>0dB</b>		<b>40dB</b>
<b>F-PAD NULL</b>		<b>F-EQ NULL</b>
<b>RETORNO</b>		
<b>ENTRADA 42 MHz</b>		<b>SALIDA 42 MHz</b>
<b>24 dB</b>		<b>0</b>
<b>ENTRADA 5 MHz</b>		<b>SALIDA 5 MHz</b>
<b>24 dB</b>		<b>0</b>
<b>R-PAD NULL</b>		<b>R-EQ NULL</b>
<b>FUENTE DE PODER PUPU002</b>		
<b>VTG 87</b>	<b>COR 00</b>	<b>CASCADA 1</b>
<b>DIRECCION DE PODER</b>		<b>00</b>
<b>DISTANCIA ULTIMO ACTIVO</b>		<b>0m</b>
<b>CASAS PASADAS</b>		<b>635</b>

Elaboración propia

En la **Figura N° 3.43**, se muestra el nodo SG400 – Motorola del plano PUPU004, con las siguientes características: 2 transmisores ópticos y 2 receptores ópticos, 8 mini coaxiales (óptica – radio frecuencia), 1 transponder, para monitoreo, 4 salidas de radiofrecuencia (red de distribución) y 3 bancos de batería

Figura N° 3.43: Nodo Óptico, plano PUPU004



Elaboración propia

Tabla N° 3.13: Distribución de los niveles de Downstream y Upstream, PUPU004

NUMERO		PUPU004
<b>MODELOS SG4-100UK/SXX-NES-S-R</b>		
<b>FORWARD</b>		
ENTRADA 1Ghz		SALIDA 1Ghz
0db		57dB
ENTRADA 870 MHz		SALIDA 870 MHz
0db		55dB
ENTRADA 750 MHz		SALIDA 750 MHz
0db		53dB
ENTRADA 550 MHz		SALIDA 550 MHz
0db		49 dB
ENTRADA 54 MHz		SALIDA 54 MHz
0db		40dB
F-PAD NULL		F-EQ NULL
<b>RETORNO</b>		
ENTRADA 42 MHz		SALIDA 42 MHz
24		0
ENTRADA 5 MHz		SALIDA 5 MHz
24		0
R-PAD NULL		R-EQ NULL
<b>FUENTE DE PODER PUPU004</b>		
VTG 87	COR 00	CASCADA 1
<b>DIRECCION DE PODER</b>		00
<b>DISTANCIA ULTIMO ACTIVO</b>		0m
<b>CASAS PASADAS</b>		558

Elaboración propia

## CAPITULO IV

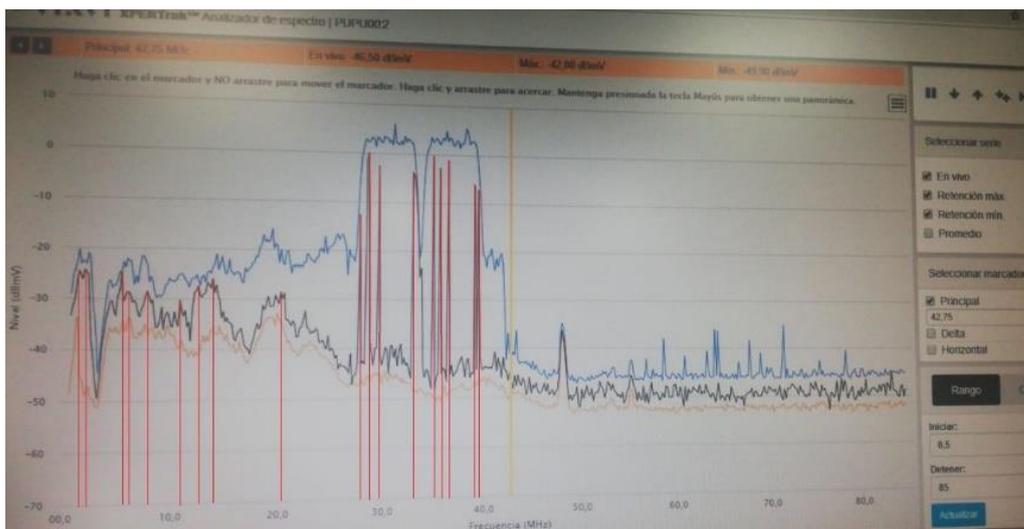
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis de ruido en el retorno.

El ruido son señales de radio que emiten otros dispositivos dentro del espectro de retorno **5 a 42 MHz** y que ingresan a la red por falta de blindaje o apantallamiento. Afectando las señales y las portadoras útiles donde van los servicios (PPV, Internet, Telefonía).

1. Se tiene la primera medición de parámetros HFC, (nivel de ruido y frecuencia), foto del analizador de espectros VIAVI XPERTRACK, tomado en el nodo óptico SG4-100UK marca Motorola, plano **PUPU002 - HFC Puno**.

**Figura N° 4.44:** Primera muestra de frecuencia y nivel de ruido.



VIVI XPERTRACK – elaboración propia

**Tabla N° 4.14:** Primera muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI XPERTRACK

DESCRIPCIÓN	POTENCIA DE RUIDO	FRECUENCIA (UPSTREAM)	AFECTACIÓN
Primera medición, de la potencia de ruido y frecuencia, con la ayuda del VIAVI XPERTRACK HUB y el DSAM 6300 campo, para obtener los siguientes datos y considerando que la medición se realizó en la entrada “UPSTREAM” número 4 del nodo óptico que contempla la corrida de distribución coaxial.	-25 db	2 y 3 MHz	Nivel de ruido critico dentro de las portadoras
	-25 db	6 MHz	
	-30 db	8 MHz	
	-30 db	11 MHz	
	-28.5 db	13 MHz	
	-28 db	14,5 MHz	
	-30 db	20 MHz	
	-13 db	28 MHz	
	-1 db	29 MHz	
	-2 db	30 MHz	
	-3 db	33.5 MHz	
	-1 db	36 MHz	
	-2 db	37 MHz	
-4 db	38 MHz		
-4.2 db	39.5 MHz		
<b>PLANO: PUPU002</b>	-8 db	40 MHz	

Elaboración propia

En la siguiente tabla de Excel se muestra el cálculo de la Desviación Estándar de la primera muestra tomada en los 3 intervalos de **27.5 MHz – 33 MHz**, **33 MHz – 37.5 MHz**, **37.5 MHz – 40 MHz**, donde está la portadora en el canal número 2, tenemos una desviación estándar el cual indica que el ruido está presente en un intervalo de 3.70 MHz.

**Tabla N° 4.15:** Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la primera muestra

PRIMERA MUESTRA						
INTERVALO - FRECUENCIA		x	f	x*f	(x-x̄)^2	(x-x̄)^2*f
MHz						
27.5	33	30.25	3	90.75	20.25	60.75
33	37.5	35.25	3	105.75	0.25	0.75
37.5	40	38.75	3	116.25	16.00	48.00
		<b>SUMA:</b>	9	312.75		109.50
		<b>DIVIDENDO:</b>	8			
		<b>PROMEDIO:</b>	34.75			
		<b>S^2=</b>	13.69			
		<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR :</b>	3.70			

Elaboración propia

- Se realiza la segunda medición de parámetros HFC (potencia de ruido y frecuencia), foto del analizador de espectros VIAVI XPARTRACK, tomado en el nodo óptico SG4-100UK marca Motorola, plano PUPU002 - HFC Puno.

**Figura N° 4.45:** Segunda muestra de frecuencia y nivel de ruido.



VIVI XPERTRACK – elaboración propia

**Tabla N° 4.16:** Segunda muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVIXPERTRACK

DESCRIPCIÓN	POTENCIA DE RUIDO	FRECUENCIA UPSTREAM	AFECTACIÓN
Segunda medición, de la potencia de ruido y frecuencia, con la ayuda del VIAVI XPERTRACK HUB y el DSAM 6300 campo, para obtener los siguientes datos y considerando que la medición se realizó en la entrada "UPSTREAM" número 4 del nodo óptico que contempla la corrida de distribución coaxial PLANO: PUPU002	-4 db	31 MHz	Nivel de ruido critico dentro de las portadoras
	-6 db	36 MHz	
	-34 db	39.8MHz	

Elaboración propia

En la siguiente tabla de Excel se muestra el cálculo de la desviación estándar de la segunda muestra tomada en los 3 intervalos de **27.5 MHz – 33 MHz, 33 MHz – 37.5 MHz, 37.5 MHz – 40 MHz**, donde está la portadora tenemos una desviación estándar el cual indica que el ruido está presente en un intervalo de 4.27 MHz.

**Tabla N° 4.17:** Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la segunda muestra

SEGUNDA MUESTRA							
INTERVALO - FRECUENCIA		x	f	x*f	(x-x̄) <sup>2</sup>	(x-x̄) <sup>2</sup> *f	
MHz							
27.5	33	30.25	1	30.25	20.25	20.25	
33	37.5	35.25	1	35.25	0.25	0.25	
37.5	40	38.75	1	38.75	16.00	16.00	
		<b>SUMA:</b>	<b>3</b>	<b>104.25</b>			<b>36.50</b>
		<b>DIVIDENDO:</b>	<b>2</b>				
		<b>PROMEDIO:</b>	<b>34.75</b>				
		<b>S<sup>2</sup>=</b>	<b>18.25</b>				
		<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR :</b>	<b>4.27</b>				

Elaboración propia

- Se realiza la tercera medición de parámetros HFC y análisis (potencia de ruido y frecuencia), foto del analizador de espectros VIAVI XPERTRACK, tomado en el nodo óptico SG4-100UK marca Motorola, plano PUPU002 - HFC Puno

**Figura N° 4.46** Tercera muestra de frecuencia y nivel de ruido



Elaboración propia

**Tabla N° 4.18:** Tercera muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI XPERTRACK

DESCRIPCIÓN	NIVEL DE POTENCIA	FRECUENCIA (UPSTREAM)	AFECCIÓN
Tercera medición, de la potencia de ruido y frecuencia, con la ayuda del VIAVI XPERTRACK HUB y el DSAM 6300 campo, para obtener los siguientes datos y considerando que la medición se realizó en la entrada “UPSTREAM” número 4 del nodo óptico que contempla la corrida de distribución coaxial. <b>PLANO: PUPU002</b>	-18 db	3.5 MHz	Nivel de ruido crítico dentro de las portadoras
	-21 db	4.2 MHz	
	-3 db	6 MHz	
	-28 db	11.5 MHz	
	-25db	13.5 MHz	
	-22 db	14 MHz	
	-24 db	19.3 MHz	
	-26.5 db	20 MHz	
	-18 db	27.5 MHz	
	-7 db	32.1 MHz	
-8 db	37 MHz		
-8.2 db	38.3 MHz		

Elaboración propia

En la siguiente tabla de Excel se muestra el cálculo de la desviación estándar de la tercera muestra tomada, en los 3 intervalos de **27.5 MHz – 33 MHz, 33 MHz – 37.5 MHz, 37.5 MHz – 40 MHz**, donde está la portadora tenemos una desviación estándar el cual indica que el ruido está presente en un intervalo de 4.15 MHz.

**Tabla N° 4.19:** Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la tercera muestra

TERCERA MUESTRA						
INTERVALO - FRECUENCIA		x	f	x*f	(x-x̄)^2	(x-x̄)^2*f
MHz						
27.5	33	30.25	2	60.5	11.39	22.78
33	37.5	35.25	1	35.25	2.64	2.64
37.5	40	38.75	1	38.75	26.27	26.27
<b>SUMA:</b>			4	134.5		51.69
<b>DIVIDENDO:</b>			3			
<b>PROMEDIO:</b>			33.63			
<b>S^2=</b>			17.23			
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR :</b>			4.15			

Elaboración propia

- Se realiza la cuarta medición de parámetros HFC y análisis (potencia de ruido y frecuencia), con 6 picos de ruido dentro de la portadora rango 27.5 MHz – 42MHz, foto del analizador de espectros VIAVI XPERTRACK, tomado en el nodo óptico SG4-100UK marca Motorola, plano **PUPU002 - HFC** Puno

**Figura N° 4.47:** Cuarta muestra de frecuencia y nivel de ruido.



Elaboración propia

**Tabla N° 4.20:** Cuarta muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI XPERTRACK

DESCRIPCIÓN	NIVEL DE POTENCIA	FRECUENCIA (UPSTREAM)	AFECTACIÓN
<b>Cuarta medición, de la potencia de ruido y frecuencia, con la ayuda del VIAVI XPERTRACK HUB y el DSAM 6300 campo ANEXO X, para obtener los siguientes datos y considerando que la medición se realizó en la entrada “UPSTREAM” número 4 del nodo óptico que contempla la corrida de distribución. PLANO: PUPU002</b>	-8.5 db	29.7 MHz	Nivel de ruido crítico dentro de las portadoras
	-7 db	31 MHz	
	-17 db	32.8 MHz	
	-7 db	36 MHz	
	-8 db	37 MHz	
	-10 db	39.7 MHz	

Elaboración propia

En la siguiente tabla de Excel se muestra el cálculo de la desviación estándar de la cuarta muestra tomada, en los 3 intervalos de **27.5 MHz – 33 MHz**, **33 MHz – 37.5 MHz**, **37.5 MHz – 40 MHz**, donde está la portadora tenemos una desviación estándar el cual indica que el ruido está presente en un intervalo de **3.61 MHz**.

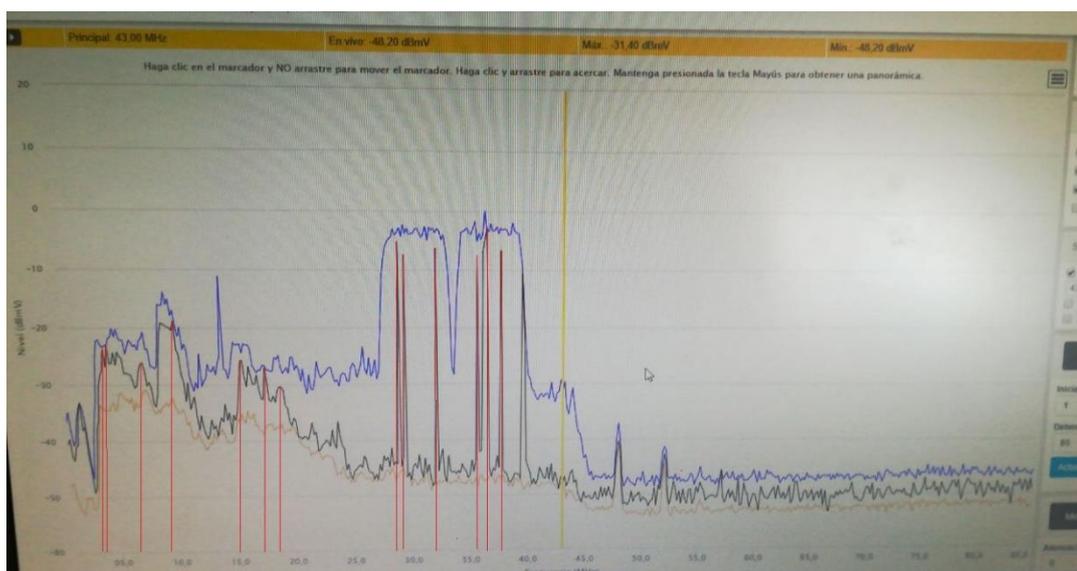
**Tabla N° 4.21:** Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la cuarta muestra

CUARTA MUESTRA						
INTERVALO - FRECUENCIA		x	f	x*f	(x-x̄)^2	(x-x̄)^2*f
MHz						
27.5	33	30.25	3	90.75	9.51	28.52
33	37.5	35.25	2	70.5	3.67	7.35
37.5	40	38.75	1	38.75	29.34	29.34
		<b>SUMA:</b>	6	200		65.21
		DIVIDENDO:	5			
		PROMEDIO:	33.33			
		S^2=	13.04			
		DESVIACIÓN ESTÁNDAR :	3.61			

Elaboración propia

- Se realiza la quinta medición de parámetros HFC y análisis (potencia de ruido y frecuencia), con 6 picos de ruido dentro de la portadora rango 27.5 MHz – 42MHz; foto del analizador de espectros VIAVI XPERTRACK, tomado en el nodo óptico SG4-100UK marca Motorola, plano **PUPU002 - HFC Puno**.

**Figura N° 4.48:** Quinta muestra de frecuencia y nivel de ruido.



Elaboración propia

**Tabla N° 4.22:** Quinta muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI XPERTRACK

DESCRIPCIÓN	NIVEL DE POTENCIA	FRECUENCIA (UPSTREAM)	AFECCIÓN
Quinta medición, de la potencia de ruido y frecuencia, con la ayuda del VIAVI XPERTRACK HUB y el DSAM 6300 campo ANEXO X, para obtener los siguientes datos y considerando que la medición se realizó en la entrada “UPSTREAM” número 4 del nodo óptico que contempla la corrida de distribución	-23 db	3 MHz	Nivel de ruido crítico dentro de las portadoras
	-22.8 db	3.5 MHz	
	-27 db	6.5 MHz	
	-19 db	9 MHz	
	-27 db	15 MHz	
	-27.5	17 MHz	
	-31.5 db	18.3 MHz	
	-8 db	28.2 MHz	
	-8.8 db	29 MHz	
	-8 db	32 MHz	
-9 db	35.2 MHz		
-6.8 db	36.3 MHz		
-7.8 db	37.8 MHz		
<b>PLANO: PUPU002</b>			

Elaboración propia

En la siguiente tabla de Excel se muestra el cálculo de la desviación estándar de la quinta muestra tomada, en los 3 intervalos de **27.5 MHz – 33 MHz, 33 MHz – 37.5 MHz, 37.5 MHz – 40 MHz**, donde está la portadora tenemos una desviación estándar el cual indica que el ruido está presente en un intervalo de **3.61 MHz**.

**Tabla N° 4.23:** Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la quinta muestra

QUINTA MUESTRA						
INTERVALO - FRECUENCIA		x	f	x*f	(x-x̄)^2	(x-x̄)^2*f
MHz						
27.5	33	30.25	3	90.75	9.51	28.52
33	37.5	35.25	2	70.5	3.67	7.35
37.5	40	38.75	1	38.75	29.34	29.34
		<b>SUMA:</b>	<b>6</b>	<b>200</b>		<b>65.21</b>
		<b>DIVIDENDO:</b>	<b>5</b>			
		<b>PROMEDIO:</b>	<b>33.33</b>			
		<b>S^2=</b>	<b>13.04</b>			
		<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR :</b>	<b>3.61</b>			

Elaboración propia

- Se realiza la sexta medición de parámetros HFC y análisis (día) (potencia de ruido y frecuencia), con 8 picos de ruido dentro de la portadora rango 27.5 MHz – 42MHz; foto del analizador de espectros VIAVI XPERTRACK, tomado en el nodo óptico SG4-100UK marca Motorola, plano **PUPU004 - HFC Puno**.

**Tabla N° 4.24:** Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la quinta muestra



Elaboración propia

**Tabla N° 4.25:** Sexta muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI XPARTRACK

DESCRIPCIÓN	POTENCIA RUIDO	FRECUENCIA UPSTREAM	AFECCIÓN
Primera medición, de la potencia de ruido y frecuencia, con la ayuda del VIAVI XPERTRACK HUB y el DSAM 6300 campo ANEXO X, para obtener los siguientes datos y considerando que la medición se realizó en la entrada “UPSTREAM” número 2 del nodo óptico que contempla la corrida de distribución.	-8 db	29.8 MHz	Nivel de ruido critico dentro de las portadoras
	-7.5 db	31.2 MHz	
	-18 db	33 MHz	
	-11 db	34.5 MHz	
	-8 db	36.5 MHz	
	-8 db	37 MHz	
	-9 db	37.5 MHz	
	-10 db	39.7 MHz	
<b>PLANO: PUPU004</b>			

Elaboración propia

En la siguiente tabla de Excel se muestra el cálculo de la desviación estándar de la sexta muestra tomada, en los 3 intervalos de **27.5 MHz – 33 MHz**, **33 MHz – 37.5 MHz**, **37.5 MHz – 40 MHz**, donde está la portadora tenemos una desviación estándar el cual indica que el ruido está presente en un intervalo de **2.85 MHz**.

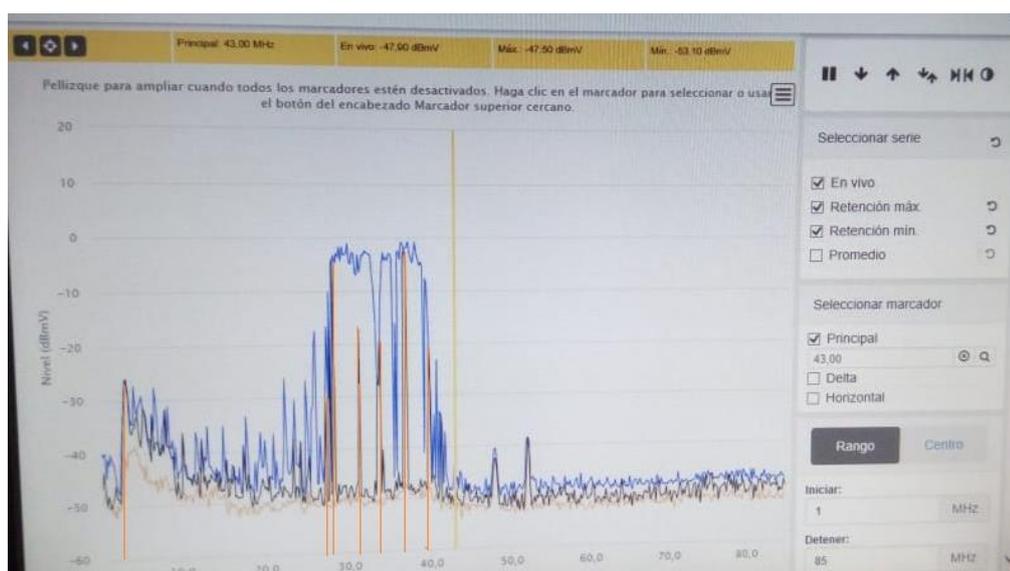
**Tabla N° 4.26:** Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la sexta muestra

SEXTA MUESTRA						
INTERVALO - FRECUENCIA MHz		x	f	x*f	(x-x̄)^2	(x-x̄)^2*f
27.5	33	30.25	2	60.5	17.54	35.07
33	37.5	35.25	5	176.25	0.66	3.30
37.5	40	38.75	1	38.75	18.60	18.60
<b>SUMA:</b>			<b>8</b>	<b>275.5</b>		<b>56.97</b>
<b>DIVIDENDO:</b>			<b>7</b>			
<b>PROMEDIO:</b>			<b>34.44</b>			
<b>S^2=</b>			<b>8.14</b>			
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR :</b>			<b>2.85</b>			

Elaboración propia

- Se realiza la séptima medición de parámetros HFC y análisis (día) (potencia de ruido y frecuencia), con 6 picos de ruido dentro de la portadora rango 27.5 MHz – 42MHz; foto del analizador de espectros VIAVI XPARTRACK, tomado en el nodo óptico SG4-100UK marca Motorola, plano PUPU004 - HFC Puno.

**Figura N° 4.49:** Séptima muestra de frecuencia y nivel de ruido.



Elaboración propia

**Tabla N° 4.27:** Séptima muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI XPERTRACK

DESCRIPCIÓN	POTENCIA DE RUIDO	FRECUENCIA UPSTREAM	AFECCIÓN
<b>Segunda medición, de la potencia de ruido y frecuencia, con la ayuda del VIAVI XPERTRACK HUB y el DSAM 6300 campo ANEXO X, para obtener los siguientes datos y considerando que la medición se realizó en la entrada “UPSTREAM” número 2 del nodo óptico que contempla la corrida de distribución. PLANO: PUPU004</b>	-27.5 db	2 MHz	Nivel de ruido critico dentro de las portadoras
	-30 db	27.5 MHz	
	-5 db	28.5 MHz	
	-16.5 db	31.2 MHz	
	-20 db	34 MHz	
	-3 db	36.5 MHz	
	-21 db	39.5 MHz	

Elaboración propia

En la siguiente tabla de Excel se muestra el cálculo de la desviación estándar de la séptima muestra tomada, en los 3 intervalos de **27.5 MHz – 33 MHz**, **33 MHz – 37.5 MHz**, **37.5 MHz – 40 MHz**, donde está la portadora tenemos una desviación estándar el cual indica que el ruido está presente en un intervalo de 3.61 MHz.

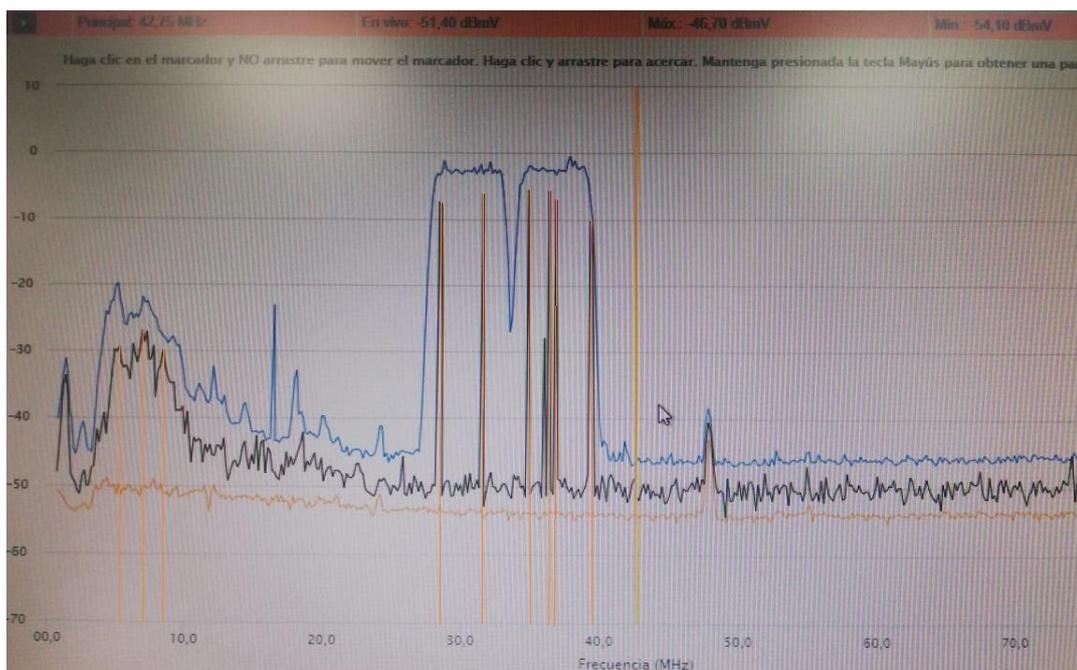
**Tabla N° 4.28:** Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la séptima muestra

SÉPTIMA MUESTRA						
INTERVALO - FRECUENCIA		x	f	x*f	(x-x̄) <sup>2</sup>	(x-x̄) <sup>2</sup> *f
MHz						
27.5	33	30.25	3	90.75	9.51	28.52
33	37.5	35.25	2	70.5	3.67	7.35
37.5	40	38.75	1	38.75	29.34	29.34
SUMA:			6	200		65.21
DIVIDENDO:			5			
PROMEDIO:			33.33			
S <sup>2</sup> =			13.04			
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :			3.61			

Elaboración propia

- Se realiza la octava medición de parámetros HFC y análisis (potencia de ruido y frecuencia), con 6 picos de ruido dentro de la portadora rango 27.5 MHz – 42MHz; foto del analizador de espectros VIAVI XPERTRACK, tomado en el nodo óptico SG4-100UK marca Motorola, plano **PUPU004 - HFC** Puno.

**Figura N° 4.50:** Octava muestra de frecuencia y nivel de ruido.



Elaboración propia

**Tabla N° 4.29:** Octava muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI XPERTRACK

DESCRIPCIÓN	POTENCIA DE RUIDO	FRECUENCIA UPSTREAM	AFECTACIÓN
<b>Tercera medición, de la potencia de ruido y frecuencia, con la ayuda del VIAVI XPERTRACK HUB y el DSAM 6300 campo ANEXO X, para obtener los siguientes datos y considerando que la medición se realizó en la entrada “UPSTREAM” número 2 del nodo óptico que contempla la corrida de distribución.</b>	-30 db	5.2 MHz	Nivel de ruido critico dentro de las portadoras
	-28 db	7 MHz	
	-30 db	8.5 MHz	
	-8 db	28.5 MHz	
	- 7 db	31.5 MHz	
	-6.5 db	34.7 MHz	
	-6.5 db	36 MHz	
	-6.8 db	36.8 MHz	
-10 db	39.6 MHz		
<b>PLANO: PUPU004</b>			

Elaboración propia

En la siguiente tabla de Excel se muestra el cálculo de la desviación estándar de la octava muestra tomada, en los 3 intervalos de **27.5 MHz – 33 MHz**, **33 MHz – 37.5 MHz**, **37.5 MHz – 40 MHz**, donde está la portadora tenemos una desviación estándar el cual indica que el ruido está presente en un intervalo de **3.32 MHz**.

**Tabla N° 4.30:** Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la octava muestra

OCTAVA MUESTRA						
INTERVALO - FRECUENCIA		x	f	x*f	(x-x̄)^2	(x-x̄)^2*f
MHz						
27.5	33	30.25	2	60.5	15.34	30.68
33	37.5	35.25	3	105.75	1.17	3.52
37.5	40	38.75	1	38.75	21.01	21.01
		<b>SUMA:</b>	6	205		55.21
		<b>DIVIDENDO:</b>	5			
		<b>PROMEDIO:</b>	34.17			
		<b>S^2=</b>	11.04			
		<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR :</b>	3.32			

Elaboración propia

- Se realiza la novena medición de parámetros HFC y análisis (día) (potencia de ruido y frecuencia), con 5 picos de ruido dentro de la portadora rango 14 MHz – 27.5 MHz; foto del analizador de espectros VIAVI XPERTRACK, tomado en el nodo óptico SG4-100UK marca Motorola, plano **PUPU004 - HFC Puno**.

**Figura N° 4.51:** Novena muestra de frecuencia y nivel de ruido



Elaboración propia

**Tabla N° 4.31:** Novena muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI XPERTRACK

DESCRIPCIÓN	POTENCIA DE RUIDO	FRECUENCIA UPSTREAM	AFECTACIÓN
<b>Cuarto medición, de la potencia de ruido y frecuencia, con la ayuda del VIAVI XPERTRACK HUB y el DSAM 6300 campo ANEXO X, para obtener los siguientes datos y considerando que la medición se realizó en la entrada “UPSTREAM” número 2 del nodo óptico que contempla la corrida de distribución.</b>	-24 db	3 MHz	Nivel de ruido critico dentro de las portadoras
	-20 db	4 MHz	
	-17 db	4.9 MHz	
	-5 db	14.8 MHz	
	-5.5 db	18.7 MHz	
	-30 db	21 MHz	
	-3 db	22.3 MHz	
<b>PLANO: PUPU004</b>	-3 db	26.5 MHz	

Elaboración propia

En la siguiente tabla de Excel se muestra el cálculo de la desviación estándar de la novena muestra, en los 3 intervalos de **14 MHz – 23 MHz; 23 MHz – 26 MHz; 26 MHz – 27.5 MHz**, donde está la portadora tenemos una desviación estándar el cual indica que el ruido está presente en un intervalo de **3.69 MHz**.

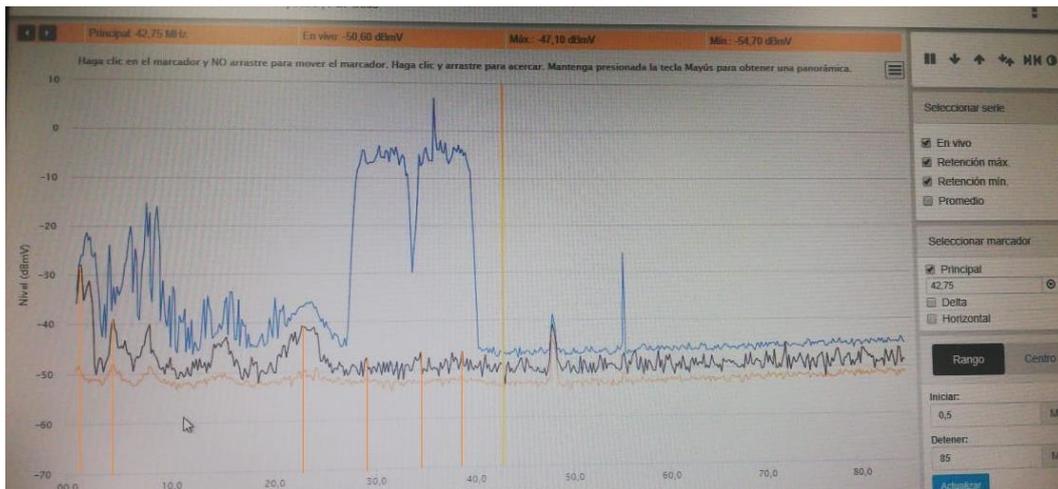
**Tabla N° 4.32:** Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la novena muestra

NOVENA MUESTRA						
INTERVALO - FRECUENCIA		x	f	x*f	(x-x̄)^2	(x-x̄)^2*f
MHz						
14	23	18.5	4	74	2.72	10.89
23	26	24.5	0	0	18.92	0.00
26	27.5	26.75	1	26.75	43.56	43.56
SUMA:			5	100.75		54.45
DIVIDENDO:			4			
PROMEDIO:			20.15			
S^2=			13.61			
DESVIACIÓN ESTÁNDAR :			3.69			

Elaboración propia

10. Se realiza la décima medición de parámetros HFC y análisis (día) (potencia de ruido y frecuencia), con 3 picos de ruido dentro de la portadora rango 27.5 MHz – 42 MHz; foto del analizador de espectros VIAVI XPARTRACK, tomado en el nodo óptico SG4-100UK marca Motorola, plano **PUPU004 – HFC Puno**

**Figura N° 4.52:** Decima muestra de frecuencia y nivel de ruido



Elaboración propia

**Tabla N° 4.33:** Decima muestra de las frecuencias y niveles de ruido, VIAVI XPERTRACK

DESCRIPCIÓN	POTENCIA DE RUIDO	FRECUENCIA UPSTREAM	AFECTACIÓN
<b>Cuarto medición, de la potencia de ruido y frecuencia, con la ayuda del VIAVI XPERTRACK HUB y el DSAM 6300 campo ANEXO X, para obtener los siguientes datos y considerando que la medición se realizó en la entrada “UPSTREAM” número 2 del nodo óptico que contempla la corrida de distribución.</b>	-28.9 db	1 MHz	Nivel de potencia de ruido que es >-35db, tenemos un nivel normal, sin intermitencia.
	-39 db	4.2 MHz	
	-41 db	22.3 MHz	
	-48 db	29 MHz	
	-48 db	34.5 MHz	
	-48 db	38 MHz	
<b>PLANO: PUPU004</b>			

Elaboración propia

En la siguiente tabla de Excel se muestra el cálculo de la desviación estándar de la octava muestra tomada, en los 3 intervalos de **27.5 MHz – 33 MHz**, **33 MHz – 37.5 MHz**, **37.5 MHz – 40 MHz**, donde está la portadora tenemos una desviación estándar el cual indica que el ruido está presente en un intervalo de **4.27 MHz**.

**Tabla N° 4.34:** Tabla Excel, cálculo de la desviación estándar, para la décima muestra

DECIMA MUESTRA						
INTERVALO - FRECUENCIA		x	f	x*f	(x-x̄)^2	(x-x̄)^2*f
MHz						
27.5	33	30.25	1	30.25	20.25	20.25
33	37.5	35.25	1	35.25	0.25	0.25
37.5	40	38.75	1	38.75	16.00	16.00
<b>SUMA:</b>			3	104.25		36.50
<b>DIVIDENDO:</b>			2			
<b>PROMEDIO:</b>			34.75			
<b>S^2=</b>			18.25			
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR :</b>			4.27			

Elaboración propia

En la **Tabla N° 4.34** se muestra el resumen de las muestras obtenidas considerando la afectación dentro de las portadoras.

**Tabla N° 4.35:** Niveles obtenidos

MUESTRA	FRECUENCIA	AFECCACION	D.E.
<b>PLANO PUPU002</b>			
<b>PRIMERA</b>	27.5 MHz a 40 MHz	Caída del DOCSIS	3.70 MHz
<b>SEGUNDA</b>	27.5 MHz a 40 MHz	Caída del DOCSIS	4.27 MHz
<b>TERCERA</b>	27.5 MHz a 40 MHz	Caída del DOCSIS	4.15 MHz
<b>CUARTA</b>	27.5 MHz a 40 MHz	Caída del DOCSIS	3.16 MHz
<b>QUINTA</b>	27.5 MHz a 40 MHz	Caída del DOCSIS	3.61 MHz
<b>PLANO PUPU004</b>			
<b>SEXTA</b>	27.5 MHz a 40 MHz	Caída del DOCSIS	2.85 MHz
<b>SEPTIMA</b>	27.5 MHz a 40 MHz	Caída del DOCSIS	3.61 MHz
<b>OCTAVA</b>	27.5 MHz a 40 MHz	Caída del DOCSIS	3.32 MHz
<b>NOVENA</b>	14 MHz a 27.5 MHz	Caída del DOCSIS	3.69 MHz
<b>DECIMA</b>	27.5 MHz a 40 MHz	DOCSIS operativo	4.27 MHz

Elaboración propia

#### 4.2. Afectación del ruido en la portadora de retorno.

En la siguiente tabla observa las diferentes frecuencias de ruido, de experimentación de acuerdo con el espectro de frecuencia que está entre los 5 a 42 MHz en el canal de retorno. qué afectara directa e indirectamente a los servicios ofrecidos en el retorno.

**Tabla N° 4.36:** Frecuencias de ruido y su afectación en la portadora

AFECTACIÓN DEL RUIDO EN EL RETORNO	
FRECUENCIA	AFECTACIÓN
Entre las frecuencias de 5 MHz a 6 MHz	Pico de frecuencia que se ubica fuera de la portadora considerado ruido eléctrico y que no afecta el servicio.
Entre las frecuencias de 6 MHz a 12 MHz	Pico de frecuencia que se ubica fuera de la portadora. Afecta la guía interactiva de los decodificadores (SET TOP BOX).
Entre 13 MHz a 16 MHz.	Pico de frecuencia que se ubica fuera de la portadora. Enlace lento Cable Modem y leve pixeleo de los decodificadores, casi imperceptible por el abonado.
De 17 MHz hacia adelante	Picos de frecuencia que está dentro de la portadora. Intermitencia y caída del servicio DOCSIS.

Elaboración propia

En esta tabla mostramos el nivel de potencia de ruido que se considera normal y crítico, para la afectación del servicio; puede ingresar el ruido dentro y fuera de la portadora establecido entre los rangos de frecuencia de 5 a 42 MHz.

**Tabla N° 4.37** Niveles de ruido y su afectación en la portadora de retorno

POTENCIA DE RUIDO	AFECTACIÓN
<b>MODERADO</b> = -35 db	Potencia de ruido moderado.
<b>PELIGROSO</b> = -30 db	Potencia de ruido peligroso.
<b>CRITICO</b> =< -30db	Potencia de ruido crítico, pérdida de imagen, disminución del bit rate (velocidad de bits), corte de señal de voz, enlace lento (latencia) e intermitencia en los servicios de retorno.

Elaboración propia

#### 4.3. Procedimiento de detección de ruido y optimización de las señales bidireccionales HFC

El ruido, se interpreta como toda interferencia que pueda afectar una señal, este nunca se eliminará debido a que también juega un papel importante la relación señal a ruido, que debe mantenerse a cierto nivel para que no represente problemas.

Una red HFC actúa como una gran antena que recoge señales indeseadas, la gran mayoría del ruido que ingresa a la red son incorporados por los abonados. Los estudios realizados por Motorola o SCTE (The Society of Cable Telecommunications Engineers) indican que en un 70% de ingreso de ruido proviene de los domicilios ya que esto se origina por la mala manipulación de los usuarios y de instalaciones mal echas, 25% proviene de la acometida que va del TAP pasivo al interior del domicilio y un 5% de la planta externa, convirtiendo estos en puntos críticos en la estructura de la red.

El canal de retorno en la red HFC o también llamado canal Upstream es el más propenso a verse afectada por los ruidos del cliente, ya que por el efecto embudo es donde todas las señales indeseadas convergen en un solo punto. Nodo Óptico, afectan a todos los usuarios que comparte el mismo nodo.

##### a. **Nodo óptico**

Primero es necesario identificar el Nodo Óptico. desde el que proviene la interferencia, este proceso comienza al localizar el punto exacto del combinador de señal de retorno desde la cabecera principal (Head End); si el combinador de la red está equipado con switchers de RF, se pueden utilizar para provocar interrupciones momentáneas hacia cada salida de puerto de retorno para identificar que puerto está provocando la entrada de interferencia o ruido.

Una vez identificado el Nodo Óptico que introduce la interferencia será necesario enfocarse con la red coaxial asociada con el nodo. Esto se logra con el auxilio del analizador de espectro **Vivia XPERTrack** ubicado en la cabecera principal (HUB).

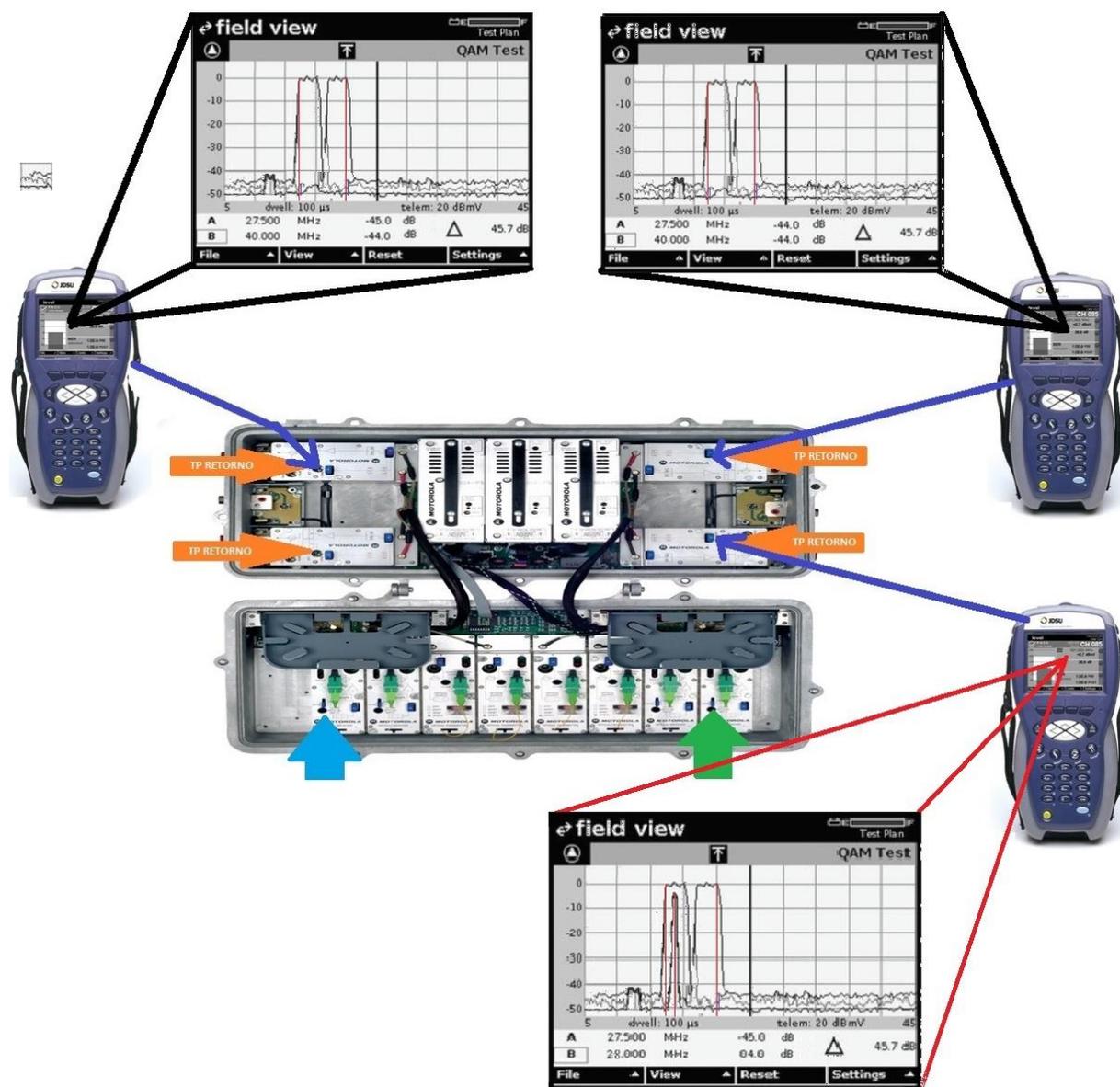
**Tabla N° 4.38:** Procedimiento de descarte e ingreso de ruido en el nodo óptico

NODO ÓPTICO	
ANALISIS	EJECUTAR
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Primero es necesario identificar de donde proviene el ruido, este proceso comienza al localizar el punto exacto del brazo o salida de distribución en el Nodo Óptico.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para identificar la línea de distribución que trae la señal de ruido se procede a retirar los Pads de retorno.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Realizar interrupciones momentáneas hacia cada salida de puerto de retorno para identificar que puerto está provocando la entrada de interferencia o ruido.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es preciso monitorear la salida de retorno por cualquier variación en la señal durante las interrupciones.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Será necesario desconectar cada línea de RF en sucesión mientras se monitorea algún cambio en el nivel de ingreso de interferencia. Una vez identificado el puerto de salida que introduce la interferencia será necesario enfocarse con la red coaxial asociada con el nodo. Esto se logra con el analizador de espectro ubicado en la cabecera principal o el medidor de campo DSAM</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuando la línea de distribución que ingresa el ruido es desconectada, y se presenta una reducción significativa en amplitud del ruido, se debe restaurar todas las conexiones a la normalidad y proceder hacia el primer amplificador de dicha línea de distribución.</li> </ul>

Elaboración propia

En la **Figura N° 4.54**, se tomó 3 puntos de muestra, parte de la actividad es mostrar el nivel de potencia óptica en el receptor, niveles de potencia en la ruta de retorno de la red de distribución y medir el nivel y frecuencia de ruido en la portadora, con el equipo de campo DSAM 6300.

Figura N° 4.53: Puntos de muestra nodo óptico y el medidor de campo DSAM 6300



Elaboración propia

Tabla N° 4.39: Niveles adquiridos en el nodo óptico SG4000

<b>NODO ÓPTICO SG4000 – PUPU002 – PUNTO 1</b>	
<b>POTENCIA OPTICA</b>	0.9 Voltio
<b>NIVEL EN EL RETORNO</b>	40 dBmV
<b>NIVEL DE RUIDO</b>	-45 db.
<b>FRECUENCIA DE RUIDO</b>	31.5 MHz
<b>NODO ÓPTICO SG4000 – PUPU002 – PUNTO 4</b>	
<b>POTENCIA OPTICA</b>	1 voltio
<b>NIVEL EN EL RETORNO</b>	40 dBmV

<b>NIVEL DE RUIDO</b>	-44 db
<b>FRECUENCIA DE RUIDO</b>	31.5 MHz
<b>NODO ÓTICO SG4000 – PUPU002 – PUNTO 6</b>	
<b>POTENCIA OPTICA</b>	0.9 Voltio
<b>NIVEL EN EL RETORNO</b>	40 dBmV
<b>NIVEL DE RUIDO</b>	-4 dB
<b>FRECUENCIA DE RUIDO</b>	28 MHz
<p><b>El puerto de radio frecuencia N° 6 indica un pico de ruido a una frecuencia de 28 MHz con un nivel de -4 db, (ruido critico) por la tanto procederemos a realizar el siguiente paso, ubicar el amplificador que se encuentra en esta línea de distribución y atenuar el ingreso de ruido.</b></p>	

Elaboración propia

b. Amplificador

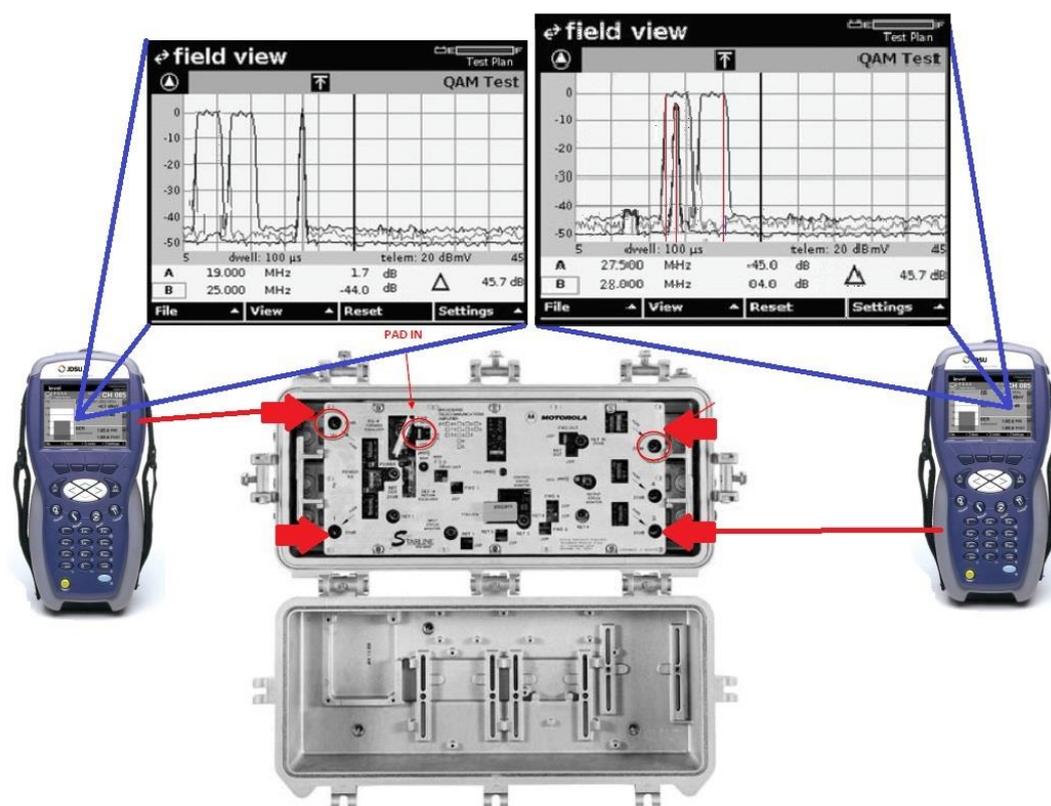
**Tabla N° 4.40:** Procedimiento de descarte e ingreso de ruido en el

<b>AMPLIFICADOR DE DISTRIBUCION BTB</b>	
<b>ANALISIS</b>	<b>EJECUTAR</b>
<p><b>Para identificar la línea de distribución que trae la señal de ruido se procede de forma muy parecido al NODO ÓPTICO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remover o reorientar los atenuadores RF de señal para desconectar momentáneamente cada distribución coaxial desde el AMPLIFICADOR</li> <li>- Cuando la línea de distribución que ingresa la interferencia es desconectada, y se presenta una reducción significativa en amplitud de la interferencia, se debe restaurar todas las conexiones a la normalidad y proceder a revisar.</li> </ul>

Elaboración propia

En la **Figura N° 4.55**, se muestra el amplificador BTB de 4 salidas y con el DSAM 6400 se mide los niveles de retorno, ruido y frecuencia de la portadora, para realizar los respectivos descartes.

Figura N° 4.54: Puntos de muestra Amplificador, medidor de campo DSAM 6300



Elaboración propia

Tabla N° 4.41: Tabla de niveles adquiridos en el amplificador BTD

<b>AMPLIFICADOR BTD 4 – PUPU002 – PUNTO 1</b>	
<b>NIVEL EN EL RETORNO</b>	40 dBmV
<b>NIVEL DE RUIDO</b>	-44 dB
<b>FRECUENCIA DE RUIDO</b>	19 MHz
<b>AMPLIFICADOR BTD 4 – PUPU002 – PUNTO 6</b>	
<b>NIVEL EN EL RETORNO</b>	40 dBmV
<b>NIVEL DE RUIDO</b>	-4 db
<b>FRECUENCIA DE RUIDO</b>	28 MHZ

Continuando en la línea de distribución tenemos identificado el puerto número 6 que está portando la señal con ruido, procedemos a identificar los equipos pasivos de la red distribución, para realizar descartes.

Elaboración propia

c. Tap y derivadores

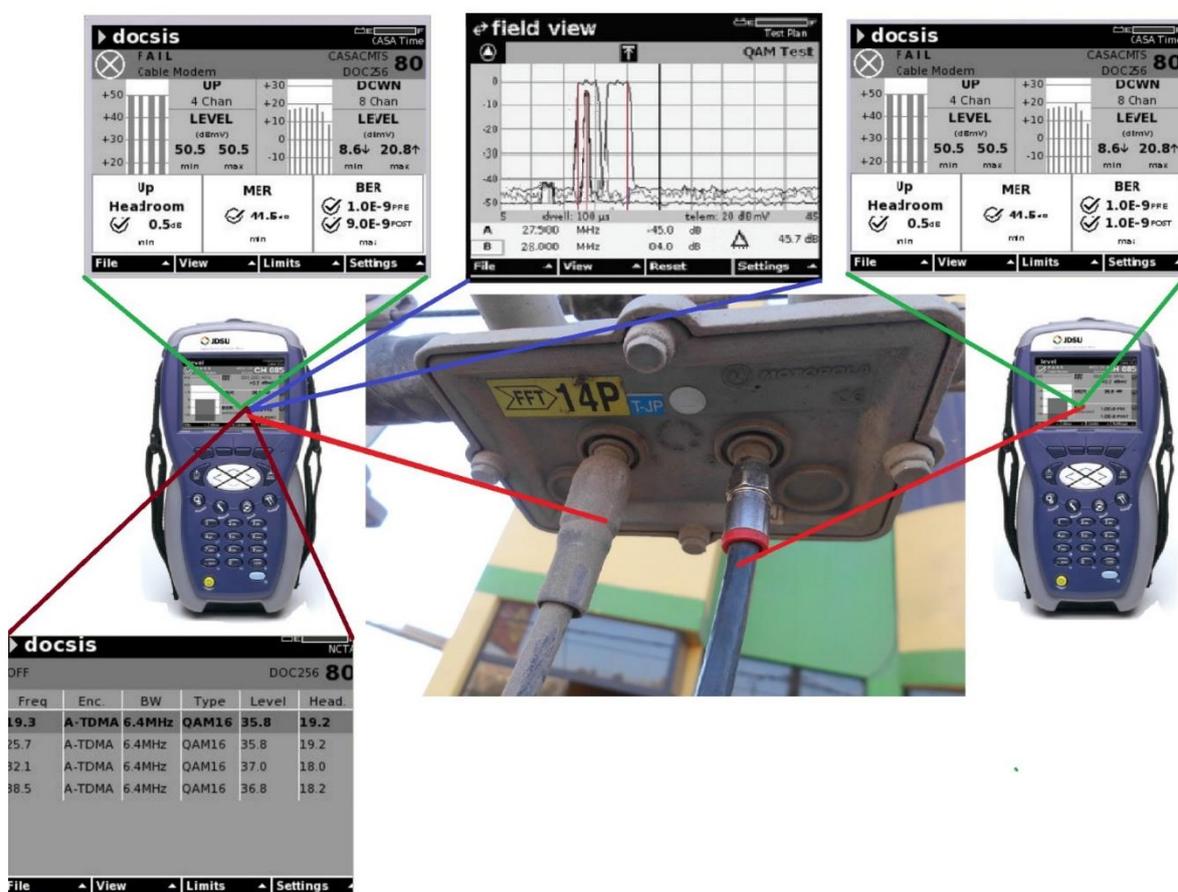
Tabla N° 4.42: Procedimiento de descarte e ingreso de ruido en el TAP

REVISIÓN DE LOS ELEMENTOS PASIVOS	
ANALISIS	EJECUTAR
<p><b>En este punto se presenta la dificultad de aplicar el proceso de eliminación porque no hay conexiones que permitan que el retorno sea monitoreado. El sistema de investigación más común utilizado en este punto es el de comprobar el tamaño y estado de los conductores centrales, puesto que se ha observado que estos son los que causan altos niveles de ingreso de ruido.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aquí es donde se puede desconectar la parte frontal de tap (cara), para verificar si la interferencia proviene de una de las acometidas conectadas.</li> <li>- Si al momento de quitar la cara del TAP el nivel de ruido disminuye, se debe desconectar una por uno las acometidas existentes.</li> <li>- Lo que procede a continuación es revisar las conexiones donde hay accesorios RG-6 de distribución externa del usuario, si presentan humedad o corrosión, de presentarse alguno de los problemas mencionados los accesorios y conectores deben ser reemplazados.</li> <li>- Si el ingreso de interferencia no disminuye con la revisión y reemplazo de cables y conectores, entonces el problema proviene de la parte interna de la casa que alimenta esta acometida.</li> <li>- Debe hacerse una revisión completa hasta llegar al punto del problema, debido a que puede ser un accesorio, conectores (conexión interna) o hasta un equipo que esté generando el problema de ruido.</li> </ul>

Elaboración propia

En la **Figura N° 4.56** se muestra el rendimiento de la tasa de error de modulación (MER), la tasa de error de bits (BER) y el nivel de cada portadora entrelazada descendentes y ascendentes. nivel de ruido, frecuencia, modulación, frecuencia y canal

Figura N° 4.55: Procedimiento de descarte e ingreso de ruido en el TAP



Elaboración propia

Tabla N° 4.43: Tabla de niveles adquiridos en el TAP

TAP 14Px2 – PUNTO 1	
MER	11.5 dB
BER PRE	1.0E-9
BER POST	9.0E-9
NIVEL DE RUIDO	-4 db
FRECUENCIA DE RUIDO	28 MHz
PORTADORAS	2
MODULACIÓN	16QAM
TAP 14Px2 – PUNTO 2	
MER	41.5 dB
BER PRE	1.0E-9
BER POST	1.0E-9
NIVEL DE RUIDO	-45 db
FRECUENCIA DE RUIDO	27.5 MHz
PORTADORAS	2
MODULACIÓN	16QAM

- ✓ se debe desconectar una por una las acometidas existentes. Siempre debe ser monitoreado el nivel de ruido y si disminuye, identificar la acometida para darle seguimiento. Primero verificamos que el cable de la acometida sea el apropiado, 95% de blindaje de malla. Si el cable está deteriorado, o no es el adecuado, reemplazamos el mismo. Si el cable es el apropiado, interrumpir la señal en la tierra, o en otra conexión, mientras se monitorea en pantalla el ingreso de ruido, para localizar la conexión que tiene la falla
- ✓ Lo que procede a continuación es revisar las conexiones donde hay accesorios RG-6 de distribución externa del usuario, si presentan humedad o corrosión, de presentarse alguno de los problemas mencionados los accesorios y conectores deben ser reemplazados. Si el ingreso de interferencia no disminuye con la revisión y reemplazo de cables y conectores, entonces el problema proviene de la parte interna de la casa que alimenta esta acometida. Debemos hacer una revisión completa hasta llegar al punto del problema, debido a que puede ser un accesorio, conectores (conexión interna) o hasta un equipo que esté generando el problema de ruido.
- ✓ Cuando no es posible el ingreso a la casa del usuario, la acometida debe colocarse un filtro pasa altos para evitar el problema y luego proceder a la revisión correspondiente.

Elaboración propia

En esta tabla mostramos los diferentes filtros que se pueden usar en la red

HFC.

Tabla N° 4.44: Filtros HFC

DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<b>Filtro pasa alto HP:</b> Corta el paso de las señales de 5 MHz a 42 MHz y permite las frecuencias de 54 MHz – 1 GHz.	
<b>Filtro pasa altos:</b> permite el paso de señales de 5 MHz - 13 MHz y corta de 14 MHz – 42 MHz	

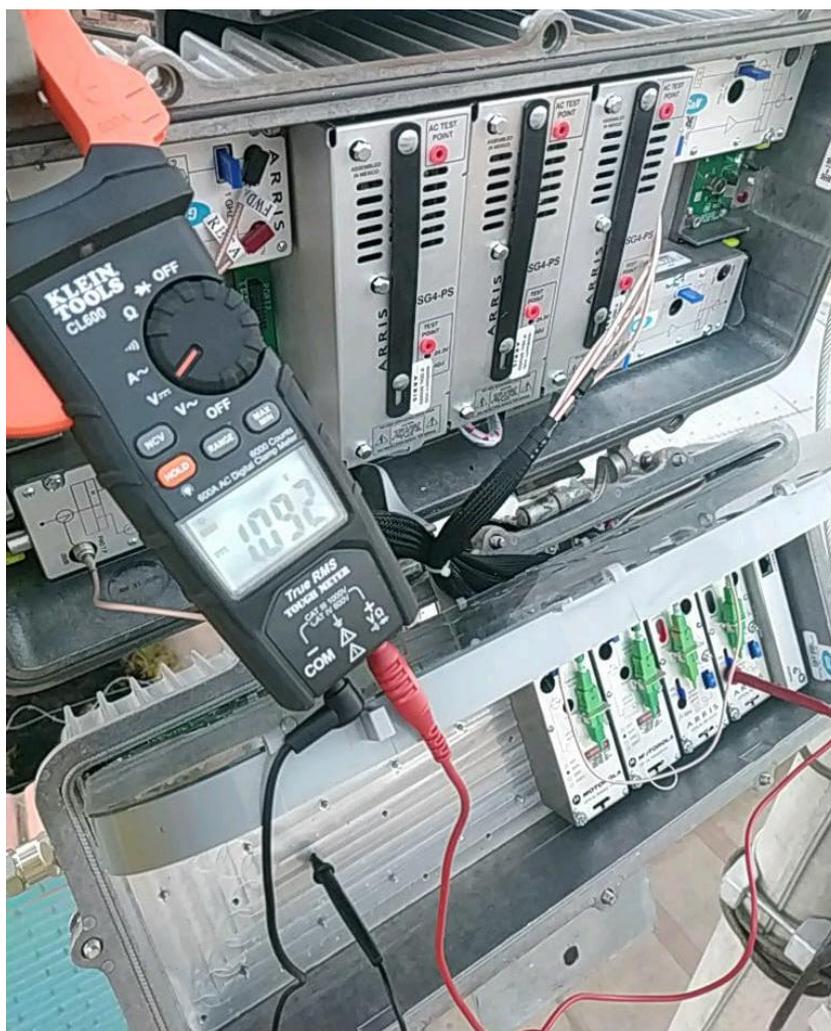
Elaboración propia

En el **anexo A** se muestra algunas situaciones que se encontraron en la red de distribución, que directa o indirectamente genera un pico de ruido en el nodo óptico.

#### d. Balanceo del nodo óptico

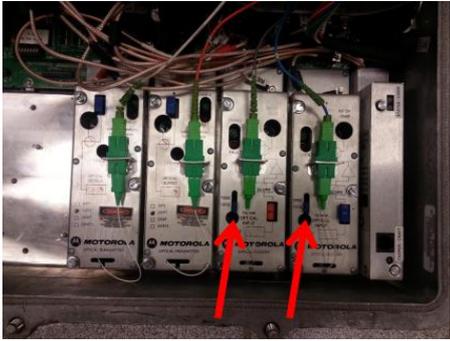
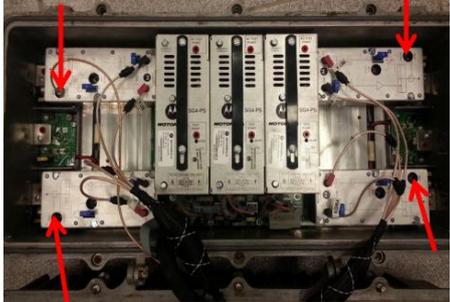
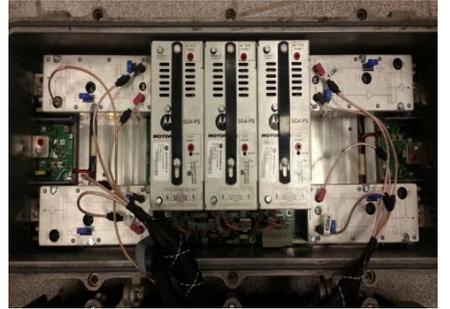
Para la optimización de las señales bidireccionales es realizar un adecuado manejo de instalación, balanceo de todos los dispositivos activos, pasivos, manejo de la calidad de las portadoras y garantizar los parámetros de la señal.

**Figura N° 4.56:** Medición del nivel óptico



Elaboración propia

Tabla N° 4.45: Medición de parámetros, Nodo Óptico

PRUEBAS DEL NIVEL OPTICO	
Nivel óptico ideal 0dBm – nivel ideal 1 voltio.	
Nivel mínimo -0.5 dBm – nivel mínimo 0.9 voltio.	
Nivel máximo +0.5 dBm – nivel máximo 1.1 voltio.	
Longitud de onda 1310nm. En el nodo óptico tenemos que garantizar un nivel de potencia óptica en el receptor (1 voltio).	
PRUEBAS DEL FORWARD EN LOS MODULOS RF	
Para la salida de forward en los 4 módulos de RF debe de ser de 43 dBmv – 48 dBmv.	
En los módulos de RF, tenemos que garantizar a la salida un nivel de 43 – 48 dBmv, con una pendiente de 5 dBmv, esto para tener un enlace limpio con los Cable Modem. Si en caso de tener pendiente recta o negativa procedemos a utilizar los simuladores, ecualizadores o pads, para garantizar una pendiente positiva (Plano PUPU002).	
	
PARAMETROS DE SEÑAL DE FORWARD	
En los parámetros del MER y BER, tenemos que garantizar un nivel óptimo. Si en caso el nivel esta fuera de lo establecido, utilizaremos un ecualizador, para subir el nivel del MER o un simulador de cable para bajarlo (con los diferentes valores en dB que se tiene).	
Por la tanto, tenemos en la imagen un nivel de MER de 40.7 dB BER PRE 1.0E-9 y un BER POST de 1.0E-9 Considerando que estos datos se muestran en los 8 canales del forward y en 2 canales del Upstream (Plano PUPU002).	
	

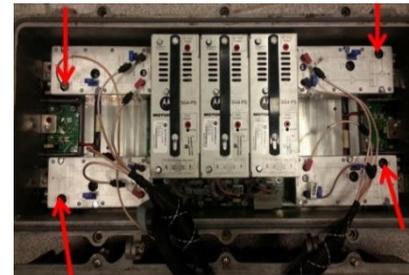
**CALIDAD DE LA PORTADORA**

Las portadoras tienen un intervalo de 1 – 10, lo cual el 10 representa la mejor calidad de portadora el cual me garantiza un excelente servicio al cliente desde el nodo (Plano PUPU002).

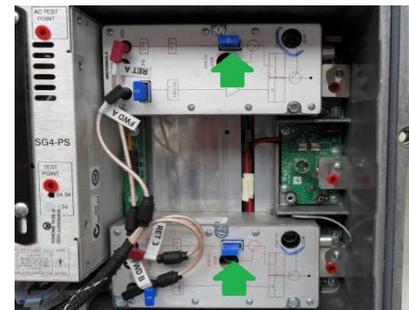


**MODULOS RF PRUEBAS EN EL RETORNO**

Todas las pruebas se realizan en el T.P. del forward.  
 Con el medidor de campo DSAM 6300, debemos de enviar una portadora, para el balanceo de la ruta de retorno.  
 El nivel de retorno DOCSIS debe de ser de 40 dBmv.



Debemos de garantizar un nivel de 40 dBmv en la ruta de retorno.  
 Si el valor del nivel de retorno es diferente deberemos de utilizar los Pad o ecualizadores de retorno, para garantizar el nivel que deseamos.



Elaboración propia

**e. Balanceo del amplificador BTM**

Figura N° 4.57: Amplificador BTM y componentes básicos



Elaboración propia

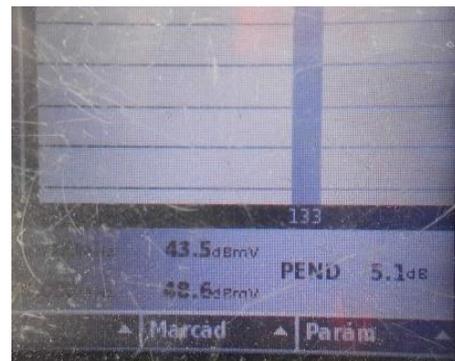
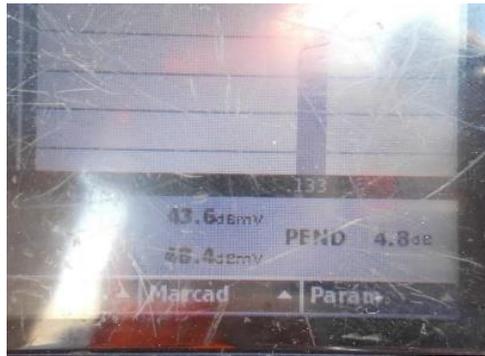
**Tabla N° 4.46:** Identificación de los componentes del amplificador

AMPLIFICADOR BTD – FORWARD	
	Entrada (-20dB)
	Fusible de entrada
	Ecuilizador o simulador de cable.
	Pad de entrada (2dB, 4dB, 6dB, 9dB, 10 dB, 12 dB, 14 dB, 16 dB, .... 24 dB)
	Pad de salida (2dB, 4dB, 6dB, 9dB, 10 dB, 12 dB, 14 dB, 16 dB, .... 24 dB)
	Fusible de salida
	Punto de prueba a la salida (-20dB)
AMPLIFICADOR BTD – RETORNO	
	Pad de retorno.
	Ecuilizador de retorno.
	Supresor de picos.

Elaboración propia

**Tabla N° 4.47:** Balanceo y manejo de las portadoras en el amplificador BTB

OPTIMIZACIÓN DE NIVEL DE FORWARD	
<p><b>Debemos de garantizar a la entrada del amplificador un nivel de 14 dBmV, utilizando el pad y ecualizador de entrada.</b></p>	
<p><b>Si, en la entrada del amplificador tuviéramos una pendiente negativa utilizaremos un ecualizador garantizando así el nivel de entrada.</b></p> <p><b>Si, tenemos una pendiente positiva utilizaremos un simulador de cable garantizando así el nivel de entrada.</b></p>	
<p><b>Al momento que se realiza la medición se debe verificar que el jumper ADU se encuentre en posición manual (MAN) y los niveles de los canales deben ser medidos en el punto de prueba de la salida RF.</b></p> <p><b>Los equipos por defecto vienen con 4 dBs de reserva para el control automático de ganancia.</b></p>	
<p><b>Por lo tanto, al cambiar el modo manual (MAN), tendremos a la salida un nivel potencia alto el cual atenuaremos con los PAD de salida garantizando el 43 dBmV y 48 dBmV con una pendiente de 5 dB</b></p>	
	



### PARÁMETROS DE LA SEÑAL

En los parámetros del MER y BER, tenemos que garantizar un nivel.

**MER: 40 dB**

Si en caso el nivel esta fuera de lo establecido, utilizaremos un ecualizador, para subir el nivel del MER o un simulador de cable para bajarlo (con los diferentes valores en dB que se tiene).



Por la tanto, tenemos en la imagen un nivel de MER de 40.7 dB BER PRE 1.0E-9 y un BER POST de 1.0E-9 Considerando que estos datos se muestran en los 8 canales del forward y en 2 canales del upstream.



### NIVELES DE RETORNO

Inyectamos con el medidor de campo DSAM 6300 en cualquier de los T.P de salida inyectamos 40 dBmV y garantizamos colocar el ecualizador de retorno y el PAD de retorno. pedimos la confirmación del HUB, como está llegando el nivel.

De acuerdo con los valores modificamos el ecualizador y el PAD de retorno.

Este proceso generalmente se realiza remotamente en el HUB.



Elaboración propia

La **Ecuación 4.5** nos permite calcular la pendiente en su estado negativa o positiva, esto con referencia al forward.

$$(Ca + PTin) - (Cb + PTin) = P \quad \dots(4.5)$$

Donde:

Ca: Nivel del canal alto.

PTin: Valor puerto de entrada 20 dBmv.

Cb: Nivel del canal bajo

P: pendiente

Tomar en cuenta lo siguiente:

- Considerando que de la ecuación 5 sea (-) nos indica que debemos utilizar un ecualizador de forward (SFE).
- Considerando que de la ecuación 5 sea (+) nos indica que debemos utilizar un simulador de cable (SCS).

En caso se tenga una pendiente negativa, es decir el nivel de canal bajo es mayor que el nivel de canal alto se deben utilizar ecualizadores los cuales están expresado en dB. Para obtener el valor del ecualizador se debe seguir la siguiente formula dependiendo de la frecuencia en la que se esté trabajando.

Para una frecuencia de 750 MHz.

$$SFE = Pn * 1.4 \quad \dots(4.6)$$

Para una frecuencia de 870 MHz o 1GHz

$$SFE = Pn * 1.3 \quad \dots(4.7)$$

Donde:

SFE: Ecualizador.

Pn: Pendiente negativa que se desea trabajar.

Si el caso fuera que la pendiente es positiva, es decir el canal bajo es menor que el canal alto se debe utilizar un simulador de cable lo cual va a depender de la frecuencia en la que se encuentra trabajando.

Para una frecuencia de 750 MHz.

$$CSC = Pp * 1.0 \quad \dots(4.8)$$

Para una frecuencia de 870 MHz. O 1GHz.

$$CSC = PP * 1.1 \quad \dots(4.9)$$

Donde:

CSC: Cable simulador.

Pp: Pendiente positiva que se desea trabajar

Cálculo del PAD.

$$C + PTin - Eam = PADin \quad \dots(4.10)$$

Donde:

C: nivel de señal bajo

PTin: Valor puerto de entrada

Eam: nivel de entrada del amplificador 14dBmV.

PADin: Atenuador PAD de entrada.

El ecualizador de retorno (SER) en un amplificador se le debe de colocar un valor mínimo es decir de 0 ó 1 dBmV y un jumper, para cerrar el circuito electrónico con lo cual verificamos que tipo de PAD es el necesario para garantizar el valor de 40 dBmV.

Considerando la siguiente ecuación, para el cálculo del PAD.

$$PAD = Vi - Vf \quad \dots(4.11)$$

Donde:

PAD: PAD de retorno

Vi: Nivel inicial de retorno

Vf: nivel deseado 40 dBmV.

Tabla N° 4.48: Balanceo del TAP

TAP	
<p><b>Debemos de garantizar un nivel de 13 dBmv en el forward y 40 dBm a 50 dBmv en el retorno.</b></p> <p>Las instalaciones de las acometidas se tienen que considerar que para el nivel de forward se tiene una atenuación por cada 100 metros es de 20 dB, lo que significa que tendremos una diferencia de -20dB en el forward, pero debemos de garantizar un rango de nivel de 13 dB a -7 dB.</p> <p>En el retorno se tiene una atenuación por cada 100 metros de 6 dB, lo que significa que tendremos una suma de +6dB en el retorno, pero debemos de garantizar un rango de nivel de 40 dB a 50 dB</p>	 
<p>La medición de los parámetros de MER y BER en el TAP, tenemos que garantizar un MER de 40 dB.</p> <p>El ecualizador de TAP (T-EQ), permite bajar los niveles del canal alto</p> <p>Simulador de TAP (T-CS), permite subir los niveles del canal bajo.</p>	

Elaboración propia

El balanceo de los dispositivos activos y pasivos de la red HFC, se muestran en el ANEXO C

#### 4.4. Proceso de instalación inHouse HFC

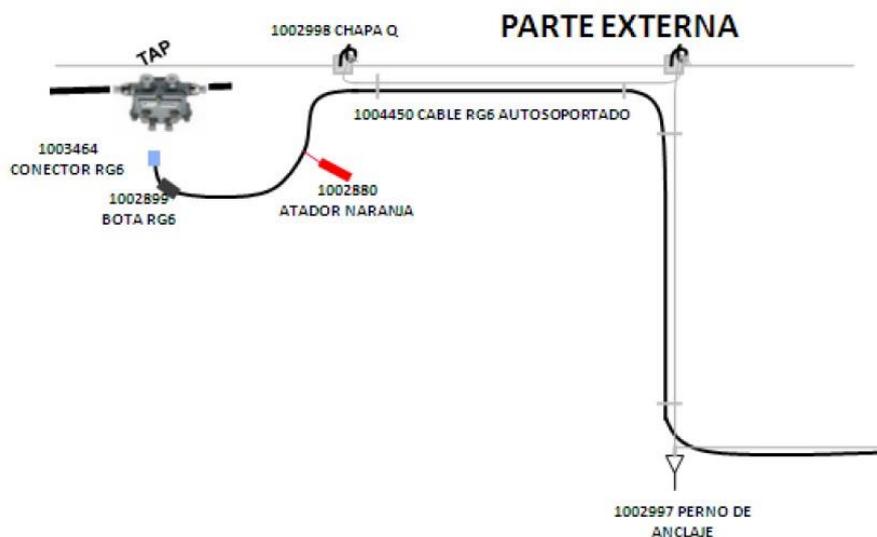
Este documento no reemplaza las normativas internacionales, sólo tiene el sentido de indicar recomendaciones y corregir fallas típicas en instalaciones y mantenimientos HFC.

Referente a las normas tengamos presente la factibilidad de altura, el estado de conservación del poste, el tipo de uso del poste y si esta está liberada; las alturas mínimas para los casos de tendido en las calles, avenidas y cruces se muestran en el grafico siguiente y también las restricciones por normativas de seguridad del Código Nacional de Electricidad.

1. La distancia de acometida (coaxial) no debe de exceder la distancia que genere pérdidas de señal que estén fuera de los rangos de operación de los equipos. debemos de evaluar este parámetro si en caso la distancia sea mayor de 80 m consultar con el Supervisor. Si las pérdidas acumuladas estimadas son mayores a 20 dBmV
2. El borne del TAP donde se instalará el cable de acometida del cliente, retiramos la carga terminal de seguridad y constatará que el borne se encuentre en buenas condiciones; caso el borne esté sulfatado o sucio debe de hacerse la limpieza respectiva antes de hacer cualquier tipo de conexión.
3. Para conectar el cable de acometida en el borne de TAP, previamente se coloca una chapa “Q” al cable mensajero a 40 cm del TAP. Se estima una longitud de 1 metro de cable libre desde la chapa hasta el borne del TAP, por lo que el cable RG-6 debe de considerarse en esta medida para realizar la conexión al borne del TAP. Luego de tener el cable libre se separa el cable coaxial RG-6 de su mensajero y este último se asegura en la chapa “Q”. Se

introduce al cable la bota y posterior se preparará el extremo del cable coaxial de acometida RG-6 con la herramienta preparadora/peladora para instalar el respectivo conector tipo “F”, luego se procedemos al ponchado con la herramienta correspondiente (ponchadora).

4. Después de preparar el conector en el coaxial se procede a colocar en el borne libre del TAP el jebe protector, luego se coloca el conector en el borne elegido ajustando manualmente y rematando  $\frac{1}{2}$  vuelta con una llave 11. Entre la chapa “Q” y el borne del TAP el cable debe de hacer un loop que cumpla con las características que se muestran en la Figura. El cable se sujeta con pequeños “cintillos de amarre”.
5. Cuando se observe que la trayectoria del cable de Acometida desde el poste hacia la propiedad del cliente forme un ángulo de  $60^\circ$  o menor con respecto a la recta del cable, entonces se deberá usar un Sujetador de Tramo, de tal manera que el Cable de Acometida forme en lo posible un ángulo de  $90^\circ$  con el cable. Por este motivo la ruta después de la chapa Q de medio tramo debe estar ubicado al frente del local del cliente a fin de que siempre este perpendicular al cable de la parte externa (se debe evitar el paso de acometida en diagonal al domicilio del cliente).

**Figura N° 4.58:** Instalación de la acometida – abonado

Elaboración propia

6. El punto que deberemos tomar será la altura conveniente y necesaria, además de tener la cercanía suficiente al divisor principal (Splitter). Debemos de emplear un perno de anclaje tipo “P”, el cual se fija en la pared del inmueble donde debe de asegurar el mensajero del cable coaxial.
7. Para proceder con esta instalación deberemos de considerar las ubicaciones de los equipos que el Cliente ha de usar, estos son el teléfono, los CPU y los aparatos de televisión a los que se les instalará el servicio. De acuerdo con ello deberemos de determinar la ruta de los cables dentro de las instalaciones del inmueble. En casos que el inmueble cuente con ductos para telecomunicaciones, emplearemos esta vía para poder tender el cable coaxial RG-6. Deberán de evitar pasar el cable coaxial por: Lugares calientes o con fuego, ambientes con vapores, zonas húmedas, y ambientes de ruido de 2.4 GHz.
8. El cable coaxial es el elemento fundamental en el proceso de transmisión de datos por lo que debe de conservar su forma física en todo su recorrido;

cualquier deterioro ya sea en sus cubiertas o en su forma, nos obligara a reemplazar todo el tramo del cable. La adecuada preparación de los Conectores (Corte de los cables), adecuada preparación de los conectores (Ponchado Conectores). evitando problemas con ondas estacionarias (curvaturas de cable deformado).

9. Se hará mediciones eléctricas de las entradas y salidas de RF de los equipos del abonado con respecto a nuestro sistema, para descartar posibles inducciones eléctricas del mismo equipo. Se conectará el cable coaxial con conector RG6 a la entrada “RF” del tipo F de 75 ohmios en el equipo, ya sea un decodificador o un eMTA. La interconexión de los equipos y terminales del cliente se realizarán con los cables-jumper preparados, como se muestra en la siguiente tabla.

**Figura N° 4.59:** Distribución interna de la acometida



10. Para la validación de estos servicios, instalados en los clientes se debe tener en cuenta los niveles de Downstream y Upstream como se especifica en la siguiente tabla.

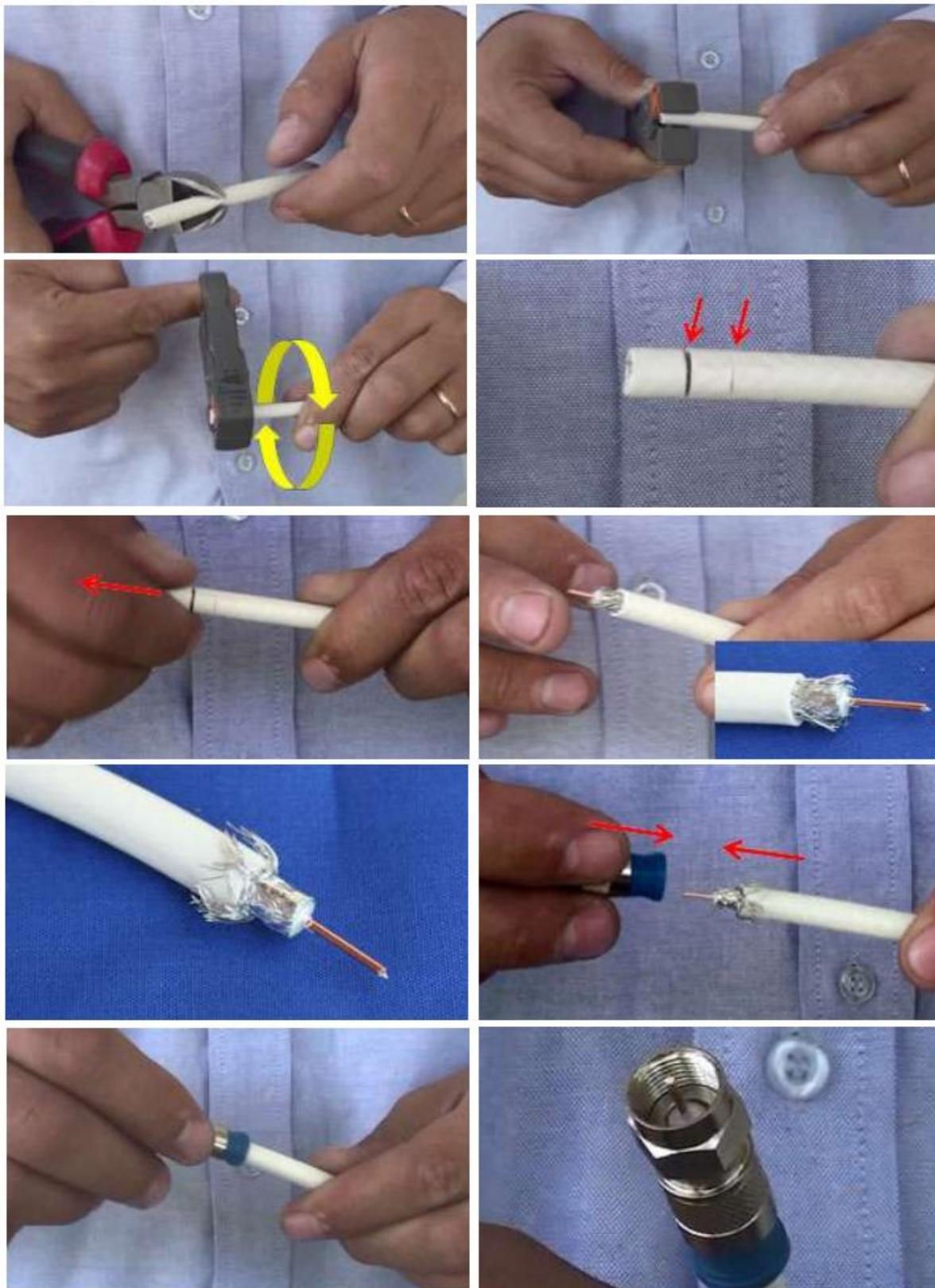
**Tabla N° 4.49:** Niveles de downstream y upstream, en instalaciones

<b>NIVELES DE POTENCIA</b>			
<b>CANAL</b>	<b>ACEPTABLE</b>	<b>PELIGROSO</b>	<b>INACEPTABLE</b>
<b>DOWSTREAM</b>	-7 a -13 dBmV	-8 a -14 dBmV	-10 a 15 dBmV.
<b>UPSTREAM</b>	40 a 50 dBmV	48 a 51 dBmV	52 55 dBmV.

Elaboración propia

11. En la siguiente Figura N° 4.61, se muestra la forma de ponchar un cable coaxial con el conector RG6 – acometida.

**Figura N° 4.60:** Forma correcta, ponchado de un coaxial y el conector RG6



**Fuente:** (Telmex, 2009)

#### 4.5. Proceso de mantenimiento HFC

1. El mantenimiento de la ruta de retorno se vuelve crítico una vez que los cortes de servicios se vuelven momentáneos o prolongado para poder detectar el ingreso o generación de ruido en la red HFC. La demanda actual de los servicios por parte de los suscriptores requiere que la red tenga una trazabilidad del 100% y que cumpla estándares de calidad y performance (Montes Santos, 2016).
2. Mantenimiento Preventivo, El mantenimiento preventivo consiste en un barrido de la red desde el nodo como parte activa hasta el último elemento de la red HFC, es decir en los terminales de la red troncal. Los ejercicios que se practican en este tipo de mantenimiento consisten en las siguientes etapas:  
**HOMOLOGACION DEL NODO ÓPTICO**, Dependiendo de fabricante de nodos ópticos las especificaciones técnicas se ajustan a los niveles recomendados por los diseñadores de red HFC. Típicamente los fabricantes se ajustan a un promedio de 1 dBm (idealmente) para los receptores ópticos, de ser el caso se utilizan atenuadores ópticos para conseguir o ajustar los niveles deseados (Montes Santos, 2016).

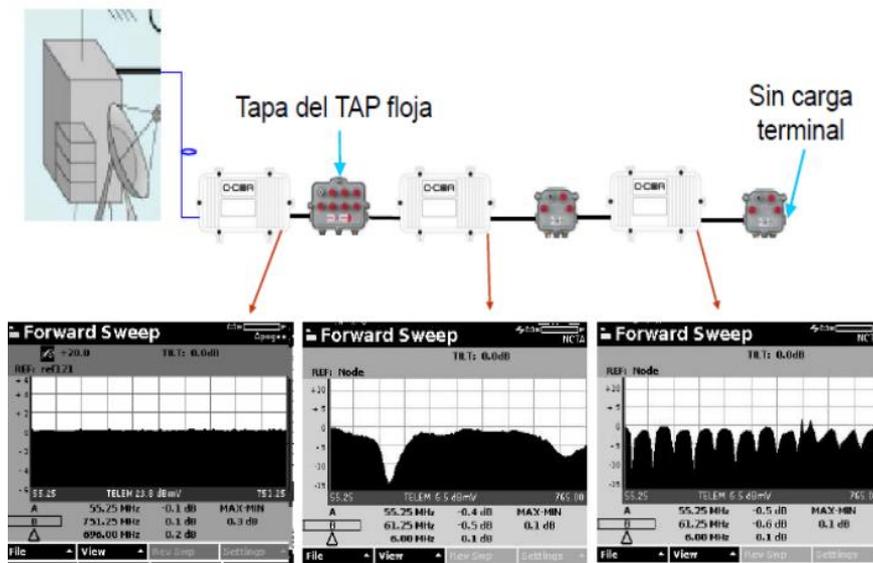
En el retorno se necesita además de calibrar el enlace óptico en el transmisor y verificar niveles de recepción en el Headend. Para ello se inyecta una portadora en cualquier puerto de los módulos de RF y se verifica cuanto está llegando al T.P. del trasmisor del nodo, de la misma forma cada fabricante según las especificaciones técnicas del nodo tiene estandarizado la potencia óptica conque debe transmitir y su enlace óptico. Se debe realizar este paso para no saturar el diodo laser del trasmisor. Del lado del Headend los niveles de entrada al receptor debe garantizar la confiabilidad y calidad de la señal (Montes Santos, 2016).

**HOMOLOGACION DEL AMPLIFICADOR,** La idea es dejar con los niveles con los que quedó calibrado el nodo, para obtener una ganancia unitaria. El balanceo de la red nos permite garantizar los niveles de cada amplificador estén en su etapa operacional, es el reflejo o espejo de los niveles en que se encuentra el nodo. Si sucede una variación en la red, se tendría que verificar si los cambio sucedieron por variación en el nodo o en una etapa amplificadora de la etapa troncal. Cuando se realiza una calibración, se lo hace tomando en cuenta con ciertas frecuencias de referencias, pero mediante este método no sabemos que sucede con el resto de frecuencia. El barrido de frecuencia se genera con equipamiento en el Headend y con medidor en campo se toma lectura de todo el espectro tanto de bajada como de subida, de esta forma se detecta problemas con un rango de frecuencias (Montes Santos, 2016).

En la **Figura N° 4.62**, se toma una técnica de barrido empleado por DSAM 6300, para la banda de forward, claramente se puede realizar el barrido en los equipos amplificadores y a medida que se avanza se realiza las comparaciones de cada amplificador con referencia al nodo, se puede detectar elementos flojos o terminales sin carga que perjudican el performance de la red. El mismo concepto de aplicaría para la banda de retorno (Montes Santos, 2016).

**HOMOLOGACION DE ELEMENTOS PASIVOS,** Siguiendo con el mantenimiento preventivo entramos al ajustes o cambios por daños de los elementos pasivos, consiste en la verificación de TAP's, acopladores, insertores de voltajes, conectores 500, mangas protectoras de humedad y todo punto posible de ingreso y egreso de señal o fuente de ruido. Los ajustes de los conectores de las acometidas en los TAP's con herramientas de torque que eviten el daño de sus salidas, tomando en cuenta las normas técnicas de instalación para los abonados (Montes Santos, 2016).

Figura N° 4.61 Barrido del amplificador de forward



Fuente: (Montes Santos, 2016)

## CONCLUSIONES

**PRIMERO:** Las portadoras que se encuentra en el canal de retorno están ubicadas en un intervalo de **14 MHz a 27.5 MHz** y **27.5 MHz a 40 MHz**, son en estos intervalos que se realiza el análisis de pico de frecuencia de ruido a un nivel de -40db a -5db, el cálculo de la desviación estándar correspondiente a 10 muestras adquiridas mediante el VIVI XPERtrack son: Primera muestra: **3.7 MHz**; segunda muestra: **4.7 MHz**, tercera muestra **4.15 MHz**; cuarta muestra **3.61 MHz**; quinta muestra: **3.61 MHz**, sexta muestra: **2.85 MHz**; séptima muestra: **3.61 MHz**; octava muestra **3.32 MHz**; novena muestra **3.69 MHz**; decima muestra: **4.27 MHz**. Por lo tanto, nos indica que el nivel pico de ruido estará presente en estos intervalos, como se muestra en la **Tabla N° 32**; considerando que estos picos de ruido están dentro de las 2 portadoras que conforma al canal de retorno (Upstream).

**SEGUNDO:** podemos concluir entonces que el rango de frecuencia de **5 MHz a 6 MHz**, se tiene un pico de ruido eléctrico; de **6 MHz a 12MHz** Pico de frecuencia que se ubica fuera de la portadora. Afecta la guía interactiva de los decodificadores, de **13 a 16 MHz**, Pico de frecuencia que se ubica fuera de la portadora. Ocasiona enlace lento del cable modem y un leve pixeleo de los decodificadores, y de los **17 MHz – 42 MHz**. Picos de frecuencia que está dentro de la portadora. Producen intermitencia y caída del servicio DOCSIS a un nivel de **=<-30 dB** como se muestra en la **Tabla N° 33** y la **Tabla N° 34** respectivamente.

**TERCERO:** El proceso de optimización de las señales bidireccionales (balanceo), para cada uno de los canales Upstream o Downstream se realiza de forma independiente. Para obtener un buen nivel de señal debemos considerar un nivel de potencia óptica de 1 VDC, niveles de forward (Downstream) de 43/48 dBmV y con

una pendiente positiva de 5 dB; en el Upstream se debe de garantizar un nivel de 40 dBmV en las portadoras; en el amplificador garantizar el ingreso de 14 dBmV, para el balanceo considerando los niveles ya descritos, al igual que el MER: 40 dB, BER: 1.09E-9; y en el TAP se debe de garantizar niveles de forward de 13 dBmV y en el retorno 40 dBmV, En el **Anexo D**, tenemos un desbalance del amplificador de distribución en el plano **PUPU002** con niveles de forward **51.1/54.7 dbmV**, retorno **40 dBmv** y con una pendiente positiva de **3.6 dB**; utilizando la electrónica de balanceo (ecualizadores, simuladores y pads de salida) realizamos el balanceo del amplificador de distribución utilizando la **ecuación 7**, **ecuación 8** y la **ecuación 11**, obtenemos y optimizamos la señal a **42.9 / 48.3 dbmV** en el forward con una pendiente de **5.4 dB** y manteniendo el nivel de retorno de **40 dB**, el MER: **40.9 dB** y el BER: **1.0E-9 PRE** y **1.0E-9 POST**.

**CUARTO:** Las normas técnicas de instalación y mantenimiento HFC en este documento no pretende reemplazar las normativas internacionales, sólo tiene el sentido de indicar recomendaciones y corregir fallas típicas en instalaciones y mantenimientos de la red HFC.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERO:** Disponer de todas herramientas necesarias, para realizar trabajos de instalación y de mantenimiento. Es indispensable, para no ocasionar o producir daño al cable coaxial o en peor de los casos dañar el núcleo del conductor.

**SEGUNDO:** Los mantenimientos, la calibración de los enlaces ópticos en el nodo, el balanceo del amplificador y de los dispositivos pasivos deben de ser periódicos y prioritarios, ejecutando un nivel de barrido de frecuencias para certificar la operación tanto de subida como de bajada en todo el espectro.

**TERCERO:** Capacitar al personal encargado del mantenimiento de planta externa sobre el uso de herramientas teleinformáticas como el VIAVI XPERtrack y seguimiento con el medidor de campo DSAM.

**CUARTO:** Capacitar al personal encargado de realizar instalaciones y mantenimiento inHouse.y la importancia de realizar una buena conexión del cable coaxial y componentes, para evitar fuentes de ruido.

## REFERENCIAS

- Arias Vega, E. A. (Agosto de 2004). Analisis del estandar docsis, sus servicios y aplicaciones en redes HFC. Obtenido de Escuela Politécnica Nacional - Bibdigital: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11354>
- Herrera , P., Vargas , L., & Micolini Orlando. (s.f.). Diseño e implementación de un sistema de anticipación de fallas basado en mediciones de tiempo para un ISP de banda ancha en redes HFC. Argentina.
- Agustin Palacios, O. R. (2006). Análisis de ruido en la señal transmitida en un cable coaxial. Guatemala.
- Alejandro. (2010). Mediciones analizador de espectro.
- Angulo Bellio, F. D., & Polo Olivo, H. (2011). Diseño de una red de acceso HFC (hibrido fibra coaxial) para la prestación de servicio triple play. Cartagena.
- Benitez, L. (Junio de 2013). Cable coaxial . Obtenido de Redes HFC sena: <http://redhfcsena.blogspot.com/2013/06/cable-coaxial-un-cable-coaxial-puede.html>
- Borroto Dueñas, R. E. (2012). Monitoreo remoto de los principales parametros de un nodo cabecera CATV/HFC. Santa Clara.
- Cartagena, J. (2007). Redes HFC y sus vulnerabilidades. Chile.
- Conceptode. (15 de Enero de 2019). Fibra óptica. Obtenido de [www.concepto.de](http://www.concepto.de): <https://concepto.de/fibra-optica/>
- Dias Ruis, S. (s.f.). Sistemas avanzados de comunicaciones - Redes de Cable. España.

- Donoso Vallejo, J. S. (2012). Estudio de factibilidad y diseño de una red HFC para aplicaciones triple play para la empresa parabólica del norte en la ciudad de atuntaqui. Sangolqui.
- Guerra y Guerra, J. A. (2008). Diseño e implementación de una red HFC en centros urbanos, para sistemas avanzados de telecomunicaciones. Guatemala.
- Hinojosa Gomez, L. (2007). Topicos selectos de fibra optica (Monografia). Mexico.
- Izaguirre Zuñiga, P. (2010). estudio de las distorsiones en la señal sobre redes HFC . Costa Rica.
- Lopez Chango, C. E., & Del salto Alvares, E. V. (2016). Diseño y plan de migracion para la implementacion del estandar DOCSIS 3.1. en 3 nodos criticos principales de la red HFC quito de la empresa tvcable. Quito.
- López Garcés , & Macea Ortega. (1 de 11 de 2014). Obtenido de sx-detx.wikispaces.com. Obtenido de sx-de-tx.wikispaces.com: <https://sx-detx.wikispaces.com/FTTx>
- Medios de transmisión . (s.f.). Obtenido de serbal.pntic.mec.es.
- Mejia, A., & Bedoya, J. (2017). monitoreo del estado de una red HFC utilizando datos reportados por cable módems.
- Montes Santos, A. I. (2016). Analisis para mejorar las tecnicas que se aplican en el seguimiento de ruido para una red coaxial que afecta los servicios del grupo TVcable de la ciudad de Guayaquil. Guayaquil.
- Moya, J. M. (2011). Sistemas de Telecomunicaciones e Informatica.

Nuñez Ibarra, E. P. (2003). Estudio de los parametros de calidad de una red de television por cable bidireccional. Quito.

Ovadia, S. (2001). Broadband Cable TV Access Networks. Prentice Hall.

pozo, M. B. (2005). Proceso de conversion de transmision analoga a digital en un sistema de television por cable manteniendo continuidad con los otros servicios que se transmiten en la red HFC.

Redes Telematicas. (05 de 11 de 2012). Obtenido de <http://redestelematicas.com/la-ultima-milla/>

Rivera, C., & Geraldine Santillan. (2011). Procesos y Normas Tecnicas de Mantenimiento. Lima.

Rojas, A. P. (2009). Diseño e Implementación de un curso de Servicios sobre Redes HFC de Nueva Generación.

Sigma Telecomunicaciones. (26 de 12 de 2011). Obtenido de <http://duff2384.blogspot.pe/2008/12/ruido.html>

SIÑANI CALLISAYA, O. A. (2017). AMPLIACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL NODO ÓPTICO LPZ-35 EN LA TECNOLOGÍA HFC PARA LA PROVISIÓN DE SERVICIOS DE TELEVISIÓN E INTERNET. Obtenido de <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/18744>

Solutions, V. (2016). Medidor de análisis de servicios digitales.

Telmex. (2009). Manuel Instructivo de Instalacion HFC. Chile.

Traverso, D. (2011). Tecnologías en las Redes de Acceso. Obtenido de [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

Twoway. (1 de 12 de 2015). Obtenido de Preguntas frecuentes de redes:

[http://www.twoway.com.ar/preguntas\\_frecuentes\\_de\\_redes.html](http://www.twoway.com.ar/preguntas_frecuentes_de_redes.html)

Valdivia Medina, C. J. (2014). IMPLEMENTACIÓN DE RED DE DISTRIBUCIÓN

COAXIAL PARA EL CENTRO COMERCIAL

PARQUE LAMBRAMANIDE LA CIUDAD DE AREQUIPA. Lima.

Velasquez Cruz, C. A. (18 de Junio de 2012). Mantenimiento de Redes HFC.

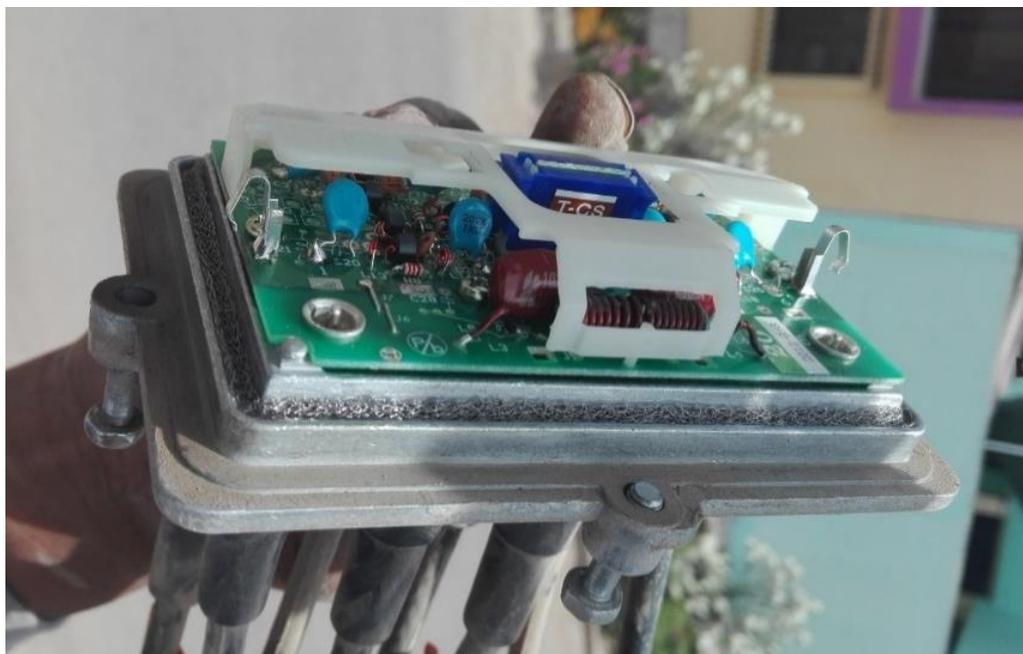
Obtenido de <http://mantenimientoderedeshfc.blogspot.pe/>

wvega. (2013). Medidor DSAM.

**ANEXOS**

**ANEXO A**

**Figura A- 1** TAP destapado y sulfatado, fuente de ruido



Elaboración propia

**Figura A- 2** TAP desconectado de la red distribución, fuente de ruido



Elaboración propia

**Figura A- 4** Acometidas sin retirar, fuentes de ruido.



Elaboración propia

**Figura A- 3** TAP suelto, soporte roto y cable coaxial tensado, fuente de ruido



Elaboración propia

**Figura A- 5** Cable coaxial RG6 roto, fuente de ruido



Fuente: (Agustin Palacios, 2006)

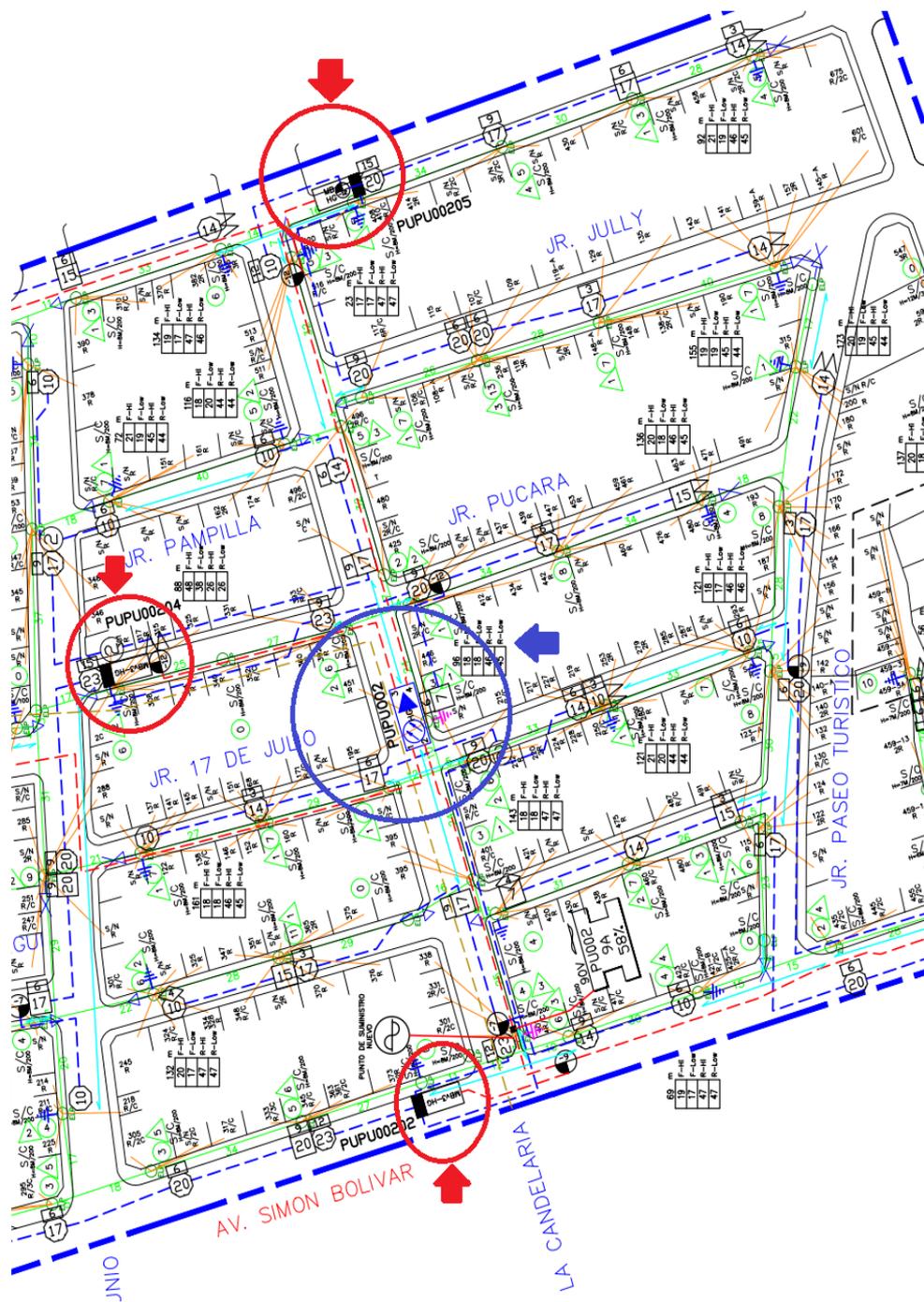
**Figura A- 6** Splitter sulfato con conector no estandarizado, fuente de ruido.



Fuente: (Agustin Palacios, 2006)

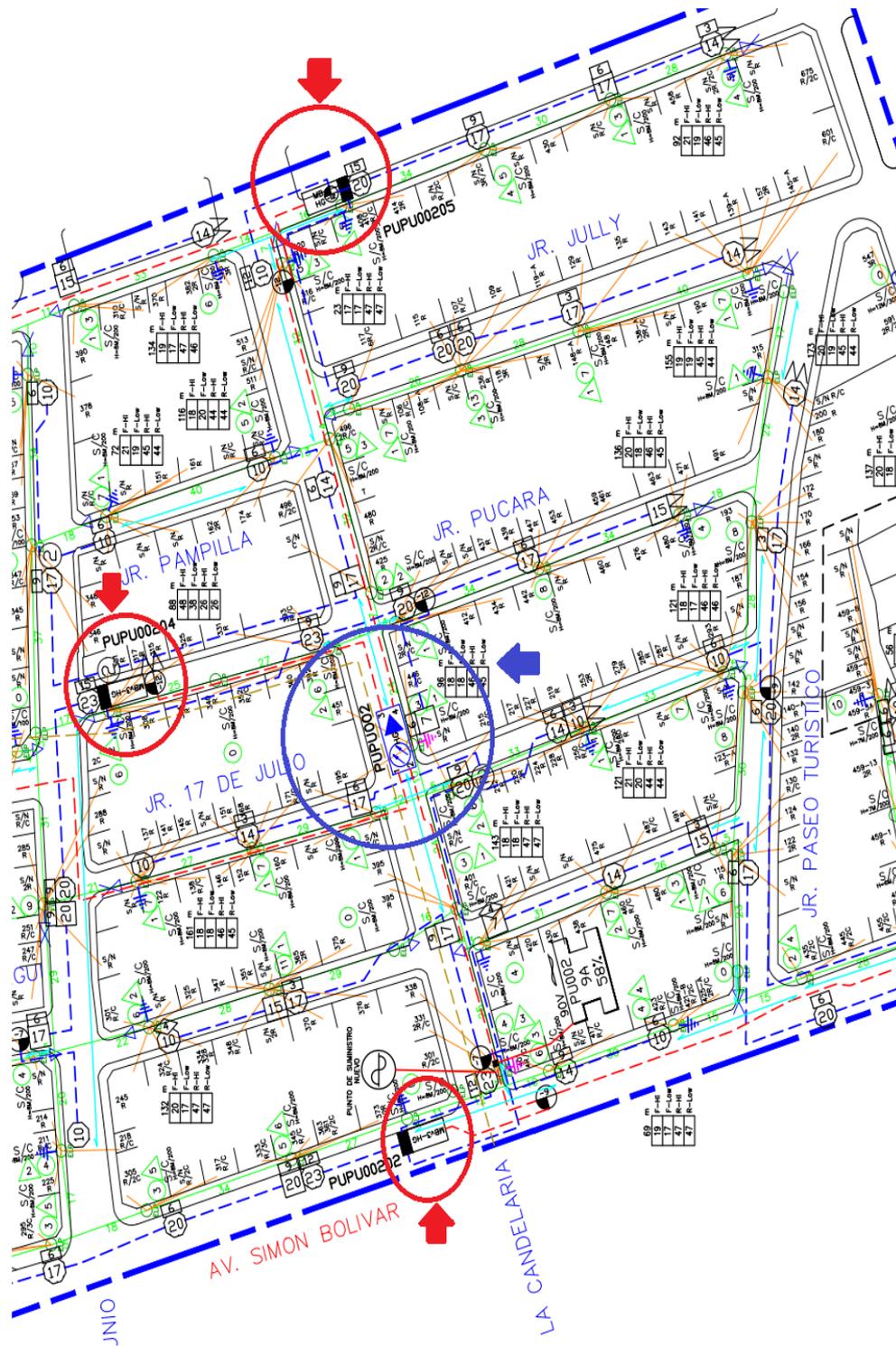
ANEXO B

Figura B- 1 Plano PUPU002, identificación de los dispositivos activos de la red



Fuente: América Móvil Peru S.A.C.

Figura B- 2 Plano PUPU004, identificación de los dispositivos activos de la red



Fuente: América Móvil Peru S.A.C.

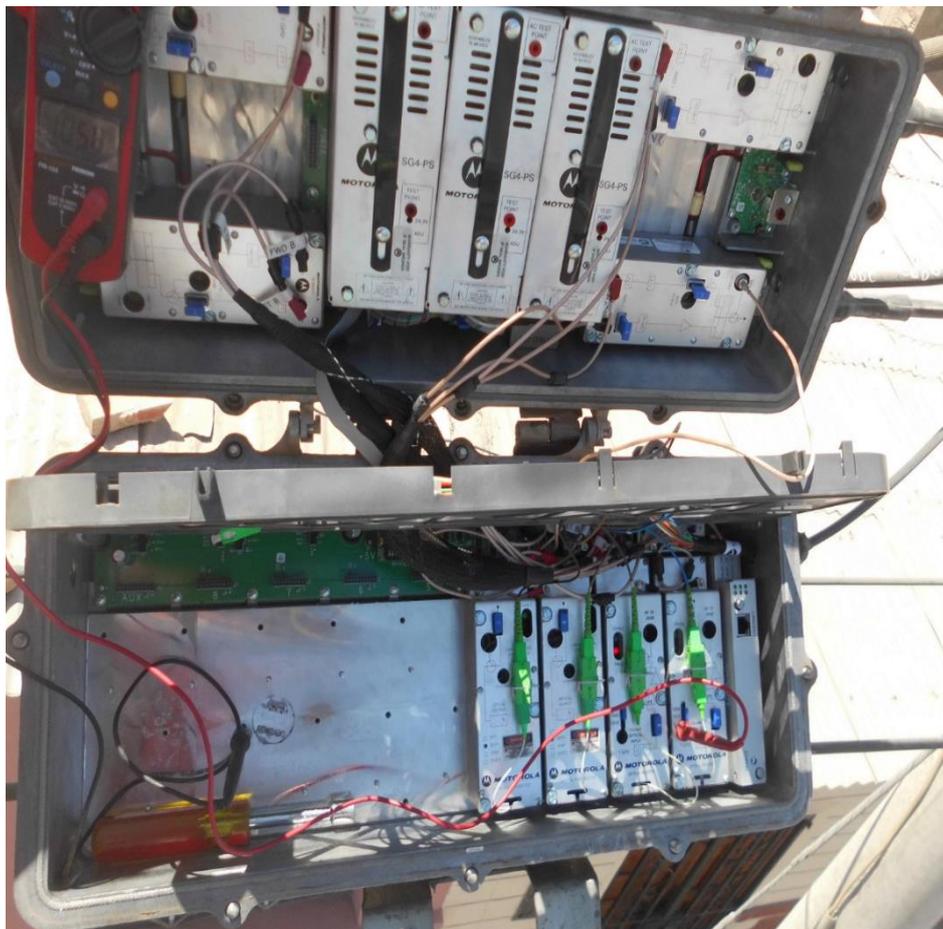
ANEXO C

Tabla C-1 Cuadro de balanceo, Nodo Óptico red HFC

BALANCEO DEL NODO OPTICO FW		
	CANAL LOW dBmv	CANAL HIGH dBmv
PAD RF IN	0	0
POTENCIA RF IN	58	48
POTENCIA RF OUT	43	48
PAD RF OUT	15	0
BALANCEO DEL NODO OPTICO RT		
PORTADORA INYECTADA		40
POTENCIA RF OBTENIDA EN EL Tx		18
NIVEL RF PERMITIDO EN EL Tx		7
PAD RF RT		11

Elaboración propia

Figura C- 1 Medición de parámetros y balanceo del Nodo Óptico SG 4000 Motorola



Elaboración propia

**Tabla C-2** Cuadro de balanceo, amplificador red HFC

<b>BALANCEO DEL AMPLIFICADOR BTD Y MBV3</b>		
	<b>CANAL LOW dBmv</b>	<b>CANAL HIGH dBmv</b>
<b>POTENCIA RF (IN)</b>	<b>16</b>	<b>20</b>
<b>PENDIENTE POSITIVA (IN)</b>	<b>4</b>	
<b>SIMULADOR (SCS - FW)</b>	<b>1</b>	<b>dB</b>
<b>NIVEL NUEVO RF (IN)</b>	<b>16</b>	<b>21</b>
<b>PENDIENTE (IN)</b>	<b>5</b>	
<b>PAD RF IN</b>	<b>4</b>	
<b>NIVEL RF IN</b>	<b>12</b>	<b>17</b>
<b>POTENCIA RF (OUT)</b>	<b>51.1</b>	<b>55.7</b>
<b>PENDIENTE POSITIVA</b>	<b>4.6</b>	
<b>PAD OUT</b>	<b>8</b>	
<b>POTENCIA RF BALANCEADA (OUT)</b>	<b>43</b>	<b>48</b>

<b>NIVEL RF IN (GARANTIZAR)</b>	<b>12</b>	<b>17</b>
<b>NIVEL RF OUT (GARANTIZAR)</b>	<b>43</b>	<b>48</b>
<b>DIFERENCIA DE PENDIENTES</b>	<b>1</b>	<b>dB</b>
<b>PENDIENTE DE H.G.</b>	<b>5</b>	

Elaboración propia

**Figura C- 2** Medición de parámetros y balanceo del Amplificador, Motorola



Elaboración propia

**Tabla C-1** Cuadro de balanceo, Tap red HFC

BALANCEO DEL TAP		
	CANAL DW	CANAL UP
NIVEL DE FW	13	
NIVEL DE RT		45
SIMULADOR DE TAP	0	
ECUALIZADOR DE TAP		5
<b>GARANTIZAR EN EL TAP</b>	<b>13</b>	<b>40</b>

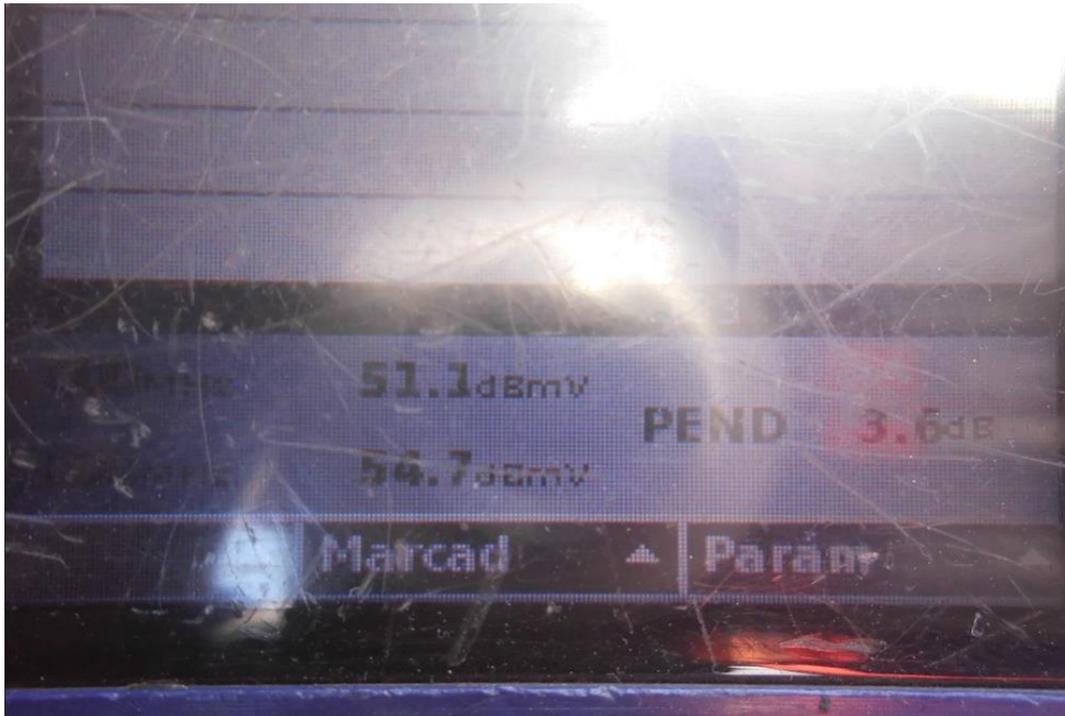
Elaboración propia

**Figura C- 3** Medición de parámetros y balanceo del TAP



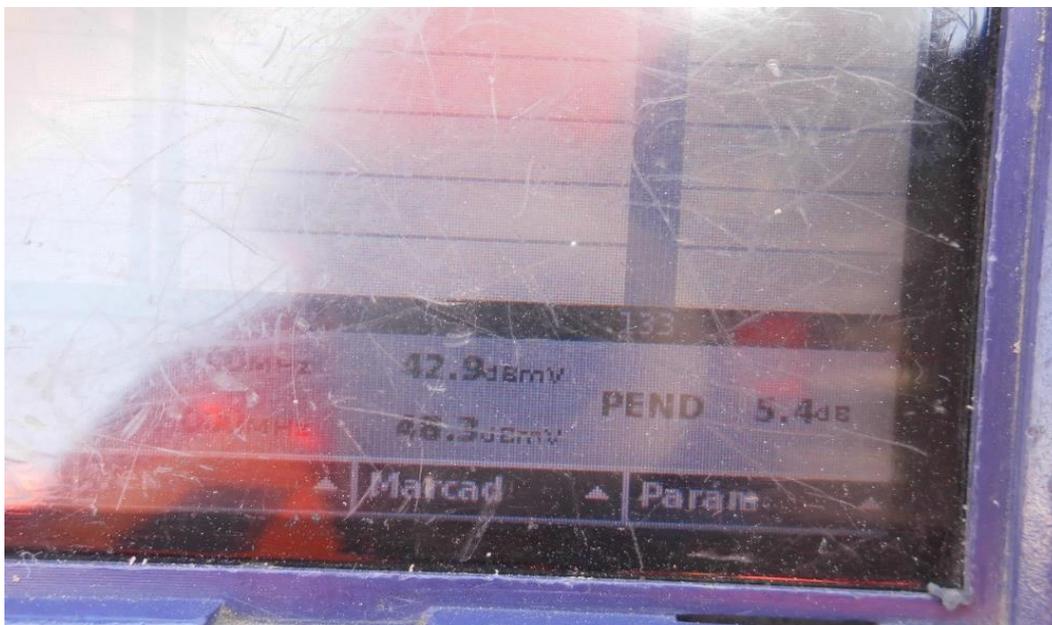
Elaboración propia

**Figura C- 4** Niveles del amplificador BTM, fuera de rango PUPU002



Elaboración propia

**Figura C- 4** Niveles del amplificador BTM, optimo PUPU002



Elaboración propia

**Figura C- 4** Parámetros de medición, del amplificador BTd plano



Elaboración propia

**Figura C- 5** Parámetros de medición, del amplificador BTd plano



Elaboración propia

## ANEXO D

## HOJA DE DATOS DSAM6300, NODO OPTICO Y AMPLIFICADORES



COMMUNICATIONS TEST AND MEASUREMENT SOLUTIONS

## DSAM-6300

### Digital Service Analysis Meter



- Key Benefits**
- Improve workforce efficiency by letting technicians perform complete maintenance and quality-verification tests on the spot— one person with one instrument— including sweep, digital video, analog video, DOCSIS®, VoIP tests, and more
  - Streamline operations by managing and displaying sweep files via the web and by immediately synchronizing data over DOCSIS RF
  - Minimize capital expenses—sweep is compatible with existing JDSU Stealth Sweep™ Systems, assuring non-interfering forward- and reverse-sweep operations
  - Improve technician competency with the Digital Quality Index™ (DQI), an easy-to-understand, real-time indicator that shows up to 90 seconds of digital quality history
  - Stand up to rain, cold, heat, bumps, drops, and other accidental mishaps with a rugged, lightweight design

#### Applications

- Non-invasive forward and reverse sweeping
- Comprehensive digital and analog video testing
- Full DOCSIS 3.0 performance testing: up to 8 downstream by 4 upstream bonded carriers
- Legacy testing – DOCSIS 1.X and 2.0
- QAM-carrier signal quality analysis and troubleshooting
- Return-path ingress troubleshooting
- Service-quality verification

To achieve service-differentiating quality and reliability, network maintenance requires careful and consistent attention. While the broadband frequency response test in both the forward path (downstream) and the return path (upstream) is a core requirement of any cable network maintenance plan, maintaining cable networks requires more than sweep. The DSAM-6300 (Digital Services Analysis Meter) combines best-in-class video, audio, and data test functions with the extremely popular SDA sweep system's downstream forward path and upstream return path sweep functions in a rugged, multi-technology handheld that performs in the harshest environments.

Because it uses powerful Stealth Sweep technology, the DSAM-6300 works with existing Stealth Digital Analyzer (SDA) rack-mounted sweep gear (SDA-5500 and SDA-5510) located at headend and hub sites. Additionally, DSAM-6300 meters can sweep side-by-side with SDA-5000 meters. Therefore, major test infrastructure modifications are not required when DSAM-6300s are added to a department's meter pool.

DSAM-6300 DIGITAL SERVICE ANALYSIS METER

DSAM-6300 Summary Feature Matrix

Applications	Features	Included or Optional
Analog and Digital Carrier Level Verification	Analog video and audio power levels	✓
	Digital power level	✓
	Tilt (1 to 12 channels)	✓
	Mini-scan (1 to 12 channels)	✓
	Full-scan (1 to 999 channels)	✓
	Analog carrier-to-noise	✓
	Hum	✓
Digital Carrier Quality (QAM Carriers)	SmartScan™	✓
	Spectrum Analyzer with Auto Pre-Amp	✓
	MER/EVM measurements	✓
	Pre- and post-FEC BER (64, 128, 256)	✓
	BER for Deep Interleave (128,4 or 128,5)	✓
	Constellation (64, 128, 256)	✓
	Digital Quality Index (DQI)	✓
Upstream Physical Verification	AGC Stress	✓
	Errored/severely errored seconds	✓
	QAM Ingress	Opt
	Return Loopback	✓
	Local upstream spectrum for ingress check	✓
	Return QAM Generator	✓
	Spectrum Analyzer w/Auto Pre-Amp	✓
DOCSIS/EuroDoocsis™ Testing	Field View of the PathTrak Return Spectrum	Opt
	Field View QAM of PathTrak MACTrack	Opt
	DOCSIS 2.0/1.1/1.0 testing 1 Downstream x 1 Upstream	✓
	DOCSIS 3.0 Bonded Carrier testing 8 Downstream x 4 Upstream	Opt
	Downstream MER/EVM, Pre- and Post-FEC BER	✓
	Dynamic DOCSIS Range and Registration	✓
	Cable modem configuration file verification	✓
DOCSIS/EuroDoocsis Service Tests	Upstream channel selection	✓
	Upstream transmit level and headroom	✓
	Cable modem and CPE MAC cloning	✓
	CableLabs™ issued certificates	✓
	IPv6 Compatibility - cable modem	✓
	Dual MAC / BPI + Certificates	✓
	Packet Loss	✓
Ethernet Testing	Throughput - Upstream and Downstream (Up to DOCSIS 3.0 rates)	✓
	Ping	✓
	VoIPCheck - Voice over IP testing (JMS, Packet Loss, Jitter, Delay)	Opt
	Throughput - (DOCSIS 2.0 rates)	✓
	Packet Loss	✓
	Ping	✓
	View CM diagnostics page	✓
RF Network Verification	Gig-E Option Throughput - (DOCSIS 3.0 rates) up to 400 Mbps down	Opt
	Forward Sweepless Sweep	✓
	Reverse Alignment	✓
	Forward (Downstream) Sweep	Opt
	Reverse (Upstream) Sweep	Opt
	Return Loopback	✓
	Scheduled Autotest	✓
Home Network Verification	Proof Test	✓
	IP Tests via 10/100/1000 Ethernet jack	✓
	Ingress Resistance Test (IRT)	✓
	Fault Location using FDR feature in LST-1700 remote transmitter	✓
	Test Point Compensation	✓
	SmartID Advanced Coax Probe support	✓
	WiFi Support (USB)	Opt
Autotest	Home Certification	Opt
	Video Autotest	✓
	Cable Modem Autotest	✓
	Combination Autotest (Video and Cable Modem)	✓
	Proof of Performance (Scheduled autotest)	✓
	Web Browser	Opt
	RF, WiFi or Ethernet synchronization with TPP	✓
Miscellaneous	Secure Sync™ - RF Synchronization through firewalls	✓
	Optical Power Meter Support (USB) MP-60A and MP-80A	✓



**Specifications**

**Frequency**

Range	4 to 1,000 MHz
Accuracy	±10 ppm at 77°F (25°C)
Tuning resolution	Analog 10 KHz, Digital 50 KHz
Channel bandwidth:	Models ending in A, 8 MHz; Models ending in B, 6 MHz

**Level Measurement, Analog**

Signal types	CW, video and audio (NTSC, PAL, and SECAM)
Range <sup>1</sup>	-40 to +60 dBmV
Resolution	0.1 dB
Resolution bandwidth	280 KHz
Accuracy <sup>2</sup>	±1.5 dB typical @ 25°C
Carrier-to-Noise	Input @ ≥6 dBmV 30 to 45 dB ±2 dB 45 to 48 dB ±3 dB

**Level Measurement, Digital**

Modulation types	QPR, QPSK, QAM (DVB/ACTS)
Range <sup>1</sup>	-40 to +60 dBmV Resolution 0.1 dB
Accuracy <sup>2</sup>	±2.0 dB typical @ 25°C

**Two-Way Ranging Test**

DOCSIS based	DOCSIS 1.0, 1.1, 2.0, and 3.0
Upstream transmit range and diplexer crossover	(DOCSIS modes only) Models ending in A, 5 to 65 MHz 65/96 MHz (min. downstream DOCSIS center freq. 100 MHz) Models ending in B, 5 to 42 MHz 42/88 MHz (min. downstream DOCSIS center freq. 91 MHz)
Upstream modulation	QPSK and 8, 16, 32, and 64 QAM as instructed by CMTS DOCSIS US modulation
Transmitter output	At 25°C, maximum 55 dBmV with 16 and 64 QAM and 58 dBmV with QPSK, (typical)

**Downstream QAM Demodulation**

Modulation type	64, 128, and 256 QAM, ITU-T J.83 Annex A, B or C (selectable)
Input range (lock range) <sup>3</sup>	-15 to +50 dBmV from 55 to 1000 MHz
BER <sup>4</sup>	Pre- and Post-FEC 10 <sup>-4</sup> to 10 <sup>-9</sup>
MER <sup>5</sup>	Range 64 QAM: 21 to 35 dB Accuracy ±2 dB (typical) Range 128/256 QAM: 28 to 35 dB Accuracy ±2 dB (typical)
EVM <sup>5</sup>	Range 64 QAM: 1.2% to 5.8% Accuracy ±0.5% (1.2% to 2.0%) ±1.0% (2.1% to 4.0%) ±1.4% (4.1% to 5.8%) Range 128/256 QAM: 1.1% to 2.4% Accuracy ±0.6%
Symbol rate	Annex A, 5.057 to 6.952 Msps (64/128/256 QAM) Annex B, 5.057 Msps (64 QAM) and 5.361 Msps (256 QAM) Annex C, 5.274 Msps (64 QAM) and 5.361 Msps (256 QAM)

**Test Point Compensation (User editable)**

Forward path TPC	Max 100 dB Total Forward external loss (dB): 0 to 50 Forward probe loss (dB): 0 to 50
Reverse path TPC	Max 55 dB Total Reverse internal loss (dB): 0 to 55 Reverse external loss (dB): 0 to 55 Reverse probe loss (dB): 0 to 55
Reverse telemetry level (dBmV)	0 to 55
Reverse sweep insertion level (dBmV)	0 to 55

**Interfaces**

RF	75 ohm, F81 or BNC option Max. sustained voltage 100 VAC, 140 VDC
RS232	Via optional direct cable
USB	JDSU DSAM options only

**Standards Compliance**

Shock and vibration	IEC 60068
Drop EC	61010
Handle stress	IEC 61010
Water resistance	MIL-STD-810E
Safety – emissions	EN 55022
Safety – immunity	EN 61000

**Upstream Spectrum (Ingress Scan)**

Frequency range	Models ending in A, 4 to 65 MHz Models ending in B, 4 to 45 MHz
Sweep rate	Less than 2 seconds; Display scaling 5 and 10 dB/division; 6 vertical divisions
Resolution bandwidth	280 kHz
Range <sup>1</sup>	-40 to 60 dBmV (typical)

**Downstream Spectrum (Forward Scan)**

Frequency range	4 to 1000 MHz
Sweep rate	Less than 2.5 seconds; Display 5 and 10 dB/division; 6 vertical divisions
Resolution bandwidth	30 or 330 kHz
Dwell	1 ms to 25 ms
Span	50MHz or 10MHz zoom
Range <sup>1</sup>	4 to 100MHz, (typical)

**Sweep Specifications**

**Forward Sweep**

Requires SDA-5500 (SDA Compatible mode)

**Reverse Sweep**

Requires SDA-5500 (Single Reverse) or SDA-5510 (Multiple Reverse) (SDA Compatible mode)

**Sweep Modes**

Frequency range	5 to 1000 MHz
Display span	user definable
Display scale/range	6 vertical divisions 1, 2, 5, or 10 dB/division
Sweep pulse occupied bandwidth	30 kHz
Stability	±0.5dB, normalized (dependent on stability of referenced carriers)

Sweep rate	~1 second (78 channels, including scrambled and digital signal types)
Channel plan templates (user editable on SDA Headend gear)	China-1; China-2; France; HDTP-NL; Ireland; Japan; Jerold; Jerold-HRC; Jerold-IRC; NCTA; NCTA-HRC; NCTA-SUB; NCTA-IRC; NTSC-broadcast; OIRT-D/K; PL-B/G; PAL-UK

**Constellation**

Modulation type	64, 128 and 256 QAM
Zoom capability	Yes

**Return QAM Generator**

Frequency range	Models ending in B: 5 to 55 MHz Models ending in A: 5 to 65 MHz
Signal level range	8 to 58 dBmV
Signal modulation	CW or 16 or 64 QAM
Symbol rates (Msps)	1.28, 2.56, 5.12

**Cable Modem Diagnostic Page**

IP address <sup>6</sup>	192.168.100.1
-------------------------	---------------

**General**

Display	320 x 240, grayscale, Selectable back light
Language support	(user interface and help system) English in all models No-charge second language option of Spanish, French, German, Hungarian, Japanese, Polish, or Chinese
Dimensions	4.75 x 9.75 x 3.25 in (12 x 25 x 8.25 cm)
Weight	3 lb 4 oz (1.5 kg)
Storage and operating temperature range	0 to 120°F; -20 to +50°C
Power	Hi-capacity Li-ion removable pack, standard 7 hours (typical)
Charge time	10 hours (typical)
Power supply input	90-264 VAC, 47-63 Hz

Notes:

1. Total integrated power, detectable range
2. Accuracy for levels between -20 to 55 dBmV Additional uncertainty ±0.5 dB across -20°C to 50°C Additional uncertainty ±1.0 dB from 4 MHz to 15 MHz
3. Total integrated power, At 64 QAM
4. Supports up to (L,I) = (128, 4) interleave for ITU-T J.83 Annex B
5. Accuracy and behavior from 100 MHz to 1000 MHz for levels between -5 to 50 dBmV (typical)
6. IP address is specified in the DOCSIS 1.1 and 2.0 operations support system interface (OSSSI) specifications

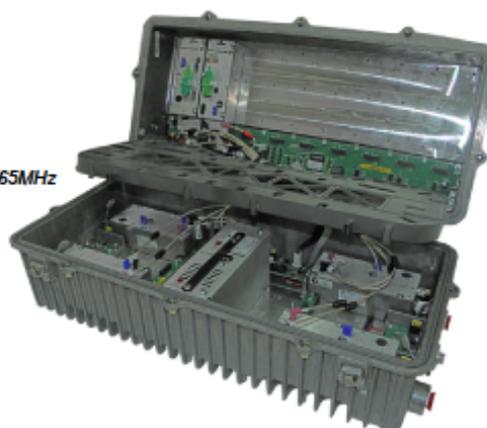
**Cable Servicios**  
SUMINISTROS PARA TELECOMUNICACIONES

## Motorola SG- 4000



### Características

- 1 GHz, el rendimiento de E-GaAs
- Hasta cuatro receptores ópticos
- Hasta cuatro transmisores ópticos analógicos
- Alta velocidad de 2X tecnología digital retomo de 5 65MHz
- Seis de RF / ubicación de los puertos de CA para instalaciones personalizadas
- DOCSIS supervisar el estado de transpondedor
- Hot-swap módulos
- La fibra de fácil manejo
- Capacidad de alimentación redundante
- 15 amperios de potencia que pasa
- El control de cambio de la opción del ingreso
- E125SG/APC y conectorización óptica E2000



# Motorola SG 4000

El Motorola SG4000 1GHz modular de 4 x 4 nodo proporciona las soluciones de segmentación de la red requerida por la expansión de redes de comunicación de banda ancha de hoy. Un verdadero 4 x 4 nodo, el SG4000 permite a los operadores del segmento independiente y gradualmente los caminos río abajo y río arriba.

Como el foco de una fibra profunda topología de nodo colector, el SG4000 soporta módulos avanzados, tales como amplificadores ópticos, interruptores ópticos y sólidamente pasivos óptica.

El nodo SG4000 acepta el nuevo monitor de estado de DOCSIS ® basado en transpondedor que los operadores puedan supervisar y controlar los parámetros de nodo utilizando su infraestructura existente DOCSIS. Este nodo está disponible como un modelo compatible con RoHS

Cable Servicios S.A.

[oconde@cableservicios.com](mailto:oconde@cableservicios.com) [constanzavictoria@cableservicios.com](mailto:constanzavictoria@cableservicios.com)

310-3072465-(57)- 1 2241487-2241489- 4816891

Transversal 93 No 53-48 Bodegas 93-94 Bogotá

Motorola

BTD – 75SH



Amplificador Motorola BTD-75SH

### Características

- 4 salidas de energía dobles (hibrido por puerto)
- Alta ganancia operativa
- Ecuilización Bode (térnico o automático controlado)
- Alimentación con factor de corrección
- Tolerancia a la tensión alta
- LIFELINE (TM) estado de capacidad del monitor

[www.nonstop.com.mx](http://www.nonstop.com.mx)

Libramiento Oriente No. 2560-A  
Fracc. Lázaro Cárdenas  
C.P. 58220, Morelia, Michoacán  
Tel. (52) (443) 323 12 61  
Fax. (52) (443) 323 12 68

Minibridger

MB-75SH



Minibridger Motorola MB-75SH

### Características

- 870 MHz en GaAs-E, tecnología de segunda generación que duplica la energía
- Alta ganancia, alto nivel de salida
- Cuatro opciones de filtro diplex
- Facilidad de uso ergonómico
- 16 dB de pérdida por retorno
- 60/90 V
- Cumple con Telcordia GR-1098-Core de picos de tensión requeridos, utilizando las formas de onda como describe IEEE C62.41, FCC, CENELEC y CCC
- Ecuilización con controlador térmico o automático, AC de 15 amperios
- Control opcional de ingreso de la ruta por retorno y monitor de estado
- Corrige el suministro de potencia
- Acopladores direccionales, -20 dB puntos de prueba


[www.nonstop.com.mx](http://www.nonstop.com.mx)

Libramiento Oriente No. 2560-A  
 Fracc. Lázaro Cárdenas  
 C.P. 58229, Morelia, Michoacán  
 Tel. (52) (443) 323 12 61  
 Fax. (52) (443) 323 12 68