Universidad Latina Campus San Pedro

Facultad de Tecnologías de Información

Escuela de Tecnologías de Información para la Gestión de los Negocios

Seminario de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Tecnologías de Información para la Gestión de los Negocios

Diseño de Remote PHY para la comercialización de servicios de Internet residencial por parte de Grupo ICE, para octubre 2020.

Elaborado por:

Yahir Romero Barrantes

Setiembre, 2020

San José, Costa Rica

Sección Preliminar

Hoja de Aprobación del Tribunal Examinador

Este Proyecto de Graduación fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE LOS NEGOCIOS de la UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA, como requisito para optar por el grado LICENCIATURA

_____

Lic. Yorlin Gerardo Blanco Robles

Tutor

_____ _____

Danilo Hidalgo Gonzáles. Lic. Fabricio Conejo Navarro.

Lector#1 Lector #2

Declaración Jurada del Estudiante

Yo, Yahir Romero Barrantes, cédula de identidad número: 1-1407-0132, alumno de la Universidad Latina de Costa Rica, Campus San Pedro, declaro bajo la fe de Juramento y consciente de las responsabilidades penales de este caso, que soy Autor Intelectual del presente Trabajo Final de Graduación titulado: Diseño de Remote Phy para la comercialización de servicios de Internet residencial por parte de Grupo ICE, para octubre 2020. Por lo cual, libero a la Universidad Latina de Costa Rica, Campus San Pedro, de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Dada en San José, Costa Rica, a los 17 días del mes 9 del año 2020.

YAIR JOSUE ROMERO BARRANTES (FIRMA)

Firmado digitalmente por YAIR JOSUE ROMERO BARRANTES (FIRMA)
Fecha: 2020.10.14 12:46:10 -06'00'

SUSTENTANTE

Yahir Romero Barrantes

1-1407-0132

yahirrb@gmail.com

6169-6969

CONSTANCIA DEL FILÓLOGO

UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS SAN PEDRO
Facultad de Tecnologías de Información
Escuela de Tecnologías de Información para la Gestión de los Negocios

Estimados señores:

Por este medio hacemos constar que hemos revisado el Seminario de Graduación titulado: **"Diseño de Remote PHY para la comercialización de Servicios de Internet Residencial por parte de Grupo ICE, para octubre 2020",** presentado por el sustentante Yahir Romero Barrantes con cédula No 1 1407 0132, para optar por el grado de Licenciatura en Tecnologías de Información para la gestión de Negocios, en el cual hemos corregido los errores de redacción, estructura, gramática, estilo, puntuación y punto de vista del discurso científico.

Así mismo damos fe de que el texto es portador de los siguientes valores:

-Excelente nivel de lenguaje expresado mediante una redacción coherente y sintética.

-Factibilidad real del estudio ante una necesidad concreta demostrada con argumentos sólidos.

-Alto rigor científico.

Dado en San José el 16 de septiembre del 2020, a solicitud de los interesados.

Cordialmente:

Lic. Grace Castro Jiménez
Cédula: 1 0835 0341
COLYPRO: 060860

Eric González Conde
Lic.en Filología Universidad Central Marta Abreu, Cuba
Lector Externo del Consejo Editor de la editorial EUNED
Ha publicado su obra en seis países de dos continentes
Carné 1855. Cédula 119200332703

“Carta autorización del autor (es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016, revisada el 24 de Abril de 2020

Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

Yo (Nosotros):
Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Romero Barrantes, Yahir

De la Carrera / Programa:
autor(es) del trabajo final de graduación titulado:

T.I para la Gestión de Negocios.
Diseño de Remote PHY para la comercialización de servicios de Internet residencial por parte de Grupo ICE, para octubre 2020.

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página Web institucional, así como medios electrónicos en general, Internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo a lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de la misma.

La presente autorización se extiende el día *(Día, fecha)* 12 del mes octubre de año 2020 a las 4:00pm. Asimismo doy fe de la veracidad de los datos incluidos en el documento y eximo a la Universidad de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores
Según orden de mención al inicio de ésta carta:

YAIR JOSUE ROMERO BARRANTES (FIRMA)

Firmado digitalmente por YAIR JOSUE ROMERO BARRANTES (FIRMA)
Fecha: 2020.10.12 15:31:39 -06'00'

UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA

Índice de Abreviaturas

CCAP Plataforma de Acceso de Cable Convergente (Converged Cable Access Platform, por sus siglas en inglés)

CCR Centro de Control de Red

CMI Cuadro de Mando Integral

CMTS Sistema de Terminación de Cable Módems (Cable Modem Termination System, por sus siglas en inglés)

CNFL Compañía Nacional de Fuerza y Luz

CPE Equipo Local del Cliente (Customer Premises Equipment, por sus siglas en inglés)

DAA Arquitectura Distribuida de Acceso (Distributed Access Architecture, por sus siglas en inglés)

DOCSIS Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (Data Over Cable Service Interface Specification, por sus siglas en inglés)

DSL Línea de Suscriptor Digital (Digital Subscriber Line, por sus siglas en inglés)

DTV Televisión digital

FTTH Fibra Óptica Hasta el Hogar (Fiber To The Home, por sus siglas en inglés)

FTTx Fibra hasta x (Fiber To The x, por sus siglas en inglés)

GAM Gran Área Metropolitana

GPON Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (Gigabit-capable Passive Optical Network, por sus siglas en inglés)

GUI Interfaz Gráfica de Usuario (Graphical User Interface, por sus siglas en inglés)

HD Alta definición (High Definition, por sus siglas en inglés)

HFC Híbrido de Fibra Coaxial (Hybrid Fiber-Coaxial, por sus siglas en inglés)

IAD Dispositivo de acceso integrado (Integrated Access Devices, por sus siglas en inglés)

ICE Instituto Costarricense de Electricidad

ISP Proveedor de servicios de Internet (Internet Service Provider, por sus siglas en inglés)

LC Tarjeta de Linea (Line Card, por sus siglas en inglés)

Mbps Megabits por segundo (megabits per second, por sus siglas en inglés)

MICCIT Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones

NTSC Comisión Nacional de Sistemas de Televisión (National Television System Committee, por sus siglas en inglés)

OFDM Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, por sus siglas en inglés)

OFDMA Acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access, por sus siglas en inglés)

PAL Línea de Fase Alternada (Phase Alternating Line, por sus siglas en inglés)

PNM Mantenimiento Proactivo de la Red (Proactive Network Maintenance, por sus siglas en inglés)

PON Red Óptica Pasiva (Passive Optical Network, por sus siglas en inglés)

QAM Modulación de Amplitud en Cuadratura (Quadrature Amplitude Modulation, por sus siglas en inglés)

RF Radiofrecuencia (Radio Frequency, por sus siglas en inglés)

RPD Dispositivo Remoto (Remote PHY Device, por sus siglas en inglés)

R-PHY Remote PHY

RU Unidad de Rack (Rack Unit, , por sus siglas en inglés)

SFP	Factor de Forma Pequeño Conectable (Small Form-Factor Pluggable, por sus siglas en inglés)
SG	Grupo de servicio (Service Group, por sus siglas en inglés)
SNR	Relación señal/ruido (Signal-to-Noise Ratio, por sus siglas en inglés)
TV	Televisión
TFG	Trabajo Final de Graduación

Resumen Ejecutivo

Desde las primeras implementaciones de la fibra óptica como medio de transmisión de datos, las personas han estado prediciendo la introducción generalizada del acceso de banda ancha a Internet. La visión original era reemplazar las líneas telefónicas con fibra óptica como medio de acceso de Internet, pero eso no ha sucedido. (Intraway, 2018) Existe una gran variedad de arquitecturas y tecnologías que permiten comercializar los servicios de Internet, incluida la Línea de Abonado Digital (DSL) haciendo uso de la red de cobre telefónica, Especificación de Interfaz de Servicio de Datos por Cable (DOCSIS) tecnología que hace uso de una red híbrida fibra-coaxial (HFC) y además de las dos tecnologías y medios de transmisión existe las redes de Fibra Óptica Pasiva (PON) que tienen la característica de ser redes que no cuentan con equipos alimentados eléctricamente en todo el tramo de transporte, los equipos activos se encuentran en las centrales de los proveedores y en la casa del suscriptor. Los diferentes ISP no hacen uso de una única tecnología, no existe una tecnología ideal para todos los escenarios por lo que se deben tomar en cuenta tecnologías como DOCSIS que permite complementar a tecnologías en tendencia como FTTH mediante implementaciones de R-PHY. Una propuesta de las principales tecnologías empleadas en Grupo ICE para el sector residencial para la comercialización de servicios de Internet de banda ancha.

Palabras clave: DSL, DOCSIS, FTTH, HFC, ICE, ISP, PON, R-PHY.

Contenido

Sección Preliminar 2

Hoja de Aprobación del Tribunal Examinador 2

Declaración Jurada del Estudiante 3

Índice de Abreviaturas 6

Resumen Ejecutivo 10

Tabla de Figuras 17

Índice de Tablas 19

Índice de Anexos 21

Capítulo 1. Generalidades del Proyecto 24

1.1 Introducción 25

1.2 Antecedentes 28

1.3 Justificación 31

1.4 Planteamiento del problema 34

1.5 Objetivos 36

1.5.1 Objetivo General 36

1.5.2 Objetivos Específicos 36

1.6 Alcance del Proyecto 37

1.7 Restricciones y/o limitaciones 38

Capítulo 2. Marco Contextual y Teórico 41

2.1 Marco Situacional 42

2.2 Base Teórica y técnica del análisis 45

2.2.1 Redes HFC 45

2.2.2 Estructura de una red HFC 46

2.2.3 Cabecera 46

2.2.3.1 CMTS 47

2.2.3.2 Plataformas ópticas de Tx y Rx. 47

2.2.3.3 Plataformas de gestión RF 49

2.2.4 Red troncal 50

2.2.5 Red de distribución 50

2.2.6 Elementos activos 51

2.2.6.1 Nodo 51

2.2.6.2 Amplificadores 54

2.2.7 Elementos Pasivos 55

2.2.7.1 Acoplador 55

2.2.7.2 Insertor RPI 55

2.2.7.3 TAP 56

2.2.7.4 Splitter 56

2.2.8 Red de acometida 57

2.2.9 Equipos terminales 58

2.2.9.1 Cable Modem 58

2.2.9.2 Set Top Box 58

2.2.10 Medios de transmisión 59

2.2.10.1 Fibra Óptica 59

2.2.10.2 Coaxial 62

2.2.10.2.1 Tipos de Cable Coaxial 62

2.2.10.2.2 Cable Coaxial .750 63

2.2.10.2.3 Cable Coaxial .500 64

2.2.10.2.4 Cable Acometida 64

2.2.11 Estándar 65

2.2.12 Remote Phy 70

Capítulo 3. Diagnóstico y estado actual 77

3.1. Instrumentos utilizados 78

3.2. Análisis de resultados 79

3.3. Sistematización de hallazgos 87

Capítulo 4. Propuesta del cambio 89

4.1. Introducción a la propuesta del cambio 90

4.2. Objetivo general y específicos de la propuesta 91

4.2.1 Objetivo General 91

4.2.2 Objetivos Específicos 91

4.3. Descripción del escenario deseado 91

4.4. Plan para el cambio 101

4.4.1 Dimensionamiento de plataformas 102

4.4.1.1 Cabecera Florida 102

4.4.1.1.1 CMTS Florida 102

4.4.1.1.2 Plataforma de gestión de RF Florida 106

4.4.1.1.3 Plataforma Óptica Florida 106

4.4.1.1.4 Plataformas y licencias requeridas Fase I 106

4.4.1.2 Central Curridabat 109

4.4.1.2.1 CMTS Curridabat 109

4.4.1.2.2 Plataforma de gestión de RF Curridabat 109

4.4.1.2.3 Plataforma Óptica Curridabat 110

4.4.1.2.4 Plataformas y Licencias Requeridas Fase I 110

4.4.1.3 Central Desamparados 111

4.4.1.3.1 Shelf R-PHY Desamparados 111

4.4.1.3.2 Plataforma de gestión de RF Desamparados 113

4.4.1.3.3 Plataforma Óptica Desamparados 113

4.4.1.3.4 Plataformas y Licencias Requeridas Fase I 113

4.4.1.4 Central Hatillo 114

4.4.1.4.1 Shelf R-PHY Hatillo 114

4.4.1.4.2 Plataforma de gestión de RF Fase I 115

4.4.1.4.3 Plataforma Óptica Hatillo 115

4.4.1.4.4 Plataformas y Licencias Requeridas Fase I 116

4.4.1.5 Central Pérez Zeledón 117

4.4.1.5.1 Shelf R-PHY Pérez Zeledón 117

4.4.1.5.2 Plataforma de gestión de RF Fase I 118

4.4.1.5.3 Plataforma Óptica Pérez Zeledón 118

4.4.1.5.4 Plataformas y Licencias Requeridas Fase I 118

4.4.1.6 Central San Joaquín 119

4.4.1.6.1 Shelf R-PHY San Joaquín 119

4.4.1.6.2 Plataforma de Gestión de RF 120

4.4.1.6.3 Plataforma Óptica SJ 120

4.4.1.6.4 Plataformas y Licencias Requeridas Fase I 120

4.4.2 Diagrama Alto Nivel Interconexión a Red RAI 121

4.4.3 Diagrama Gantt 123

4.5. Presupuesto de cambio 124

4.5.1 Headend Florida 124

4.5.2 Central Curridabat 125

4.5.3 Central Desamparados 126

4.5.4 Central Hatillo 128

4.5.5 Central Pérez Zeledón 129

4.5.6 Central San Joaquín 130

4.5.7 Presupuesto Total Hardware y Licenciamiento Fase I 130

4.6. Valoración del plan de cambio 131

Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones 135

5.1 Conclusiones 136

5.2 Recomendaciones 138

Bibliografía 141

Anexos 148

Tabla de Figuras

Figura 1. Distribución porcentual según tecnología acceso fijo a Internet, 2018 44

Figura 2. Distribución porcentual según operador, acceso fijo a Internet, 2018 45

Figura 3. Esquema red HFC 51

Figura 4. Nodo óptico SG4000, segmentación 4x4 53

Figura 5. Red de acometida 57

Figura 6. Estructura cable Fibra Óptica 60

Figura 7. Cable coaxial RG6 65

Figura 8. Evolución estándar DOCSIS 68

Figura 9. Comparación arquitectura de red de acceso HFC y PON 69

Figura 10. Capacidades de tecnologías de red 69

Figura 11. Arquitectura Base CMTS y Video 70

Figura 12. Sistema de Terminación de Cable Módems Modular 71

Figura 13. Plataforma Convergente y Evolucionada de Acceso por Cable Convergente (CCAP) 72

Figura 14. Arquitectura Centralizada y Distribuida 73

Figura 15. Arquitectura tradicional CCAP análoga 74

Figura 16. Digitalización con nodos Remote PHY 74

Figura 17. Interoperabilidad R-PHY 76

Figura 18. Gráfico Medios de Acceso de preferencia por encuestados..... 80

Figura 19. Gráfico Medios Velocidades de Internet adquirida por encuestado 81

Figura 20. Medio de Acceso por el cual se brinda el servicio de Internet contratado por los encuestados 82

Figura 21. Gráfico 2do medio de acceso preferido posterior a Fibra Óptica. 83

Figura 22. Gráfico Elección sobre migración de clientes en redes de Par Trenzado. 84

Figura 23. Gráfico Elección sobre migración de clientes en redes de Par Trenzado. 85

Figura 24. Gráfico Criterio de encuestados sobre aprovechamiento de la red HFC 86

Figura 25. Gráfico Cantidad de encuestados que conocen el concepto de R-PHY..... 87

Figura 26. Cuadro de Mando Integral (CMI) 93

Figura 27. Utilización Espectro Radioeléctrico actual 95

Figura 28. Utilización Espectro Radioeléctrico Propuesto Fase I 96

Figura 29. Utilización Espectro Radioeléctrico Propuesto PZ y SJ Fase 1 96

Figura 30. Cantidad de portadoras tomadas por el Cable Modem de Prueba 98

Figura 31. Prueba de Velocidad Cable Modem Channel Bonding 16 DS y 3 US 99

Figura 32. Utilización Espectro Radioeléctrico Propuesto Fase I1 100

Figura 33. Configuración guía Interface Cable CMTS cBR-8 Fase I 103

Figura 34. Configuración guía controller Integrated-Cable CMTS cBR-8 Fase I 103

Figura 35. Configuración guía Wideband-Cable CMTS cBR-8 Fase I..... 105

Figura 36. Diagrama de Interconexión de los Shelf con la RAI..... 122

Figura 37. Consulta sobre viabilidad de la propuesta planteada. 133

Índice de Tablas

Tabla 1 Cantidad de nodos por servicios brindados en la red HFC. 39

Tabla 2 Atenuación típica por frecuencia coaxial 0.750 63

Tabla 3 Atenuación típica por frecuencia coaxial 0.500 64

Tabla 4 Propuesta de Grupos en Fase II 100

Tabla 5 Licencias Requeridas Fase I Florida..... 107

Tabla 6 Licencias y Hardware Requeridas Fase I CCAP CORE 108

Tabla 7 Plataforma Óptica ARRIS CHP Requerida Florida Fase I y II 109

Tabla 8 Plataforma Óptica ARRIS CHP Requerida Curridabat Fase I y II 111

Tabla 9 Características Shelf 7200 Cisco 112

Tabla 10 Shelf y Módulos Requeridos Desamparados..... 113

Tabla 11 Plataforma Óptica ARRIS CHP Requerido Desamparados 114

Tabla 12 Shelf y Módulos Requeridos Hatillo 116

Tabla 13 Plataforma Óptica ARRIS CHP Requerida Hatillo Fase I y II 117

Tabla 14 Shelf y Módulos Requeridos Pérez Zeledón 118

Tabla 15 Diagrama Gantt Actividades y responsables..... 123

Tabla 16 Presupuesto de Licencias Requeridas Florida I y II Fase I 124

Tabla 17 Presupuesto de Licencias y Hardware Requeridas CCAP CORE Fase I 125

Tabla 18 Presupuesto de Licencias Requeridas Curridabat Fase I 126

Tabla 19 Presupuesto Requerido Plataforma Óptica Desamparados Fase I y II 126

Tabla 20 Presupuesto Hardware Requerido Desamparados Fase I 127

Tabla 21 Presupuesto Requerido Plataforma Óptica Desamparados Fase I y II 127

Tabla 22 Presupuesto Hardware Requerido Hatillo Fase I 128

Tabla 23 Presupuesto Requerido Plataforma Óptica Hatillo Fase I y II 129

Tabla 24 Presupuesto Hardware Requerido Pérez Zeledón Fase I..... 130

Tabla 25 Presupuesto Global Fase I 131

Índice de Anexos

Anexo 1 Hitos en el sector de las Telecomunicaciones del ICE 148

Anexo 2 Cisco Smart Phy 300 Shelft 149

Anexo 3 Sistema de Terminación de Cable Módems (CCAP) 149

Anexo 4 Chasis plataforma óptica WISI OPTOPUS 150

Anexo 5 Chasis plataforma ATX MAXNET II..... 150

Anexo 6 Acoplador direccional..... 151

Anexo 7 Insertor RPI..... 151

Anexo 8 TAP de cuatro salidas tipo F. 152

Anexo 9 Splitter típico red de distribución..... 152

Anexo 10 Cable Modem..... 153

Anexo 11 STB marca DMT 153

Anexo 12 Nodo óptico Remote PHY (RPD)..... 154

Anexo 13 Shelf Remote PHY..... 154

Anexo 14 Encuesta Medios de acceso fijo Servicio Internet 155

Anexo 15 Grupos de Servicio Central Florida I Escenario Actual 159

Anexo 16 Grupos de Servicio Central Florida II Escenario Actual 160

Anexo 17 Grupos de Servicio Central Curridabat Escenario Actual 161

Anexo 18 Grupos de Servicio Central Desamparados Escenario Actual..... 162

Anexo 19 Grupos de Servicio Central Hatillo Escenario Actual 163

Anexo 20 Grupos de Servicio Central Pérez Zeledón 164

Anexo 21 Grupos de Servicio Central San Joaquín Escenario Actual 164

Anexo 22 Grupos de Servicio Central Florida I Escenario Fase I 165

Anexo 23 Grupos de Servicio Central Florida II Escenario Fase I 166

Anexo 24 Grupos de Servicio Central Curridabat Escenario Fase I 167

Anexo 25 Grupos de Servicio Central Desamparados Escenario Fase I 168

Anexo 26 Grupos de Servicio Central Hatillo Escenario Fase I 169

Anexo 27 Grupos de Servicio Central Pérez Zeledón Escenario Fase I 169

Anexo 28 Grupos de Servicio Central San Joaquín Escenario Fase I 170

Anexo 29 Grupos de Servicio Central Florida I Escenario Fase II 171

Anexo 30 Grupos de Servicio Central Florida II Escenario Fase II 172

Anexo 31 Grupos de Servicio Central Curridabat Escenario Fase II 173

Anexo 32 Grupos de Servicio Central Desamparados Escenario Fase II 174

Anexo 33 Grupos de Servicio Central Hatillo Escenario Fase II 175

Anexo 34 Grupos de Servicio Central Pérez Zeledón Escenario Fase II 175

Anexo 35 Grupos de Servicio Central San Joaquín Escenario Fase II 176

Anexo 36 Maqueta Smart PHY 300 3x6 RPHY Shelf 176

Anexo 37 Cable Módems Maqueta de Pruebas 177

Anexo 38 CMTS cBR-8 Curridabat 178

Anexo 39 Chasis Pasivo ATX MAXNET II 179

Anexo 40 Plataforma Óptica ARRIS CHP 180

Anexo 41 Diseño de Remote PHY para la comercialización de servicios de Internet residencial por parte de Grupo ICE 181

Capítulo 1. Generalidades del Proyecto

1.1 Introducción

De acuerdo al artículo Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper del autor corporativo Cisco Systems (2020) se comenta que la tendencia mundial se perfila a la alza de consumo de ancho de banda de Internet, se aprecia como el promedio de la velocidad contratada por el cliente de Internet residencial aumenta de forma acelerada, por lo que ha obligado a los proveedores de servicio a realizar mejoras constantes en su red, así como también analizar los avances a nivel mundial en referencia a su tecnología adoptada para la comercialización de servicios de Internet. (Cisco Systems, 2020). Debido a la tendencia mundial indicada en el artículo anterior se aprecia la importancia de robustecer las redes de acceso, no sin antes valorar las capacidades y limitaciones propias de cada estándar, tecnología o arquitectura de red.

En relación al artículo del autor Dana Felman (2018) el acceso a Internet en la actualidad es una necesidad, los servicios de streaming de video poco a poco desplazan otros servicios como la televisión por cable o satelital, es por esto que los usuarios cada vez requieren un mayor ancho de banda de Internet para poder realizar cada vez más actividades de manera simultánea, así como mantener una mayor cantidad de dispositivos conectados de forma concurrente. (Feldman, 2018) El acceso a Internet de banda ancha puede darse mediante diferentes tecnologías: móviles o fijas. En este documento en particular se realiza un análisis de las tecnologías de acceso a banda ancha fijas para la comercialización de servicios residenciales, haciendo énfasis a las tecnologías que están marcando tendencia vs tecnologías que pueden considerarse tradicionales.

Concretamente en este proyecto, se contemplan tres tecnologías, la primera es la Línea de Suscriptor Digital (DSL), tecnología que se caracteriza por la utilización del medio de

transporte de cobre y sus variantes que cada vez tiene una menor presencia como medio de acceso a Internet a nivel mundial, la segunda tecnología contemplada en el proyecto es la Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable (DOCSIS) una red de transporte hibrida que hace uso de un tramo de fibra óptica y un último coaxial que puede variar su distancia según la variación del estándar que se implemente, que con sus actualizaciones periódicas supera de muy buena manera tecnologías como xDSL. (Valero, 2019)

DOCSIS y xDSL se pueden considerar como tecnologías tradicionales o de una amplia trayectoria, sin embargo, se valorarán en el estudio para realizar una comparativa teórica con una tecnología en tendencia como lo es la fibra óptica hasta la casa (FTTH), tecnología con una amplia recepción por los proveedores de servicio de Internet del mundo y considerada como una de las principales tecnologías del futuro según el artículo del autor Paco Rodríguez. (Rodríguez, 2017)

El estudio tiene como objetivo realizar la propuesta de R-PHY, con el fin de establecer con claridad las capacidades y limitaciones de DOCSIS para la prestación de servicios de Internet.

El proyecto se estructura en un total de cinco capítulos, entre los cuales se contempla:

- Las generalidades del proyecto, incluida en esta sección los antecedentes del tema en cuestión, así como la justificación de la propuesta.
- La situación actual de Costa Rica en tema de redes de acceso de servicios de Internet es presentada en el capítulo dos del documento, indicando el problema identificado para el que se presenta la oportunidad de realizar una propuesta de solución.

- El tercer capítulo del documento presenta la situación actual del Grupo ICE y las tecnologías con las que comercializa los servicios de Internet, además se incluye dentro de la sección la información referente a las tecnologías, arquitecturas de red y elementos necesarios que permitan la adecuada compresión de la propuesta de cambio.
- En el capítulo cuatro se presentará los instrumentos utilizados para captar los datos de percepción por parte de usurarios alrededor de las tecnologías utilizadas por el Grupo ICE para la prestación del servicio de Internet.
- El capítulo cinco incluye la propuesta de cambio ideada como posible solución del tema indicado en capítulos anteriores, incluido en esta sección las conclusiones y recomendaciones a seguir.

1.2 Antecedentes

En 1963 el ICE asume el desarrollo de las telecomunicaciones en el país lo que representa un hito importante en la historia del ICE y de la nación, lo anterior fue realidad mediante la Ley 3226, ley que permitió se nacionalizaran los servicios de telecomunicaciones con el objetivo de modernizarlos y expandirlos, dada esta ley CNFL que hasta ese momento gestionaba el sistema telefónico lo cede al ICE. (Grupo ICE, 2019)

La introducción de las tecnologías de acceso al servicio de Internet mediante las redes de cobre fue introducida por el ICE en el mes de agosto del año 2014, este año se comercializaron los primeros 9000 servicio de Internet mediante ADSL con velocidades desde los 128 kilobits por segundo (kbps) hasta 4.096 kbps. Para el año 2006 el 3% de la población del país contaba con acceso a lo que se consideraba en ese momento Internet de banda ancha, para un total de 43000 accesos fijos, de los cuales 20000 servicios utilizaban ADSL y 23000 servicios mediante redes coaxiales con el uso de cable módems. (Oviedo, 2006)

La Revista SUMMA (2011) menciona que la comercialización del servicio de Internet mediante redes coaxiales fue posible mediante alianzas estrategias entre RACSA con empresas de televisión por cable como Amnet, Cable Tica, Cable Visión, Supercable, Coopelesca y CoopeAlfaroRuiz. RACSA a partir del año 1999 era el ente autorizado para la comercialización del servicio Internet. Para el año 2011 RACSA mantenía unos 70 mil clientes de Internet vía cable módem, a través de sus propias redes y las alianzas estratégicas. El sector de las Telecomunicaciones estuvo en manos del Estado costarricense, desde 1963. hasta el año 2008, debido a la firma del tratado de libre comercio (TLC) y la aprobación de

La Ley General de Telecomunicaciones que permitieron la apertura del sector. (SUMMA, 2011)

Según la nota ICE ya ofrece Internet de hasta 30 Mbps vía fibra óptica y cobre en cinco cantones, autor Carlos Cordero Pérez (2016) se informa del inicio de la comercialización del servicio de Internet mediante fibra óptica hasta la casa por parte del Grupo ICE desde noviembre 2015, el proyecto fue denominado RANGE (Red de Acceso de Nueva Generación). (Pérez, 2016)

En el anexo 1 se observa Hitos en el sector de las Telecomunicaciones del ICE donde hace referencia al papel del Grupo ICE en la historia de las telecomunicaciones del país, el primer hito clave de esta ruta es en 1963, cuando el Estado le asigna la responsabilidad de impulsar las telecomunicaciones en herramientas de crecimiento económico, social y tecnológico. En el año 1964 el ICE adquiere el 50% de las acciones de la empresa que hasta ese momento se llamaba CRICSA (Compañía Radiográfica Internacional de Costa Rica) con historia que le antecede desde el año 1922, es hasta el año 1975 que el ICE obtiene la totalidad de acciones de RACSA. (Grupo ICE, 2019)

De acuerdo al informe Indicadores Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación 2018-2022 presentando por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (2017) el medio de acceso a Internet preferido por los costarricenses son las redes coaxiales. (MICITT, 2017) Las redes coaxiales son utilizadas por empresas de televisión por cable, también conocidas como cableras, es esta la tecnología que cuenta con una mayor acogida por parte de los usuarios en el país, seguido por las tecnologías de acceso fijo a través del medio de cobre, medio de acceso por el cual se brindan servicios de telefonía fija y como tercera

tecnología en cuanto a cantidad de clientes suscritos se encuentra los medios de acceso pasivos de fibra óptica y sus variaciones.

Si bien los servicios de Internet mediante redes de fibra ópticas hasta a casa (FTTH) se encuentra como tercera opción, presenta un crecimiento de clientes importante desplazando poco a poco clientes de las redes de cobre, así como de redes hibridas fibra-coaxial, en el caso de las redes cobre presenta una tendencia mundial a desaparecer, es por esto que existe una inhabilitación paulatina de estas redes debido a las limitaciones de ancho de banda a mayor distancia de la central y la antigüedad que generalmente caracteriza este tipo de redes.

El ICE continua con un despliegue importante de redes de acceso mediante fibra óptica ampliando la cobertura y oferta comercial de servicio de Internet bajo este medio de transporte, además del ICE otros operadores en el país realizan inversiones que les permite atender la demanda actual y proyectada del servicio de Internet haciendo uso de medios de transmisión híbridos de fibra-coaxial y redes de fibra óptica. (Grupo ICE, 2019)

El proyecto actual busca brindar al Grupo ICE una alternativa de crecimiento además de fibra óptica, que le permita comercializar el servicio de Internet residencial con mayores anchos de banda en zonas donde clientes mantengan el acceso a Internet mediante la red de cobre y que en estos sectores se cuente con la infraestructura de red hibrida fibra-coaxial disponible, la propuesta del rediseño mediante R-PHY permitiría al ICE homologar la oferta comercial, esto debido a que los paquetes de servicio de Internet disponible mediante las redes de acceso de fibra hasta la casa tiene un abanico de paquetes con velocidades de Internet de mayor ancho de banda a las comercializadas mediante la red hibrida de fibra-coaxial. Lo anterior aunado a aprovechar un porcentaje de los recursos de red híbrida fibra-coaxial existentes permite a los frontales de las agencias de servicio al cliente comercializar las

mismas velocidades de los paquetes de servicio de Internet sin antes tener que realizar una verificación de cual red tiene una factibilidad técnica positiva para la venta de ciertos paquetes.

1.3 Justificación

Este proyecto tiene como objetivo un rediseño teórico de red de acceso híbridas fibra-coaxial para brindar servicios de Internet mediante la tecnología Remote PHY, que permita una mejora sustancial de las capacidades de ancho de banda de los paquetes del servicio de Internet comercializados redes híbridas fibra-coaxial en el Grupo ICE.

De acuerdo con el informe del autor corporativo Viavi Solutions hace referencia a las capacidades de ancho de banda que el estándar DOCSIS 3.1 permite brindar al cliente, siendo estos competitivos con las redes de fibra hasta la casa. El estándar DOCSIS 3.1 permite una mejora sustancial de rendimiento de la red realizando la actualización de la planta activa con R-PHY, esto se debe a la eliminación de transmisores ópticos análogos, lo que da como resultado capacidades de 10GbE hasta el nodo óptico. Lo que deja en evidencia la escalabilidad de la arquitectura y la oportunidad de aprovechamiento de los recursos de red desplegados. (VIAVI Solutions, 2020).

Según el libro de los autores W. Chan Kim y Renée Mauborgne se indica que el mercado se puede clasificar en dos grupos identificados con los conceptos de Océano Azul y Océano Rojo, el primer concepto hace referencia al sector del mercado no explorado o desconocido, por lo tanto son mercados donde no existe competencia y en el que se logra alcanzar mediante la innovación, donde exponen que la demanda se crea en ese sector del mercado y las empresas que logran ingresar a este sector presentan un crecimiento acelerado y rentable. El

segundo concepto planteado por los profesores de la Escuela de Negocios de INSEAD es el Océano Rojo y hace referencia a los mercados conocidos, con competidores definidos, en este sector de mercado existe una competencia directa con las demás empresas del mismo sector de mercado, creando una competencia de precios, y con una importancia de acaparar el mayor porcentaje del sector donde se compite, esto debido a que los márgenes de utilidad por los servicios son reducidos. (Universidad ESAN, 2018) Es claro que el sector de las telecomunicaciones en Costa Rica, puntualmente los servicios de Internet residencial se pueden ubicar en el Océano Rojo, es por esto que es fundamental realizar el máximo aprovechamiento de los recursos disponibles de la empresa, para este proyecto es la red hibrida fibra-coaxial del ICE.

El artículo del autor Carlos Cordero Pérez hace referencia a la constante contienda de precios de su oferta comercial del sector de las telecomunicaciones, puntualmente el servicio de Internet residencial (Cordero, 2019). En referencia con los conceptos formuladas por W. Chan Kim y Renée Mauborgne el sector de las telecomunicaciones en Costa Rica puede ubicarse en el Océano Rojo, los proveedores de servicio buscan alternativas que le permita ofrecer servicios de calidad utilizando la menor cantidad de recursos para optimizar la inversión y el retorno de la misma, debido a esto la reutilización de los recursos de red desplegados con las que cuenta el Grupo ICE es clave.

Las redes hibridas fibra-coaxial pueden ofrecer velocidades muy competitivas incluso en algunos casos velocidades superiores a las brindadas mediante las redes de fibra hasta la casa. El artículo Xfinity Internet Review and Prices del autor Dawn Papandrea da a conocer que la marca Xfinity de Comcast en Estados Unidos comúnmente comercializa paquetes de

Internet con velocidades de hasta 600Mbps de descarga y 20Mbps de subida mediante redes hibridas fibra-coaxial. (Papandrea, 2020)

Speedtest Global Index indica que la velocidad de descarga de Internet de acceso fijo promedio contratado por los costarricenses de acuerdo al reporte del mes de Junio del 2020 es de 35.55Mbps y 6.90Mbps de velocidad de subida (Speedtest, 2020). Lo anterior expone la oportunidad de aprovechamiento de las redes hibridas fibra-coaxial que al día de hoy el ICE mantiene en operación, debido a la gran escalabilidad de la red permite realizar un rediseño que mejora las capacidades actuales, lo que le podría permitir al Grupo ICE aumentar la capacidad instalada disponible para comercializar servicios de Internet residencial de banda ancha mediante hibridas fibra-coaxial en las zonas de la GAM y cantones donde se cuenta con red coaxial en desplegada sin ninguna distinción de las velocidades comercializadas bajo una tecnología y la otra.

En la misma línea BROADBANDNOW indica el listado de cable proveedores de servicio dentro de Estados Unidos que brindan servicios de Internet con velocidades máximas de hasta 1 Gbps mediante redes hibridas de coaxial (Broadbandnow, 2020). El aprovechamiento por parte del Grupo ICE de las redes hibridas fibra-coaxial potencializadas mediante tecnología como R-PHY podría ser consecuente con la decisión tomada por compañías con millones de clientes que han continuado operando con un complemento de redes de fibra óptica y redes coaxiales.

Empresas norteamericanas como Comcast y Cox Communications mantienen un importante número de clientes activos atendidos desde redes hibridas fibra-coaxial, potenciando estas redes con R-PHY permite mantener una oferta comercial vigente con las velocidades ofrecidas mediante redes de fibra hasta la casa. Comcast y Cox Communications

se han comprometido con la implementación de R-PHY en sus operaciones, para el año 2018 ya se habían implementado más de 10 mil dispositivos del fabricante Cisco bajo esta tecnología (Cisco, 2018).

La nota del periodista Carlos Cordero Pérez mediante entrevista a Jaime Palermo quién ocupaba el puesto de Gerente de Telecomunicaciones del Grupo ICE, daba a conocer los esfuerzos para fortalecer la red hibrida fibra-coaxial de la subsidiaria Cable Visión S.A. (Cordero, 2014). Parte de los esfuerzos que se realizaron fue la actualización de los equipos de núcleo, por equipos carrier class, estos equipos ya en producción fueron cedidos al Grupo ICE en el 2019 son equipos modulares y escalables que soportan las últimas versiones del estándar DOCSIS, los equipos de núcleo fueron puestos en producción durante el año 2018 y 2019.

1.4 Planteamiento del problema

El objetivo del proyecto es brindar el rediseño teórico de la red de acceso hibrida fibra-coaxial, lo que se busca es la optimización y aprovechamiento los recursos de red desplegados, equipos de núcleo y sistemas disponibles empleados para la gestión y aprovisionamiento de los clientes, además del recurso humano capacitado con el que se cuenta, brindando una capacidad de ancho de banda superior a la ofrecida por las redes de cobre y coaxiales tradicionales.

De acuerdo con la nota Países con el Internet más Rápido del Mundo autor corporativo RedFenix año 2020 comenta que el requerimiento de ancho de banda cada vez es mayor por parte de los usuarios de Internet, debido a esto los proveedores de servicio deben contemplar la inclusión de nuevas tecnologías, medios de transmisión de datos, modificación topologías

de red o mejoras sustanciales de las tecnologías ya implementadas para ofrecer servicios y anchos de banda de Internet residencial demandado por los clientes. (RedFenix, 2020)

En el Grupo ICE existen áreas de servicio donde las redes de cobre no son capaces de soportar la demanda de ancho de banda solicitada por parte de los clientes, debido a la usencia o penetración parcial de redes de fibra óptica en operación en algunos de los sectores, clientes del ICE que actualmente mantienen el servicio de Internet residencial mediante las redes de cobre se ven restringidos a contar con paquetes de servicio de Internet de menor velocidad a los que podrían contratar mediante otras redes de acceso, los clientes en esta situación podrían ser atendidos desde las redes hibridas de fibra-coaxial en las zonas donde estas estén disponibles y con capacidad ociosa.

Una importante fortaleza con la que cuenta el Grupo ICE son la cantidad significativa de centrales telefónicas propias interconectadas mediante una red IP a lo largo del país, estas centrales son los lugares o edificaciones utilizadas para albergar y concentrar los equipos activos, pasivos y enlaces necesarios desde los cuales se pueden desplegar múltiples servicios, las centrales pueden variar unas de otras en su tamaño dependiendo de las necesitadas y cantidad de servicios que se brindan desde la misma, el ICE al contar con este recurso facilita el despliegue de tecnologías para brindar el servicio de Internet residencial con una inversión de recursos y tiempo menor a otros operadores. Es por esto que la viabilidad técnica de un rediseño en la red de acceso fijo es posible y puede ser potencializada mediante la implementación de Remote PHY.

Por tanto, este proyecto busca atender la siguiente pregunta:

¿Qué cambios se deben contemplar en la red HFC del Grupo ICE para que sea una alternativa para las redes de cobre en convergencia con las redes FTTH?

En síntesis, el problema que se desea abordar es el acceso a Internet que se comercializa a través de las redes de cobre, esta red al contar con limitaciones propias de la tecnología xDSL no permite la comercialización de velocidades mayores a los 10Mbps, debido a esto la red hibrida fibra-coaxial existente representa una solución viable que permite dotar a los clientes con un servicio de mejores prestaciones. Además de esto, las redes HFC y el estándar DOCSIS tiene la capacidad de como mínimo igualar las velocidades de los paquetes de servicio de internet comercializadas actualmente mediante GPON.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Desarrollar un rediseño teórico de la red fija de acceso, mediante la tecnología Remote PHY, para la comercialización de planes de servicios de Internet residencial en el Grupo ICE.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Identificar la necesidad de aprovechamiento de los recursos de red HFC, mediante la aplicación de una encuesta, para ejecución las medidas apropiadas.
- Analizar las tecnologías y medios de acceso fijo a Internet que hacen uso del estándar DOCSIS, a través de un estudio técnico documental, que determine las opciones del mercado que permitan el aprovechamiento de las redes HFC.
- Elaborar un rediseño teórico de la red de acceso, haciendo uso de la tecnología Remote PHY, que permita la colocación de planes de servicio de Internet residencial de mayores anchos de banda.

1.6 Alcance del Proyecto

El presente TFG explorará el estándar DOCSIS permitiendo brindar una propuesta de rediseño de la red de acceso fijo de la red híbrida fibra-coaxial mediante la implementación de R-PHY en Grupo ICE para la comercialización de servicios de Internet residencial. El proyecto abarca únicamente las tecnologías xPON y DOCSIS, sin embargo, la primera tecnología mencionada será utilizada para realizar comparaciones técnicas de las capacidades de los servicios desplegadas con estas contra una implementación de R-PHY.

A través del proyecto se establecerá un cuadro comparativo de las diferentes características y capacidades teóricas de estas tecnologías en la prestación de servicios de Internet. Se realizarán pruebas de laboratorio mediante una maqueta de un Shelf de R-PHY haciendo uso de cable modem del estándar DOCSIS 3.0 con una capacidad de Channel Bonding de 16x4.

La maqueta contiene los elementos mínimos en ambiente de laboratorio que permiten realizar pruebas necesarias, la maqueta es utilizada para realizar los trabajos de investigación y pruebas de concepto idealmente con equipos que no están en producción. La maqueta de Remote PHY utilizada para las pruebas está compuesta por un Cisco Smart PHY model 300, que a su vez está interconectado a un CMTS remoto. En el anexo 2 Cisco Smart Phy 300 Shelft se puede observar este equipo.

El proyecto se plasmará en un informe, el mismo incluye una propuesta de rediseño de la red de acceso HFC actual, permitiendo reutilizar una proporción de los componentes que hoy en día conforman la red en producción, a través del rediseño de la red actual se buscará

aumentar el rendimiento, incorporando elementos activos a la red que reemplazan los equipos con menor desempeño.

Los interesados directos dentro del Grupo ICE es el departamento Centro de Control de Red y el proceso de Plataformas y Multimedia que actualmente gestionan la planta interna de la red HFC en producción. Los interesados esperan una propuesta teórica de rediseño de la red de acceso haciendo uso de la arquitectura distribuida Remote PHY.

1.7 Restricciones y/o limitaciones

Como parte de las restricciones, las pruebas de laboratorio no se desarrollan con equipos terminales DOCSIS 3.1 al no contar con modelos de cable modem con este estándar, por lo que se utiliza un CPE DOCSIS 3.0 con una capacidad de Channel Bonding de 16x4, para la realización de las pruebas y documentación se tomarán parámetros brindados por el CPE y pruebas de velocidad alcanzadas haciendo uso de la herramienta Speedtest para Windows de la empresa norteamericana Ookla.

El ICE mantiene una grilla analógica activa en el 93% de los nodos en producción de acuerdo con el levantamiento de la información requerida previa a plantear el rediseño de la red de acceso HFC, debido a esto el rediseño de la red de acceso contemplado será en su mayor proporción mediante shelves de R-PHY ya que esto permitirá que la base de clientes suscritos al servicio de televisión analógica pueda continuar con el servicio.

Tabla 1 Cantidad de nodos por servicios brindados en la red HFC.

Cantidad de nodos activos red HFC con servicio de Internet	**220**
Nodos con servicio de TV Digital	220
Nodos sin servicio de TV Análoga	15
Porcentaje de nodos con grilla analógica habilitada	205/220=93%

Fuente: Elaboración propia, con datos recopilados de plataformas HFC.

Debido a que en el momento en que se desarrolló el presente TFG (Trabajo Final de Graduación) la Organización Mundial de la Salud declara estado de pandemia por SARS-CoV-2 (coronavirus), Costa Rica ha implementado una serie de restricciones importantes en tema de movilización ciudadana, debido a la anterior y manteniendo como prioridad la salud propia y del círculo cercano de familiares que cuentan con factores de riesgo el número de visitas al sitio donde se encuentra instalada la maqueta de R-PHY para realizar pruebas en laboratorio serán limitadas.

El proyecto de TGF no contempla capacitaciones referentes a DOCSIS, HFC, medios de acceso, tipos de arquitecturas distribuidas o Remote PHY o algún otro tema abarcado en este proyecto.

Se ratifica que el entregable del proyecto se plasmará en un informe, el mismo incluye una propuesta de rediseño de la red de acceso HFC, por lo que el acatamiento por parte del Grupo ICE es opcional, dejando la posibilidad abierta de realizar una posterior implementación.

Por políticas de la empresa la revelación de nombres y cifras sensibles del negocio no deben ser incluidas en el TFG.

Los precios indicados en el Presupuesto de Cambio son precios de referencia, no incluyen descuentos por parte del fabricante Cisco o ARRIS que son habituales en compras con las cifras indicadas.

Capítulo 2. Marco Contextual y Teórico

2.1 Marco Situacional

Cable Visión de Costa Rica empresa subsidiaria del Grupo ICE, que se desempeñaba en el mercado de las telecomunicaciones directamente en el negocio de televisión de paga e Internet. Por medio de los formatos de televisión digital y análoga, Cable Visión ofreció el servicio de televisión por cable e Internet a hogares dentro de su zona de cobertura en San José y algunos sectores de Heredia, Alajuela, Cartago y Pérez Zeledón. Los servicios de Cable Visión se encontraban en el segmento hogar de KÖLBI, marca comercial del Instituto Costarricense de Electricidad. (KÖLBI, 2020)

La empresa Cable Visión de Costa Rica nace en el 2001, dirigida como una empresa familiar, solventando la necesidad de más competidores en el servicio de televisión paga, la empresa brindaba servicios alrededor de Moravia, expandiendo sus redes HFC poco a poco al GAM, Cartago y Heredia con una grilla de más de cien canales, grilla análoga y digital, incluido en su cartera de productos el servicio de Internet. (Alvarado, 2004)

En el 2013 la empresa Cable Visión es adquirida por el Grupo ICE, momento en que se constituyó en una empresa subsidiaria más del Grupo ICE. En ese momento la cablera comercializaba paquetes de Internet residencial de hasta 4Mbps. (Herrera, 2013)

En la nota titulada ICE incorpora Cable Visión bajo la marca KÖLBI, se hace mención de la adopción de los servicios de Cable Visión dentro de la oferta comercial de KÖLBI HOGAR, esto con el objetico de fortalecer el posicionamiento de los servicios residenciales del grupo ICE. (Prensario Internacional, 2015).

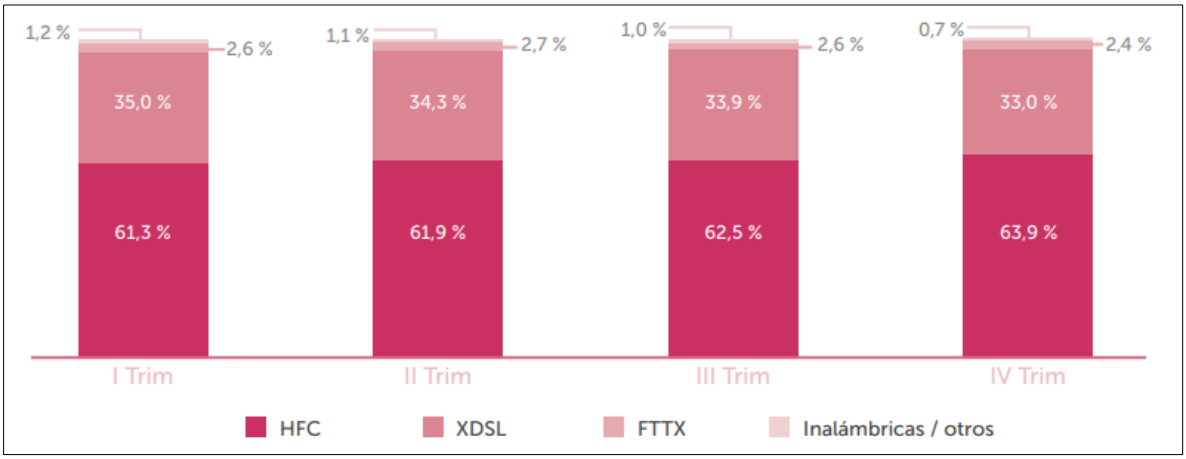
El período comprendido del año 2016 al concluir el 2017 le permiten a CVCR S.A cerrar con mejores condiciones económicas (Lara, 2018), se realiza una reestructuración de

infraestructura, generando un rediseño de la red, implementando equipos de reciente tecnología que permitían comercializar velocidades de hasta 100Mbps. Es en este mismo año que se apertura la zona de Alajuela y se incluyen los servicios de TV Digital de alta definición y una grilla renovada.

En conformidad con la publicación titulada Cable Visión de Costa Rica cederá derechos al ICE, autor corporativo Grupo ICE, año 2018 se comunica que el Consejo Directivo del Grupo ICE el 4 de diciembre del año 2018 comunica a la Contraloría General de la República sobre la decisión de realizar una cesión de derechos y obligaciones de la subsidiaria CVCR S.A hacia casa matriz con el objetivo de fortalecer los servicios ofrecidos, entrando en vigencia a partir del 1 de setiembre del mismo año. (Grupo ICE, 2018)

De acuerdo al informe Estadísticas del Sector de Telecomunicaciones del autor corporativo SUTEL, año 2019 informa un constante aumento en la cantidad de usuarios del servicio de Internet haciendo uso de tecnologías de acceso fijo, entre las tecnologías de acceso fijo en el informe hacen mención de que a finales del 2018 el acceso a Internet mediante fibra óptica representaba un 2.4% de las suscripciones, un 33% las conexiones sobre xDSL y finalmente un 63,9% del total corresponde a usuarios con conexiones sobre cable coaxial. Esta información se representa en el siguiente gráfico:

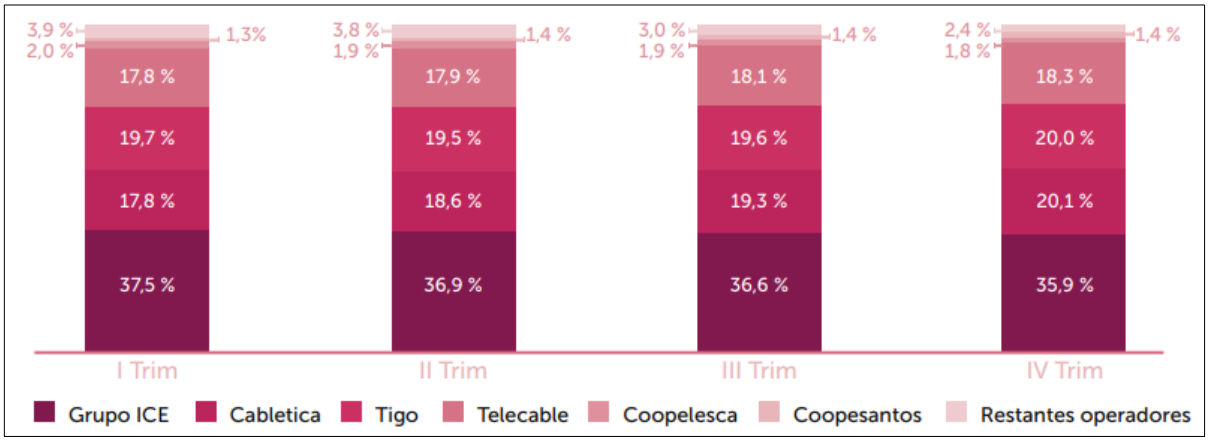
Figura 1. Distribución porcentual según tecnología acceso fijo a Internet, 2018



Fuente: SUTEL, Dirección General de Mercados, Costa Rica, 2018.

En la imagen anterior se presentan los 4 proveedores de servicio con cuotas de mercado superiores al 17% en el sector de Internet mediante redes de acceso fijo en Costa Rica identificados en el informe de SUTEL hasta finales del año 2018 se muestran en el siguiente gráfico, donde el Grupo ICE cuenta el 35,9% de las suscripciones, seguido por Cabletica con un 20,1%, Tigo con un 20,0% y Telecable con un 18,3%. Los proveedores de servicio con cuotas de mercado menores al 17% son las cooperativas de electrificación rural de San Carlos y de la zona de los Santos cubren 1,8 % y 1,4 % respectivamente, dejando para los restantes operadores activos el 2,4 % restante del mercado. (SUTEL, 2019)

Figura 2. Distribución porcentual según operador, acceso fijo a Internet, 2018



Fuente: SUTEL, Dirección General de Mercados, Costa Rica, 2018.

En la imagen anterior se aprecia que el Grupo ICE mantiene el mayor porcentaje de cuota de mercado del servicio de Internet mediante acceso fijo, seguido por los cable operadores Cabletica, Tigo y Telecable, estos últimos ganando algunos puntos porcentuales de mercado según el informe de SUTEL 2018.

2.2 Base Teórica y técnica del análisis

Para realizar el rediseño de una red de acceso HFC, es necesario primero comprender los conceptos y bases teóricas, sobre las cuales se sustenta el proyecto, tales como los medios de transmisión, las redes de fibra óptica, la arquitectura HFC y finalmente, los estándares que se utilizarán en la propuesta de rediseño de red.

2.2.1 Redes HFC

Está conformada por un tramo de cable coaxial y un tramo de cable de fibra óptica, la cabecera donde se encuentran los equipos que contralan los servicios de datos y video y demás sistemas que se encargan de monitorear la red y supervisar su correcto funcionamiento. HFC es una tecnología de telecomunicaciones en la cual el cable de

fibra óptica y el cable coaxial se utiliza en diversos tramos de la red para transportar el contenido de banda ancha. (CableLabs, 2018)

2.2.2 Estructura de una red HFC

Este tipo de redes de comunicaciones compuesta por un segmento de cable de fibra óptica y otro segmento de coaxial como medios de transporte de señales, se compone de cuatro partes bien identificadas: la cabecera o headend, red troncal, red de distribución y acometidas de los abonados. (ITU, 2000)

2.2.3 Cabecera

"La cabecera es el centro desde el que se gobierna todo el sistema. Su complejidad depende de los servicios que ha de prestar la red." (Ingenieriatic, 2020) en el caso de la red del ICE la cabecera está ubicada en Florida de Tibás, es en este punto donde se gestionan un porcentaje importante de los sistemas y plataformas, la complejidad depende de los servicios que se prestan en la red y con base a los servicios la variedad de dispositivos que permitan la recepción, procesamiento, codificación, modulación y transmisión de señales de la cantidad de servicios ofrecidos mediante la red HFC.

Dentro de las plataformas del headend se encuentran los dispositivos y plataformas que permiten monitorear la red y supervisar el correcto funcionamiento. Debido a lo anterior el mantenimiento de la cabecera es un procedimiento delicado y es necesario contar con las guías de mantenimiento preventivo y que estos se realicen de forma periódica, la verificación de parámetros de las diferentes señales es indispensable para mantener a los equipos y servicios funcionando de forma adecuada. y mantener en constante evaluación la posibilidad

de planear la migración hacia nuevas tecnologías previendo el aumento de consumo de ancho de banda por parte de los clientes.

2.2.3.1 CMTS

CMTS (Cable Modem Termination System) en español Sistema de Terminación de Cable Módems es un equipo que se encuentra en la cabecera de la compañía de cable y se utiliza para proporcionar servicios de datos de alta velocidad, servicios de voz y video sobre el estándar DOCSIS. Para proporcionar dichos servicios de alta velocidad, la compañía conecta sus CMTS mediante el protocolo IP, mediante enlaces de datos de alta capacidad a un proveedor de servicios de red, el CMTS habilita la comunicación con los cable módems instalados en las casa de los abonados, los CMTS tienen las capacidades de ruteo haciendo uso del protocolo de Internet (IP) y además componentes de Radio Frecuencia (RF) para transferir datos, video y voz mediante el estándar DOCSIS. (CableLabs, 2015)

El anexo 3 Sistema de Terminación de Cable Módems (CCAP) presenta uno de los modelos de equipo de núcleo con los que cuenta el ICE en operación, CCAP/CMTS compatible con DAA, con los módulos de hardware preparados para habilitar DOCSIS 3.1, además puede ser utilizado como CCAP Core extendiendo su capacidad a otras regiones mediante nodos o shelves Remote PHY.

2.2.3.2 Plataformas ópticas de Tx y Rx.

Los transmisores ópticos se encuentran tanto en la cabecera o centrales como en cada uno de los nodos ópticos de la red HFC, son los equipos que median la comunicación hasta y desde el nodo óptico mediante el tramo de red troncal de fibra óptica. (ITU, 2000) En este

punto se hace referencia a los equipos de transmisión y recepción ubicados en la cabecera o centrales.

“En las comunicaciones a través de fibras ópticas los transmisores y receptores ópticos son los dispositivos encargados de tomar la señal eléctrica en forma de voltaje o corriente y convertirla en una señal luminosa con el objetivo de transportar información a través de la fibra. La complejidad del transmisor y receptor depende del tipo de señal o información que se quiere enviar, si es análoga o digital, el tipo de codificación, y de la clase de fuente luminosa que se va a modular.” (Instituto Técnologico de Aguascalientes, 2014) A este equipo se le alimenta desde la cabecera o central con las señales Broadcast (Televisión digital, análoga o ambas) y a un segundo puerto generalmente tipo F se le inyectan las señales Narrowcast en el cual se le inyecta la señal proveniente del puerto de Downstream. Los transmisores ópticos de la red HFC del ICE al transmitir varias señales simultaneas análogas y digitales realizan una multiplexación eléctrica o óptica de todas las fuentes de los puertos de Broadcast y Narrowcast que son transmitidos.

“El detector es un dispositivo que convierte fotones en electrones, un receptor se compone de un detector y de los circuitos necesarios asociados que lo capaciten para funcionar en un sistema de comunicaciones ópticas, transformando señales de frecuencias ópticas a frecuencias inferiores, con la mínima adición de ruido indeseable y con un ancho de banda suficiente para no distorsionar la información contenida en la señal (analógica o digital).” (Instituto Técnologico de Aguascalientes, 2014) En el caso de los receptores en la red del ICE son receptores análogos, este receptor amplifica la señal de salida del fotodetector para posterior demodular la señal.

Las plataformas ópticas con las que cuenta el ICE en mayor porcentaje de equipos son los chasis Optopus del fabricante WISI, los transmisores LX11 de esta plataforma están preparados para DOCSIS 3.1 fullband (15-1218MHz) (WISI, 2020), los receptores utilizados son los modelo LX22, con la capacidad de recibir el rango de frecuencias de 5-204MHz lo que permite adoptar el estándar DOSCIS 3.1. y homologarse con las capacidades de recepción y transmisión de las frecuencias de la tarjeta de línea de los CMTS modelo cBR-8.

En el anexo 4 Chasis plataforma óptica WISI OPTOPUS se muestra un chasis de una de la plataforma ópticas con las que cuenta el ICE en producción, equipo modular con característica hot-swap en transmisores, receptores, fuentes de voltaje y abanicos. Equipos con gestión local y remota.

La segunda plataforma óptica con mayor porcentaje de transmisores y receptores en producción son del fabricante ARRIS con el modelo GX2. Los trasmisores utilizados en esta plataforma son los de la serie GX2-LM1000E con un rango de operación de ancho de banda de 47 a 1003 MHz. Los receptores utilizados en esta plataforma son de la serie GX2-X200BX4 cuentan con un ancho de banda operacional de 5-200MHz.

2.2.3.3 Plataformas de gestión RF

Dentro de las plataformas ubicadas en las cabeceras y centrales se encuentra un número considerable de elementos pasivos como lo son los splitters/combinadores y elementos activos como los amplificadores de RF.

En este caso los elementos con los que cuentan el ICE son del fabricante ATX y cuenta con los modelos MAXNET I (1GHz) y la versión MAXNET II (1.2GHz), plataforma

compatible con los requerimientos del estándar DOCSIS 3.1. En el anexo 5 Chasis plataforma ATX MAXNET II hace referencia a un chasis con sus compones.

2.2.4 Red troncal

La red troncal es la encargada de distribuir la señal transmitida desde la cabecera hacia los diferentes sectores o nodos que abarca la red HFC (The Fiber Optic Association, 2014), en la red del ICE estos nodos se encuentran interconectados en el caso de la red HFC del ICE mediante conexiones punto a punto, esta señal en sentido descendente también es llamada de directa (desde la cabecera hacia el cliente), una vez la señal entregada a los nodos, en este equipo es donde ocurre la conversión de medio, pasando de una señal óptica en una señal eléctrica y que se distribuye haca los clientes a través de la red de distribución de coaxial.

La red troncal de fibra óptica es pasiva, no cuenta con amplificadores gracias a las bondades que presenta la fibra óptica, la señal transmitida a través de este medio se entrega a los nodos prácticamente sin degradación alguna.

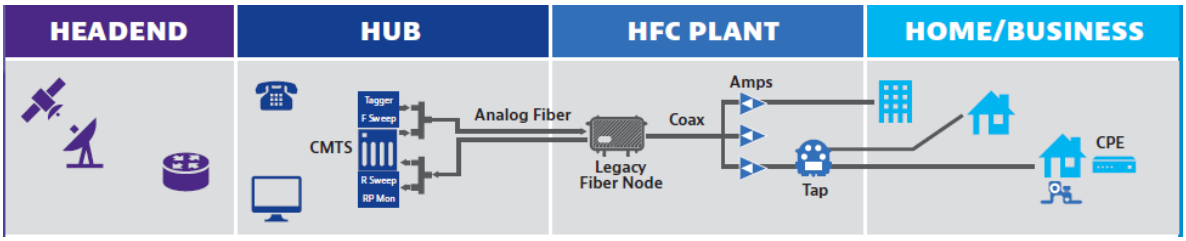
2.2.5 Red de distribución

“Parte de la red HFC encargada de la distribución de señales desde el NODO óptico hasta cada uno de los usuarios de la red, recorriendo amplificadores de señal, dispositivos de distribución hasta llegar al cliente final.” (Ingenieriatic, 2020) Este segmento de la red emplea cable coaxial con una topología tipo bus, este tramo de red se puede ubicar desde el nodo hasta la última derivación antes de la acometida del abonado o cliente, debido a las pérdidas que presenta el cable coaxial es requerido el uso de amplificadores que se conectan en cascada para garantizar los niveles operacionales hasta la acometida del cliente.

En los nodos ópticos también se reciben las señales de retorno de los clientes, es por eso que en este punto se convierten las señales eléctricas a ópticas para ser transmitidas a la cabecera.

En la figura 3 se presenta un esquema de la red HFC tradicional y sus principales componentes. La red de distribución trabaja con señales RF y el nodo es el convertidor de medio entre fibra óptica a coaxial, de señales ópticas a señales de RF y viceversa con las señales de retorno.

Figura 3. Esquema red HFC



Fuente: VIAVI Solutions, 2018.

La red de distribución consta de elementos activos, pasivos como se presenta a continuación:

2.2.6 Elementos activos

Los elementos en la red que requieren energía eléctrica para su funcionamiento son considerados elementos activos.

2.2.6.1 Nodo

El Nodo óptico es un equipo activo que permite convertir las señales ópticas a eléctricas en el caso de las señales de descarga o directa, la conversión de señales sucede de forma inversa cuando se trata de las señales de retorno o de subida, el nodo está constituido por una

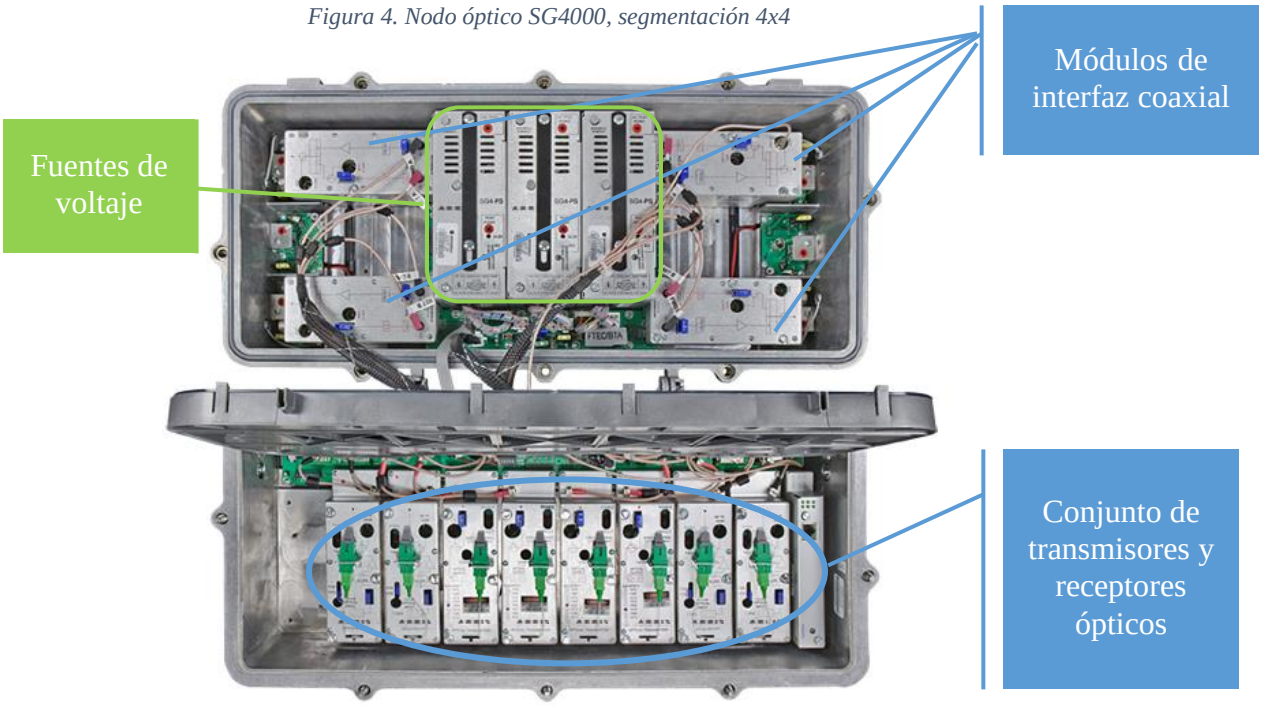
variedad de módulos, entre los que se encuentran transmisores ópticos, receptores ópticos, generalmente cuatro módulos de interfaces coaxiales donde se despliegan las troncales del nodo.

El nodo óptico según las cargas de la red en cuanto a la cantidad de clientes conectados puede ser segmentado mediante los módulos internos, en la red del ICE existen nodos segmentados internamente, existen diferentes posibilidades de trabajar los nodos:

- 1x4: en este escenario el nodo cuenta con un módulo de recepción óptico y un transmisor para las señales de retorno, la señal recibida es enviada a los cuatro módulos de interfaz coaxial.
- 2x4, se cuentan con dos receptores ópticos y dos trasmisores ópticos, cada uno de los receptores alimentaría dos de los módulos de interfaz coaxial y cada uno de los transmisores ópticos trasmitirían la señal de retorno hacia la cabecera de dos módulos de interfaz coaxial.
- 4x4 en este caso el nodo internamente cuenta con cuatro receptores ópticos y cuatro transmisores ópticos, por lo que cada receptor óptico alimentará un módulo de interfaz coaxial y cada retorno del módulo de interfaz coaxial estará siendo conectado a un transmisor óptico del nodo.

En la siguiente figura se muestra un nodo óptico del fabricante ARRIS con una segmentación interna 4x4, se muestra 4 receptores y 4 transmisores instalados en el mismo nodo con el fin de atender grupos de clientes por troncal, por lo que desde el CMTS se le brindan una mayor cantidad de recursos por troncal que son alimentadas por los módulos de interfaz coaxial.

Figura 4. Nodo óptico SG4000, segmentación 4x4



Fuente: ARRIS Enterprises LLC. 2019

Según la segmentación interna del nodo elegida será la cantidad de hilos de fibra óptica y puertos del CMTS que se requieren para su operación. En el escenario de un nodo óptico con operando 1x4 se requieren al menos dos hilos de fibra óptica desde la cabecera hasta el nodo óptico, un hilo para el receptor del nodo donde estará captando las señales de descarga enviadas desde la cabecera y un hilo de fibra óptica del transmisor del nodo hasta cabecera para las señales de subida o Upstream. Una vez que el nodo ha realizado la conversión de señales ópticas a RF, esta última será distribuida por los cuatro puertos coaxiales con los que cuenta el nodo y así llegar al cliente.

La señal de retorno o Upstream (US) en las redes HFC ocupa la parte baja del espectro, en el caso de la red HFC del ICE utiliza las frecuencias de 5MHz a 42MHz. La señal generada por los cable módems o CPE recorre la red de distribución coaxial en sentido ascendente, atravesando amplificadores bidireccionales hasta llegar al nodo óptico, donde se concentran

todas las señales de retorno y se convierten en señales ópticas por medio del láser de retorno para ser transmitidas hasta la cabecera. Los nodos ópticos poseen cuatro salidas coaxiales troncales eléctricas con una ganancia de 34 dBmV.

2.2.6.2 Amplificadores

Los amplificadores son equipos activos que permiten mantener los niveles de la señal en un estado óptimo, ya que compensan las pérdidas que la señal ha sufrido debido a la atenuación que se presenta a lo largo de su transmisión por el cable coaxial. (Noll, 2015) Los diseños de HFC cada vez son planificados con una menor cantidad de etapas de amplificación, ya que lo ideal es un nodo óptico sin etapas de amplificación conocido como nodo+0 (N+0), esto porque en el proceso de regeneración de señal los amplificadores aumentan el nivel de la señal y el ruido presente en toda señal, por lo tanto, entre mayor cantidad de amplificadores aumenta la posibilidad de generar distorsiones en la señal debido al incremento de ruido.

Los amplificadores se pueden subdividir dependiendo de características como niveles de entrada, cantidad de salidas, niveles de salida y capacidades de ganancia, las siguientes son las clasificaciones:

- BTD (Broadband Truck Distribution): Es un amplificador que entrega cuatro salidas balanceadas.
- MB o Mini–Bridger: Tiene 2 o 3 salidas, puede ser configurado para obtener dos salidas balanceadas.
- LE (Line Extender): Presenta una sola salida, son utilizados en la parte final de la red de distribución y alimenta los Taps que llevan la conexión al usuario

2.2.7 Elementos Pasivos

Los elementos pasivos de una red HFC son aquellos que no requieren energía eléctrica para su funcionamiento.

2.2.7.1 Acoplador

Es un dispositivo pasivo derivador de señal de RF, es utilizado para diseñar una red principal de un solo cable coaxial troncal, donde a lo largo de su recorrido se va derivando la señal a los diferentes puntos de conexión, (Commscope, 2020) este elemento a diferencia del splitter tiene diferentes niveles de atenuación y con pérdidas muy bajas en los puertos troncales (Out).

En el anexo 6 Acoplador direccional se presenta un modelo de acoplador.

Este pasivo cuenta con una única entrada de coaxial y dos salidas debidamente identificadas, en la primera salida identificada con la palabra “OUT” presenta niveles muy aproximados de potencia y voltaje a los ingresados al pasivo, la salida presenta una ligera atenuación por inserción de los niveles de RF. La segunda salida cuenta con una atenuación que es determinada según diseño de la red y está identificada en el pasivo, indica la atenuación en dB que posee la salida de RF donde se estaría colocando un TAP.

2.2.7.2 Insertor RPI

La fuente de alimentación de los elementos activos de la red está interconectada con los cables coaxiales de la red, mediante un inyector de alimentación protegido por un fusible que permite proveer de voltaje ya sea a 63VAC 89VAC según se requiera. (Commscope, 2019)

La imagen de un Insertor RPI se encuentra en el anexo 7 Insertor RPI.

2.2.7.3 TAP

Elemento pasivo que constituyen el límite entre la red de distribución y es el punto de inicio de la red de acometida, el TAP es el último elemento de la red de distribución, este punto es donde se extrae la señal del cable de distribución para brindar el servicio a los clientes.

Este elemento de red tiene una única entrada, puede tener una salida directa y cuenta con varias boquillas o salidas tipo F, (Noll, 2015) en cada salida se obtiene la señal atenuada requerida por los dispositivos finales, existen modelos de Taps con cantidad de salidas diferentes, existen de 2, 4 y 8 salidas.

Las atenuaciones de las salidas de RF dependen del dispositivo y corresponden a las pérdidas por derivación: 29dB, 26dB, 23dB, 20dB, 17dB, 14dB, 12dB, 10dB, 7dB y 4dB. Las pérdidas por inserción son cercanas a 1 dB. (ARRIS, 2019) Existe un tipo de TAP conocido como Terminal que tiene salidas atenuadas, pero no cuenta con una salida directa.

La imagen de un TAP se puede encontrar en el anexo 8 TAP de cuatro salidas tipo F.

2.2.7.4 Splitter

Un splitter o divisor se utiliza en las redes HFC para dividir una señal y permitir su distribución. (Countryman Network Supply, 2020) Existen splitters de diferentes valores dependiendo del diseño y ubicación dentro de la red, este elemento puede ser ubicado tanto en la red de distribución como en la red de acometida.

En el caso de los splitters de la red de distribución poseen una entrada directa y una o dos salidas, los que cuentan con dos puestos de salida tienen dos salidas balanceadas, es decir

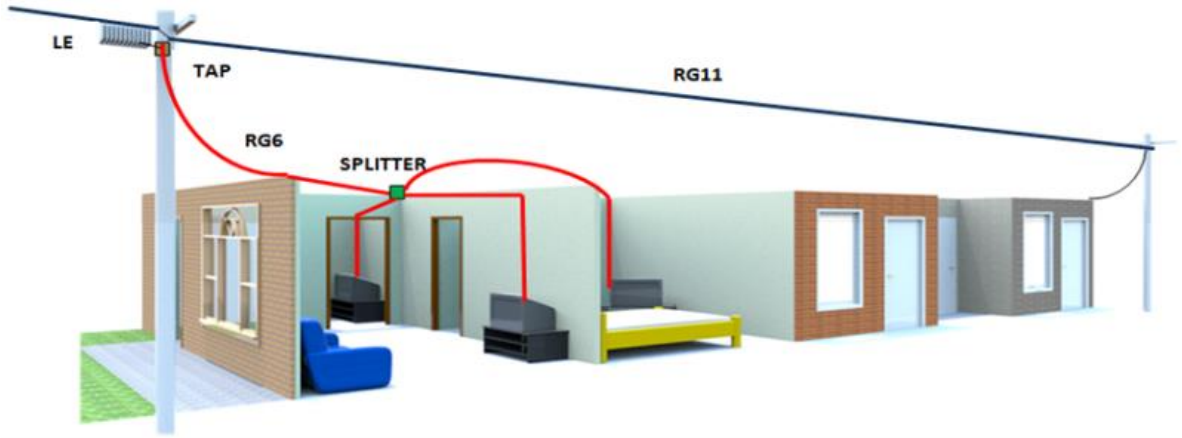
con la misma atenuación, que corresponden a la mitad del nivel de RF encontrado a la entrada del splitter. (Commscope, 2020)

Estos elementos son bidireccionales y las señales de retorno que ingresan por los puertos de salida se combinan al salir por el puerto de entrada. Un modelo de este componente se presenta en el anexo 9 Splitter típico red de distribución.

2.2.8 Red de acometida

Es el último segmento de una red HFC, este tramo que permite interconectar a los clientes mediante una arquitectura tipo árbol (ITU, 2000) con la red de distribución, la red de acometida inicia en el Tap hasta el CPE en la casa del cliente. El tipo de coaxial utilizado en este tramo típicamente es RG6 y en casos donde la acometida se debe extender en cantidad de metros se utiliza RG11. En la figura 5 se puede ver de forma clara la porción de la red a la que se le llama acometida.

Figura 5. Red de acometida



Fuente: Universidad Técnica del Norte Ibarra, Ecuador

2.2.9 Equipos terminales

Los equipos terminales en el caso de los servicios brindados mediante la red HFC son los Set Top Box (STB) mediante el cual se brindan los servicios de televisión digital, Cable Módem para los servicios de Internet y unidades para integrar el servicio telefónico (Durcatel, 2020) este último en el caso del ICE utiliza un IAD (Integrated Access Devices) Huawei, no se estará detallando este equipo debido a que el rediseño de la red de acceso y uso del espectro radioeléctrico no estará afectado su funcionamiento.

2.2.9.1 Cable Modem

Es un Modulador-Demodulador ubicado en las casas de los usuarios. Este equipo permite establecer un enlace IP con el CMTS a través del estándar DOCSIS para acceder a servicios de Internet. (López, 2020) En el rediseño de la red de acceso HFC haciendo uso de Remote PHY los equipos terminales como Cable Módems no requiere ningún reemplazo, sin embargo es recomendable la adquisición de equipos con mayor capacidad de channel bonding, sin embargo en una primera instancia no representa un costo asociado de materiales y temas logísticos de coordinación y visita al cliente.

Mediante el anexo 10 Cable Modem se presenta un modelo del fabricante ARRIS.

2.2.9.2 Set Top Box

El STB permite la decodificación de la señal de televisión digital, es por esto que también es conocido por el nombre de Decodificador. Estos equipos disponen de una etapa de demodulación de RF, mediante este equipo se agregan funciones de Sistema de Acceso Condicional (CAS), incorpora funciones como Guía Electrónica de Programación (EPG). y la posibilidad de grabar contenido (PVR) (IUMA, 2020)

A través del anexo 11 STB marca DMT se muestra la imagen de uno de los STB utilizados en la red HFC del ICE, en este caso marca DMT.

2.2.10 Medios de transmisión

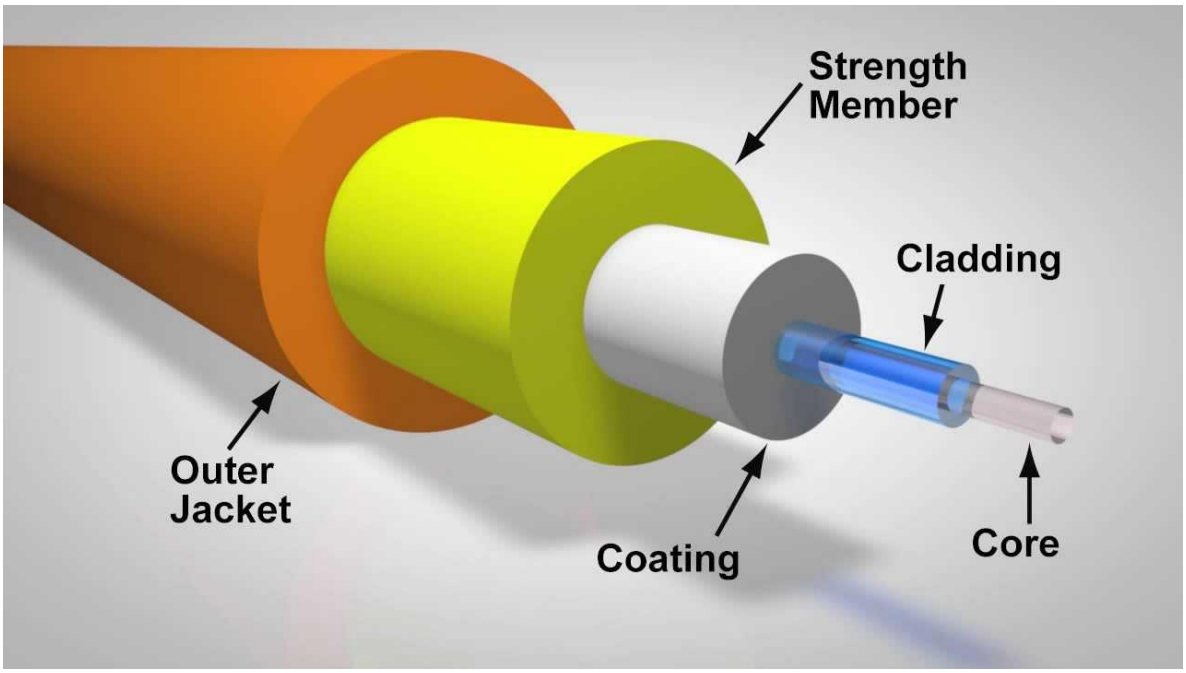
2.2.10.1 Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión para sistemas de comunicación que debido a las características que presenta como la inmunidad a la interferencia electromagnética, capacidad de ancho de banda superior, operación en un amplio rango de temperatura, las dimensiones y peso de la fibra óptica aporta otra ventaja sobre medios de transmisión metálicos, baja atenuación por lo que se pueden recorrer grandes distancias son elementos activos en la red como amplificadores.

La fibra óptica está compuesta por un hilo delgado, generalmente hecho de vidrio de cuarzo (SiO2), a diferencia de otros conductores guiados que transmiten información por medio de señales eléctricas, la fibra óptica lo realiza a través de señales lumínicas; utiliza pulsos de luz que viajan a velocidades muy altas cercanas a la velocidad de la luz dependiendo el índice de refracción n. (Agrawal, 2012)

La fibra óptica está compuesta por una serie de capas, como se puede observar en la figura 6.

Figura 6. Estructura cable Fibra Óptica



Fuente: Shenzhen Gelink Technology Limited. 2016

Core o núcleo: "El núcleo, que transporta la luz, es la parte más pequeña de la fibra óptica. El núcleo de fibra óptica generalmente está hecho de vidrio, aunque algunos están hechos de plástico. El vidrio utilizado en el núcleo es dióxido de silicio extremadamente puro (SiO2)" (Telectrónika, 2018). Es la parte central del conductor de fibra óptica, utilizado para la transmisión de ráfagas de luz generalmente por una fuente láser. La conducción de luz a través del núcleo es posible gracias a que su índice de refracción $n1$ es mayor al índice de refracción del recubrimiento $n2$, dando lugar así al fenómeno conocido como reflexión interna total.

Revestimiento (Cladding): "la función del revestimiento es proporcionar un índice de refracción más bajo en la interfaz del núcleo para provocar la reflexión dentro del núcleo de modo que las ondas de luz se transmitan a través de la fibra." (BELDEN, 2020). Es la capa

que protege y cubre al núcleo, es fabricada con el mismo material del núcleo con la única diferencia que tiene un índice de refracción $n2$ que es menor al del núcleo.

Recubrimiento (Coating): “Los recubrimientos son generalmente capas múltiples de plásticos aplicados para preservar la resistencia de la fibra, absorber los golpes y proporcionar protección adicional de la fibra. Estos recubrimientos están disponibles desde 250 micras hasta 900 micras.” (BELDEN, 2020)

Elementos de refuerzo (Strength Member):” Los elementos de refuerzo que suelen utilizarse son los hilos de aramida, los mismos que se utilizan en los chalecos antibalas, usualmente conocidos a través de la marca comercial de Dupont, Kevlar, que absorben la tensión que se produce al aplicar una fuerza de tracción sobre el cable y brindan amortiguación a las fibras. Las fibras de aramida no solo se utilizan porque son fuertes, sino también porque no se estiran. Si se tira con fuerza de ellas, no se estirarán, pero pueden llegar a quebrarse si la tensión excede sus límites. Esto garantiza que los elementos de refuerzo no se estiren y relajen y, así, las fibras se mantienen unidas dentro del cable” (The Fiber Optic Association, 2020)

Chaqueta del cable (Outer Jacket): “Es la capa externa de protección de las fibras que se elige para que estas resistan los efectos del medioambiente en el lugar de instalación del cable. Los cables que se instalan en exteriores suelen ser de polietileno negro (PE), que resiste la exposición a la humedad y a la luz solar. Los cables que se instalan en interiores suelen tener chaquetas con componentes que retardan el fuego; estas chaquetas pueden tener un código de colores para identificar a las fibras dentro del cable. Los cables para instalaciones tanto en interiores como en exteriores suelen tener una chaqueta exterior de PE que puede

quitarse para que quede la chaqueta interior, que posee componentes ignífugos y, así, utilizar el cable en interiores.” (The Fiber Optic Association, 2020)

2.2.10.2 Coaxial

La palabra coaxial es el resultado de una contracción de “common access” (coax) (ALFA’R, 2017), en español “acceso común”.

Núcleo: es la parte central que vemos al realizar un corte transversal, el material del núcleo es una aleación de cobre y acero, que combina la alta resistencia mecánica del acero con la conductividad y resistencia a la corrosión del cobre. Es el que se va a encargar de transportar todas las señales. (ALFA’R, 2017)

Dieléctrico: capa que aísla el núcleo de la capa de blindaje, el objetivo del dieléctrico es evitar que entren el contacto el blindaje con el núcleo evitando que las señales o el ruido que se encuentren en la malla realicen interferencias con las señales transportadas en el núcleo. (ALFA’R, 2017)

El Blindaje: protege los datos que se transmiten, absorbiendo el ruido, de forma que no pasa por el cable y no existe distorsión de datos.

Cubierta exterior: “cubierta exterior no conductor (normalmente hecha de goma, teflón o plástico) rodea todo el cable, para evitar las posibles descargas eléctricas.” (EcuRed, 2019)

2.2.10.2.1 Tipos de Cable Coaxial

Los tramos de la red HFC que están compuestas por cable coaxial pueden tener diferentes calibres dependiendo de la necesidad del mismo.

2.2.10.2.2 Cable Coaxial .750

La estructura del cable coaxial de distribución es constituida por un núcleo de aluminio que puede estar cubierto con una capa de cobre, el dieléctrico, sobre este un conductor externo de aluminio en forma de lámina rígida y la última capa está constituida por el aislante en la cual puede incorporar un mensajero de acero que permite asegurar el cable a los postes o edificios.

Los diámetros de los cables en la red de distribución son de diámetro mayor, lo que permite una menor atenuación de la señal. Es usual encontrar coaxial 0.500 o 0.750 pulgadas de diámetro. Este es el cable que va alimentado desde el nodo óptico en cada uno de los cuatro puertos de salida. La red coaxial debe mantener una impedancia de 75 ± 2 Ohms. (UIT, 2000)

La atenuación típica del coaxial de 0.750 pulgadas de diámetro cada cien metros de recorrido a 20 °C se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2 Atenuación típica por frecuencia coaxial 0.750

Frecuencia en mHz	dB cada 100 m
5	0.36
55	1.21
211	2.43
250	2.66
300	2.92
400	3.45
500	3.87
600	4.3
750	4.86
1000	5.71

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de Indecable S.A.

2.2.10.2.3 Cable Coaxial .500

En habitual encontrar este calibre de cable coaxial en la red de distribución a partir del primer amplificador de una troncal hasta el TAP final, además de transmitir la señal de RF provee de energía eléctrica a los equipos activos de la red que va interconectado. Es conocido como cable 500 por el diámetro de 0.500 pulgadas. Tanto el .750 como el cable .500 mantienen una impedancia característica de 75 Ohmios y una velocidad de propagación de 87% de la velocidad nominal.

La atenuación típica del coaxial de 0.500 pulgadas de diámetro cada cien metros de recorrido a 20 °C se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3 Atenuación típica por frecuencia coaxial 0.500

Frecuencia en MHz	dB cada 100 m
5	0.52
55	1.17
211	3.58
250	3.94
300	4.3
400	5.02
500	5.67
600	6.27
750	7.09
100	8.27

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de Indecable S.A.

2.2.10.2.4 Cable Acometida

La acometida comprende desde el tramo de cable RG6 o RG11 conectado en el TAP hasta la distribución interna del cliente que conecta a los equipos terminales, sean estos decodificadores o cable módems, en el caso de la televisión análoga se encuentre habilitada

la red del ICE se estaría conectado el televisor del cliente son necesidad de un STB. Típicamente es utilizado el cable coaxial RG6.

El cable RG11 también es utilizado en acometidas, principalmente en instalación vertical en edificios o condominios, debido a que cuenta con una menor atenuación que el RG6 es recomendado para acometidas largas lo que permite mantener de mejor manera el nivel de la señal. Se recomienda la utilización de RG11 cuando los tramos son mayores a 50 m.

Figura 7. Cable coaxial RG6

Fuente: ALFA'R, 2017.

En la figura 7 se muestra la estructura típica de un cable coaxial RG-6 usualmente utilizado en acometidas domiciliarias y distribuciones internas propias de la casa de habitación o edificio donde se instala el servicio del cliente.

2.2.11 Estándar

DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification), se refiere a un estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable, lo que permite añadir transferencias de datos de alta velocidad

a un sistema de televisión por cable (CATV) existente. Operadores de televisión por cable lo emplean para proporcionar acceso a Internet sobre una infraestructura HFC existente.

“CableLabs es financiado por sus compañías miembros de la industria del cable como un laboratorio de innovación e investigación sin fines de lucro bajo el estado del Código de Rentas Internas 501(c)(6). En consecuencia, CableLabs existe para el beneficio de la industria del cable para desarrollar tecnologías y especificaciones para la entrega segura de datos de alta velocidad, video, voz y servicios de próxima generación.” (CableLabs, 2019) Hoy en día está conformada por cerca de 70 operadores del sector de cable en Estados Unidos, Canadá, México, América Central, Sur América, el Caribe, Europa, Asia, y Australia. CableLabs ha estado detrás de los desarrollos de las diferentes versiones de DOCSIS, PON; Arquitecturas de Acceso Distribuido, Mantenimiento Proactivo de la Red (PNM).

La primera especificación del estándar DOCSIS fue la versión 1.0, publicada 1996, proporcionaba Internet de banda ancha, se alcanzaban 40Mbps de descarga y hasta 10Mbps de subida con esta primera versión del estándar.

La segunda versión fue DOCSIS 1.1 en abril de 1999, esta versión permitió la incorporación de servicios simétricos como VoIP (voz sobre protocolo IP), streaming y juegos. Esta versión del estándar no trajo mejoras sobre las velocidades de descarga o subida.

En el año 2001 Cablelabs lanzó la versión 2.0 de DOCSIS, en esta versión la mejora sustancial estuvo enfocada en las velocidades de subida, pasando de 10Mbps a 30Mbps.

DOCSIS 3.0 permitió por primera vez alcanzar velocidades del orden de los Gbit/s sobre una red HFC, un salto muy importante tanto en la velocidad de descarga como la de subida

que pasó de 30Mbps hasta alcanzar velocidades de 200Mbps. Estas velocidades fueron posibles gracias a la incorporación de “channel bonding”, característica que permite agrupar varios canales de datos de forma simultánea. Además, este lanzamiento incorporó la compatibilidad con IPv6. La versión DOCSIS 3.0 fue lanzada en el 2006.

“Channel bonding combina varios canales de RF en un canal virtual. Las velocidades de datos en este canal virtual varían de cientos de megabits a potencialmente gigabits por segundo, creando más ancho de banda disponible en la red.” (Cisco Systems, 2020)

DOCSIS 3.1 esta versión del estándar introdujo por primera vez modulaciones OFDM, modulación que permite un salto exponencial en cuanto a las velocidades del servicio de Internet que se pueden brindar, la velocidad de descarga pasando de 1Gbps a 10Gbps, la subida consiguiendo de 1Gbps hasta 2Gbps de velocidad. El 2013 fue el año de presentación de esta versión del estándar.

DOCSIS 4.0 es la versión actual del estándar, liberada por CableLabs en el 2019, debido a al corto tiempo que ha transcurrido desde la publicación de esta versión a la fecha los fabricantes del sector se encuentran realizando desarrollos con equipos que soporten esta versión. Las bondades de esta versión principalmente están enfocadas en un aumento en la velocidad de subida de hasta 6Gbps

La versión europea de DOCSIS se denomina Euro-DOCSIS. La principal diferencia es que, en Europa, los canales de cable tienen un ancho de banda de 8 MHz (PAL), mientras que, en Norte América, es de 6 MHz (NTSC). Esto se traduce en un mayor ancho de banda disponible para el canal de datos de bajada (desde el punto de vista del usuario, el canal de bajada se utiliza para recibir datos, mientras que el de subida se utiliza para enviarlos).

La figura 8 engloba las principales características de las versiones del estándar DOCSIS.

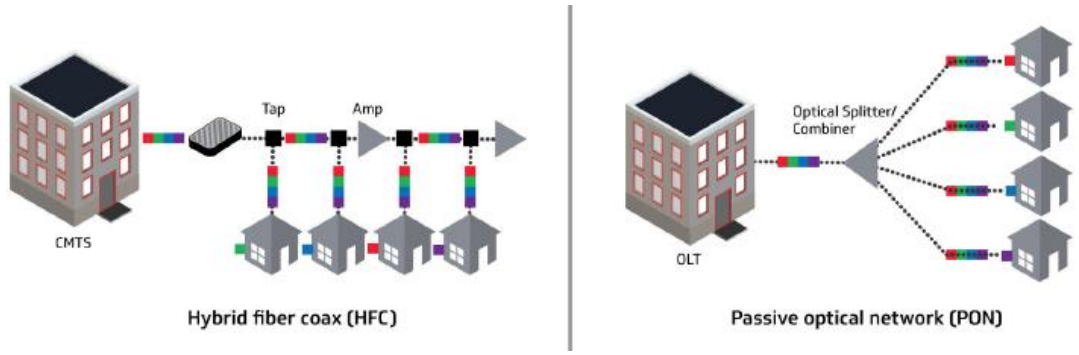
Figura 8. Evolución estándar DOCSIS

	DOCSIS 1.0	DOCSIS 1.1	DOCSIS 2.0	DOCSIS 3.0	DOCSIS 3.1	DOCSIS 4.0
Highlights	Initial cable broadband technology, high speed internet access	Added voice over IP service, gaming, streaming	Higher upstream speed, capacity for symmetric services	Greatly enhances capacity, channel bonding, IPv6	Capacity and efficiency progression, OFDM, wideband channel	Symmetrical streaming and increased upload speeds
Downstream Capacity	40 Mbps	40 Mbps	40 Mbps	1 Gbps	10 Gbps	**10 Gbps**
Upstream Capacity	10 Mbps	10 Mbps	30 Mbps	200 Mbps	1-2 Gbps	**6 Gbps**
First Specification Issue Date	1996	1999	2001	2006	2013	**2019**

Fuente: CableLabs. 2020

Es relevante realizar una pequeña comparación de las capacidades del estándar DOCSIS con redes FTTH como GPON, inicialmente comparando las arquitecturas de red de acceso a un alto nivel. Una diferencia fundamental es que las redes PON son redes pasivas, únicamente manteniendo equipos activos a sus extremos, lo que reduce sin lugar a dudas la necesidad de mantenimientos y consumo de energía. En las redes HFC se cuentan con elementos como nodos ópticos y amplificados que requieren de alimentación eléctrica y deben de tener mantenimientos semestrales para calibración de parámetros propios de la red, las fuentes de voltaje del nodo y etapas de amplificación deben contar con bancos de batería que permitan la continuidad del servicio ante eventuales caídas de voltaje de la red comercial.

Figura 9. Comparación arquitectura de red de acceso HFC y PON



Fuente: CableLabs. 2018

La capacidad de transmisión de datos de las redes HFC excede la capacidad de redes GPON y es equiparable con redes 10G-PON en una futura implementación de full dúplex DOCSIS (FDX).

Figura 10. Capacidades de tecnologías de red

NETWORK TECHNOLOGY	CAPACITY
HFC – DOCSIS 3.1	10 Gbps downstream; 1-2 Gbps upstream
HFC – FDX DOCSIS 3.1	10 Gbps downstream; 10 Gbps upstream
FTTH – GPON	2.4 Gbps downstream; 1.2 Gbps upstream
FTTH – 10G-PON (XGS-PON & 10G-EPON)	10 Gbps downstream; 10 Gbps upstream; or 10 Gbps downstream; 1 Gbps upstream

Fuente: CableLabs. 2018

Remote Phy:” La tecnología R-PHY empuja la capa física de RF (PHY) hacia el borde de la red de acceso. Este diseño requiere que el CCAP se "divida" entre la capa MAC y la capa

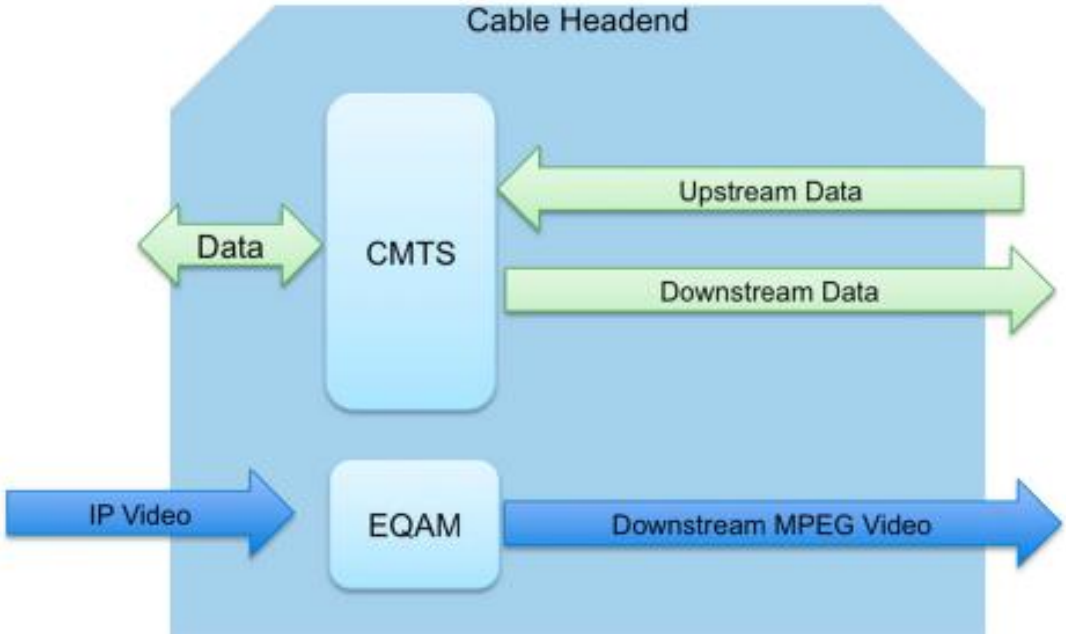
PHY. En un sistema R-PHY, el CCAP integrado se separa en dos componentes distintos. El primer componente es el CCAP Core y el segundo componente es el RPD." (Schnoor, 2017)

2.2.12 Remote Phy

Los equipos CMTS y su arquitectura se pueden subdividir en 5 categorías según su estructura de componentes, Arquitectura Base, CMTS Modular, CMTS Integrado (CCAP), CCAP Distribuido y CMTS Virtualizado.

Arquitectura Base, El CMTS era dedicado a la trasferencia de datos mediante el estándar DOCSIS, el servicio de video debía ser procesado de manera paralela mediante equipos EdgeQAM encargados de tomar el video digital IP unicast o multicast que contiene los paquetes del flujo MPEG y convertirlos a una o más salidas de RF.

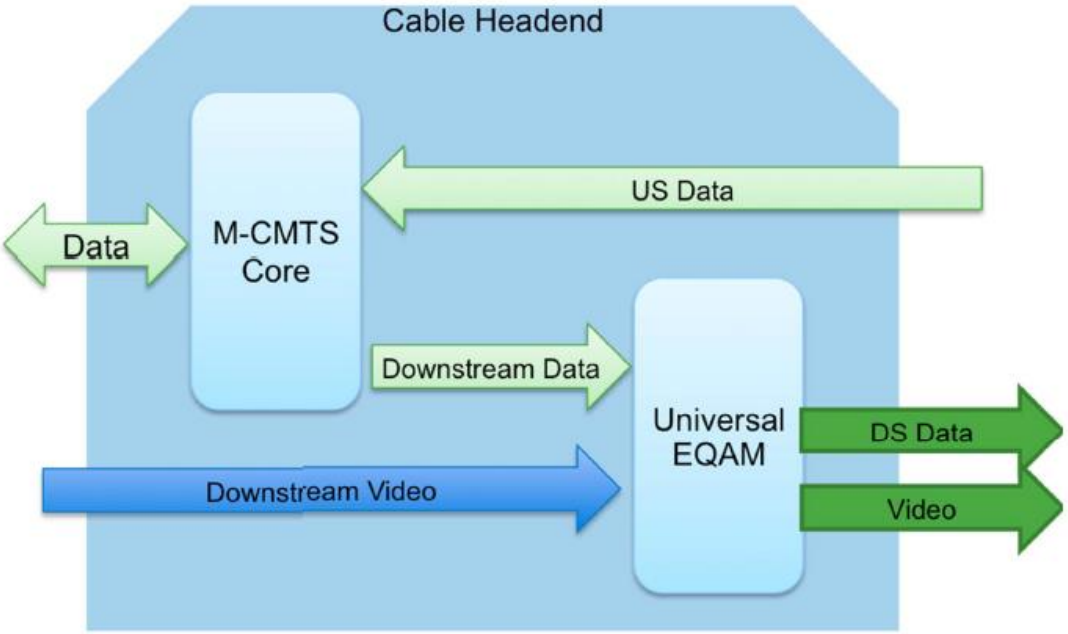
Figura 11. Arquitectura Base CMTS y Video



Fuente: Cable Television Laboratories, Inc. 2015

CMTS Modular, uno de los primeros pasos en la evolución de la plataforma de CMTS fue la creación de una arquitectura de cabecera modular (MHA Modular Headend Architecture) esencialmente movía componentes de la capa física DOCSIS de descarga (Downstream) a un equipo Edge QAM, (CableLabs, 2015)

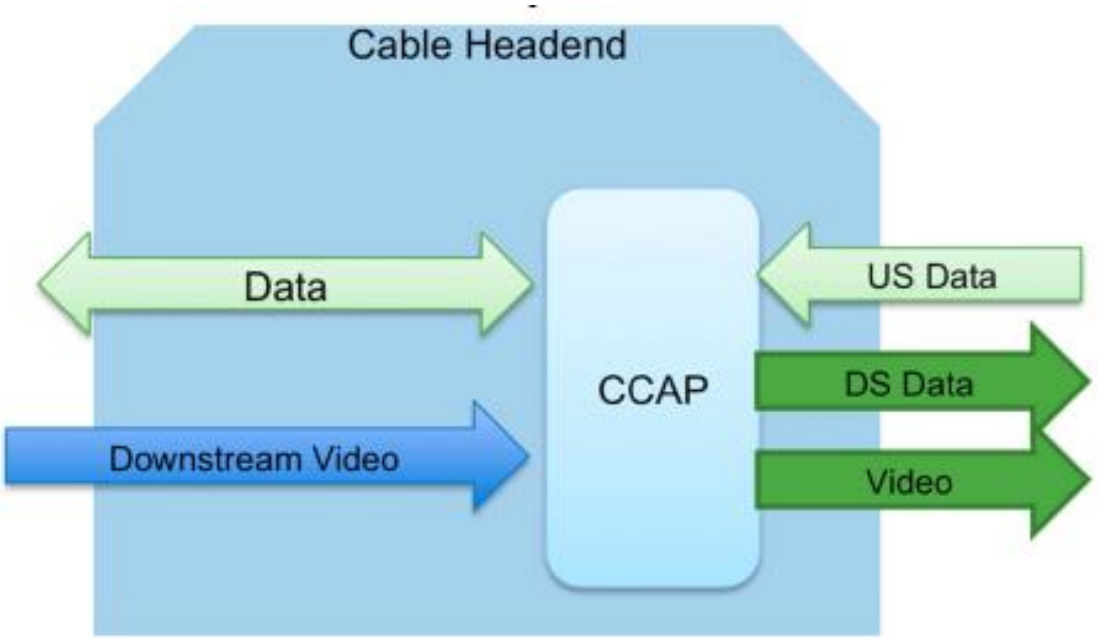
Figura 12. Sistema de Terminación de Cable Módems Modular



Fuente: Cable Television Laboratories, Inc. 2015

CMTS Integrado, fue el segundo paso de evolución, también llamado CCAP (Converged Cable Access Platform), unifica las funciones de CMTS, switching, routing y QAM de la cabecera, la información referente a video, voz y datos se encapsulan mediante el protocolo IP antes de ser procesadas por el CMTS y convertidas a señales de RF. El CCAP elimina la necesidad de las etapas de combinación en la cabecera. (CableLabs, 2015)

Figura 13. Plataforma Convergente y Evolucionada de Acceso por Cable Convergente (CCAP)



Fuente: Cable Television Laboratories, Inc. 2015

CCAP Distribuido, esta propuesta está orientada en colocar la funcionalidad del CMTS/CCAP en una locación remota, reemplazando el nodo óptico tradicional en primera instancia y cada vez más cerca del usuario final. El CCAP distribuido se puede subdividir en 3 arquitecturas: Remote PHY, Remote MAC-PHY y las variaciones de Split-MAC.

Remote PHY mueve la capa física de los moduladores QAM de Downstream y los demoduladores QAM de Upstream del CMTS al nodo óptico, dejando las funciones de procesamiento MAC, aprovisionamiento y funciones de monitoreo en la central de servicio o cabecera.

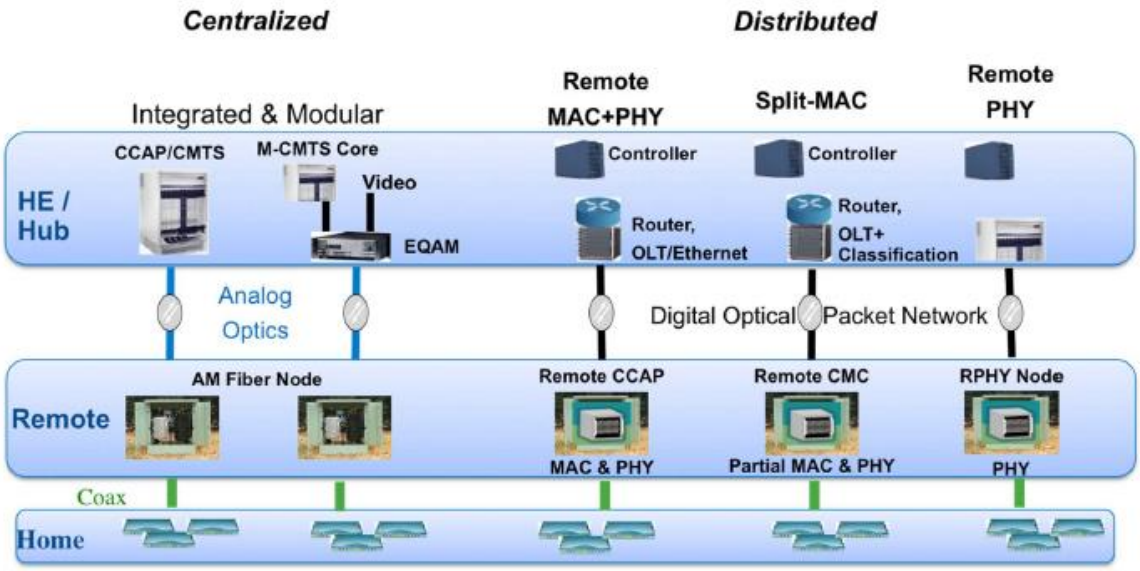
Remote MAC-PHY lleva por completo el CMTS/CCAP a la planta externa encapsulando la solución completa en una carcasa.

Las variaciones de Split-MAC es un escenario intermedio entre Remote PHY y Remote MAC-PHY, donde parte de la funcionalidad de la capa MAC se encuentra en la cabecera y

otra parte es colocada en el nodo óptico, sin embargo, esta opción ha sido la menos llamativa en el marcado europeo y americano. (CableLabs, 2015)

En la siguiente imagen se pueden distinguir algunas de las características propias de las arquitecturas centralizadas (CCAP), modulares y arquitecturas distribuidas con la incorporación de Remote PHY, Remote MAC-PHY y Split-MAC

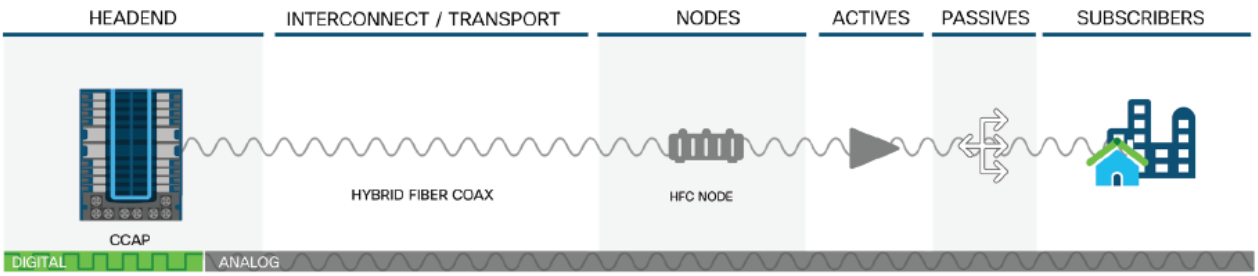
Figura 14. Arquitectura Centralizada y Distribuida



Fuente: Cable Television Laboratories, Inc. 2015

En la imagen anterior se aprecia una característica disruptiva entre las arquitecturas centralizadas con respecto a las distribuidas, es el reemplazo de transmisores ópticos analógicos por trasmisores ópticos digitales, esto se consigue reemplazando los transmisores analógicos tradicionales de las redes HFC por SFP ya que la comunicación hasta el nodo o Shelf es mediante una red ethernet, este cambio brinda una escalabilidad minina de Gigabit a la red.

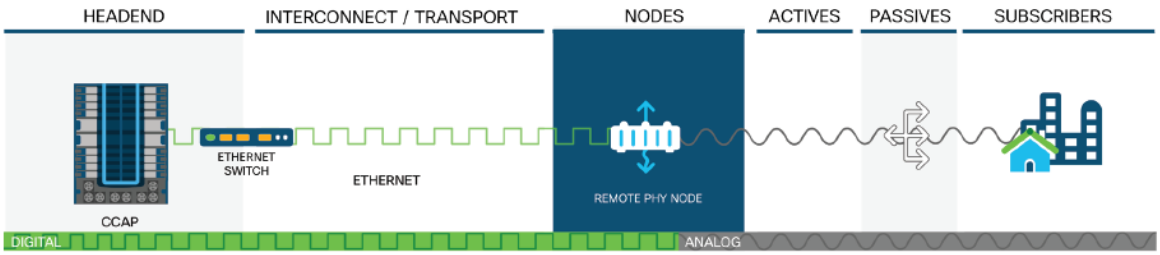
Figura 15. Arquitectura tradicional CCAP análoga



Fuente: Cisco Systems. 2019

La arquitectura representada en la imagen anterior muestra el CMTS/CCAP interconectado a un nodo óptico tradicional mediante un enlace de fibra óptica haciendo uso de un transmisor óptico analógico (laser análogo). El nodo realiza una conversión de señales de óptico a RF saliendo de este punto a la red de coaxial, en la cual encuentran los elementos activos amplificadores y elementos pasivos como divisores y Taps.

Figura 16. Digitalización con nodos Remote PHY



Fuente: Cisco Systems. 2019

En el escenario de la arquitectura anterior el CMTS/CCAP pasa a tener una funcionalidad de RPHY CORE trasladando la función de la capa física de los moduladores QAM de Downstream y los demoduladores QAM de Upstream al nodo de Remote PHY o Shelf según sea el escenario que más conviene, el tramo de transporte presenta un cambio, la interconexión se puede realizar mediante una red ethernet existente o a través de un enlace

óptico dedicado. Los elementos posteriores al nodo Remote PHY en la red coaxial no sufren variaciones.

Remote PHY ha sido diseñada para actualizar la red HFC, reemplazando los nodos ópticos análogos tradicionales por nodos que acercan la capa física (PHY) del CMTS al cliente. Fabricantes como ARRIS permiten realizar una actualización a algunos modelos de nodos tradicionales convirtiéndolos en nodos Remote PHY mediante la instalación de un módulo adicional. (CommScope, 2020) La siguiente imagen hace referencia a un nodo óptico tradicional de una implementación de HFC.

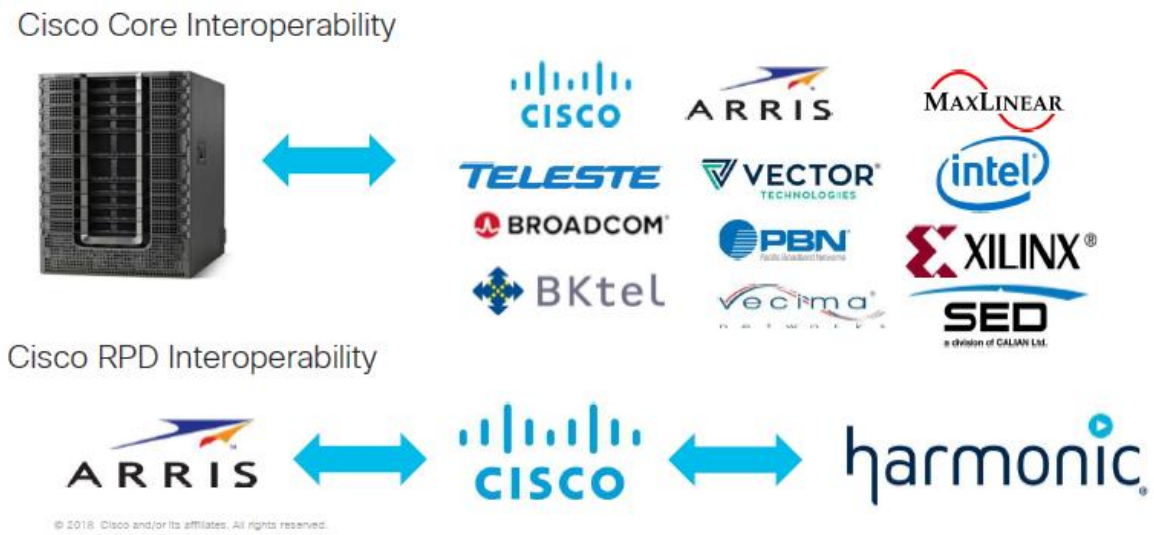
Los principales fabricantes como ARRIS, Cisco, Harmonic entre otros tienen un amplio catálogo de RPD (Remote PHY Device). En anexo 12 Nodo óptico Remote PHY (RPD) se muestra un nodo RPD es del fabricante Cisco.

Remote PHY también puede ser implementado mediante shelves como una extensión del CMTS a una central de servicio o cabecera secundaria desde donde se pueden conectar nodos ópticos tradicionales. En el anexo 13 Shelf Remote PHY se presenta el Shelf 7200 del fabricante Cisco.

Una característica importante a resaltar de Remote PHY es un estándar interoperable, lo que brinda la posibilidad de utilizar componentes de diferentes fabricantes en una misma implementación.

En la siguiente imagen se muestran algunos de los fabricantes que soportan el estándar Remote PHY y que son interoperables:

Figura 17. Interoperabilidad R-PHY



Fuente: Cisco Systems. 2018

Las implementaciones de Remote PHY (tanto la versión de nodo Remote PHY o shelf), Remote MAC-PHY y Split-MAC son consideradas arquitectura distribuidas (DAA).

De acuerdo al artículo Distributed Access Architecture (Viavi Solutions, 2020), DAA de Remote PHY presenta una serie de ventajas.

- La totalidad de canales son digitales y todo el tráfico hasta el nodo o shelf es IP.
- La necesidad de combinación en la cabecera se elimina.
- Incrementa la eficiencia y reduce el consumo de energía en la cabecera.
- Aumenta la calidad de servicio.
- Considerable aumento de ancho de banda
- Reducción de ruido (SNR)

La presentación del Remote PHY además del shelf se puede implementar mediante nodos ópticos, en este caso se presenta mediante el anexo 12 Nodo óptico Remote PHY (RPD).

Capítulo 3. Diagnóstico y estado actual

3.1. Instrumentos utilizados

Para este proyecto se hace uso de una encuesta como instrumento de recopilación de los datos. La encuesta conformada por dieciséis preguntas es realizada por la totalidad del personal de CCR (Centro de Control de Red), área que se identificó como los interesados del proyecto, además de la totalidad de personas del CCR, se encuesta a una persona del proceso de DGEAS de red domiciliaria y una segunda persona de DGEAS técnico de planta externa HFC, tres personas de CGRS las cuales atiende los reportes de incidencia de la red HFC del ICE, también se le aplica la encuesta a personas de soporte técnico de la empresa ITS, empresa que cuenta con más de dos años atendiendo reportes de incidencias mediante un contrato de soporte de CMTS, se aplica encuesta a tres personas que laboraron en la empresa Cable Visión y que actualmente no trabajan para el ICE y un último encuestado, usuario del servicio de Internet mediante red HFC sin relación laboral con el ICE. Esta encuesta es aplicada con el fin de obtener mediciones cuantitativas. Se realiza la aplicación de la encuesta virtual mediante la herramienta Google Forms debido a las facilidades que brinda. El detalle de la encuesta sobre los diferentes medios de acceso empleados por el ICE para brindar el servicio de Internet realizada se presenta en el anexo 14 Encuesta Medios de acceso fijo Servicio Internet.

Además de la encuesta se realiza una recopilación documental que proporciona las bases teóricas necesarias para el desarrollo del rediseño de la red de acceso HFC mediante una Arquitectura de Acceso Distribuida de Remote PHY.

3.2. Análisis de resultados

Los candidatos elegidos como muestra cuentan conocimiento y experiencia en el sector telecomunicaciones y tecnologías de la Información, entre los encuestados se encuentran ocho técnicos de Telecomunicaciones, tres Ingenieros Telemáticos, un especialista de Networking y un Ingeniero en Telecomunicaciones.

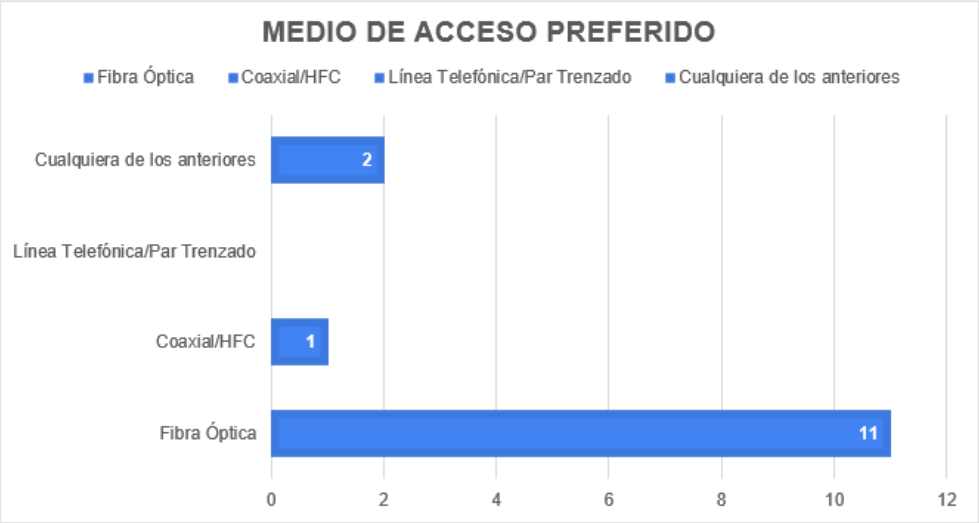
A los encuestados se les consulta si cuentan con el conocimiento sobre los medios de acceso fijo mediante los cuales el ICE brinda servicios de Internet residencial, se obtiene como resultado que trece de los catorce participantes afirman conocer los medios de acceso utilizados por el ICE para brindar servicios de Internet residencial, uno de los encuestados menciona no conocer la totalidad.

Con el fin de validar la veracidad de la respuesta anterior se les solicita indicar mediante cuales medios de transmisión el ICE comercializa servicios de Internet residencial, las respuestas obtenidas son las esperadas al compararlas con la respuesta de la anterior pregunta, en la que trece participantes respondieron que si conocían los medios de acceso por los cuales el ICE brinda servicios de Internet, por lo que se esperaba como respuesta correcta “Todas las anteriores”. En la pregunta anterior uno de los encuestados indicó conocer algunas de los medios de acceso, por lo que para esta pregunta seleccionó dos de las tres opciones disponibles.

A la muestra se les solicita indicar cuál sería el medio de acceso fijo que elegiría en caso de contratar un nuevo servicio de Internet residencial y tuviera la posibilidad de elegir entre Fibra Óptica, Coaxial/HFC, Línea Telefónica/Par Trenzado o cualquiera de los anteriores. Las respuestas muestran una clara escogencia del medio de acceso fibra óptica, once de las

catorce personas la selecionan como medio de preferencia, dos de los encuestados de la muestra indicó “Cualquiera de las anteriores” y uno de los encuestados indica que mantiene preferencia por la opción de “Coaxial/HFC”. La opción de seleccionar como medio de acceso “Línea Telefónica/Par Trenzado” fue totalmente descartada por los encuestados. En el siguiente gráfico se muestra las respuestas recopiladas.

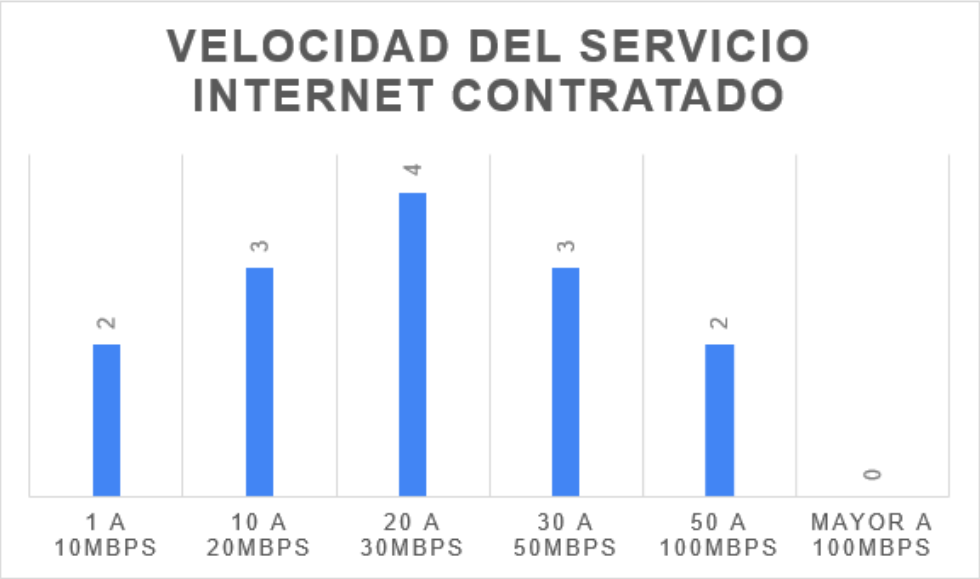
Figura 18. Gráfico Medios de Acceso de preferencia por encuestados



Fuente: Elaboración propia, datos de encuesta. 2020

Al evaluar la velocidad del servicio de Internet contratada en su casa de habitación se obtiene una variabilidad significativa de resultados, sin embargo, la totalidad de servicios de Internet contratados por los encuestados no supera la velocidad de 100Mbps, y el servicio que tiene una mayor cantidad de usuarios es el paquete de 20 a 30Mbps, los resultados obtenidos se muestran a continuación.

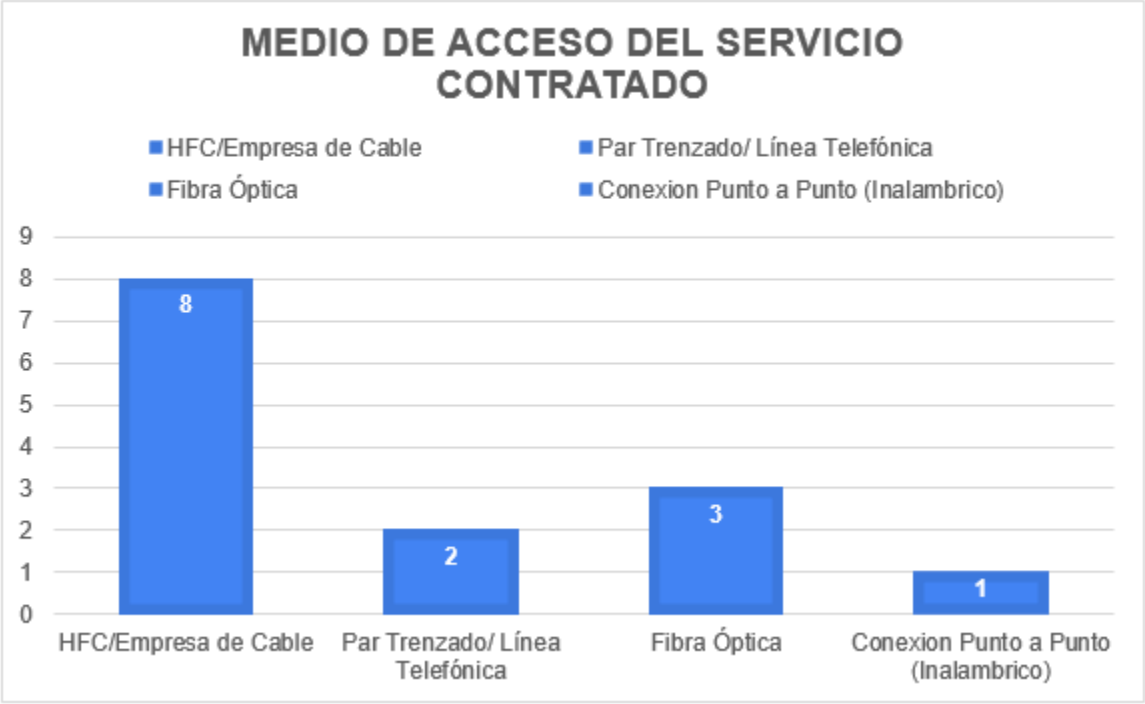
Figura 19. Gráfico Medios Velocidades de Internet adquirida por encuestado



Fuente: Elaboración propia, datos de encuesta. 2020

Mediante la consulta del medio de acceso utilizado para brindar el servicio de Internet instalado en su casa de habitación se obtiene el resultado esperado, al menos ocho de los encuestados mantienen el servicio mediante redes HFC, seguido por tres personas mediante fibra óptica, dos encuestados mediante el medio de acceso par trenzado, lo cual está directamente relacionado estudios de tendencias mundial y análisis nacional realizado por la SUTEL. (SUTEL, 2019)

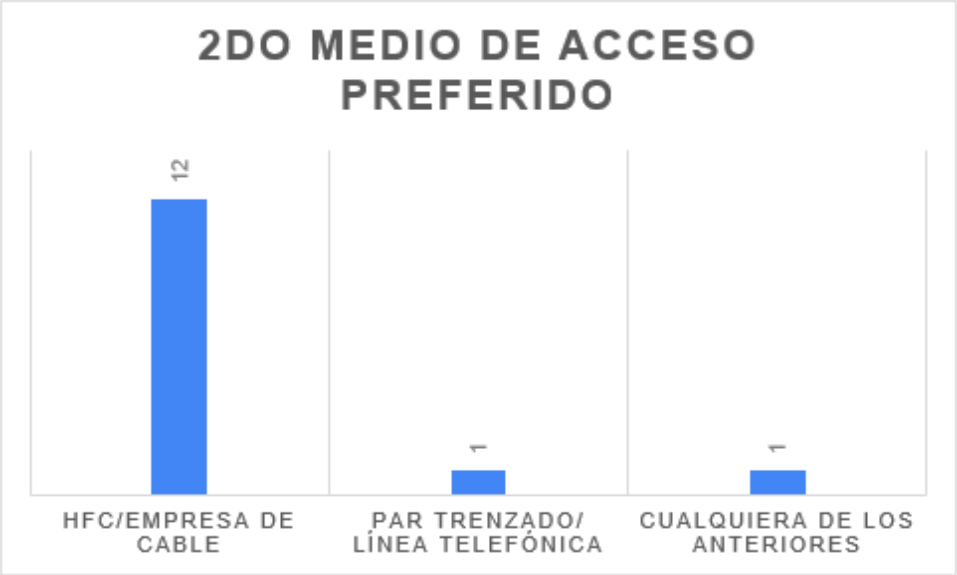
Figura 20. Medio de Acceso por el cual se brinda el servicio de Internet contratado por los encuestados



Fuente: Elaboración propia, datos de encuesta. 2020

Al presentarles el siguiente escenario “Dado el caso en que en su comunidad no se cuente con la posibilidad de adquirir un servicio de Internet residencial mediante la red de Fibra Óptica, ¿Cuál sería la siguiente alternativa que elegiría?” doce de los participantes seleccionarían el medio de acceso HFC en caso de no tener la posibilidad de adquirir el servicio mediante fibra óptica, una persona tendría preferencia por el par trenzado y una persona indicó le sería indiferente el medio utilizado.

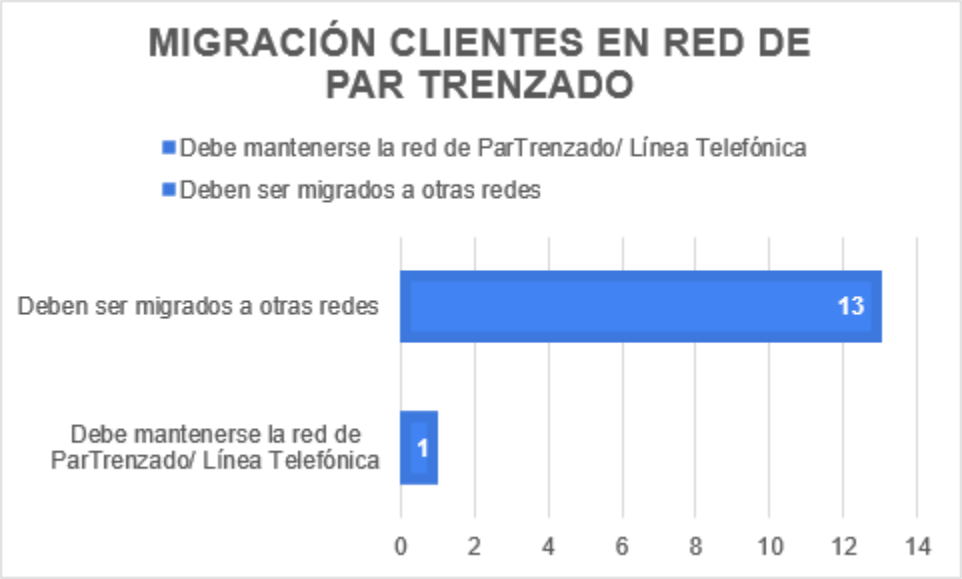
Figura 21. Gráfico 2do medio de acceso preferido posterior a Fibra Óptica.



Fuente: Elaboración propia, datos de encuesta. 2020

Según el criterio de los encuestados al consultar si consideran que las redes de Par Trenzado/ Línea Telefónica deban seguir en producción o los clientes de las mismas deben ser absorbidos por otras redes existentes del ICE se obtuvo que trece de las personas piensan que es conveniente migrar los clientes a otras redes.

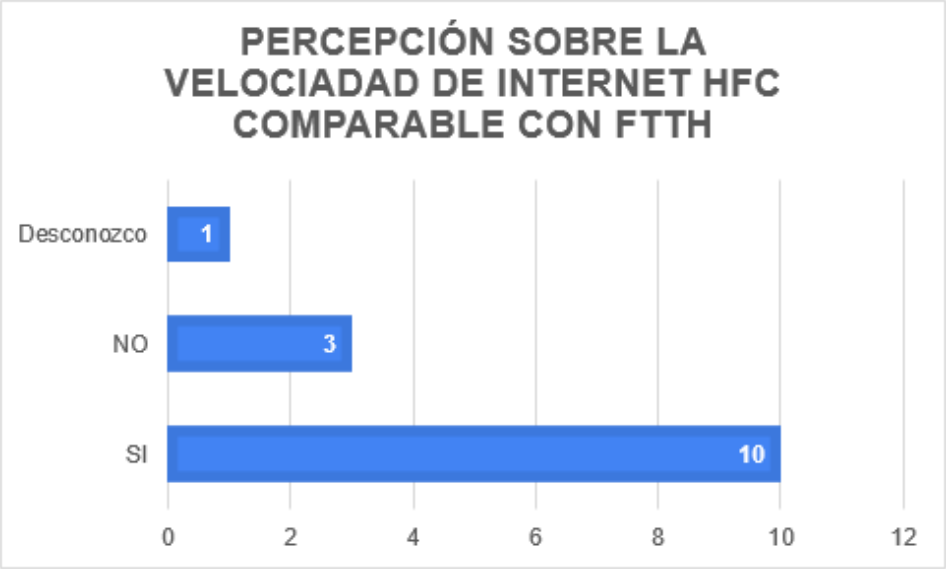
Figura 22. Gráfico Elección sobre migración de clientes en redes de Par Trenzado.



Fuente: Elaboración propia, datos de encuesta. 2020

Con el fin de evaluar la percepción de las capacidades de ancho de banda que pueden ser manejadas por las redes HFC se realiza la pregunta “Mediante las redes de HFC/Coaxial utilizadas generalmente por las empresas de cable ¿considera usted que pueden brindarse paquetes de Internet con velocidad equiparables con los servicios de Fibra Óptica?”, diez de los encuestados están de acuerdo en que las velocidades de los servicios de Internet que pueden ser comercializados en la red HFC podrían ser equiparables con servicios comercializados mediante una red de acceso de fibra óptica, dos de las personas consideran no es posible y por ultimo una de las personas de la muestra desconoce si es posible.

Figura 23. Gráfico Elección sobre migración de clientes en redes de Par Trenzado.



Fuente: Elaboración propia, datos de encuesta. 2020

El 100% de los participantes de la encuesta indicaron en el caso hipotético de que cuenten con un servicio de Internet residencial mediante el medio de acceso Par Trenzado/ Línea Telefónica sí considerarían adquirir un nuevo servicio mediante la red HFC/Empresa de Cable si este le brinda mayores anchos de banda. Los servicios de Internet mediante la red HFC del ICE superan ampliamente los anchos de banda comercializados en las redes de cobre.

Al plantear la pregunta "¿Considera oportuno que el ICE aproveche los recursos de la red de acceso HFC existente con la que ya cuenta y se encuentra en operación? Incluso si lo anterior conlleva a realizar mantenimientos preventivos o correctivos" de igual manera se obtuvo una aceptación del total de los encuestados.

En la misma línea de la pregunta anterior al consultar sobre ¿si consideran conveniente que el ICE continúe comercializando servicios de Internet residencial mediante las redes existentes de HFC?, la respuesta fue afirmativa por la totalidad de los participantes.

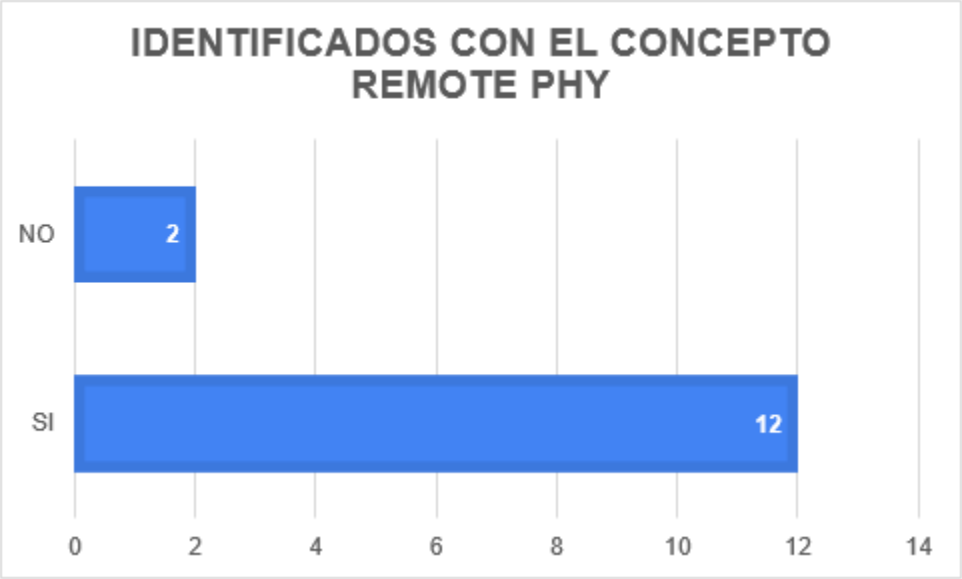
Con la intención de conocer la opinión de los participantes sobre si están de acuerdo con que el ICE realice una inversión sobre las redes HFC se planteó la siguiente pregunta "En caso de que exista una tecnología que permita aprovechar la red HFC con la que cuenta el ICE, brindado la posibilidad de comercializar velocidades de incluso 600Mbps por cliente, ¿considera usted el ICE debería adoptarla?". Los participantes contaban con tres opciones para responder, una opción afirmativa, una negativa y una tercera opción que permitía al encuestado ampliar mediante un comentario. El resultado se representa en la siguiente gráfica:

Figura 24. Gráfico Criterio de encuestados sobre aprovechamiento de la red HFC

Fuente: Elaboración propia, datos de encuesta. 2020

La inversión de la que se hace mención en la pregunta anterior estaría orientada al rediseño de la red de acceso HFC mediante la implementación de una arquitectura de acceso distribuida (DAA) haciendo uso de Remote PHY, mediante el siguiente enunciado "¿Conoce usted o ha escuchado sobre la tecnología Remote PHY para redes HFC?" se obtiene que un porcentaje muy importante de los participantes conocían o al menos habían escuchado sobre Remote PHY.

Figura 25. Gráfico Cantidad de encuestados que conocen el concepto de R-PHY.



Fuente: Elaboración propia, datos de encuesta. 2020

3.3. Sistematización de hallazgos

A través de las respuestas que entrega la encuesta se pueden sintetizar varios resultados que son tomados en consideración para plantear el rediseño de la red de acceso HFC, los objetivos de la propuesta de cambio se pueden resumir en los siguientes puntos:

Recopilar los parámetros propios del estándar DOCSIS, en el caso de los canales de descarga se documenta la modulación utilizada, cantidad de portadoras QAM habilitadas, así

como también en las portadoras de subida se verifica modulación, ancho del canal y cantidad de portadoras, estos parámetros serán analizados por cada nodo de la red HFC del ICE. Con base a los parámetros anteriores se presentarán las capacidades teóricas de ancho de banda instalada y porcentaje de utilización de las interfaces de cable por cada uno de los nodos, esto presenta la capacidad actual de la red HFC, insumo que permite presentar el estado actual de la red.

Las respuestas recopiladas a través de la encuesta promueven a presentar un rediseño teórico de la red HFC, el rediseño estaría orientado al uso de una arquitectura de acceso distribuida que permita aumentar la capacidad de ancho de banda de los nodos ópticos de la planta externa, para lo anterior se propone el uso de la tecnología Remote PHY.

Capítulo 4. Propuesta del cambio

4.1. Introducción a la propuesta del cambio

El actual TGF presenta un rediseño de la red de acceso HFC del Grupo ICE, misma que actualmente está implementada bajo un escenario CCAP (Converged Cable Access Platform), el rediseño estará orientado a brindar una arquitectura de acceso distribuida (DAA) que permita un incremento sustancial en el rendimiento y capacidad de ancho de banda que soportar la demanda actual y proyectada con tendencia en aumento por parte de los clientes del servicio de Internet.

La propuesta tomará en consideración las cabeceras desde donde el ICE actualmente mantiene equipos de núcleo de la red HFC y concentración de enlaces de fibra óptica, lo que permitirá la reutilización de un mayor número de recursos ya en producción.

Se presentará una tabla de costos según el precio de lista del fabricante Cisco y ARRIS de los componentes que permitan implementar los CCAP CORE requeridos que reemplazaran los CMTS integrados de la red actual.

Dentro de los datos analizados se extrae la información ubicada en el anexo 15 Grupos de Servicio Central Florida I Escenario Actual al anexo 21 Grupos de Servicio Central San Joaquín Escenario Actual, las cuales presentan las capacidades de ancho de banda actuales por SG.

Mediante la propuesta teórica de rediseño se presentan dos fases en las que la red puede evolucionar, en las tablas del anexo 22 Grupos de Servicio Central Florida I Escenario Fase I al anexo 28 Grupos de Servicio Central San Joaquín Escenario Fase I se presentan los anchos de banda por SG propuestos mediante el rediseño Fase I.

Se presenta una segunda fase, la cual podría ser considerada a futuro en caso de que inicialmente se implemente la Fase I. Las capacidades por SG de la Fase II se presentan en el anexo 29 Grupos de Servicio Central Florida I Escenario Fase II al anexo 35 Grupos de Servicio Central San Joaquín Escenario Fase II.

4.2. Objetivo general y específicos de la propuesta

4.2.1 Objetivo General

Desarrollar un rediseño de la red de acceso fijo, mediante la tecnología Remote PHY para la comercialización de planes de servicios de Internet residencial en el Grupo ICE.

4.2.2 Objetivos Específicos

1. Identificar los CCAP/CMTS y nodos ópticos de la red HFC, mediante un levantamiento de información y parámetros para desarrollar el rediseño de red a través arquitectura de acceso distribuida.
2. Desarrollar un rediseño de arquitectura de acceso distribuida de la red HFC, mediante diagramas de arquitectura para obtener una guía de implementación.
3. Presentar un presupuesto requerido para una eventual implementación de Remote PHY, mediante tablas de precios de lista de los componentes requeridos, con el fin de obtener el costo aproximado de rediseño de la red HFC del ICE.

4.3. Descripción del escenario deseado

Las variables de mayor importancia para el análisis del problema referente a este proyecto son definidas mediante un CMI (Cuadro de Mando Integral). “Esta metodología, creada por Robert Kaplan y David Norton, permite estructurar los objetivos estratégicos de forma dinámica e integral para ponerlos a prueba según una serie de indicadores que evalúan el

desempeño de todas las iniciativas y los proyectos necesarios para lograr su cumplimiento satisfactorio" (Pensemos, 2018).

- Crecimiento: Indica los puntos clave a nivel de infraestructura que permiten el aumento de capacidad instalada, la cual puede ser potenciada mediante tecnologías que permitan la evolución natural de la red de acuerdo a los estándares recientes.
- Red HFC: este conjunto de recursos con los que dispone el ICE deben ser explotados, aprovechando la infraestructura tanto de planta interna como el despliegue de la red HFC.
- Cliente: indispensable transmitir calidad de experiencia al usuario de los diferentes servicios de la red HFC. El servicio debe evaluarse mediante indicadores de desempeño.
- Financiero: Incremento de ingresos mediante la comercialización de los servicios de la red HFC, disminución de gastos de operación y mantenimiento (O&M).

El siguiente CMI se presenta de forma gráfica la información planteada anteriormente.

Figura 26. Cuadro de Mando Integral (CMI)

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados del Centro Control de Red.

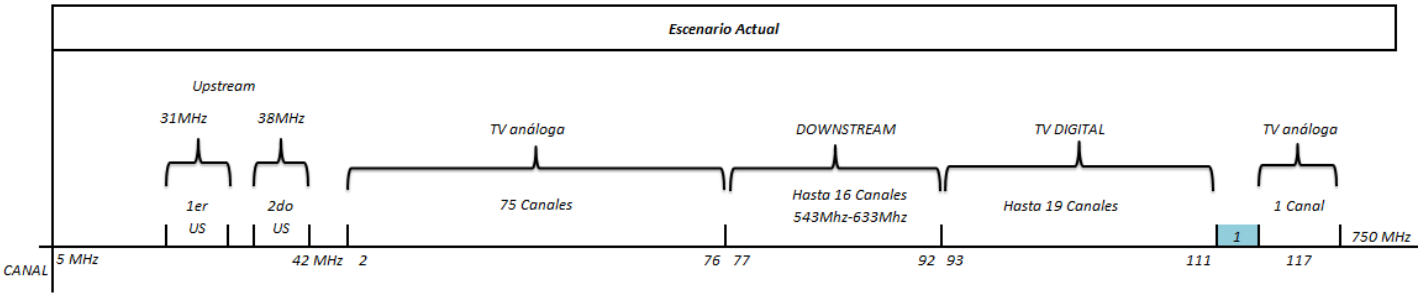
Se presenta el análisis de la totalidad de grupos de servicio (SG) de la red HFC, se consolidan los SG por central donde se encuentran los equipos de cabecera o centrales según sea el caso. En el anexo 15 Grupos de Servicio Central Florida I Escenario Actual al anexo 21 Grupos de Servicio Central San Joaquín Escenario Actual, se presenta el estado de los SG previo a rediseño, los parámetros analizados por SG son la cantidad de portadoras de descarga, modulación de las portadoras de descarga, cantidad de portadoras de subida, modulación y ancho del canal de la portadora de subida, ancho de banda de descarga y de subida entregado al nodo, la columna de Internet máxima comercializada hace referencia al paquete de servicio de Internet de mayor velocidad que se encuentra habilitado a la fecha del proyecto para la venta al cliente, importante indicar esta no es la velocidad máxima que se podría comercializar, se indica la capacidad de velocidad de descarga por servicio (Mbps) y

capacidad velocidad de subida por servicio (Mbps) de acuerdo a los parámetros actuales, por último el porcentaje de utilización actual de las portadoras de descarga habilitadas por SG.

Una de las consideraciones previas a realizar el rediseño de la red de acceso es realizar un levantamiento de los servicios brindados, el uso del espectro radioeléctrico y las condiciones de la red construida tomando en consideración los elementos activos y pasivos indicados en el capítulo 3.2.

En el siguiente diagrama se muestra la utilización del espectro actual, en que el que se cuenta con dos portadoras de subida (US) en las frecuencias 31MHz y 38MHz (la red HFC actual está configurada con un corte del filtro diplexor a los 42MHz), de forma consecutiva se sitúa el servicio de televisión análoga, en el escenario actual se encuentran 75 canales, las portadoras de descarga hacen uso de la porción del espectro a partir de la frecuencia 543MHz hasta llegar a los 633MHz para un total de 16 portadoras QAM, la cantidad de portadoras por SG es variada, durante el levantamiento se encuentran SG con 4 portadoras hasta SG haciendo uso de un máximo de 16 portadoras de descarga, esto debido a limitaciones en las capacidades de los CMTS uBR10012 y las tarjetas de línea uBR-MC20X20V-20D. El servicio de DTV (Televisión Digital) se ubica desde la frecuencia 639MHz hasta la frecuencia 747MHz utilizando 19 frecuencias.

Figura 27. Utilización Espectro Radioeléctrico actual



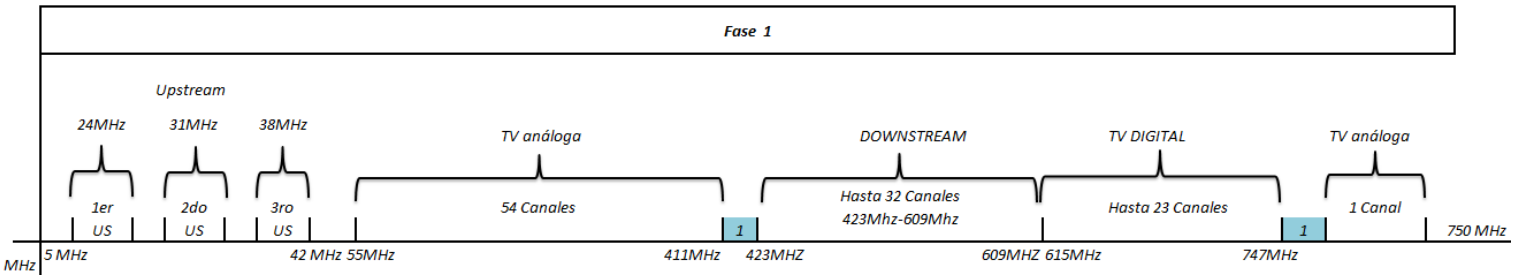
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de las plataformas HFC.

En las tablas del anexo de anchos de banda por SG propuesta Fase I se detalla la cantidad de las portadoras, modulación, anchos de banda al nodo y velocidad teórica a comercializar

El diagrama de la figura 28 muestra la utilización del espectro propuesto para la Fase I, en el que se habilita la tercer portadora de subida, esta última en la frecuencia 24MHz y se mantienen las portadoras en las frecuencias 31MHz y 38MHz (de igual manera se mantiene el corte del filtro diplexor a los 42MHz), de forma consecutiva se sitúa el servicio de televisión análoga, sin embargo, se propone una reducción de los canales habilitados, pasando de 75 canales a 54 canales, las frecuencias de los 21 canales en que se propone reducir la grilla análoga se le estarán asignando 16 frecuencias al Downstream, estas portadoras de descarga harán uso de la porción del espectro a partir de la frecuencia 423MHz hasta llegar a los 609MHz para un total de 32 portadoras QAM. El servicio de DTV (Televisión Digital) se ubicará desde la frecuencia 615MHz hasta la frecuencia 747MHz utilizando 23 frecuencias, aumentando en 4 frecuencias gracias a la reducción de la grilla análoga.

Utilización del espectro radioeléctrico propuesto para la Fase I para Florida, Curridabat, Desamparados, Hatillo.

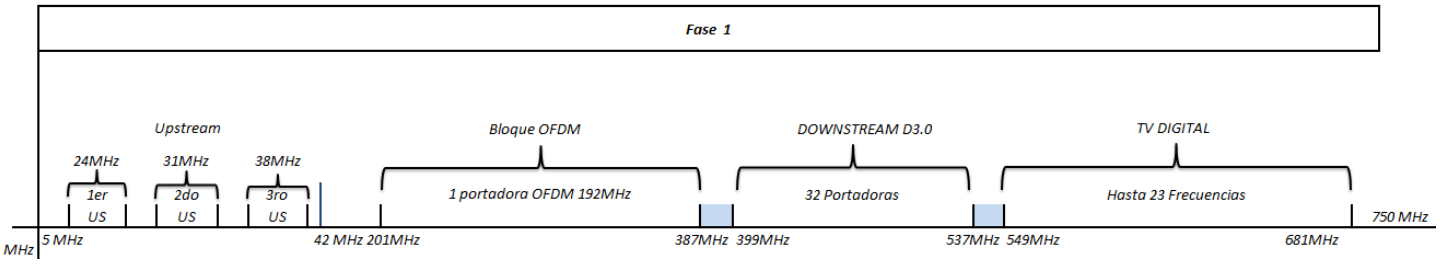
Figura 28. Utilización Espectro Radioeléctrico Propuesto Fase I



Fuente: Elaboración propia, datos tomados de las plataformas HFC.

En el caso de los nodos servidos desde las centrales de San Joaquín y Pérez Zeledón no cuentan con el servicio de televisión analógica, por lo que se dispone de la totalidad del espectro radioeléctrico para los servicios de DTV e Internet. Por lo que en la Fase I se estaría incluyendo una portadora OFDM lo que permite habilitar paquetes del servicio de Internet con mayores velocidades. Los servicios estarán distribuidos en el espectro de la siguiente manera:

Figura 29. Utilización Espectro Radioeléctrico Propuesto PZ y SJ Fase 1



Fuente: Elaboración propia, datos tomados de las plataformas HFC.

Mediante la maqueta de R-PHY instalada se verifican los posibles resultados de la implementación de la Fase I, las pruebas estuvieron enfocadas en conectividad y rendimiento de cable módems mediante el Smart PHY 300 3x6 RPHY Shelf. Las condiciones físicas de la maqueta se presentan en el anexo 36 Maqueta Smart PHY 300 3x6 RPHY Shelf y anexo 37 Cable Módems Maqueta de Pruebas.

Las pruebas de velocidad respaldan los cálculos teóricos expuestos en las tablas del anexo 22 Grupos de Servicio Central Florida I Escenario Fase I al anexo 28 Grupos de Servicio Central San Joaquín Escenario Fase I para la Fase I, en el que se presentan las velocidades esperadas con SG de 32 portadoras de descarga y tres portadoras de subida, de acuerdo a los cálculos teóricos se esperan velocidades de 1200Mbps de descarga sobre 80Mbps de subida, sin embargo, como se indicó en el apartado de Restricciones y/o Limitaciones, una de ellas eran los cable módems con los que se contaba para realizar las pruebas son equipos con capacidad de Channel Bonding 16x4, lo que quiere decir que podían hacer uso de un máximo de 16 portadoras de descarga y 4 portadoras de subida. Debido a lo anterior los resultados esperados para un equipo con estas características es justamente la mitad de la velocidad de descarga de la Fase I y con una velocidad de subida idéntica a la calculada para esta fase.

En la siguiente figura se presenta como efectivamente el cable modem utilizado para las pruebas tomaba las 16 portadoras de descarga y tres portadoras de subida, además se aprecia las frecuencias de las portadoras de DS y US recomendadas para la primera fase.

Figura 30. Cantidad de portadoras tomadas por el Cable Modem de Prueba

Downstream Bonded Channels

Channel	Lock Status	Modulation	Channel ID	Frequency	Power	SNR	Correctables	Uncorrectables
1	Locked	QAM256	88	633000000 Hz	6.8 dBmV	48.8 dB	0	0
2	Locked	QAM256	73	543000000 Hz	7.0 dBmV	49.6 dB	0	0
3	Locked	QAM256	74	549000000 Hz	7.3 dBmV	49.4 dB	0	0
4	Locked	QAM256	75	555000000 Hz	7.2 dBmV	49.4 dB	0	0
5	Locked	QAM256	76	561000000 Hz	6.7 dBmV	49.0 dB	0	0
6	Locked	QAM256	77	567000000 Hz	6.4 dBmV	48.8 dB	0	0
7	Locked	QAM256	78	573000000 Hz	6.1 dBmV	48.6 dB	0	0
8	Locked	QAM256	79	579000000 Hz	6.0 dBmV	48.4 dB	0	0
9	Locked	QAM256	80	585000000 Hz	6.0 dBmV	48.1 dB	0	0
10	Locked	QAM256	81	591000000 Hz	6.1 dBmV	48.2 dB	0	0
11	Locked	QAM256	82	597000000 Hz	6.3 dBmV	48.4 dB	0	0
12	Locked	QAM256	83	603000000 Hz	6.6 dBmV	48.4 dB	0	0
13	Locked	QAM256	84	609000000 Hz	7.0 dBmV	48.6 dB	0	0
14	Locked	QAM256	85	615000000 Hz	7.5 dBmV	48.8 dB	0	0
15	Locked	QAM256	86	621000000 Hz	7.6 dBmV	49.0 dB	0	0
16	Locked	QAM256	87	627000000 Hz	7.4 dBmV	48.8 dB	0	0

Total Correctables	Total Uncorrectables
0	0

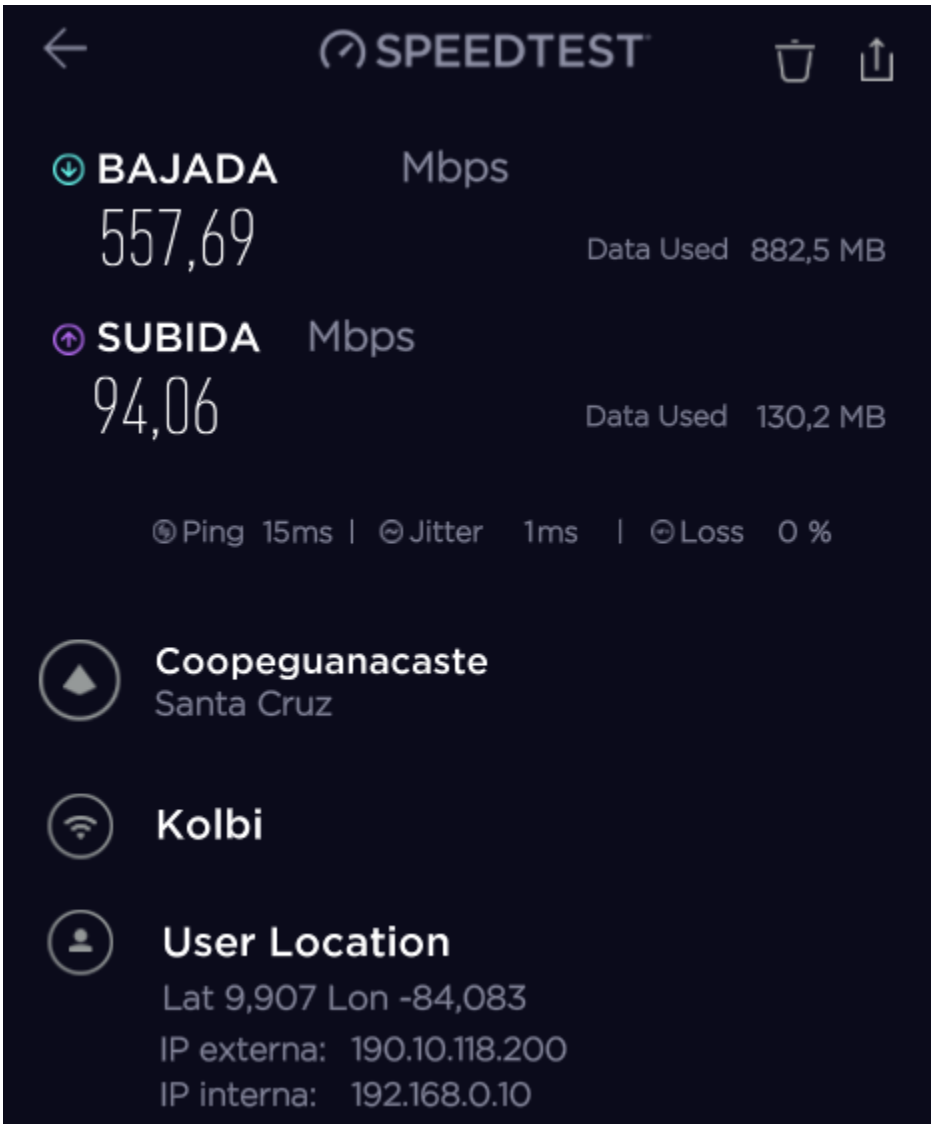
Upstream Bonded Channels

Channel	Lock Status	US Channel Type	Channel ID	Symbol Rate	Frequency	Power
1	Locked	ATDMA	2	5120 Ksym/sec	31000000 Hz	45.0 dBmV
2	Locked	ATDMA	1	5120 Ksym/sec	38000000 Hz	45.0 dBmV
3	Locked	ATDMA	3	5120 Ksym/sec	24000000 Hz	45.0 dBmV

Fuente: Captura GUI Cable Modem marca VAST modelo DG3216-04.

Al hacer uso de 16 portadoras de descarga se espera una velocidad teórica de 600Mbps, en la práctica y como se evidencia en la siguiente figura la obtenida en promedio fue de 557Mbps, lo que representa un 93% de lo esperado, esta prueba fue realizada haciendo uso del servidor público de Coopeguanacaste y por lo que no se garantiza que los recursos de este servidor estuvieran a total disposición para las pruebas que se documentan. En el caso de la velocidad de subida se esperaba una velocidad teórica de 80Mbps, durante las pruebas realizadas se obtuvieron velocidades de hasta 94Mbps como se presenta en la siguiente imagen.

Figura 31. Prueba de Velocidad Cable Modem Channel Bonding 16 DS y 3 US

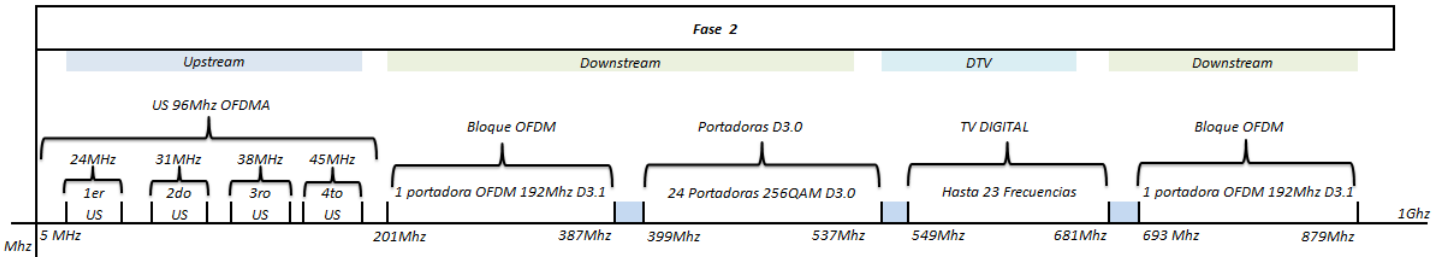


Fuente: Captura herramienta SPEEDTEST para Windows.

Se plantea una Fase II, esta no estará siendo abarcada en detalle en este proyecto, sin embargo, permite demostrar la capacidad de escalamiento de la red HFC sin ser la capacidad presentada en la Fase II la máxima de la red y los equipos que tienen la capacidad de implementar esta segunda fase. El espectro propuesto para una segunda fase se propone con un corte del filtro diplexor en 85MHz con un eventual aumento a 200MHz, en esta porción baja del espectro se estarían colocando cuatro portadoras de 6.4MHz a 64QAM con un bloque

OFDMA de 96MHz estas portadoras para el servicio de Upstream, a partir de la frecuencia 201MHz y hasta la 387MHz se estaría ubicando un bloque OFDM de 192MHz, continuando con 24 portadoras DOCSIS 3.1 a una modulación de 256QAM o superior, el servicio de televisión digital contaría con 23 frecuencias, desde 549MHz hasta 681MHz, por último se estaría encontrando un segundo bloque OFDM de 192MHz, haciendo uso del rango de frecuencias 693-879MHz. De forma gráfica se representa en la siguiente figura:

Figura 32. Utilización Espectro Radioeléctrico Propuesto Fase I1



Fuente: Elaboración propia, datos tomados de las plataformas HFC.

Con el escenario expuesto como Fase II se tendrían las siguientes capacidades por SG.

Tabla 4 Propuesta de Grupos en Fase II

Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Bloque OFDM DOCSIS 3.1 1024QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Bloque 96Mhz OFDM US	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Descarga a Comercializar	Velocidad Subida a Comercializar	Capacidad Teórica de Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	Capacidad Teórica de Velocidad de Subida por servicio (Mbps)
24	2	4	1	4068	806.8	**1Gbps**	**200Mbps**	**1627**	**202**

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

En la tabla anterior se expone los anchos de banda que representaría la adopción del espectro propuesto para la Fase II, en el cual al nodo óptico se le estaría haciendo entrega de un ancho de banda en sentido de descarga de 4Gbps y de 800Mbps en sentido ascendente,

por lo que siguiendo las recomendaciones de la industria se podrían comercializar paquetes de servicio de 1Gbps/200Mbps por cliente. La segunda fase conlleva una reconstrucción de la planta externa tanto de elementos pasivos como activos.

4.4. Plan para el cambio

Con el fin de presentar el escenario de un rediseño de la red acceso escalamiento por fases, en la Fase I se contemplan los equipos de Cabecera y centrales desde donde se opera la red HFC.

Es en esta primera fase que se debe adoptar la reasignación de servicios por frecuencia variando también la cantidad de frecuencias asignada por servicio en el espectro actual de hasta 750MHz, con el fin de optimizar el uso del mismo, reduciendo el número de canales de la grilla analógica activa para una mayor eficiencia espectral.

En la Fase II debe de contemplarse el rediseño de la red externa, el cual conlleva un reemplazo de equipos activos y pasivos con el objetivo de llevar el subsplit de 5-42MHz en la porción del retorno a midsplit 5-85MHz y con la posibilidad de escalar a 5-200MHz con los mismos equipos activos y pasivos contemplados. Lo anterior posibilita el aumento de portadoras de retorno.

Además del cambio en el corte del filtro diplexor del retorno la red de HFC debe implementar equipos diseñados por el fabricante para hacer uso de un espectro de 1GHz con posibilidad de escalar a 1.2GHz. La Fase II no estará siendo detallado en este proyecto, sin embargo, se mencionan anchos de banda que podrían entregarse al nodo y por paquete de servicio en las tablas del anexo 29 Grupos de Servicio Central Florida I Escenario Fase II al anexo 35 Grupos de Servicio Central San Joaquín Escenario Fase II

4.4.1 Dimensionamiento de plataformas

4.4.1.1 Cabecera Florida

Se analizan los equipos activos y pasivos de la cabecera de Florida, para ubicar los elementos y sus características con el fin de asegurar la posibilidad de adoptar un eventual escenario de Fase I o II.

4.4.1.1.1 CMTS Florida

Para los 87 SG servidos desde la cabecera de Florida actualmente se cuenta con CMTS cBR-8 del fabricante Cisco con tarjetas de línea CBR-LC-8D31-16U31, gracias a esto el escenario I y II en este sitio estaría avanzado, ya que los equipos instalados cuentan con el hardware requerido para habilitar hasta 96 portadoras DOCSIS 3.0 y dos portadoras OFDM de 192MHz cada una, lo anterior permitiría velocidades de 4Gbps por puerto de Downstream con la capacidad de hacer uso del espectro desde los 45MHz hasta los 1218MHz. Estas tarjetas de línea en el caso del Upstream soportan 6 portadoras de subida de 6.4MHz a 64QAM y dos bloques de portadoras OFDM de 96Mhz cada uno, el rango de frecuencias que puede hacer uso el hardware instalado para el Upstream es desde 5 hasta 204MHz.

La cabecera de florida desde el punto de vista de los CMTS está preparada para la Fase I y II.

Las configuraciones necesarias para adoptar la Fase I a nivel de CMTS en Florida requieren los cambios en las Interface Cable, Controller Integrated-Cable, Interface Wideband-Cable.

Cada una de las Interface Cable deberán contener los siguientes parámetros mínimos:

Figura 33. Configuración guía Interface Cable CMTS cBR-8 Fase I

```
interface CableX/X/X
 description "Nombre del SG"
 load-interval 30
 downstream Integrated-Cable X/X/X rf-channel 0-31
 upstream 0 Upstream-Cable X/X/X us-channel 0
 upstream 1 Upstream-Cable X/X/X us-channel 1
 cable upstream balance-scheduling
 cable upstream bonding-group 2
  upstream 0
  upstream 1
  attributes 80000000
 cable bundle 1
```

Se reemplaza X/X/X por la Interface a configurar

Se habilitan las 32 canales de DS

Fuente: Elaboración propia, con parámetros tomados desde consola de equipo CMTS Cisco

En el caso de cada una de las interfaces de Cable asignadas a un SG debe de especificarse la descripción del SG correspondiente, la línea downstream Integrated-Cable X/X/X rf-channel 0-31 indica la cantidad de canales de RF de DS que se estarán habilitando en la interface de cable elegida, en la figura 33 se muestra el upstream bonding-group de dos canales que está configurado, el upstream 2 se estaría agregando a el bonding-group como parte de las mejoras propuestas para la Fase I.

Figura 34. Configuración guía controller Integrated-Cable CMTS cBR-8 Fase I

Se indica la cantidad máxima de portadoras

Modulación 256QAM

```
controller Integrated-Cable X/X/X
 max-carrier 32
 base-channel-power 40
 rf-chan 0 31
  type DOCSIS
  frequency 423000000
  rf-output NORMAL
  power-adjust 0.0
  qam-profile 1
  docsis-channel-id 1
 description "Nombre del SG"
```

Se reemplaza X/X/X por la Interface a configurar

Se indica la frecuencia inicial de DS 423MHz

Fuente: Elaboración propia, con parámetros tomados desde consola de equipo CMTS Cisco

Dentro de los parámetros que se deben de configurar en el controller Integrated-Cable destaca la cantidad máxima de portadoras, en este caso serán 32 portadoras de DS iniciando a partir de la frecuencia 423MHz y con perfil QAM 1, en este perfil se especifica dentro de otros parámetros la modulación 256QAM.

Para el caso de las interfaces Wideband-Cable se deben de crear siete Wideband por SG, en el cual 4 de ellos son de 8 canales de DS, dos Wideband de 16 canales de DS y el Wideband siete se configura de 32 canales, de esta manera dependiendo de la capacidad de los cable módems cable módems podrán utilizar la cantidad máxima de canales que pueden recibir y el CMTS tendrá la posibilidad de hacer un balance de cargas (Load-Balancing) entre canales de DS eficiente. En la figura 35 se muestra el detalle de la configuración de las interfaces Wideband-Cable.

Figura 35. Configuración guía Wideband-Cable CMTS cBR-8 Fase I

```
interface Wideband-CableX/X/X:1
 description "Nombre del SG" WB1
 cable bundle 1
 cable rf-channels channel-list 0-7 bandwidth-percent 1

interface Integrated-CableX/X/X:2
 cable bundle 1

interface Wideband-CableX/X/X:2
 description "Nombre del SG" WB2
 cable bundle 1
 cable rf-channels channel-list 8-15 bandwidth-percent 1

interface Integrated-CableX/X/X:3
 cable bundle 1

interface Wideband-CableX/X/X:3
 description "Nombre del SG" WB3
 cable bundle 1
 cable rf-channels channel-list 16-23 bandwidth-percent 1

interface Wideband-CableX/X/X:4
 description "Nombre del SG" WB4
 cable bundle 1
 cable rf-channels channel-list 24-31 bandwidth-percent 1

interface Wideband-CableX/X/X:5
 description "Nombre del SG" WB5
 cable bundle 1
 cable rf-channels channel-list 0-15 bandwidth-percent 1

interface Wideband-CableX/X/X:6
 description "Nombre del SG" WB6
 cable bundle 1
 cable rf-channels channel-list 16-31 bandwidth-percent 1

interface Wideband-CableX/X/X:7
 description "Nombre del SG" WB7
 cable bundle 1
 cable rf-channels channel-list 0-31 bandwidth-percent 1
```

Fuente: Elaboración propia, con parámetros tomados desde consola de equipo CMTS Cisco

4.4.1.1.2 Plataforma de gestión de RF Florida

En cuanto a los elementos activos y pasivos para la gestión de RF se utilizan chasis y módulos de splitters, combinadores y amplificadores MAXNET II que soportan hasta 1.2GHz lo que permite adoptar las Fases I y II sin inconveniente.

4.4.1.1.3 Plataforma Óptica Florida

Las plataformas ópticas de transmisión y recepción utilizadas en la cabecera se Florida existe una variedad entre equipos del fabricante WISI modelo Optopus (Tx 1.2GHz y Rx 5-200MHz), plataforma óptica ARRIS modelo GX2 (Tx 1GHz y Rx 5-200MHz), ambas plataformas según los anchos de banda operacionales indicados en las fichas técnicas de los fabricantes permiten la eventual implementación del rediseño de los escenarios I y II. Los nodos ópticos servidos desde la plataforma GX2 podrían estar limitados a 1GHz en las señales de forward o directa. Además de las plataformas mencionadas se ubican 17 transmisores tipo 1 RU y transmisores modulares sin gestión, estos transmisores se estarán contemplando en el presupuesto de cambio.

4.4.1.1.4 Plataformas y licencias requeridas Fase I

Debido a que la cabecera de Florida ya cuenta con CMTS cBR-8 para una eventual implementación de la Fase I se requiere únicamente licenciamiento de Downstream y Upstream para realizar los aumentos propuestos. El licenciamiento requerido es el siguiente:

Tabla 5 Licencias Requeridas Fase I Florida

Description	Part Number	Qty
CBR DOCSIS 3.0 Downstream Channel Upgrade License	L-CBR-D30-DS	1924
SP SWSS UPGRADES CBR DOCSIS 3.0 Downstream Channel Upgrade L	CON-SAS-CBRD30DS	1924
CBR DOCSIS 3.0 Upstream Channel License	L-CBR-D30-US	87
SP SWSS UPGRADES CBR DOCSIS 3.0 Upstream Channel License	CON-SAS-CBRD30US	87

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de documentación del fabricante Cisco.

La implementación de Remote PHY requiere un CMTS funcionando como CCAP CORE, es este caso realizando el análisis por cada una de las centrales que se atenderán basta con un único CCAP CORE, los componentes y licenciamiento necesario es el siguiente:

Tabla 6 Licencias y Hardware Requeridas Fase I CCAP CORE

Descripción	Número de Parte	Cantidad
Container (Top Level) PID for configuring the cBR-8 System	CBR-8	1
SNTC-8X5XNBD Container (Top Level) PID for Config Sys	CON-SNT-CBR8	1
Cisco CBR8 IOS XE UNIVERSAL	SCBR8-UK9-1612	1
DC Power Supply for the cBR - CCAP Router	CBR-DC-PS	5
CBR Line Card Redundancy Feature License	CBR-LCRED-LIC	5
SW APP SUPP CBR Line Card Redundancy Feature License	CON-SAS-CBRLCREB	5
Fan Assembly for the cBR CCAP product line	CBR-FAN-ASSEMBLY	5
Blank for the cBR LC slot	CBR-LC-BLANK	2
Blank for the cBR LC PIC slot	CBR-LC-PIC-BLANK	2
DC power input module (the facility connectivity part)	CBR-PEM-DC-6M	1
Mechanical assemby - DC Power Supplies installed here	CBR-DC-PWR-TRAY	1
Blanks for the Power Supply Slots	CBR-PS-BLANK	1
Cisco cBR-8 Series CCAP Router Chassis	CBR-8-CCAP-CHASS	1
SNTC-8X5XNBD CBR-8 Chassis PID	CON-SNT-CBR8CCAP	1
Rear Door, shipped in separate packaging from the chassis	CBR-8-REAR-DOOR	1
Supervisor for cBR series - includes RP and FP functionality	CBR-CCAP-SUP-160G	2
SNTC-8X5XNBD Supervisor for cBR series - includes RP	CON-SNT-CBRCC160	2
SUP PIC - has 8x10GE and management ports.	CBR-SUP-8X10G-PIC	2
SNTC-8X5XNBD SUP PIC - has 8x10GE and management port	CON-SNT-CBRSUP8X	2
CBR Supervisor 10G Port License	CBR-SUP-10G-LIC	4
SW APP SUPP CBR Supervisor 10G Port License	CON-SAS-CBRSUP10	4
10GBASE-SR SFP Module	SFP-10G-SR	4
CBR CCAP 40G Remote PHY Line Card	CBR-CCAP-LC-40G-R	6
SNTC-8X5XNBD The DOCSIS and MPEG line card (base) for	CON-SNT-CBRCCAPR	6
Digital PIC card for RPHY LC	CBR-DPIC-8X10G	6
SNTC-8X5XNBD The digital PIC card for RPHY LC	CON-SNT-CBRDXRIC	6
10GBASE-SR SFP Module	SFP-10G-SR	5
CBR DOCSIS 3.0 Downstream Channel Upgrade License	L-CBR-D30-DS	2400
SP SWSS UPGRADES CBR DOCSIS 3.0 Downstream Channel Upgrade L	SP-ECMU-LCBRD3DS	2400
CBR DOCSIS 3.0 Upstream Channel License	L-CBR-D30-US	315
SP SWSS UPGRADES CBR DOCSIS 3.0 Upstream Channel License	SP-ECMU-LCBRD3US	315
CBR DOCSIS 3.1 6MHz Downstream License	CBR-D31-DS-LIC	480

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de documentación del fabricante Cisco.

Tabla 7 Plataforma Óptica ARRIS CHP Requerida Florida Fase I y II

Descripción	Cantidad
Chasis modular CHP Max 5000 con fuente redundante y módulo IP	1
Transmisor óptico de 8db CHP-D1F0-9191-08-S 1291nm SC/APC	9

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de documentación del fabricante ARRIS.

4.4.1.2 Central Curridabat

En la central de Curridabat se realiza un análisis de los componentes en producción que permitan la eventual implementación de los escenarios Fase I o Fase II.

4.4.1.2.1 CMTS Curridabat

En este sitio se ubica un chasis cBR-8 del fabricante Cisco, cuenta con tarjetas de línea CBR-LC-8D31-16U31, componente que permite adoptar los escenarios de Fase I y II. Las licencias requeridas se estarán planteando en el capítulo 5.4.1.2.4.

Las configuraciones de requeridas se replican a lo expuesto para los CMTS de Florida, en el cual se debe reconfigurar Interface Cable, Controller Integrated-Cable, Interface Wideband-Cable de los 44SG.

En el anexo 38 CMTS cBR-8 Curridabat se muestra el chasis instalado en Curridabat, se indica una de las ubicaciones de la tarjeta de línea CBR-LC-8D31-16U31 en el chasis.

4.4.1.2.2 Plataforma de gestión de RF Curridabat

Para la gestión de RF en este sitio se utilizan chasis y módulos de splitters, combinadores y amplificadores del fabricante ATX modelo MAXNET II que soportan hasta 1.2GHz lo que

permite adoptar las Fases I y II sin inconveniente. Parte de los chasis instalados en la central de Curridabat se muestran en el anexo 39 Chasis Pasivo ATX MAXNET II.

4.4.1.2.3 Plataforma Óptica Curridabat

Se ubican plataformas WISI modelo Optopus (Tx 1.2GHz y Rx 5-200MHz) chasis de ARRIS modelo GX2 (Tx 1GHz y Rx 2-200MHz), sin embargo, además de las dos plataformas anteriores se identifican 21 transmisores ópticos legados y 8 receptores, estos equipos deben ser remplazados previo a una eventual implementación de las Fases I y II. De los 8 receptores ubicados en Curridabat, se está haciendo uso de 17 puertos de los 32 disponibles, lo anterior amerita un reacomodo de los nodos por receptor, permitiendo que se utilicen únicamente 5 receptores, se recomienda se utilice la plataforma CHP de ARRIS debido a la densidad de la plataforma, ya que cuenta con trasmisores duales, lo que quiere decir que con cada transmisor se puede alimentar dos nodos ópticos, los receptores son cuádruples, cada receptor puede recibir la señal de retorno de 4 nodos ópticos. La imagen de plataforma CHP de ARRIS se presenta en el anexo 40 Plataforma Óptica ARRIS CHP.

4.4.1.2.4 Plataformas y Licencias Requeridas Fase I

Debido a que en la central de Curridabat ya se encuentra instalado un CMTS cBR-8 no se requiere la instalación de un Shelf para la eventual Fase I y II, en este caso lo que se debe contemplar es el licenciamiento resaltante para realizar los aumentos por SG a 32 portadoras de DS y a 3 portadoras de US. La cantidad necesaria para la Fase I es la siguiente:

- 976 CBR-D30-DS-LIC
- 976 CON-SAS-CBRD30DS
- 44 CBR-D30-US-LIC

- 44 CON-SAS-CBRD30US

En cuanto a la sustitución requerida de la plataforma óptica de la central de Curridabat se requiere:

Tabla 8 Plataforma Óptica ARRIS CHP Requerida Curridabat Fase I y II

Descripción	Cantidad
Chasis modular CHP Max 5000 con fuente redundante y módulo IP	1
Transmisor óptico de 8db CHP-D1F0-9191-08-S 1291nm SC/APC	11
Receptor de retorno óptico CHP-4RRFF-S cuadruple 300MHz	5

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de documentación del fabricante ARRIS.

4.4.1.3 Central Desamparados

Al realizar el levantamiento de las características de los equipos de la central de Desamparados se identifica que esta es una de las centrales que requiere una implementación de R-PHY, debido a que en la primera fase mantendrá una grilla analógica de 54 canales y con el fin de hacer uso de la mayor cantidad de recursos disponibles se realiza el rediseño contemplando un Shelf de R-PHY Cisco modelo 7200.

4.4.1.3.1 Shelf R-PHY Desamparados

En la central de Desamparados se encuentran dos CMTS Cisco modelo uBR10012 con los cuales se sirve a 40 SG, estos CMTS están equipados con tarjetas de línea UBR-MC20X20V-20D, esta LC tiene la limitante de 20 portadoras de descarga por tarjeta de línea, por lo que incluso asignando una LC por SG no sería suficiente para adoptar las fases I y II, además de la cantidad de portadoras que maneja este modelo de LC no cuenta con módulos

del estándar D3.1 requerido. Debido a lo anterior es necesario reemplazar los CMTS de la central de Desamparados.

Debido a la cantidad de SG atendidos desde esta central el Shelf 7200 del fabricante Cisco es el equipo propuesto para la central de Desamparados, mediante este equipo se estarán reemplazando ambos CMTS uBR10012 actuales. El Shelf indicado tiene capacidad de atender 72 grupos de servicio asignando un puerto de DS por cada SG. La siguiente tabla resume las principales características del equipo recomendado.

Tabla 9 Características Shelf 7200 Cisco

Remote PHY Shelf 7200	72 Service Groups (12+1 redundancy)
RPD line card downstream / upstream configurations	6 x 12 (downstream x upstream)
Downstream capacity (54 MHz - 1.218 GHz)	160 narrowcast QAMs or six OFDM 192-MHz Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (OFDM) blocks per port
Upstream capacity (5MHz - 204 MHz)	12 upstream channels per port or 2 OFDMA blocks (96 MHz) per port
Channel assignment	Flexibility QAM channel frequency placement
Video	Broadcast, VOD, and SDV
Video encryption	PowerKEY VPME and DVB (future)
CIN connectivity (each RPD line card) and link redundancy	8 SFP+ interfaces, which can be configured as: 4 + 4 mode (1+1 redundant) 6 + 2 mode (2 ports protect 6 ports)
Fans	5 (4+1 redundant) modular field-replaceable fan modules
Operation and maintenance	Upstream monitoring Supported by Cisco Smart PHY RPD deployment automation application

Fuente: Cisco Systems, 2020.

El CCAP CORE desde el cual se aprisionarían los SG del Shelf de Desamparados estaría ubicado en el headend de Florida.

4.4.1.3.2 Plataforma de gestión de RF Desamparados

Se encuentra Chasis del fabricante ATX modelo MAXNET II para la gestión de RF en este sitio, los módulos de splitters, combinadores y amplificadores soportan hasta 1.2GHz lo que permite adoptar las Fases I y II sin inconveniente.

4.4.1.3.3 Plataforma Óptica Desamparados

Los nodos servidos desde la central Desamparados cuentan con transmisores de los fabricantes WISI modelo Optopus, ARRIS GX2 y nueve transmisores de varios fabricantes considerados como obsoletos, estos últimos deben reemplazarse, para este reemplazo se recomienda se utilice la plataforma CHP de ARRIS.

4.4.1.3.4 Plataformas y Licencias Requeridas Fase I

El Remote PHY Shelf 7200 es la plataforma que estará sirviendo a los 40SG de Desamparados, los componentes mínimos considerados son los siguientes:

Tabla 10 Shelf y Módulos Requeridos Desamparados

Descripción	Número de Parte	Cantidad
Container (Top Level) PID for configuring the RPHY HA shelf	HA-RPHY	1
SP AR HW 24X7X4 Container (Top Level) PID for configurin	SP-AR3-HARPHYAP	1
RF cable, one cable per line card required	HA-RPHY-CABLE-RF	7
DC Power Supply for the cBR - CCAP Router	CBR-DC-PS	4
RPD Line Card Blank for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-LC-BLANK	5
DC Power Shelf for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-DC-SHLF	1
RF-PIC for RPHY RPD Line card	HA-RPHY-PIC	7
Fan Module for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-FAN-MOD	5
Fan Tray for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-FAN-TRAY	1
RPD Line Card for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-6X12-LC	8
SP AR HW 24X7X4 RPD Line Card for Smart PHY 7200 RPHY sh	SP-AR3-HARPHYL6	8
10GBASE-SR SFP Module	SFP-10G-SR	2

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de documentación del fabricante Cisco.

En cuanto a las licencias de Downstream y Upstream requeridas son contempladas en el cBR-8 CCAP CORE de Florida, para el caso de la Fase I de Desamparados se requieren

- 1280 CBR-D30-DS-LIC
- 1280 CON-SAS-CBRD30DS
- 120 CBR-D30-US-LIC
- 120 CON-SAS-CBRD30US

Para el reemplazo de la plataforma óptica identificada como obsoleta se requiere al menos los siguientes componentes:

Tabla 11 Plataforma Óptica ARRIS CHP Requerido Desamparados

Descripción	Cantidad
Chasis modular CHP Max 5000 con fuente redundante y módulo IP	1
Transmisor óptico de 8db CHP-D1F0-9191-08-S 1291nm SC/APC	5

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de documentación del fabricante ARRIS.

4.4.1.4 Central Hatillo

Al analizar las características de los equipos de la central de Hatillo se identifica la necesidad de implementar R-PHY, debido a que en la primera fase mantendrá una grilla analógica de 54 canales y con el fin de hacer uso de la mayor cantidad de recursos disponibles se realiza el rediseño contemplando un Shelf de R-PHY Cisco modelo 7200

4.4.1.4.1 Shelf R-PHY Hatillo

La central de hatillo cuenta con 20 SG servidos desde un CMTS uBR, este CMTS se encuentra operando con su totalidad de tarjetas de línea (LC) por lo que desde ese punto de

vista el CMTS está a capacidad completa, estas line cards al ser del modelo UBR-MC20X20V-20D la capacidad máxima de portadoras de DS son 20, además no se tiene la posibilidad de habilitar DOCSIS 3.1, debido a lo anterior se debe implementar un Shelf 7200 del fabricante Cisco. El Shelf al ser un equipo modular se puede personalizar con la cantidad de tarjetas de línea necesario, en este caso únicamente se requiere 3 para atender a los nodos actuales y una 4ta tarjeta de línea que entraría como respaldo para contar con un equipo de alta disponibilidad. El CCAP CORE desde el cual se estaría aprovisionando los SG estaría ubicado en el headend de Florida.

4.4.1.4.2 Plataforma de gestión de RF Fase I

Los equipos para la gestión de RF en esta central son MAXNET I del fabricante ATX, si bien este modelo soporta hasta 1GHz se aconseja realizar el reemplazo a MAXNET II que amplía el rango operacional a 1.2GHz y estos chasis permiten hacer un uso más eficiente del espacio de los bastidores.

4.4.1.4.3 Plataforma Óptica Hatillo

Además de las plataformas ópticas Optopus y GX2 existen doce transmisores y cuatro receptores, de los 16 puertos de los receptores cuádruples están en uso 11, por lo que se puede reducir un receptor en este sitio. Tanto los once transmisores y los tres receptores es recomendable reemplazarlos por su grado de obsolescencia, se mantiene la recomendación de hacer uso de la plataforma ARRIS CHP, equipo que se presenta en el anexo 40 Plataforma Óptica ARRIS CHP.

4.4.1.4.4 Plataformas y Licencias Requeridas Fase I

El Remote PHY Shelf 7200 es la plataforma que estará sirviendo a los 20SG de Hatillo, los componentes mínimos considerados son los siguientes:

Tabla 12 Shelf y Módulos Requeridos Hatillo

Descripción	Número de Parte	Cantidad
Container (Top Level) PID for configuring the RPHY HA shelf	HA-RPHY	1
SP AR HW 24X7X4 Container (Top Level) PID for configurin	SP-AR3-HARPHYAP	1
RF cable, one cable per line card required	HA-RPHY-CABLE-RF	4
DC Power Supply for the cBR - CCAP Router	CBR-DC-PS	4
RPD Line Card Blank for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-LC-BLANK	8
DC Power Shelf for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-DC-SHLF	1
RF-PIC for RPHY RPD Line card	HA-RPHY-PIC	4
Fan Module for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-FAN-MOD	5
Fan Tray for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-FAN-TRAY	1
RPD Line Card for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-6X12-LC	5
SP AR HW 24X7X4 RPD Line Card for Smart PHY 7200 RPHY sh	SP-AR3-HARPHYL6	5
10GBASE-SR SFP Module	SFP-10G-SR	2

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de documentación del fabricante Cisco.

En cuanto a las licencias de Downstream y Upstream requeridas son contempladas en el cBR-8 CCAP CORE de Florida, para el caso de la fase I de Hatillo se requieren

- 640 CBR-D30-DS-LIC
- 640 CON-SAS-CBRD30DS
- 60 CBR-D30-US-LIC
- 60 CON-SAS-CBRD30US

En cuanto al reemplazo de la plataforma óptica identificada como obsoleta y con características no compatibles con la Fase I y II propuestas se requiere:

Tabla 13 Plataforma Óptica ARRIS CHP Requerida Hatillo Fase I y II

Descripción	Cantidad
Chasis modular CHP Max 5000 con fuente redundante y módulo IP	1
Transmisor óptico de 8db CHP-D1F0-9191-08-S 1291nm SC/APC	6
Receptor de retorno óptico CHP-4RRFF-S cuadruple 300MHz	3

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de documentación del fabricante ARRIS.

4.4.1.5 Central Pérez Zeledón

La central de Pérez Zeledón cuenta con un total de 12 SG, estos tienen una construcción de menos de tres años y no cuentan con servicio de televisión analógica, lo que presenta una oportunidad importante de avance para la comercialización de paquetes de servicio de Internet de mayores velocidades, se idéntica que la limitante es el CMTS uBR10012 instalado. Al realizar el reemplazo del CMTS actual por un Shelf se estaría habilitando las primeras portadoras OFDM en el canal de descarga.

4.4.1.5.1 Shelf R-PHY Pérez Zeledón

Al identificar que la limitante en cuanto a crecimiento para poder brindar paquetes de servicio de Internet de mayor velocidad en la central de Pérez Zeledón como parte del rediseño se recomienda implementar un Shelf de R-PHY Cisco 7200, el cual estaría siendo interconectado a el CCAP CORE ubicado en el headend de Florida.

Los 12 SG servidos desde el Shelf requieren dos tarjetas de línea y se estaría contemplando una tercer LC para redundancia. De acuerdo al espectro de la figura 29 al no

comercializarse la grilla análoga desde esta central de servicio se posibilita la habilitación de un bloque de subportadoras OFDM y 32 portadoras QAM.

4.4.1.5.2 Plataforma de gestión de RF Fase I

Los equipos ubicados en esta central son del modelo MAXNET II de ATX, por lo que esta central desde el punto de vista de plataforma de gestión de RF está preparada para la Fase I y II.

4.4.1.5.3 Plataforma Óptica Pérez Zeledón

Los nodos de la central de PZ están servidos por chasis de la plataforma Optopus, lo anterior facilita la adopción de la Fase I y II.

4.4.1.5.4 Plataformas y Licencias Requeridas Fase I

El Remote PHY Shelf 7200 es la plataforma que estará sirviendo a los 12SG de Desamparados, los componentes mínimos considerados son los siguientes

Tabla 14 Shelf y Módulos Requeridos Pérez Zeledón

Descripción	Número de Parte	Cantidad
Container (Top Level) PID for configuring the RPHY HA shelf	HA-RPHY	1
SP AR HW 24X7X4 Container (Top Level) PID for configurin	SP-AR3-HARPHYAP	1
RF cable, one cable per line card required	HA-RPHY-CABLE-RF	2
DC Power Supply for the cBR - CCAP Router	CBR-DC-PS	4
RPD Line Card Blank for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-LC-BLANK	10
DC Power Shelf for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-DC-SHLF	1
RF-PIC for RPHY RPD Line card	HA-RPHY-PIC	2
Fan Module for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-FAN-MOD	5
Fan Tray for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-FAN-TRAY	1
RPD Line Card for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-6X12-LC	3
SP AR HW 24X7X4 RPD Line Card for Smart PHY 7200 RPHY sh	SP-AR3-HARPHYL6	3
10GBASE-SR SFP Module	SFP-10G-SR	2

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de documentación del fabricante Cisco.

En cuanto a las licencias de Downstream y Upstream requeridas son contempladas en el cBR-8 CCAP CORE de Florida, para el caso de la Fase I de Pérez Zeledón se requieren

- 384 CBR-D30-DS-LIC
- 384 CON-SAS-CBRD30DS
- 384 CBR-D31-DS-LIC
- 36 CBR-D30-US-LIC
- 36 CON-SAS-CBRD30US

4.4.1.6 Central San Joaquín

Desde la central de SJ se atienden tres nodos ubicados en Alajuela, debido a esto el Smart PHY 300 3x6 RPHY Shelf utilizado como maqueta presenta la capacidad en cuanto a cantidad de puertos necesarios para atender los SG, lo que permite una reducción de costos en equipos.

4.4.1.6.1 Shelf R-PHY San Joaquín

El central de SJ al mantener tres SG activos se podrá atender con el Shelf de R-PHY utilizado como maqueta durante las pruebas de este TFG, el Smart PHY 300 3x6 RPHY Shelf cuenta con tres puertos de Downstream y seis puertos de Upstream, cantidad de puertos exactos requeridos para atender los nodos de Alajuela. La imagen del Smart PHY 300 3x6 se encuentra en el anexo 36 Maqueta Smart PHY 300 3x6 RPHY Shelf.

4.4.1.6.2 Plataforma de Gestión de RF

La gestión de RF de la central de SJ es mediante chasis ATX MAXNET II, como hemos visto en centrales anteriores esta plataforma está en condiciones de manejar las Fases I y II al soportar 1.2GHz.

4.4.1.6.3 Plataforma Óptica SJ

En la central se encuentra la plataforma óptica GX2, esta plataforma soporta en transmisión 1GHZ y en retorno 5-200MHz por lo que a nivel de plataforma óptica tanto en transmisión como en recepción el sitio está en condiciones de una eventual implementación de la Fase I y II.

4.4.1.6.4 Plataformas y Licencias Requeridas Fase I

Para la central de San Joaquín ya se cuenta con el equipamiento necesario, únicamente se requiere el traslado e instalación del Smart PHY 300 3x6 RPHY Shelf.

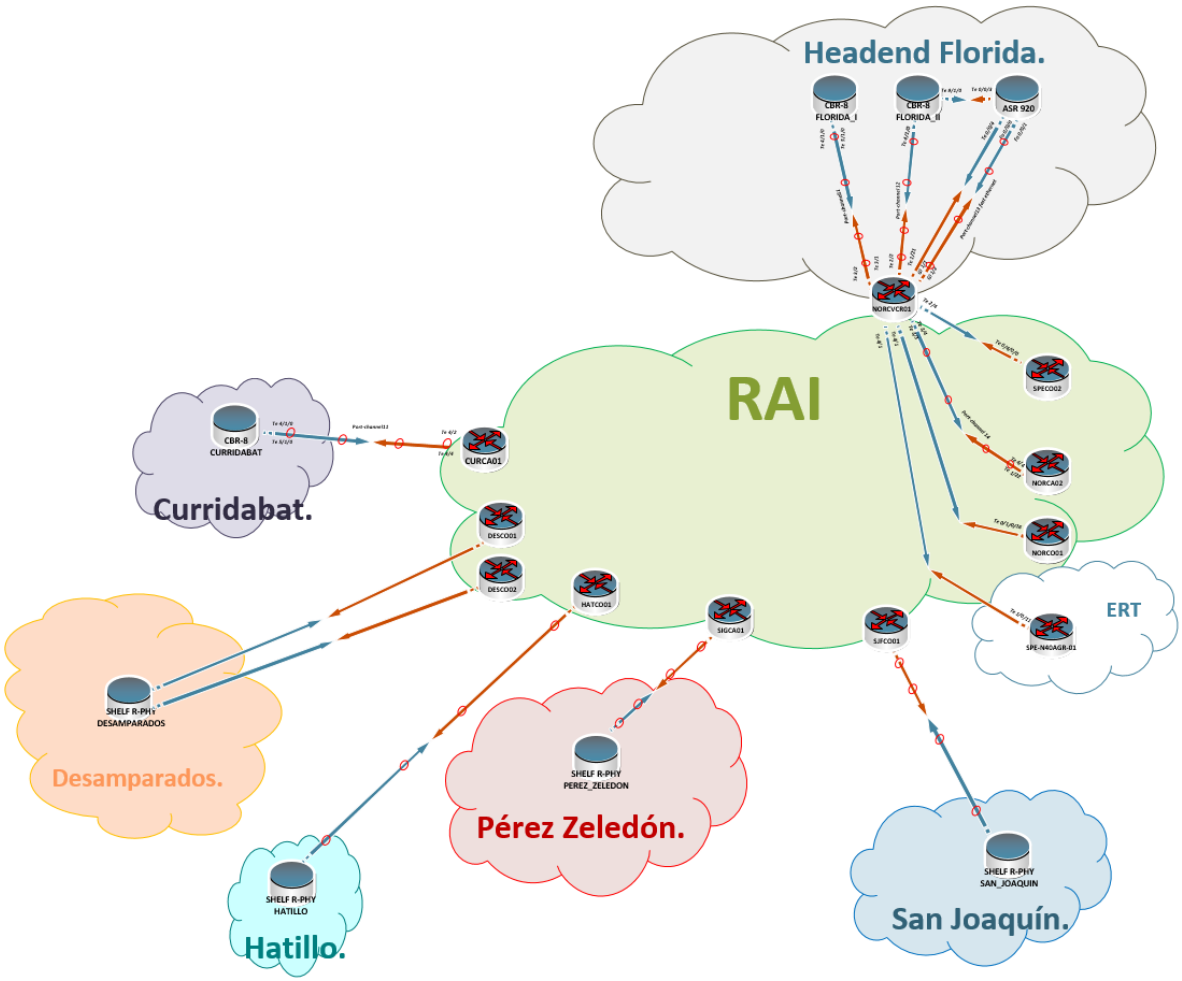
En cuanto a las licencias de Downstream y Upstream requeridas son contempladas en el cBR-8 CCAP CORE de Florida, para el caso de la Fase I de San Joaquín se requieren

- 32 CBR-D30-DS-LIC
- 32 CON-SAS-CBRD30DS
- 96 CBR-D31-DS-LIC
- 9 CBR-D30-US-LIC
- 9 CON-SAS-CBRD30US

4.4.2 Diagrama Alto Nivel Interconexión a Red RAI

Para la puesta en red de los equipos Shelf se presenta el siguiente diagrama de alto nivel, en el que se incluyen los CMTS cBR-8 que no se estarían reemplazado. Se contempla que los Shelf se estarían interconectando a nodos de la Red Avanzada de Internet (RAI), mediante la misma se estaría comunicando con los servicios de FTP, DNS, DHCP, PTP, TACACS+ entre otros.

Figura 36. Diagrama de Interconexión de los Shelf con la RAI.



Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de levantamiento de información en sitio.

4.4.3 Diagrama Gantt

Se presenta diagrama de Gantt con las macro actividades identificadas para la Fase I del proyecto, además se presentan los responsables de las macro actividades establecidas.

Tabla 15 Diagrama Gantt Actividades y responsables

Fase	Macro Actividades	Duración (Días Hábiles)	Responsable	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14
Inicio	Recepción y gestión de la Orden de Inicio del Proyecto	1	Director Proyecto														
	Elaboración del Acta de Constitución del Proyecto	1	Director Proyecto														
Planificación	Conformación del Equipo Trabajo	4	Director Proyecto														
	Asignación del Contenido Presupuestario	25	Director Proyecto														
	Elaboración y entrega del Plan Integral de Trabajo	25	Director Proyecto | Líder Técnico														
Hardware y Licencias	Elaboración de la Solicitudes de Bienes	4	Líder Técnico | Líder Infraestructura														
	Elaboración y Publicación Pliego Cartelarío	40	Proveeduría | Administrador de Contrato														
	Análisis de Oferentes y Adjudicación	10	Proveeduría | Administrador de Contrato														
	Recepción de Bienes	45	Líder Técnico | Líder Infraestructura														
	Habilitación de Conexión Eléctrica	20	Electromecánica														
	Instalación y configuración de CCAP CORE	15	Líder Técnico | Líder Infraestructura | Proveedor														
	Instalación y configuración de Shelves	40	Líder Técnico | Líder Infraestructura | RAI | Proveedor														
	Aprovisionamiento de Shelves desde Intraway	10	Líder Técnico | Líder Infraestructura | RAI | Proveedor														
	Configuración prefijos de direccionamiento	7	Líder Técnico | Líder Infraestructura | RAI | Proveedor														
	Habilitación prefijos NAT por chasis	10	Líder Técnico | Líder Infraestructura | RAI | Proveedor														
	Pruebas de Integración servidores DNS, TFTP, DHCP, NTP	3	Líder Técnico | Líder Infraestructura | RAI | Proveedor														
	Generación de Token registro CCAP CORE con Smart Licensing	1	Líder Técnico | Líder Infraestructura | Proveedor														
	Registro de CCAP CORE cuenta ICE Smart Licensing	1	Líder Técnico | Líder Infraestructura | Proveedor														
	Configuración y pruebas TACACS+	2	Líder Técnico | Líder Infraestructura | Proveedor														
	Integración CCAP CORE Hélix	20	Líder Técnico | Líder Infraestructura | Proveedor | DCORS														
	Certificación licenciamiento Smart Licensing	2	Líder Técnico | Líder Infraestructura | Proveedor														
	Habilitación TACACS+	4	Líder Técnico | Líder Infraestructura | Proveedor														
	Aplicación de Acceptance Test Procedure (ATP)	15	Líder Técnico | Líder Infraestructura | Proveedor														
	Certificación licenciamiento Smart Licensing	1	Líder Técnico | Líder Infraestructura | Proveedor														
	Respaldo de configuraciones	1	Líder Técnico | Líder Infraestructura | Proveedor														
	Elaboración y entrega de la Documentación Técnica y de Usuario	1	Proveedor														
	Elaboración de Guías y Manuales	15	Líder Técnico | Líder Infraestructura | Proveedor														
	Aceptación definitiva	5	Director de Proyecto | Líder Infraestructura | Líder Técnico														
	Garantía de Funcionamiento	120	Director Proyecto														
	Elaboración de Informes asociados a Incidentes y Problemas	5	Director Proyecto | Líder Técnico														
Migración y calibración nodos ópticos	Migración SG uBR a Shelf Desamparados	20	CCR | DGEAS														
	Migración SG uBR a Shelf Hatillo	15	CCR | DGEAS														
	Migración SG uBR a Shelf Pérez Zeledón	5	CCR | DGEAS														
	Migración SG uBR a Shelf San Joaquín	2	CCR | DGEAS														
	Análisis de utilización de Interfaces y portadoras	15	CCR														

Fuente: Elaboración propia, con macro actividades contempladas en proyectos similares.

4.5. Presupuesto de cambio

4.5.1 Headend Florida

En el caso de la cabecera de Florida al contar con los CMTS cBR-8 únicamente se requiere habilitar nuevas portadoras de Downstream y Upstream, estos equipos trabajan bajo un esquema de licenciamiento, ya que están ligados con una cuenta de Smart Licensing. El presupuesto requerido adquirir las licencias necesarias para implementar el rediseño en la Fase I en los equipos de Florida se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16 Presupuesto de Licencias Requeridas Florida I y II Fase I

Descripción	Número de Parte	Cantidad	Precio Unitario ($)	Total Linea ($)
CBR DOCSIS 3.0 Downstream Channel Upgrade License	L-CBR-D30-DS	1924	278	534872
SP SWSS UPGRADES CBR DOCSIS 3.0 Downstream Channel Upgrade L	CON-SAS-CBRD30DS	1924	39	75036
CBR DOCSIS 3.0 Upstream Channel License	L-CBR-D30-US	87	473	41151
SP SWSS UPGRADES CBR DOCSIS 3.0 Upstream Channel License	CON-SAS-CBRD30US	87	65	5655
			Precio Total Sum. Licencias	$656.714,0
			Imp.V.13%	$85.372,82
			Total	$742.086,82

Fuente: Elaboración propia, precios obtenidos por cotización.

En el rediseño de red el CMTS CCAP CORE que estará interconectado con los shelves de Desamparados, Hatillo, Pérez Zeledón y San Joaquín está contemplado para que sea instalado en el Headend de Florida, la siguiente tabla resume los costos de hardware y licencias requeridas para soportar los shelves de las centrales mencionadas en la propuesta de Fase I.

Tabla 17 Presupuesto de Licencias y Hardware Requeridas CCAP CORE Fase I

Descripción	Número de Parte	Cantidad	Precio Unitario ($)	Precio Total ($)
Container (Top Level) PID for configuring the cBR-8 System	CBR-8	1	0	0
SNTC-8X5XNBD Container (Top Level) PID for Config Sys	CON-SNT-CBR8	1	0	0
Cisco CBR8 IOS XE UNIVERSAL	SCBR8-UK9-1612	1	4684	4684
DC Power Supply for the cBR - CCAP Router	CBR-DC-PS	5	883	4415
CBR Line Card Redundancy Feature License	CBR-LCRED-LIC	5	6488	32440
SW APP SUPP CBR Line Card Redundancy Feature License	CON-SAS-CBRLCREB	5	519	2595
Fan Assembly for the cBR CCAP product line	CBR-FAN-ASSEMBLY	5	684	3420
Blank for the cBR LC slot	CBR-LC-BLANK	2	625	1250
Blank for the cBR LC PIC slot	CBR-LC-PIC-BLANK	2	625	1250
DC power input module (the facility connectivity part)	CBR-PEM-DC-6M	1	2498	2498
Mechanical assemby - DC Power Supplies installed here	CBR-DC-PWR-TRAY	1	656	656
Blanks for the Power Supply Slots	CBR-PS-BLANK	1	94	94
Cisco cBR-8 Series CCAP Router Chassis	CBR-8-CCAP-CHASS	1	8993	8993
SNTC-8X5XNBD CBR-8 Chassis PID	CON-SNT-CBR8CCAP	1	1713	1713
Rear Door, shipped in separate packaging from the chassis	CBR-8-REAR-DOOR	1	749	749
Supervisor for cBR series - includes RP and FP functionality	CBR-CCAP-SUP-160G	2	14832	29664
SNTC-8X5XNBD Supervisor for cBR series - includes RP	CON-SNT-CBRCC160	2	2813	5626
SUP PIC - has 8x10GE and management ports.	CBR-SUP-8X10G-PIC	2	3902	7804
SNTC-8X5XNBD SUP PIC - has 8x10GE and management port	CON-SNT-CBRSUP8X	2	743	1486
CBR Supervisor 10G Port License	CBR-SUP-10G-LIC	4	5407	21628
SW APP SUPP CBR Supervisor 10G Port License	CON-SAS-CBRSUP10	4	433	1732
10GBASE-SR SFP Module	SFP-10G-SR	4	311	1244
CBR CCAP 40G Remote PHY Line Card	CBR-CCAP-LC-40G-R	6	6308	37848
SNTC-8X5XNBD The DOCSIS and MPEG line card (base) for	CON-SNT-CBRCCAPR	6	1201	7206
Digital PIC card for RPHY LC	CBR-DPIC-8X10G	6	2623	15738
SNTC-8X5XNBD The digital PIC card for RPHY LC	CON-SNT-CBRDXRIC	6	500	3000
10GBASE-SR SFP Module	SFP-10G-SR	5	311	1555
CBR DOCSIS 3.0 Downstream Channel Upgrade License	L-CBR-D30-DS	2400	278	667200
SP SWSS UPGRADES CBR DOCSIS 3.0 Downstream Channel Upgrade L	SP-ECMU-LCBRD3DS	2400	39	93600
CBR DOCSIS 3.0 Upstream Channel License	L-CBR-D30-US	315	473	148995
SP SWSS UPGRADES CBR DOCSIS 3.0 Upstream Channel License	SP-ECMU-LCBRD3US	315	65	20475
CBR DOCSIS 3.1 6MHz Downstream License	CBR-D31-DS-LIC	480	644	309120
			Precio Total Sum. Equipos	$1.438.056,00
			Imp.V.13%	$186.947,28
			Total	$1.625.003,28

Fuente: Elaboración propia, precios obtenidos por cotización.

4.5.2 Central Curridabat

La central de Curridabat al contar un CMTS cBR-8 requiere únicamente ampliar la cantidad de portadoras de DS y US habilitadas actualmente, en el rediseño propuesto en la Fase I requiere un presupuesto expuesto en la siguiente tabla:

Tabla 18 Presupuesto de Licencias Requeridas Curridabat Fase I

Descripción	Número de Parte	Cantidad	Precio Unitario ($)	Total Linea ($)
CBR DOCSIS 3.0 Downstream Channel Upgrade License	L-CBR-D30-DS	976	278	271328
SP SWSS UPGRADES CBR DOCSIS 3.0 Downstream Channel Upgrade L	CON-SAS-CBRD30DS	976	39	38064
CBR DOCSIS 3.0 Upstream Channel License	L-CBR-D30-US	44	473	20812
SP SWSS UPGRADES CBR DOCSIS 3.0 Upstream Channel License	CON-SAS-CBRD30US	44	65	2860
			Precio Total Sum. Licencias	$333.064,00
			Imp.V.13%	$43.298,32
			Total	$376.362,32

Fuente: Elaboración propia, precios obtenidos por cotización.

El presupuesto requerido para adquirir los transmisores duales y receptores cuádruples para la Central de Curridabat se muestran en la tabla:

Tabla 19 Presupuesto Requerido Plataforma Óptica Desamparados Fase I y II

Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)	Total Linea ($)
Chasis modular CHP Max 5000 con fuente redundante y módulo IP	1	3410	3410
Transmisor óptico de 8db CHP-D1F0-9191-08-S 1291nm SC/APC	11	7300	80300
Receptor de retorno óptico CHP-4RRFF-S cuadruple 300MHz	5	2170	10850
		Precio Total Sum. Equipo	$94.560,0
		Imp.V.13%	$12.292,8
		Total	$106.852,8

Fuente: Elaboración propia, precios obtenidos por cotización.

4.5.3 Central Desamparados

Para el reemplazo de los CMTS modelo uBR10012 ubicados en la central de Desamparados en el rediseño propuesto en la Fase I se contemplan un Remote PHY Shelf 7200 con los siguientes componentes:

Tabla 20 Presupuesto Hardware Requerido Desamparados Fase I

Descripción	Número de Parte	Cantidad	Precio Unitario ($)	Total Linea ($)
Container (Top Level) PID for configuring the RPHY HA shelf	HA-RPHY	1	36846	36846
SP AR HW 24X7X4 Container (Top Level) PID for configurin	SP-AR3-HARPHYAP	1	10944	10944
RF cable, one cable per line card required	HA-RPHY-CABLE-RF	7	892	6244
DC Power Supply for the cBR - CCAP Router	CBR-DC-PS	4	883	3532
RPD Line Card Blank for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-LC-BLANK	5	625	3125
DC Power Shelf for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-DC-SHLF	1	2498	2498
RF-PIC for RPHY RPD Line card	HA-RPHY-PIC	7	0	0
Fan Module for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-FAN-MOD	5	0	0
Fan Tray for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-FAN-TRAY	1	0	0
RPD Line Card for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-6X12-LC	8	17174	137392
SP AR HW 24X7X4 RPD Line Card for Smart PHY 7200 RPHY sh	SP-AR3-HARPHYL6	8	3023	24184
10GBASE-SR SFP Module	SFP-10G-SR	2	311	622
			Precio Total Sum. Equipo	$225.387,00
			Imp.V.13%	$29.300,31
			Total	$254.687,31

Fuente: Elaboración propia, precios obtenidos por cotización.

Adicional al hardware y licencias en la central de Desamparados se deben reemplazar algunos equipos de la plataforma óptica debido a la obsolescencia, el presupuesto requerido para el reemplazo de estos equipos se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 21 Presupuesto Requerido Plataforma Óptica Desamparados Fase I y II

Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)	Total Linea ($)
Chasis modular CHP Max 5000 con fuente redundante y módulo IP	1	3410	3410
Transmisor óptico de 8db CHP-D1F0-9191-08-S 1291nm SC/APC	5	7300	36500
		Precio Total Sum. Equipo	$39.910,0
		Imp.V.13%	$5.188,3
		Total	$45.098,3

Fuente: Elaboración propia, precios obtenidos por cotización.

4.5.4 Central Hatillo

Para la Central de Hatillo para la Fase I de la propuesta de rediseño se contempla un Remote PHY Shelf 7200, el presupuesto requerido para el Shelf de esta Central se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 22 Presupuesto Hardware Requerido Hatillo Fase I

Descripción	Número de Parte	Cantidad	Precio Unitario ($)	Total Linea ($)
Container (Top Level) PID for configuring the RPHY HA shelf	HA-RPHY	1	36846	36846
SP AR HW 24X7X4 Container (Top Level) PID for configurin	SP-AR3-HARPHYAP	1	10944	10944
RF cable, one cable per line card required	HA-RPHY-CABLE-RF	4	892	3568
DC Power Supply for the cBR - CCAP Router	CBR-DC-PS	4	883	3532
RPD Line Card Blank for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-LC-BLANK	8	625	5000
DC Power Shelf for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-DC-SHLF	1	2498	2498
RF-PIC for RPHY RPD Line card	HA-RPHY-PIC	4	0	0
Fan Module for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-FAN-MOD	5	0	0
Fan Tray for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-FAN-TRAY	1	0	0
RPD Line Card for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-6X12-LC	5	17174	85870
SP AR HW 24X7X4 RPD Line Card for Smart PHY 7200 RPHY sh	SP-AR3-HARPHYL6	5	3023	15115
10GBASE-SR SFP Module	SFP-10G-SR	2	311	622
			Precio Total Sum. Equipo	$163.995,00
			Imp.V.13%	$21.319,35
			Total	$185.314,35

Fuente: Elaboración propia, precios obtenidos por cotización.

Además del Shelf de R-PHY en la Central de Hatillo se contempla el reemplazo de equipos de la plataforma óptica, el presupuesto requerido se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 23 Presupuesto Requerido Plataforma Óptica Hatillo Fase I y II

Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)	Total Linea ($)
Chasis modular CHP Max 5000 con fuente redundante y módulo IP	1	3410	3410
Transmisor óptico de 8db CHP-D1F0-9191-08-S 1291nm SC/APC	6	7300	43800
Receptor de retorno óptico CHP-4RRFF-S cuadruple 300MHz	3	2170	6510
		Precio Total Sum. Equipo	$53.720,0
		Imp.V.13%	$6.983,6
		Total	$60.703,6

Fuente: Elaboración propia, precios obtenidos por cotización.

4.5.5 Central Pérez Zeledón

El reemplazo del CMTS de la Central de Pérez Zeledón, el Remote PHY Shelf 7200 es el equipo que se propone en el rediseño, este equipo permite implementar las Fases I y II. Además, los SG servidos desde la Central de Pérez Zeledón al no tener habilitada el servicio de televisión analógica, para la Fase I se incluye portadoras DOCSIS 3.1 OFDM para el Downstream, estas portadoras fueron contempladas en el licenciamiento el CCAP CORE. El presupuesto requerido para la adquirió de Hardware es el siguiente:

Tabla 24 Presupuesto Hardware Requerido Pérez Zeledón Fase I

Descripción	Número de Parte	Cantidad	Precio Unitario ($)	Total Linea($)
Container (Top Level) PID for configuring the RPHY HA shelf	HA-RPHY	1	36846	36846
SP AR HW 24X7X4 Container (Top Level) PID for configurin	SP-AR3-HARPHYAP	1	10944	10944
RF cable, one cable per line card required	HA-RPHY-CABLE-RF	2	892	1784
DC Power Supply for the cBR - CCAP Router	CBR-DC-PS	4	883	3532
RPD Line Card Blank for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-LC-BLANK	10	625	6250
DC Power Shelf for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-DC-SHLF	1	2498	2498
RF-PIC for RPHY RPD Line card	HA-RPHY-PIC	2	0	0
Fan Module for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-FAN-MOD	5	0	0
Fan Tray for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-FAN-TRAY	1	0	0
RPD Line Card for Remote PHY Shelf 7200	HA-RPHY-6X12-LC	3	17174	51522
SP AR HW 24X7X4 RPD Line Card for Smart PHY 7200 RPHY sh	SP-AR3-HARPHYL6	3	3023	9069
10GBASE-SR SFP Module	SFP-10G-SR	2	311	622
			Precio Total Sum. Equipo	$126.177,00
			Imp.V.13%	$16.403,01
			Total	$142.580,01

Fuente: Elaboración propia, precios obtenidos por cotización.

4.5.6 Central San Joaquín

La central de San Joaquín únicamente requiere una inversión de licencias de DS y US, ya que el Shelf Cisco Smart PHY Model 300 es parte de los equipos con los que cuenta el ICE, las licencias requeridas son contempladas dentro del presupuesto del CCAP CORE.

4.5.7 Presupuesto Total Hardware y Licenciamiento Fase I

La sumatoria de los elementos tanto de hardware como de licenciamiento requerido para la Fase I tanto los equipos y licencias para el Headend como para cada una de las Centrales se presenta en la tabla de presupuesto global:

Tabla 25 Presupuesto Global Fase I

Item	Monto ($)
Florida Licenciamiento cBR-8	742086.82
Florida CMTS CCAP Core	1625706.14
Florida Pltaforma Óptica	78094.3
Curridabat Licenciamiento cBR-8	376362.32
Curridabat Plataforma Óptica	106852.8
Desamparados Shelf Remote PHY 7200	254687.31
Desamparados Plataforma Óptica	45098.3
Hatillo Shelf Remote PHY 7200	185314.35
Hatillo Plataforma Óptica	60703.6
Pérez Zeledón Shelf Remote PHY 7200	139065.71

TOTAL: $3.613.971,65

Fuente: Elaboración propia, precios obtenidos por cotización.

4.6. Valoración del plan de cambio

Con el fin de capturar la opinión de los interesados y actores clave del cambio con respecto al Plan de cambio propuesto se aplica una encuesta a tres personas del Centro de Control de Red (CCR) del proceso de Plataformas y Multimedia, departamento que estaría directamente involucrado en una posible implementación de las fases de la propuesta al ser el personal que gestiona la planta interna de la red HFC, de igual forma dentro de las personas tomadas en cuenta para aplicar la encuesta se incluye una persona del Centro de Gestión de Recursos y Servicios (CGRS) personal involucrado en la gestión de incidentes y reportes de averías y por último una persona de la Dirección Gestión de la Entrega y Aseguramiento (DGEAS) responde la encuesta, este último departamento estaría participando de forma activa en calibraciones de los nodos ópticos requeridas ante una acogida de la Fase I y en una reconstrucción paulatina de la planta externa en la Fase II expuesta. Nuevamente la herramienta utilizada para aplicar la encuesta es Google Forms, las preguntas planteadas se

encuentran en el anexo 41 Diseño de Remote PHY para la comercialización de servicios de Internet residencial por parte de Grupo ICE.

Se le aplica la encuesta un colaborador de CGRS, un colaborador de DGEAS y por último y al ser esta el área que estaría impactando y ejecutando los cambios propuestos participan 3 colaboradores del CCR.

Mediante la pregunta "¿Considera la propuesta de cambio a fin con los intereses del ICE?" el personal encuestado de forma unánime responde afirmativamente.

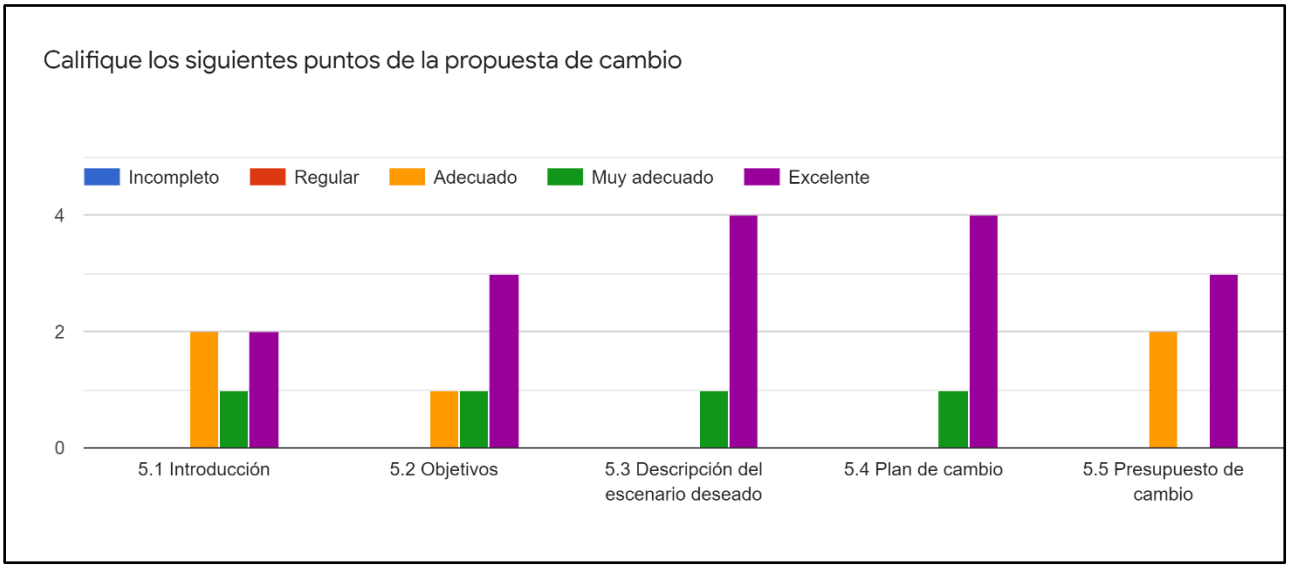
En una tercera consulta mediante la encuesta se solicita indicar a las personas encuestadas si consideran que la propuesta de cambio presentada promueve el desarrollo comercial y técnico del ICE, los cinco participantes responden de forma afirmativa a esta consulta.

Con el interés manifiesto de unificar las velocidades de los paquetes de servicio de Internet de la oferta comercial mediante las tecnologías HFC y GPON se realiza la pregunta "¿Presenta la propuesta de cambio una oportunidad tangible para que el ICE homologue las velocidades ofrecidas con la red de fibra hasta la casa (FTTH) y la red híbrida de fibra-coaxial (HFC)?" las respuestas obtenidas son concluyentes y de forma unánime se obtiene una respuesta afirmativa.

Al consultar sobre la viabilidad de la eventual implementación de la propuesta planteada los encuestados responden en su totalidad de forma afirmativa, esta respuesta está alineada con el requerimiento de cambio de CMTS uBR Cisco por shelves de R-PHY que permite aumentar las capacidades de ancho de banda a los nodos se forma contundente, esto se demuestra en el anexo 22 Grupos de Servicio Central Florida I Escenario Fase I al anexo 28 Grupos de Servicio Central San Joaquín Escenario Fase I.

A solicitud durante la encuesta en la sexta intervención por parte de los participantes califican los diferentes apartados del capítulo 5, esto se representa en la siguiente figura.

Figura 37. Consulta sobre viabilidad de la propuesta planteada.



Fuente: Elaboración propia, encuesta aplicada a personal de CCR, DGEAS y CGRS.

A través de la séptima intervención de los participantes de la encuesta se les solicita indiquen puntos de mejora a la Propuesta de Cambio expuesta en el TFG, en síntesis, de los comentarios recibidos los participantes aceptan de buena forma la propuesta de cambio, brindando comentarios como “es una necesidad y un buen negocio para la Institución”, comentan que es la propuesta es agresiva lo que brindaría una ventana técnica competitiva con el resto de proveedores de servicio con redes HFC.

En la octava y última consulta a los participantes de la encuesta se les solicita “Indique un comentario o sugerencia que considere oportuno en relación con la propuesta de cambio presentada.”, ante la consulta anterior se obtienen sugerencias como realizar una comparativa con las velocidades de los paquetes de Internet comercializados por el ICE mediante la red

de fibra óptica, en el que se ofrecen velocidades de hasta 500Mbps de descarga sobre 15Mbps de subida, velocidad que sería duplicada en la Fase II de la propuesta de cambio. Uno de los encuestados expuso que la propuesta de la Fase I y Fase II considera se ajusta correctamente en actualizar y fortalecer la red HFC.

Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

La red HFC cedida al Grupo ICE por parte de la subsidiaria Cable Visión ante la demanda de ancho de banda por parte de los clientes, siempre creciente, debe contar con planes de inversión y crecimiento con un buen margen de maniobra para evitar la utilización total de capacidad de las interfaces de cable actuales y prever correctamente la demanda y/o evolución demográfica de la zona o grupo de servicio. En los siguientes puntos se reseña los objetivos del presente trabajo:

- **Identificar los CCAP/CMTS y nodos ópticos de la red HFC**

En respuesta al objetivo 1 se llegó a la siguiente conclusión: Mediante el estudio del rediseño de la red de acceso HFC, contemplando el espectro radioeléctrico y su utilización en las Fase I y II se logra optimizar el espectro disponible, incrementando el ancho de banda significativamente, los trabajos deben ir de la mano con el mejoramiento de la planta externa HFC.

En respuesta al objetivo 1 se llegó a la siguiente conclusión: La redistribución del espectro propuesto en la Fase I permite el incremento de hasta 28 frecuencias en los SG, lo que directamente aumenta el ancho de banda disponible en la red HFC del SG servido, permitiendo una comercialización de velocidades de los paquetes de servicio de Internet incrementados por SG.

En respuesta al objetivo 1 se llegó a la siguiente conclusión: En cuanto al ancho de banda actual entregado a cada nodo en el mejor escenario es de 600Mbps, por lo que el escenario propuesto en la Fase I al menos estaría aumentando la capacidad en un 100% en los SG de mayor ancho de banda actual. En una eventual Fase II se estaría aumentando al menos 6.5

veces la capacidad de ancho de banda de descarga entregada a los SG actualmente, entregando 4Gbps al nodo.

En respuesta al objetivo 1 se llegó a la siguiente conclusión: Con la implementación de D3.1 la modulación de 256QAM puede incrementarse como mínimo a 1024 QAM, por lo que aumenta de forma importante la eficiencia espectral, ya que se transmite una mayor cantidad de bits por segundo haciendo uso del mismo espectro.

- **Rediseño de arquitectura de acceso distribuida de la red HFC:**

En respuesta al objetivo 2 se llegó a la siguiente conclusión: El reemplazo de los CMTS uBR10012 y plataformas ópticas indicadas en el proyecto permite a la planta interna de la red soportar un espectro de hasta 1.2GHz, lo que aumenta la vida útil de la red y además posibilita la adopción del estándar DOCSIS 3.1. Lo anterior se plantea mediante la implementación de una arquitectura de acceso distribuida con Remote-PHY presentado mediante un diagrama de arquitectura de alto nivel que presenta el dimensionamiento de la propuesta.

- **Presupuesto requerido para una eventual implementación:**

En respuesta al objetivo 3 se llegó a la siguiente conclusión: Se presenta el presupuesto requerido que permite en primera instancia la implementación de Remote PHY y aumentos de ancho de banda entregados a los SG en la Fase I, la cual involucra la adquisición de hardware y licenciamiento. Para una eventual adopción de la Fase II únicamente es requerido la adquisición únicamente de licencias para los equipos de la planta interna (CCAP CORE y CMTS integrados). Se identifican los elementos de red tanto de planta interna como de planta externa que deben ser evaluados para hacer uso de un espectro de al menos 1GHz.

5.2 Recomendaciones

A continuación, se presenta una serie de recomendaciones con el espíritu de asistir ante una eventual implementación de la Fase I y Fase II propuestas en el presente documento de FTG, estas recomendaciones tienen como fin abordar el desarrollo de la propuesta de cambio teniendo claridad en los siguientes enfoques:

Enfoque Comercial:

Para la implementación de la Fase I un punto clave es la reducción o eliminación de la grilla analógica, este trabajo se puede realizar SG a SG progresivamente, priorizando los nodos con índices de piratería alta, lo que estaría mejorando el SNR significativamente. Esta sugerencia puede estar apalancada con una estrategia comercial que brinde beneficios comerciales/técnicos a los clientes que abandonen el servicio de televisión analógica y adquiera un paquete de televisión digital.

Impulsar campañas de publicidad y una oferta comercial diferenciada para los servicios comercializados mediante la red HFC que presenten una oferta atractiva y con diferenciadores clave ante la competencia.

Enfoque Financiero:

En respuesta al objetivo 3 se llega a la siguiente recomendación: Se ejecute un análisis comparativo de los costos de operativos de la red activa HFC vs FTTH (10G-PON y XGS-PON).

En respuesta al objetivo 3 se llega a la siguiente recomendación: Realizar un análisis comparativo de los costos de implementación de la red HFC Fase I y Fase II vs FTTH (10G-

PON y XGS-PON), la red GPON al ser de menor capacidad que la propuesta de Fase II únicamente podrá ser comparada con la implementación de Fase I.

En respuesta al objetivo 3 se llega a la siguiente recomendación: Se invita a realizar un análisis de los requerimientos, consideraciones y costos para actualizar la planta externa a 1.2GHz con un splitt de 85MHz en acompañamiento de fabricantes de componentes como Commscope (ARRIS).

Como sugerencia complementaria a la adopción de la Fase I y II se debe contemplar la adquisición de Cable Módems con mayores capacidades de Channel Bonding, para Fase I de DOCSIS3.0 con Channel Bonding 32x8 y para Fase II Cable Modems DOCSIS3.1 tanto en DS como en US. En el caso de Pérez Zeledón y San Joaquín la adquisición de terminales D3.1 debe ir de la mano con la implementación de la Fase I.

Enfoque de Estrategia de negocio.

Basándose en la tendencia de aumento de ancho de banda por parte del cliente se recomienda contar con una bolsa de licencias de DS y DS disponibles para agregar las portadoras según sea requeridas por los SG de los diferentes CMTS y shelves.

Enfoque técnico:

Para una eventual implementación de Fase I en Pérez Zeledón, San Joaquín y una Fase II para el resto de sitios se recomienda que la creación del primer bloque OFDM de 192MHZ para el DS sin eliminar la totalidad de portadoras D3.0, lo que permite cambiar los CPEs de forma progresiva de acuerdo a los paquetes de servicio contratados por el cliente, DOCSIS 3.0 y 3.1 trabajan de forma concurrente tanto en CMTS como en los shelves propuestos.

En respuesta al objetivo 1 se llega a la siguiente recomendación: Adicional a la sugerencia anterior en el crecimiento en subportadoras OFDM en el caso del DS y OFDMA para el US pueden ser incrementadas paulatinamente, hasta alcanzar al menos un ancho de 192MHz en el caso del DS y al menos 96MHz en el caso del US, esta habilitación se puede trabajar inicialmente en los SG que se identifique un mayor consumo de paquetes de servicio de altas velocidades. Las redes de planta externa deben adecuarse de forma progresiva para habilitar frecuencias mayores de 750MHz con el objetivo de 1GHz o 1.2GHz a un mediano plazo.

Se recomienda realizar planes de mantenimiento preventivo y proactivo mediante herramientas como PNM que garanticen la estabilidad de los parámetros RF de la red tanto en forward como en retorno.

Bibliografía

Agrawal, G. P. (2012). Fiber-Optic Communication Systems. En G. P. Agrawal, *Fiber-Optic Communication Systems* (pág. 626). New York: John Wiley & Sons, Inc.

ALFA'R. (26 de setiembre de 2017). *Composición de los cables coaxiales*. Obtenido de Composición de los cables coaxiales: https://alfarsl.es/composicion-cables-coaxiales/

Alvarado, E. (12 de abril de 2004). *Noticias de Economía*. Obtenido de Noticias de Economía: http://wvw.nacion.com/ln_ee/2004/abril/12/economia4.html

ARRIS. (febrero de 2019). *CommScope.* Obtenido de CommScope: https://www.commscope.com/globalassets/digizuite/61887-fftq.pdf

BELDEN. (2020). *BELDEN*. Obtenido de BELDEN: https://beldencables-emea.com/en/products/cable_basics/fiber-optic-cable/index.phtml

Broadbandnow. (12 de junio de 2020). *broadbandnow.com*. Obtenido de broadbandnow.com: https://broadbandnow.com/Cable-Providers

CableLabs. (2015). *Evolution of CMTS/CCAP Architectures.* Obtenido de nctatechnicalpapers: https://www.nctatechnicalpapers.com/Paper/2015/2015-evolution-of-cmts-ccap-architectures

CableLabs. (2018). Obtenido de http://www.cable-europe.eu/wp-content/uploads/2010/09/181030_CableLabs_Driving-Gigabit-Speeds-From-Lab-to-Consumer.pdf

CableLabs. (octubre de 2019). *About CableLabs*. Obtenido de About CableLabs: https://www.cablelabs.com/about-cablelabs/member-companies

Cisco. (18 de diciembre de 2018). *cisco.com*. Obtenido de cisco.com: https://www.cisco.com/c/dam/m/en_us/network-intelligence/service-provider/digital-transformation/knowledge-network-webinars/pdfs/1218-cable-ckn.pdf

Cisco Systems. (2020). *Cisco.* Obtenido de Cisco: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/cable/cbr/configuration/guide/b_cbr_layer2_docsis/docsis_3_downstream_bonding.pdf

Cisco Systems. (9 de marzo de 2020). *www.cisco.com.* Obtenido de www.cisco.com: https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html

Commscope. (julio de 2019). *Commscope.* Obtenido de Commscope: https://www.commscope.com/globalassets/digizuite/62133-regal-rl12.pdf

CommScope. (2020). *commscope.* Obtenido de commscope: https://www.commscope.com/product-type/broadband-access-network-systems/cmts-ccap/remote-phy-devices-rpd/e6000n/

Commscope. (2020). *RF Passives*. Obtenido de RF Passives: https://www.commscope.com/product-type/broadband-access-network-systems/radio-frequency-rf-equipment/passives/

Cordero, C. (30 de noviembre de 2014). Obtenido de https://www.elfinancierocr.com/tecnologia/ice-procura-blindar-sus-flancos-debiles/7FNRRF7PAZBV5EZZPCMMYIBM7E/story/

Cordero, C. (13 de abril de 2019). Obtenido de https://www.elfinancierocr.com/tecnologia/ice-bajo-los-precios-de-las-conexiones-de-internet/3PZUBK6UA5FP7A32OFNXAOY76M/story/

Countryman Network Supply. (2020). *Countryman Network Supply*. Obtenido de Countryman Network Supply: https://www.dfcco.com/telco/arris-12-tfc-xxx-17a-1-2-ghz-line-splitters/

Durcatel. (2020). Obtenido de http://www.durcatel.com/index.php/85-hfc/107-hfc

EcuRed. (2019). *EcuRed*. Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Cable_coaxial

Feldman, D. (19 de noviembre de 2018). *Forbes*. Obtenido de Forbes: https://www.forbes.com/sites/danafeldman/2018/11/19/just-how-bleak-is-the-future-of-traditional-tv/#3dc8103d35b6

Grupo ICE. (4 de diciembre de 2018). *grupoicecr.com*. Obtenido de grupoicecr.com: https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/acercadelgrupoice/sala-de-prensa/noticias-anteriores/f36b2b65-1246-425e-9601-fbe11080b294

Grupo ICE. (8 de abril de 2019). *Sala de Prensa*. Obtenido de Sala de Prensa: https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/acercadelgrupoice/sala-de-prensa/noticias-anteriores/cd9dc813-f1e1-4ea2-ae1f-285fb281e71e

Grupo ICE. (10 de julio de 2019). *www.grupoice.com*. Obtenido de www.grupoice.com: https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/acercadelgrupoice/sala-de-prensa/noticias-anteriores/30fa65f7-9bf1-4df4-99c8-1abacc39fd18

Herrera, M. (6 de diciembre de 2013). *nacion.com*. Obtenido de nacion.com: https://www.nacion.com/el-pais/servicios/ice-compro-la-compania-de-internet-y-tv-cable-vision/BUE2X3Q6CFFJJO7E5EFEC3MICM/story/

Ingenieriatic. (2020). *Ingenieriatic*. Obtenido de Ingenieriatic: https://www.ingenieriatic.com/redes-y-comunicaciones/telecomunicaciones/hfc-fttc/

Instituto Técnologico de Aguascalientes. (2014). *telecomunicaciones2*. Obtenido de telecomunicaciones2: https://telecomunicaciones2.webnode.mx/unidad-6/a6-5-transmisores-y-receptores-opticos-/

Intraway. (20 de enero de 2018). *www.intraway.com*. Obtenido de www.intraway.com: https://www.intraway.com/blog/DOCSIS-FTTH-Is-That-the-Real-Question

ITU. (6 de octubre de 2000). Obtenido de https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=s&id=T-REC-L.47-200010-I!!PDF-S&type=items

IUMA. (2020). *IUMA.* Obtenido de IUMA: http://www.iuma.ulpgc.es/users/nunez/clases-micros-para-com/mpc0809-trabajos/mpc0809RuymanOjedaSTBs.pdf

KÖLBI. (2020). *KÖLBI.* Obtenido de KÖLBI: https://www.kolbi.cr/wps/portal/kolbi_dev/hogares/television/tv-digital/cobertura

Lara, J. F. (4 de diciembre de 2018). *Nacion*. Obtenido de Nacion: https://www.nacion.com/el-pais/servicios/ice-absorbe-operaciones-y-deudas-de-cable-vision/RPTBPPEWCRHGPAPASIKZZ27AJU/story/

López. (2020). *McGraw-Hill Interamericana de España.* Obtenido de McGraw-Hill Interamericana de España: https://www.mhe.es/cf/ciclos_informatica/844819974X/archivos/unidad2_recurso6.pdf

MICITT. (2017). *Indicadores Nacionales Ciencia, Tecnología e Innovación Costa Rica 2017.* Obtenido de https://www.micit.go.cr/sites/default/files/indicadores_2017_compressed_1.pdf

Noll, K. A. (23 de junio de 2015). *nanog.org.* Obtenido de nanog.org: https://archive.nanog.org/sites/default/files/08-Noll.pdf

Oviedo, E. (16 de enero de 2006). *Noticias Nacionales*. Obtenido de Noticias Nacionales: http://wvw.nacion.com/ln_ee/2006/enero/16/pais1.html

Papandrea, D. (21 de abril de 2020). *www.usnews.com*. Obtenido de www.usnews.com: https://www.usnews.com/360-reviews/internet-providers/xfinity

Pensemos. (20 de noviembre de 2018). *Pensemos.* Obtenido de Pensemos: https://gestion.pensemos.com/que-es-el-balanced-scorecard-o-cuadro-de-mando-integral-un-resumen

Pérez, C. C. (14 de enero de 2016). Obtenido de https://www.elfinancierocr.com/tecnologia/ice-ya-ofrece-internet-de-hasta-30-mbps-via-fibra-optica-y-cobre-en-cinco-cantones/HPZ6XR3HZRGAXEUOYPMUVTVTVY/story/

Prensario Internacional. (12 de mayo de 2015). *Prensario Internacional*. Obtenido de Prensario Internacional: https://www.prensario.net/12943-Costa-Rica-ICE-incorpora-Cable-Vision-bajo-la-marca-Kolbi-.note.aspx

RedFenix. (9 de enero de 2020). *medium.com*. Obtenido de medium.com: https://medium.com/redfenix/pa%C3%ADses-con-el-internet-m%C3%A1s-r%C3%A1pido-del-mundo-2020-68f94ee1d2e5

Rodríguez, P. (17 de marzo de 2017). *xatakamovil*. Obtenido de xatakamovil: https://www.xatakamovil.com/conectividad/fibra-vs-cable-diferencias-entre-las-dos-tecnologias-de-conectividad-del-futuro

Schnoor, J. (5 de octubre de 2017). *Remote PHY is a Reality*. Obtenido de Remote PHY is a Reality: https://www.cablelabs.com/remote-phy-reality

Speedtest. (abril de 2020). *www.speedtest.net*. Obtenido de www.speedtest.net: https://www.speedtest.net/global-index/costa-rica#fixed

SUMMA. (1 de junio de 2011). *SUMMA*. Obtenido de SUMMA: https://revistasumma.com/12657/

SUTEL. (2019). *Informe Estadisticas del sector de Telecomunicaciones 2018*. Obtenido de https://sutel.go.cr/sites/default/files/informe_estadisticas_del_sector_de_las_telecomunicaciones_2018_vf.pdf

Telectrónika. (28 de junio de 2018). *Telectrónika*. Obtenido de Telectrónika: https://www.telectronika.com/articulos/fibra-optica/que-es-la-fibra-optica-principios-fabricacion-y-usos/

The Fiber Optic Association. (2014). *The Fiber Optic Association.* Obtenido de https://www.thefoa.org/ESP/Diseno.htm

The Fiber Optic Association. (2020). *Cable de fibra óptica*. Obtenido de thefoa: https://www.thefoa.org/ESP/Cable.htm

UIT. (6 de octubre de 2000). *UNI"N INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES.* Obtenido de UNI"N INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-L.47-200010-I!!PDF-S&type=items

Universidad ESAN. (28 de febrero de 2018). *Conexión ESAN*. Obtenido de Conexión ESAN: https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2018/02/en-que-consisten-y-cual-es-la-diferencia-entre-oceanos-rojos-y-azules/

Valero. (16 de mayo de 2019). Obtenido de adslzone.net: https://www.adslzone.net/2019/05/16/cierre-centrales-adsl-mayo-2019/

Viavi Solutions. (2020). *Distributed Access Architecture.* Obtenido de Distributed Access Architecture: https://www.viavisolutions.com/en-us/distributed-access-architecture

VIAVI Solutions. (2020). *www.viavisolutions.com.* Obtenido de www.viavisolutions.com: https://www.viavisolutions.com/es-es/literature/docsis-31-practicas-recomendadas-para-un-maximo-rendimiento-es-informe-tecnico-es.pdf

WISI. (2020). *WISI*. Obtenido de WISI: http://www.wisithailand.com/product-detail.php?id=127

Anexos

Anexo 1 Hitos en el sector de las Telecomunicaciones del ICE

Fuente: Elaboración propia, con datos tomados de Grupo ICE, 2019

Anexo 2 Cisco Smart Phy 300 Shelft

Fuente: Cisco Systems, 2020.

Anexo 3 Sistema de Terminación de Cable Módems (CCAP)

Fuente: Cisco Systems, 2020

Anexo 4 Chasis plataforma óptica WISI OPTOPUS

Fuente: WISI-Group, 2020.

Anexo 5 Chasis plataforma ATX MAXNET II

Fuente: ATX Network Corp, 2020.

Anexo 6 Acoplador direccional

Fuente: ARRIS Enterprises LLC. 2019

Anexo 7 Insertor RPI

Fuente: Technetix, 2020.

Anexo 8 TAP de cuatro salidas tipo F.

Fuente: ARRIS Enterprises LLC. 2019

Anexo 9 Splitter típico red de distribución.

Fuente: Pico Digital Inc. 2016

Anexo 10 Cable Modem

Fuente: ARRIS International, 2020

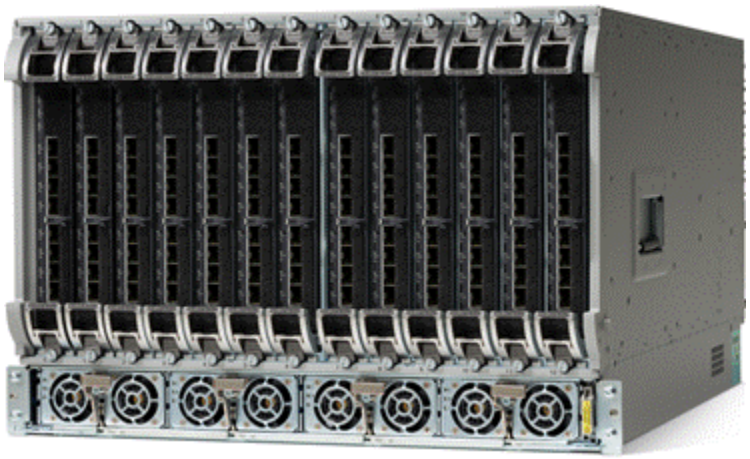
Anexo 11 STB marca DMT

Fuente: Network Broadcast, 2018

Anexo 12 Nodo óptico Remote PHY (RPD)

Fuente: Cisco Systems. 2020.

Anexo 13 Shelf Remote PHY



Fuente: Cisco Systems, 2020.

Encuesta: Medios de acceso fijo Servicio Internet.

La siguiente encuesta tiene como fin recopilar datos para apoyar los objetivos planteados en el TFG del estudiante de la Universidad Latina, Yahir Romero Barrantes, como parte del Seminario de Graduación para optar por el grado de Licenciatura, en Tecnologías de Información para la Gestión de los Negocios.

Gracias por su tiempo.

Nombre completo: _____

Profesión/Ocupación: _____

Edad:_____

Conceptos:

Cable Par Trenzado/Línea Telefónica: Se refiere a un medio guiado utilizado por la tecnología xDSL para ofrecer servicios de Internet.

HFC: Se refiere a las redes híbridas fibra-coaxial utilizadas generalmente por empresas Cableras para la comercialización de servicios de televisión e Internet mediante el estándar DOCSIS

Fibra Óptica: Hace referencia a un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos, utilizado para la comercialización de servicios Triple Play (Telefonía, Internet y Televisión).

¿Conoce los medios de acceso fijo mediante los cuales el ICE brinda servicios de Internet residencial?

- [ ] Si
- [ ] No
- [ ] Algunos

Seleccione mediante cuáles de los siguientes medios de transmisión el ICE comercializa servicios de Internet Residencial:

- [ ] Fibra Óptica
- [ ] Fibra Óptica y Línea Telefónica
- [ ] Coaxial/HFC
- [ ] Todas las anteriores

Seleccione cual medio de acceso fijo elegiría en caso de contratar un nuevo servicio de Internet residencial:

- [ ] Fibra Óptica
- [ ] Coaxial/HFC
- [ ] Línea Telefónica/Par Trenzado
- [ ] Cualquiera de los anteriores

¿Cuál es la velocidad del servicio de Internet contratada en su casa de habitación?

- [ ] 1 a 10Mbps
- [ ] 10 a 20Mbps
- [ ] 20 a 30Mbps
- [ ] 30 a 50Mbps
- [ ] 50 a 100Mbps
- [ ] Mayor a 100Mbps

El servicio de Internet instalado en su casa de habitación es brindado mediante:

- ☐ HFC/Empresa de Cable
- ☐ Par Trenzado/ Línea Telefónica
- ☐ Fibra Óptica
- ☐ Otra…

Dado el caso en que en su comunidad no se cuente con la posibilidad de adquirir un servicio de Internet residencial mediante la red de Fibra Óptica, ¿Cuál sería la siguiente alternativa que elegiría?

- ☐ HFC/Empresa de Cable
- ☐ Par Trenzado/ Línea Telefónica
- ☐ Cualquiera de los anteriores

Según su criterio, considera que las redes de Par Trenzado/ Línea Telefónica deban seguir en producción o los clientes de las mismas deben ser absorbidos por otras redes existentes?

- ☐ Debe mantenerse la red de Par Trenzado/ Línea Telefónica
- ☐ Deben ser migrados a otras redes

Mediante las redes de HFC/Coaxial utilizadas generalmente por las empresas de cable ¿considera usted que pueden brindarse paquetes de Internet con velocidad equiparables con los servicios de Fibra Óptica?

- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ Desconozco

En el caso hipotético de que cuente con un servicio de Internet residencial mediante la tecnología Par Trenzado/ Línea Telefónica ¿consideraría adquirir un nuevo servicio mediante la red HFC/Empresa de Cable si esta le brinda mayores anchos de banda?

- ☐ Si
- ☐ No

¿Considera oportuno que el ICE aproveche los recursos de la red de acceso HFC existente con la que ya cuenta y se encuentra en operación? Incluso si lo anterior conlleva a realizar mantenimientos preventivos o correctivos

- [ ] Si
- [ ] No
- [ ] Otra…

¿Considera conveniente que el ICE continúe comercializando servicios de Internet residencial mediante las redes existentes de HFC?

- [ ] Si
- [ ] Otra…

En caso de que exista una tecnología que permita aprovechar la red HFC con la que cuenta el ICE, brindado la posibilidad de comercializar velocidades de incluso 600Mbps por cliente, ¿considera usted el ICE debería adoptarla?

- [ ] Si
- [ ] No
- [ ] Otra…

¿Conoce usted o ha escuchado sobre la tecnología Remote PHY para redes HFC?

- [ ] Si
- [ ] No

Anexo 15 Grupos de Servicio Central Florida I Escenario Actual

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Internet Máxima Comercializada	CAPACIDAD Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	CAPACIDAD Velocidad de Subida por servicio (Mbps)	Utilización según Herramienta Hélix
N-1.2	Florida I	12	2	450	53.4	50Mbps	180	13	55%
N-1.3	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	64.01%
N-2.2	Florida I	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	36.90%
N-3.1A	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	18.26%
N-3.1B	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	44.84%
N-4.1	Florida I	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	43.74%
N-5	Florida I	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	59.60%
N-6	Florida I	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	46.80%
N-7.1	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	76.20%
N-7.2	Florida I	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	37.39%
N-9.1	Florida I	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	40.34%
N-9.2	Florida I	12	2	450	53.4	50Mbps	180	13	74.83%
N-9.4	Florida I	12	2	450	53.4	50Mbps	180	13	54.34%
N-10.2	Florida I	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	46.28%
N-12.1	Florida I	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	34.36%
N-12.2	Florida I	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	38.26%
N-12.3	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	71.69%
N-13.1	Florida I	12	2	450	53.4	50Mbps	180	13	38.31%
N-13.3	Florida I	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	29.32%
N-36.1	Florida I	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	34.61%
N-36.4A	Florida I	12	2	450	53.4	50Mbps	180	13	37.36%
N-38.1	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	69.77%
N-39.2	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	45.66%
N-40.1	Florida I	12	2	450	53.4	50Mbps	180	13	63.31%
N-40.2	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	51.05%
N-41	Florida I	12	2	450	53.4	50Mbps	180	13	64.55%
N-42.2	Florida I	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	28.25%
N-43.1	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	48.90%
N-43.2	Florida I	12	2	450	53.4	50Mbps	180	13	43.67%
N-43.3	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	29.26%
N-45.1	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	33.48%
N-45.2	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	56.34%
N-46.1	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	37.66%
N-46.2	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	36.29%
N-48.1A	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	55.68%
N-48.1B	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	51.02%
N-49	Florida I	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	37.74%
N-58	Florida I	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	23.33%
N-94.1	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	50.37%
N-130	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	21.19%
N-131	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	24.25%
N-133	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	32.82%
MJ003	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	24.65%
MJ004	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	14.27%
MJ005	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	36.89%
MJ006	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	18.25%
TM05	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	37.80%
TM07	Florida I	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	62.33%

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 16 Grupos de Servicio Central Florida II Escenario Actual

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Internet Máxima Comercializada	CAPACIDAD Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	CAPACIDAD Velocidad de Subida por servicio (Mbps)	Utilización según Herramienta Hélix
N-2.1	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	49.17%
N-3.2A	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	25.98%
N-3.2B	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	36.68%
N-3.3A	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	43.44%
N-3.3B	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	40.57%
N-4.2	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	31.28%
N-8.1	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	46.39%
N-8.2A	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	32.94%
N-8.2B	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	41.57%
N-9.3	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	30.05%
N-10.1A	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	51.38%
N-10.1B	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	59.72%
N-13.2	Florida II	12	2	450	53.4	50Mbps	180	13	55.51%
N-27.1	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	36.17%
N-27.2	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	24.25%
N-35	Florida II	12	2	450	53.4	50Mbps	180	13	44.95%
N-36.4B	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	30.94%
N-37	Florida II	12	2	450	53.4	50Mbps	180	13	55.89%
N-38.2	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	52.47%
N-39.1	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	50.84%
N-42.1	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	42.44%
N-48.2	Florida II	12	2	450	53.4	50Mbps	180	13	50.01%
N-55	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	42.41%
N-94.2	Florida II	12	2	450	53.4	50Mbps	180	13	52.45%
N-132	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	50.37%
MJ001	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	37.80%
MJ002	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	24.29%
TM01	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	49.35%
TM02	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	48.91%
TM03	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	43.88%
TM04	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	60.14%
TM06	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	81.64%
CB01	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	22.25%
CB02	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	69.77%
IC01	Florida II	8	1	300	26.7	50Mbps	120	7	41.23%
IC02	Florida II	8	1	300	26.7	50Mbps	120	7	41.23%
IC03	Florida II	8	1	300	26.7	50Mbps	120	7	43.74%
IC04	Florida II	8	1	300	26.7	50Mbps	120	7	43.74%
IC05	Florida II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	38.26%

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 17 Grupos de Servicio Central Curridabat Escenario Actual

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Internet Máxima Comercializada	CAPACIDAD Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	CAPACIDAD Velocidad de Subida por servicio (Mbps)	Utilización según Herramienta Hélix
11.1	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	24.49%
11.2	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	20.10%
11.3	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	23.73%
15.1	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	47.25%
15.2	Curridabat	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	25.02%
16.1	Curridabat	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	58.02%
16.2	Curridabat	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	38.62%
26.1	Curridabat	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	40.88%
26.2	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	43.15%
28	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	40.39%
29	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	47.74%
32	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	47.74%
33.1	Curridabat	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	44.94%
33.2	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	42.26%
34	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	27.02%
50.1	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	37.60%
50.2	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	34.09%
51.1	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	40.62%
51.2	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	18.86%
54	Curridabat	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	40.38%
59.1	Curridabat	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	60.20%
59.2A	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	30.39%
59.2B	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	23.36%
90	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	46.12%
91.1	Curridabat	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	40.37%
91.2	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	34.19%
92.1	Curridabat	16	2	600	53.4	50Mbps	240	13	42.34%
92.2	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	42.39%
93	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	45.95%
95	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	29.64%
96	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	47.89%
97	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	30.54%
118	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	23.59%
MJ007	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	30.36%
MJ008	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	35.77%
MJ009	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	35.22%
CC001	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	31.47%
CC002 (80.2)	Curridabat	8	2	300	53.4	30Mbps	120	13	31.11%
CC003	Curridabat	8	2	300	53.4	30Mbps	120	13	39.29%
CC005	Curridabat	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	31.47%
CC007 (82)	Curridabat	16	2	600	53.4	30Mbps	240	13	59.95%
CC010	Curridabat	8	2	300	53.4	30Mbps	120	13	31.11%
CC011 (80.1)	Curridabat	8	2	300	53.4	30Mbps	120	13	14.96%
CC012	Curridabat	8	2	300	53.4	30Mbps	120	13	39.29%

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 18 Grupos de Servicio Central Desamparados Escenario Actual

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Internet Máxima Comercializada	CAPACIDAD Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	CAPACIDAD Velocidad de Subida por servicio (Mbps)	Utilización según Herramienta Hélix
N-14.1	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	57.37%
N-14.2	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	95.11%
N-22.1	Desamparados II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	42.61%
N-22.2	Desamparados	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	64.96%
N-23.1	Desamparados	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	25.52%
N-23.2	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	74.09%
N-44.1	Desamparados	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	48.15%
AR01	Desamparados	8	2	300	53.4	30Mbps	120	13	56.78%
AR07	Desamparados	8	2	300	53.4	30Mbps	120	13	56.78%
AR08	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	71.17%
AR09	Desamparados II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	42.30%
AR10	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	47.12%
AR11	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	24.74%
N-56	Desamparados II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	56.65%
N-57	Desamparados	8	2	300	53.4	30Mbps	120	13	67.21%
N-60.1	Desamparados II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	48.93%
N-60.2	Desamparados II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	39.47%
N-62.1	Desamparados	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	49.03%
N-62.2	Desamparados	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	39.85%
N-116	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	60.26%
N-117	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	57.49%
N-119	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	56.27%
N-120	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	67.28%
N-121	Desamparados	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	48.59%
N-122	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	52.53%
N-123	Desamparados II	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	38.81%
N-124	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	58.00%
N-125	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	48.96%
N-126	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	71.70%
N-127	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	38.61%
N-128	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	63.40%
SJ001	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	73.04%
SF01	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	48.96%
SF02	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	73.11%
SF03	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	28.97%
SF04	Desamparados II	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	33.57%
SF05	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	27.42%
SF06	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	64.96%
SF07	Desamparados II	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	41.25%
SF08	Desamparados	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	64.96%

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 19 Grupos de Servicio Central Hatillo Escenario Actual

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Internet Máxima Comercializada	CAPACIDAD Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	CAPACIDAD Velocidad de Subida por servicio (Mbps)	Utilización según Herramienta Hélix
N-30.1	Hatillo	8	2	300	53.4	30Mbps	120	13	75%
N-30.2	Hatillo	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	42%
N-31	Hatillo	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	48.99%
N-47.1	Hatillo	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	51.13%
N-47.2	Hatillo	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	38.24%
N-52.1	Hatillo	8	2	300	53.4	30Mbps	120	13	43.60%
N-52.2	Hatillo	8	2	300	53.4	30Mbps	120	13	65.00%
N-52.3	Hatillo	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	66.68%
N-52.4	Hatillo	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	87.55%
N-53.1	Hatillo	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	53.16%
N-53.2	Hatillo	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	69.41%
N-53.3	Hatillo	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	44.41%
N-70	Hatillo	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	81.22%
N-71.1A	Hatillo	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	39.86%
N-71.1B	Hatillo	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	27.78%
N-71.2A	Hatillo	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	26.83%
N-71.2B	Hatillo	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	68.17%
N-72	Hatillo	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	60.59%
N-99	Hatillo	4	1	150	26.7	30Mbps	60	7	47.35%
SJ002	Hatillo	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	42.77%

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 20 Grupos de Servicio Central Pérez Zeledón

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Internet Máxima Comercializada	CAPACIDAD Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	CAPACIDAD Velocidad de Subida por servicio (Mbps)	Utilización según Herramienta Hélix
LA01	Peréz Zeledón	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	35.58%
BL01	Peréz Zeledón	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	51.04%
BL02	Peréz Zeledón	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	31.33%
RI01	Peréz Zeledón	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	35.59%
LD01	Peréz Zeledón	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	57.17%
SI01	Peréz Zeledón	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	18.42%
SI02	Peréz Zeledón	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	3.06%
SI03	Peréz Zeledón	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	10.22%
BR01	Peréz Zeledón	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	12.76%
SC01	Peréz Zeledón	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	80.46%
PG01	Peréz Zeledón	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	39.50%
PG02	Peréz Zeledón	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	63.49%

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 21 Grupos de Servicio Central San Joaquín Escenario Actual

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Internet Máxima Comercializada	CAPACIDAD Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	CAPACIDAD Velocidad de Subida por servicio (Mbps)	Utilización según Herramienta Hélix
AL01	San Joaquín	8	2	300	53.4	50Mbps	120	13	40.42%
AL02	San Joaquín	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	22%
AL03	San Joaquín	4	2	150	53.4	30Mbps	60	13	39.80%

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 22 Grupos de Servicio Central Florida I Escenario Fase I

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Bloque OFDM DOCSIS 3.1 1024QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Descarga a Comercializar	Velocidad Subida a Comercializar	Capacidad Teórica de Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	Capacidad Teórica de Velocidad de Subida por servicio (Mbps)
N-1.2	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-1.3	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-2.2	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-3.1A	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-3.1B	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-4.1	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-5	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-6	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-7.1	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-7.2	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-9.1	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-9.2	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-9.4	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-10.2	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-12.1	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-12.2	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-12.3	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-13.1	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-13.3	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-36.1	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-36.4A	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-38.1	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-39.2	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-40.1	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-40.2	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-41	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-42.2	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-43.1	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-43.2	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-43.3	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-45.1	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-45.2	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-46.1	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-46.2	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-48.1A	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-48.1B	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-49	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-58	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-94.1	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-130	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-131	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-133	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
MJ003	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
MJ004	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
MJ005	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
MJ006	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
TM05	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
TM07	Florida I	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 23 Grupos de Servicio Central Florida II Escenario Fase I

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Bloque OFDM DOCSIS 3.1 1024QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Descarga a Comercializar	Velocidad Subida a Comercializar	Capacidad Teórica de Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	Capacidad Teórica de Velocidad de Subida por servicio (Mbps)
N-2.1	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-3.2A	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-3.2B	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-3.3A	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-3.3B	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-4.2	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-8.1	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-8.2A	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-8.2B	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-9.3	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-10.1A	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-10.1B	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-13.2	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-27.1	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-27.2	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-35	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-36.4B	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-37	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-38.2	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-39.1	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-42.1	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-48.2	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-55	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-94.2	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-132	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
MJ001	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
MJ002	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
TM01	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
TM02	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
TM03	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
TM04	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
TM06	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
CB01	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
CB02	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
IC01	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
IC02	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
IC03	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
IC04	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
IC05	Florida II	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 24 Grupos de Servicio Central Curridabat Escenario Fase I

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Bloque OFDM DOCSIS 3.1 1024QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Descarga a Comercializar	Velocidad Subida a Comercializar	Capacidad Teórica de Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	Capacidad Teórica de Velocidad de Subida por servicio (Mbps)
11.1	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
11.2	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
11.3	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
15.1	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
15.2	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
16.1	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
16.2	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
26.1	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
26.2	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
28	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
29	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
32	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
33.1	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
33.2	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
34	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
50.1	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
50.2	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
51.1	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
51.2	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
54	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
59.1	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
59.2A	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
59.2B	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
90	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
91.1	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
91.2	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
92.1	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
92.2	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
93	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
95	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
96	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
97	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
118	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
MJ007	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
MJ008	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
MJ009	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
CC001	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
CC002 (80.2)	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
CC003	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
CC005	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
CC007 (82)	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
CC010	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
CC011 (80.1)	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
CC012	Curridabat	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 25 Grupos de Servicio Central Desamparados Escenario Fase I

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Bloque OFDM DOCSIS 3.1 1024QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Descarga a Comercializar	Velocidad Subida a Comercializar	Capacidad Teórica de Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	Capacidad Teórica de Velocidad de Subida por servicio (Mbps)
N-14.1	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-14.2	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-22.1	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-22.2	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-23.1	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-23.2	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-44.1	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
AR01	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
AR07	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
AR08	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
AR09	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
AR10	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
AR11	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-56	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-57	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-60.1	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-60.2	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-62.1	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-62.2	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-116	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-117	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-119	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-120	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-121	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-122	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-123	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-124	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-125	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-126	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-127	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-128	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
SJ001	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
SF01	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
SF02	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
SF03	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
SF04	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
SF05	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
SF06	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
SF07	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
SF08	Desamparados	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 26 Grupos de Servicio Central Hatillo Escenario Fase I

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Bloque OFDM DOCSIS 3.1 1024QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Descarga a Comercializar	Velocidad Subida a Comercializar	Capacidad Teórica de Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	Capacidad Teórica de Velocidad de Subida por servicio (Mbps)
N-30.1	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-30.2	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-31	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-47.1	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-47.2	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-52.1	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-52.2	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-52.3	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-52.4	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-53.1	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-53.2	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-53.3	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-70	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-71.1A	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-71.1B	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-71.2A	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-71.2B	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-72	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
N-99	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20
SJ002	Hatillo	32	0	3	1200	80.1	400Mbps	20Mbps	480	20

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 27 Grupos de Servicio Central Pérez Zeledón Escenario Fase I

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Bloque OFDM DOCSIS 3.1 1024QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Descarga a Comercializar	Velocidad Subida a Comercializar	Capacidad Teórica de Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	Capacidad Teórica de Velocidad de Subida por servicio (Mbps)
LA01	Peréz Zeledón	32	1	3	2784	80.1	800Mbps	20Mbps	1114	20
BL01	Peréz Zeledón	32	1	3	2784	80.1	800Mbps	20Mbps	1114	20
BL02	Peréz Zeledón	32	1	3	2784	80.1	800Mbps	20Mbps	1114	20
RI01	Peréz Zeledón	32	1	3	2784	80.1	800Mbps	20Mbps	1114	20
LD01	Peréz Zeledón	32	1	3	2784	80.1	800Mbps	20Mbps	1114	20
SI01	Peréz Zeledón	32	1	3	2784	80.1	800Mbps	20Mbps	1114	20
SI02	Peréz Zeledón	32	1	3	2784	80.1	800Mbps	20Mbps	1114	20
SI03	Peréz Zeledón	32	1	3	2784	80.1	800Mbps	20Mbps	1114	20
BR01	Peréz Zeledón	32	1	3	2784	80.1	800Mbps	20Mbps	1114	20
SC01	Peréz Zeledón	32	1	3	2784	80.1	800Mbps	20Mbps	1114	20
PG01	Peréz Zeledón	32	1	3	2784	80.1	800Mbps	20Mbps	1114	20
PG02	Peréz Zeledón	32	1	3	2784	80.1	800Mbps	20Mbps	1114	20

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 28 Grupos de Servicio Central San Joaquín Escenario Fase I

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Bloque OFDM DOCSIS 3.1 1024QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Descarga a Comercializar	Velocidad Subida a Comercializar	Capacidad Teórica de Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	Capacidad Teórica de Velocidad de Subida por servicio (Mbps)
AL01	San Joaquín	32	1	3	2785	80.1	**800Mbps**	**20Mbps**	**1114**	**20**
AL02	San Joaquín	32	1	3	2785	80.1	**800Mbps**	**20Mbps**	**1114**	**20**
AL03	San Joaquín	32	1	3	2785	80.1	**800Mbps**	**20Mbps**	**1114**	**20**

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 29 Grupos de Servicio Central Florida I Escenario Fase II

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Bloque OFDM DOCSIS 3.1 1024QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Bloque 96Mhz OFDMA US	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Descarga a Comercializar	Velocidad Subida a Comercializar	Capacidad Teórica de Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	Capacidad Teórica de Velocidad de Subida por servicio (Mbps)
N-1.2	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-1.3	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-2.2	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-3.1A	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-3.1B	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-4.1	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-5	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-6	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-7.1	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-7.2	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-9.1	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-9.2	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-9.4	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-10.2	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-12.1	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-12.2	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-12.3	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-13.1	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-13.3	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-36.1	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-36.4A	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-38.1	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-39.2	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-40.1	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-40.2	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-41	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-42.2	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-43.1	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-43.2	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-43.3	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-45.1	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-45.2	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-46.1	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-46.2	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-48.1A	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-48.1B	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-49	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-58	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-94.1	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-130	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-131	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-133	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
MJ003	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
MJ004	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
MJ005	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
MJ006	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
TM05	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
TM07	Florida I	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 30 Grupos de Servicio Central Florida II Escenario Fase II

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Bloque OFDM DOCSIS 3.1 1024QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Bloque 96Mhz OFDMA US	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Descarga a Comercializar	Velocidad Subida a Comercializar	Capacidad Teórica de Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	Capacidad Teórica de Velocidad de Subida por servicio (Mbps)
N-2.1	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-3.2A	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-3.2B	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-3.3A	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-3.3B	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-4.2	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-8.1	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-8.2A	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-8.2B	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-9.3	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-10.1A	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-10.1B	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-13.2	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-27.1	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-27.2	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-35	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-36.4B	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-37	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-38.2	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-39.1	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-42.1	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-48.2	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-55	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-94.2	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-132	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
MJ001	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
MJ002	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
TM01	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
TM02	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
TM03	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
TM04	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
TM06	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
CB01	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
CB02	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
IC01	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
IC02	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
IC03	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
IC04	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
IC05	Florida II	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 31 Grupos de Servicio Central Curridabat Escenario Fase II

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Bloque OFDM DOCSIS 3.1 1024QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Bloque 96Mhz OFDMA US	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Descarga a Comercializar	Velocidad Subida a Comercializar	Capacidad Teórica de Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	Capacidad Teórica de Velocidad de Subida por servicio (Mbps)
11.1	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
11.2	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
11.3	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
15.1	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
15.2	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
16.1	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
16.2	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
26.1	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
26.2	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
28	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
29	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
32	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
33.1	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
33.2	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
34	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
50.1	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
50.2	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
51.1	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
51.2	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
54	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
59.1	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
59.2A	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
59.2B	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
90	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
91.1	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
91.2	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
92.1	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
92.2	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
93	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
95	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
96	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
97	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
118	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
MJ007	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
MJ008	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
MJ009	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
CC001	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
CC002 (80.2)	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
CC003	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
CC005	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
CC007 (82)	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
CC010	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
CC011 (80.1)	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
CC012	Curridabat	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 32 Grupos de Servicio Central Desamparados Escenario Fase II

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Bloque OFDM DOCSIS 3.1 1024QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Bloque 96Mhz OFDMA US	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Descarga a Comercializar	Velocidad Subida a Comercializar	Capacidad Teórica de Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	Capacidad Teórica de Velocidad de Subida por servicio (Mbps)
N-14.1	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-14.2	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-22.1	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-22.2	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-23.1	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-23.2	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-44.1	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
AR01	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
AR07	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
AR08	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
AR09	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
AR10	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
AR11	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-56	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-57	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-60.1	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-60.2	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-62.1	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-62.2	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-116	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-117	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-119	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-120	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-121	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-122	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-123	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-124	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-125	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-126	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-127	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-128	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
SJ001	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
SF01	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
SF02	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
SF03	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
SF04	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
SF05	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
SF06	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
SF07	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
SF08	Desamparados	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 33 Grupos de Servicio Central Hatillo Escenario Fase II

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Bloque OFDM DOCSIS 3.1 1024QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Bloque 96Mhz OFDMA US	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Descarga a Comercializar	Velocidad Subida a Comercializar	Capacidad Teórica de Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	Capacidad Teórica de Velocidad de Subida por servicio (Mbps)
N-30.1	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-30.2	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-31	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-47.1	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-47.2	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-52.1	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-52.2	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-52.3	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-52.4	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-53.1	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-53.2	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-53.3	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-70	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-71.1A	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-71.1B	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-71.2A	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-71.2B	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-72	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
N-99	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
SJ002	Hatillo	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 34 Grupos de Servicio Central Pérez Zeledón Escenario Fase II

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Bloque OFDM DOCSIS 3.1 1024QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Bloque 96Mhz OFDMA US	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Descarga a Comercializar	Velocidad Subida a Comercializar	Capacidad Teórica de Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	Capacidad Teórica de Velocidad de Subida por servicio (Mbps)
LA01	Peréz Zeledón	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
BL01	Peréz Zeledón	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
BL02	Peréz Zeledón	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
RI01	Peréz Zeledón	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
LD01	Peréz Zeledón	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
SI01	Peréz Zeledón	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
SI02	Peréz Zeledón	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
SI03	Peréz Zeledón	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
BR01	Peréz Zeledón	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
SC01	Peréz Zeledón	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
PG01	Peréz Zeledón	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202
PG02	Peréz Zeledón	24	2	4	1	4068	806.8	1Gbps	200Mbps	1627	202

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

Anexo 35 Grupos de Servicio Central San Joaquín Escenario Fase II

Descripción Grupo de servicio	Central	Portadoras de DS DOCSIS 3.0 256QAM	Bloque OFDM DOCSIS 3.1 1024QAM	Portadoras de US 6.4Mhz 64QAM	Bloque 96Mhz OFDMA US	Ancho de Banda Descarga al Nodo Óptico (Mbps)	Ancho de Banda Subida al Nodo Óptico (Mbps)	Velocidad Descarga a Comercializar	Velocidad Subida a Comercializar	Capacidad Teórica de Velocidad de Descarga por servicio (Mbps)	Capacidad Teórica de Velocidad de Subida por servicio (Mbps)
AL01	San Joaquín	24	2	4	1	4068	806.8	**1Gbps**	**200Mbps**	**1627**	**202**
AL02	San Joaquín	24	2	4	1	4068	806.8	**1Gbps**	**200Mbps**	**1627**	**202**
AL03	San Joaquín	24	2	4	1	4068	806.8	**1Gbps**	**200Mbps**	**1627**	**202**

Fuente: Elaboración propia, datos calculados según estándar DOCSIS.

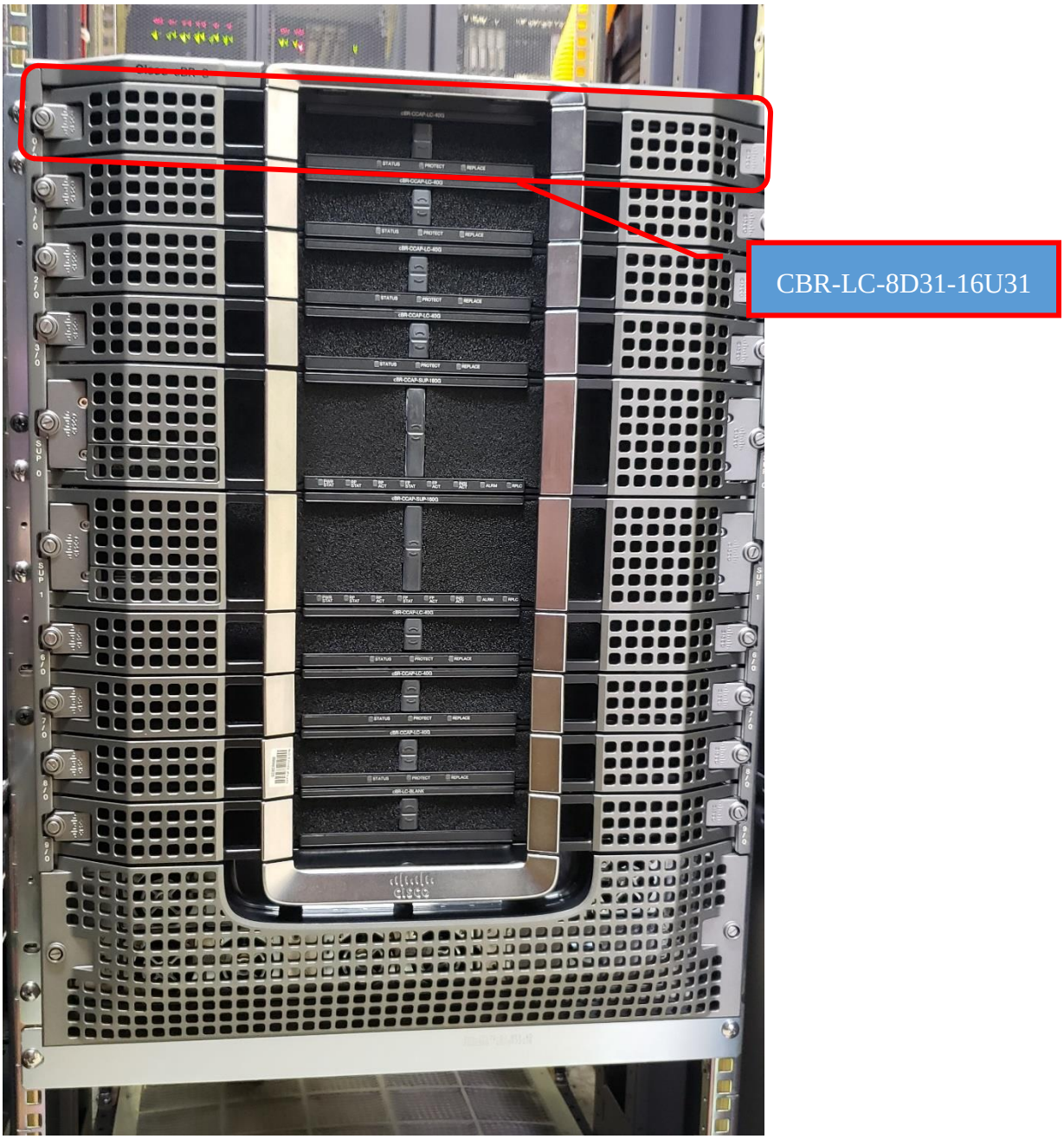
Anexo 36 Maqueta Smart PHY 300 3x6 RPHY Shelf

Fuente: Propia, Fotografía Maqueta Remote PHY, 2020.

Anexo 37 Cable Módems Maqueta de Pruebas

Fuente: Propia, Fotografía Maqueta Cable Módems, 2020.

Anexo 38 CMTS cBR-8 Curridabat



Fuente: Propia, Fotografía CMTS Central Curridabat, 2020.

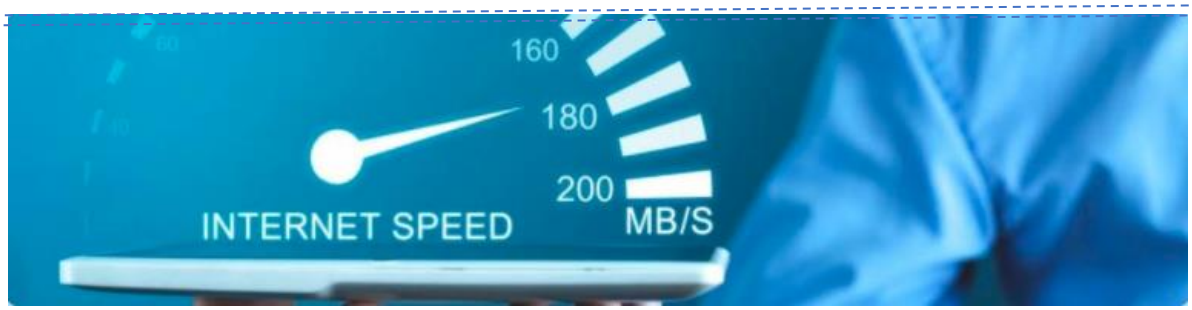
Anexo 39 Chasis Pasivo ATX MAXNET II

Fuente: Propia, Fotografía Chasis MAXNET II, 2020.

Anexo 40 Plataforma Óptica ARRIS CHP

Fuente: COMMSCOPE, 2020.

Encuesta: Diseño de Remote PHY para la comercialización de servicios de Internet residencial por parte de Grupo ICE



La siguiente encuesta tiene como fin evaluar la propuesta de cambio elaborada por el estudiante de la Universidad Latina, Yahir Romero Barrantes, como parte del Seminario de Graduación para optar por el grado de Licenciatura, en Tecnologías de Información para la Gestión de los Negocios.

Gracias por su tiempo.

¿Cuál es el área de trabajo en el ICE?

- ☐ Centro de Control de Red – PyM
- ☐ Centro de Gestión de Recursos y Servicios (CGRS)
- ☐ Entrega y Aseguramiento - DGEAS

¿Considera la propuesta de cambio a fin con los intereses del ICE?

- ☐ Si
- ☐ No

¿La propuesta de cambio presentada promueve el desarrollo comercial y técnico del ICE?

- ☐ Si
- ☐ No

¿Presenta la propuesta de cambio una oportunidad tangible para que el ICE homologue las velocidades ofrecidas con la red de fibra hasta la casa (FTTH) y la red hibrida de fibra-coaxial (HFC)?

- ☐ Si
- ☐ No

¿Considera viable la implementación de la propuesta de cambio presentada?

☐ Si

☐ No

6-Califique los siguientes puntos de la propuesta de cambio

	Incompleto	Regular	Adecuado	Muy adecuado	Excelente
5.1 Introducción	☐	☐	☐	☐	☐
5.2 Objetivos	☐	☐	☐	☐	☐
5.3 Descripción del…	☐	☐	☐	☐	☐
5.4 Plan para el cambio	☐	☐	☐	☐	☐
5.5 Presupuesto de cambio	☐	☐	☐	☐	☐

¿De la propuesta de cambio presentada cuales serían puntos de mejora?

Indique un comentario o sugerencia que considere oportuno en relación con la propuesta de cambio presentada.