

**REVISIÓN Y ANÁLISIS TÉCNICO PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD
ECONÓMICA ANTE LA POSIBLE MIGRACIÓN DE REDES DE COBRE XDSL A
REDES FTTH EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR**

DUBALL ALFONSO RUIZ PONZON

JOSE LUIS SALCEDO MORILLO



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2018

**REVISIÓN Y ANALISIS TECNICO PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD
ECONOMICA ANTE LA POSIBLE MIGRACION DE REDES DE COBRE XDSL A
REDES FTTH EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR**

DUBALL ALFONSO RUIZ PONZON

JOSE LUIS SALCEDO MORILLO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de:
Especialista en Telecomunicaciones

**Director
RAUL BAREÑO GUTIERREZ
M. Sc. EN TELEMÁTICA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2018

DEDICATORIA

A Dios, mi amada esposa Daniela, mis hijos Santiago y Alana, a mis Padres y
Hermanos.

Duball Ruiz

A Dios, primeramente, a mis Padres y a mi hija.

José Salcedo

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso.
A mis Padres por su apoyo y amor.
A mi esposa e hijo que me dan la fortaleza y la motivación para seguir adelante.
A nuestro Director el Ing. Raúl Bareño Gutiérrez por sus valiosos aportes.

Duball Ruiz

A Dios por ser mi guía y compañero en cada uno de mis pasos.
A mis Padres e Hija por ser el motor que me hacen seguir y progresar cada día.
A nuestro Director Ing. Raúl Bareño Gutiérrez por su constante apoyo y
colaboración.

José Salcedo

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
CAPITULO I	16
1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.....	16
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2 ANTECEDENTES Y CONTEXTO TECNOLÓGICO.....	16
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	19
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	20
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.6 ALCANCES Y DELIMITACIÓN.....	21
CAPÍTULO II.....	22
2. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 TECNOLOGÍAS XDSL: ESTÁNDARES ADSL 2+ ANEXOS L, M.....	22
Y VDSL 2 RECOMENDACIONES ITU-T G.993.1, UIT-T G.993.2.....	22
2.1.1 xDSL.....	22
2.1.2 HFC o Cable Modem.....	23
2.1.3 ANÁLISIS DE ESTÁNDARES ADSL 2+.....	25
2.1.3.1 Estándar UIT G.992.3 Anexo L.....	26
2.1.3.2 Estándar UIT G.992.5 Anexo M.....	26
2.1.4 ESTÁNDAR VDSL 2 Recomendaciones UIT-T G.993.1/2.....	27
2.1.5 FTTx.....	29
2.2 TECNOLOGÍAS FTTH: ESTÁNDAR GPON.....	30
(Gigabit - Capable Passive Optical Network).....	30
2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS REDES GPON.....	32
2.4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE UNA RED GPON.....	33
CAPITULO III.....	34
3. MARCO METODOLÓGICO	34
3.1 DESCRIPCIÓN.....	34
3.2 REVISIÓN TÉCNICA DE LA RED DE COBRE CON TECNOLOGÍAS.....	34
XDSL EXISTENTE EN URBANIZACIÓN LAS AMÉRICAS.....	34
3.3 TOPOLOGÍA ACTUAL DE RED xDSL URB. LAS AMÉRICAS.....	36
3.4 CAPACIDAD ACTUAL INSTALADA URBANIZACIÓN LAS AMÉRICAS ...	36
3.5 ELEMENTOS DE PLANTA INTERNA ARMARIO.....	37
3.6 ELEMENTOS PLANTA EXTERNA.....	44
3.7 ELEMENTOS RED DE ABONADO.....	46
3.8 REVISIÓN COSTOS DE RED DE COBRE XDSL ACTUAL.....	48
URB. LAS AMÉRICAS.....	48
3.9 REVISIÓN TÉCNICA Y DISEÑO RED GPON URB. LAS AMÉRICAS.....	51
3.9.1 Aspectos técnicos y requerimientos Infraestructura Planta Interna.....	51
Red GPON.....	51

CAPÍTULO IV.....	54
4. DISEÑO DE LA RED ÓPTICA PASIVA URB. LAS AMÉRICAS.....	54
4.1. REVISIÓN COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN RED GPON URB. LAS AMÉRICAS.....	65
CAPÍTULO V.....	67
5. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	67
5.1 INTRODUCCIÓN.....	67
5.2 REVISIÓN ESTADO MERCADO OBJETIVO.....	67
5.3 RÉGIMEN TARIFARIO CLIENTES EDATEL-UNE.....	67
5.4 FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	68
5.4.1 Evaluación Financiera.....	68
5.4.2 Proyección estimada de Ingresos Edatel-Une Red GPON (5 Años).....	68
5.4.3 Proyección estimada de Egresos Edatel-Une Red GPON (5 Años).....	68
5.4.4 Costo instalación cliente nuevo o cambio de tecnología.....	69
5.4.5 Inversión Inicial Red GPON.....	69
5.4.6 Flujo de Caja Red GPON Urb. Las Américas.....	70
5.4.7 Indicador Financiero VAN de Red GPON Urb. Las Américas.....	71
5.4.8 Indicador Financiero TIR Red GPON Urb. Las Américas.....	71
5.4.9 Relación Costo / Beneficio.....	72
CAPÍTULO VI.....	73
6. RESULTADOS.....	73
6.1 IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE RIESGOS.....	73
6.2 ELABORACIÓN EDT (Estructura de Desglose del Trabajo).....	74
6.3 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE MIGRACIÓN.....	75
A REDES GPON EN LA URBANIZACIÓN LAS AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE VALLEDUPAR.....	
7 CONCLUSIONES.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	77
BIBLIOGRAFIA.....	81

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro comparativo de tecnologías xDSL.....	22
Tabla 2. Comparación de las distintas tecnologías.....	25
Tabla 3. Velocidades ADSL y VDSL.....	28
Tabla 4. Estándares PON.....	31
Tabla 5. Costos Equipos Planta Interna.....	48
Tabla 6. Costos Elementos Planta Externa.....	49
Tabla 7. Costos Mano de Obra.....	50
Tabla 8. Costo Total de la Red de Cobre.....	50
Tabla 9. Costos Operación Y Mantenimiento (OPEX anual).....	51
Tabla 10. Comparación Tarjetas Controladoras DSLAM Alcatel 7330.....	52
Tabla 11. Características ONT Alcatel Modelo I-240W-Q.....	59
Tabla 12. Equipos y elementos red GPON Urb. Las Américas.....	61
Tabla 13. Balance Óptico Urb. Las Américas	62
Tabla 14. Balance Óptico Urb. Las Américas	63
Tabla 15. Balance Óptico Urb. Las Américas	64
Tabla 16. Costos totales de la red GPON.....	65
Tabla 17. Costos Elementos Planta Externa	65
Tabla 18. Costos Mano de Obra.....	66
Tabla 19. Costos totales de la Red GPON.....	66
Tabla 20. Costos Operación Y Mantenimiento (OPEX anual).....	66
Tabla 21. Estado Zona Objetivo.....	67
Tabla 22. Tarifas Edatel-Une.....	67
Tabla 23. Proyección estimada Ingresos Red GPON.....	68
Tabla 24. Proyección estimada Egresos Red GPON	68
Tabla 25. Costos Migración.....	69
Tabla 26. Inversión Inicial Red GPON.....	69
Tabla 27. Flujo de Caja.....	70
Tabla 28. VAN de Red GPON.....	71
Tabla 29. TIR de Red GPON.....	71
Tabla 30. Relación Beneficio – Costo (BC) Red GPON.....	72
Tabla 31. Matriz de Riesgos.....	73

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Urb. Las Américas.....	21
Figura 2. Tipos de Redes de Acceso.....	24
Figura 3. Rango xDSL.....	26
Figura 4. Velocidad en función de la distancia a la central.....	27
Figura 5. FTTx (Fiber to the x).....	30
Figura 6. Estructura de la Red FTTH utilizando GPON.....	32
Figura 7. Esquema de red de cobre (xDSL) actual de la Urbanización las Américas (Edatel-Une).....	35
Figura 8. Topología Red ADSL actual Urb. Las Américas	36
Figura 9. Armario Óptico Convencional Red xDSL Edatel – Une.....	37
Figura 10. Distribución del Chasis de un DSLAM IP ALCATEL 7330.....	38
Figura 11. DSLAM IP ALCATEL 7330 Red xDSL Edatel – Une.....	38
Figura 12. Tarjeta Controladora NANT-A DSLAM IP ALCATEL 7330.....	39
Figura 13. Tarjetas de Servicios DSLAM IP ALCATEL 7330.....	39
Figura 14. Equipo IPMUX RAD.....	40
Figura 15. ODF.....	40
Figura 16. Rectificador Emerson.....	40
Figura 17. Banco de Baterías.....	41
Figura 18. PDV de AC.....	41
Figura 19. PDV de DC.....	42
Figura 20. Sistema de Ventilación.....	42
Figura 21. Temporizador.....	43
Figura 22. Circuito LVD (Low Voltage Disconnection).....	43
Figura 23. MDF.....	44
Figura 24. Cable de cobre multipar.....	44
Figura 25. Cubierta.....	45
Figura 26. Cable mensajero.....	45
Figura 27. Caja de Dispersión.....	46
Figura 28. Cable Neopreno.....	46
Figura 29. Modem de Usuario.....	47
Figura 30. Tarjeta NANT-E.....	52
Figura 31. Puertos de Tarjeta NANT-E.....	52
Figura 32. Tarjeta NGLT-A.....	53
Figura 33. Red Actual Urb. Las Américas.....	54
Figura 34. Mapa de Ubicación.....	55
Figura 35. Arpón (Mufa).....	56
Figura 36. Cable de Fibra Óptica de la red de distribución.....	56
Figura 37. NAP.....	57
Figura 38. Fibra DROP.....	57
Figura 39. Conector SC/APC.....	58
Figura 40. Roseta óptica.....	58
Figura 41. Equipo Terminal de Red GPON – ONT.....	58

Figura 42. Esquema proyectado para migración hacia una Red GPON para.....60
La Urb. Las Américas.....
Figura 43. EDT (Estructura de desglose del Trabajo).....74

RESUMEN

TÍTULO: REVISIÓN Y ANALISIS TÉCNICO PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD ECONÓMICA ANTE LA POSIBLE MIGRACIÓN DE REDES DE COBRE XDSL A REDES FTTH EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR*

AUTOR: DUBALL ALFONSO RUIZ PONZON

JOSE LUIS SALCEDO MORILLO**

PALABRAS CLAVE: xDSL, HFC, FTTH.

DESCRIPCIÓN:

En la última década, la demanda de ancho de banda se ha incrementado sobre todo de los accesos de Internet y TV de alta definición desde abonados residenciales. Pese a que se han desarrollado nuevos estándares y mejoras físicas en las redes de comunicaciones que han logrado optimizar las prestaciones técnicas del uso de cobre como medio de última milla, principalmente sobre xDSL y redes híbridas (HFC - *Hybrid Fiber Coax*), el uso del cobre como medio de transmisión, incluso en el recorrido final del usuario, impone limitaciones prácticas en los recursos para la comunicación de datos.

Ante este panorama, en países como Corea del Sur y Japón se están instalando en forma masiva servicios con acceso en fibra hasta el hogar (FTTH). Colombia no ha sido ajeno a este cambio y debido, entre otros factores a la disminución sustancial de los precios en los elementos que se utilizan en una red óptica pasiva, en ciudades como Bogotá y Medellín, algunos operadores locales están brindando sus servicios de Internet, Voz y Televisión con acceso en fibra hasta el hogar (FTTH).

En esta monografía, enmarcados en las necesidades y tendencias tecnológicas del mercado, se realiza una revisión y análisis técnico tomando como caso práctico Urbanización Las Américas en la ciudad de Valledupar - Colombia para determinar si es viable económicamente la migración de una red de cobre (xDSL) a una red óptica pasiva (FTTH).

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Especialización en Telecomunicaciones. Director: M. Sc. Raúl Bareño Gutiérrez.

SUMMARY

TITLE: REVIEW AND ANALYSIS TECHNICAL TO DETERMINE THE ECONOMIC VIABILITY BEFORE THE POSSIBLE MIGRATION OF NETWORKS OF COPPER XDSL TO NETWORKS FTTH IN THE CITY OF VALLEDUPAR*

AUTHOR(S): DUBALL ALFONSO RUIZ PONZON

JOSE LUIS SALCEDO MORILLO**

KEYWORDS: xDSL, HFC, FTTH.

ABSTRACT:

Over the last decade, bandwidth's demand has been raising, primarily due to internet access and High Definition TV from residential subscribers. Despite the fact new standards and physical improvements has been developed on communications networks, which have managed to optimize technical performance of copper as a last mile solution, mainly over xDSL and hybrid networks (HFC - *Hybrid Fiber Coax*), the use of the copper as transmission medium, even in the final route of the user, imposes practical limitations on the resources for data communication.

In terms of this background, in countries like South Korea and Japan they are being installed in a massive way solutions of fiber to the home (FTTH). Colombia has not been oblivious to this change and due to the substantial fall in prices of most of the elements used in a passive optical network, among other factors, in cities like Bogota and Medellin, some local operators are providing Internet, Voice and TV services using Fiber To The Home technologies (FTTH).

In this monograph, framed on the needs and market trends, shows a review and a technical analysis taking as a case study Urbanization Las Americas in Valledupar - Colombia for determine if the migration of a copper network (xDSL) to a passive optical network (FTTH) is economically viable.

* Monograph

** Faculty of physical-mechanical engineering, School of Electrical Engineering, Electronic and Telecommunication. Specialization in Telecommunications. Director: M. Sc. Raul Bareño Gutierrez

INTRODUCCIÓN

Los suscriptores residenciales de servicios de Internet, Voz y Televisión son cada vez más exigentes, necesitan además que la conexión a Internet sea de alta velocidad, VoIp y Televisión en formato de alta definición. Tales requerimientos de ancho de banda sobre las redes actuales sobrepasan en algunos casos las capacidades de las mismas.

Las redes de acceso actuales en su mayoría basadas en cobre son incapaces ya de suplir las nuevas y crecientes necesidades de los clientes lo que a su vez impone nuevos retos para mejorar o cambiar dado el caso las redes existentes.

Es por esto que surge una nueva posibilidad, introducir redes de fibra óptica. Las redes de fibra óptica permitirían solucionar todas estas limitaciones impuestas por el uso de cobre como medio de transmisión, ya que por sus prestaciones y características técnicas la fibra óptica permite enviar grandes cantidades de información a grandes distancias, ofrecer inmunidad al ruido y a interferencias electromagnéticas, menor atenuación, entre otros.

Las nuevas redes propuestas se basan en tecnologías FTTH (*Fiber To The Home*) que conecta la central con el usuario por medio de una red óptica pasiva, y para el caso particular a evaluar, se diseñaría con el ampliamente desarrollado estándar GPON (*Gigabit - Capable Passive Optical Network*).

CAPITULO I

1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el vertiginoso crecimiento de servicios de Internet y Televisión en formato de alta definición, desarrollo de nuevos y variados dispositivos que requieren conexión permanente, han obligado a un constante desarrollo de las redes de telecomunicaciones. Hoy en día no basta solo con establecer una simple conversación telefónica ni disponer de una conexión de banda ancha en el hogar, ahora se necesita conectar a Internet el automóvil, los sistemas de alarmas, video-vigilancia, electrodomésticos y un sin fin de dispositivos, denotados por una nueva tecnología denominada IoT (Internet de las Cosas).

Plantear alternativas tecnológicas en la última milla para suplir la creciente demanda de ancho de banda, obliga a una revisión y análisis técnico de viabilidad económica para la implementación de redes ópticas pasivas que utilicen la fibra óptica como medio de transmisión puesto que atender las crecientes demandas de los usuarios se ha vuelto casi imposible con las redes de cobre instaladas actualmente por los operadores en Colombia. Por ejemplo en la ciudad de Valledupar, los proveedores de servicios de Internet (ISP), en la última milla en su gran mayoría el despliegue en las redes de acceso para los abonados residenciales están soportada en xDSL.

En esta monografía se pretende revisar y analizar aspectos técnicos para determinar la viabilidad económica de la implementación de redes FTTH para la posible migración de redes xDSL tomando como caso práctico La Urbanización Las Américas en la ciudad de Valledupar.

1.2 ANTECEDENTES Y CONTEXTO TECNOLÓGICO

Las líneas locales de abonado digital tradicionales (xDSL) que se basan en el uso de cobre como medio de transmisión surgieron como una solución a las viejas conexiones de Internet conmutado que usaban la misma línea telefónica para transmitir datos. Los anchos de banda eran limitados ya que se trabajaba entre 300 y 4 KHz que no permitían transmitir los volúmenes de información requeridos por la aparición de nuevos servicios y aplicaciones en la red mundial de comunicaciones. [1]

En la actualidad el xDSL es la tecnología con mayor despliegue en las redes de acceso. La tecnología DSL más difundida en el sector residencial para los servicios de Internet, Voz y TV es el ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) en sus

distintas versiones, con velocidades de transmisión de información superiores a los antiguos servicios conmutados. [2]

Reutilizar el par de cobre telefónico para transportar otros servicios imponen limitantes, afectado en gran medida por las distancias que debe cubrir la red acceso para llegar al usuario, lo que ha obligado a los operadores a buscar alternativas.

Las redes basadas en su totalidad por cobre están siendo sustituidas en muchos países por accesos con redes híbridas (Coaxial - Fibra Óptica) o por redes totalmente ópticas, que permiten obtener mayores capacidades de transmisión de datos, sin limitantes en cuanto a distancia y ahorro en temas de energía y equipamiento. Las mejoras en la eficiencia del DSL, basados en el par trenzado de cobre, no son capaces en algunos casos de compensar el acrecentamiento de clientes por lo que ampliaciones en la red se vuelven inviables. [3]

Las bondades y altas prestaciones que presenta el uso de la fibra óptica como medio de transmisión suponen un hito para la mejora en los recursos de ancho de banda en las Telecomunicaciones, sin embargo, el exigente diseño, despliegue y lo más importante, su elevado precio, hasta hace algún tiempo no la hacían atractiva para implementar. Debido a esto, los operadores optaron por buscar una opción más rentable económicamente que consistió en la aparición de redes híbridas Fibra - Coaxial (HFC). [4]

En el año 1997 apareció el estándar DOCSIS (*Data Over Cable Service Interface Specification*) en su versión 1.0 desarrollado por el fabricante CableLabs y aprobado por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y ya el mismo año DOCSIS contaba con versión 1.1 que soportaba VoIP (Voz sobre IP), QoS (Calidad de Servicio) y autenticación. En diciembre de 2001 apareció la versión 2.0 de DOCSIS para mejorar la velocidad de subida, permitiendo llegar hasta los 30 Mbps. En Agosto de 2006 saldría DOCSIS 3.0 que permitía alcanzar 40 Mbps en la subida y 120 Mbps en la bajada. [5]

COMCAST, el mayor proveedor de cable de Estados Unidos entra al mercado ofreciendo velocidades de bajada de 6 Mbps y subidas de 384 Kpbs.

En España, ONO ofreció velocidades de 4 Mbps para la bajada y 300 Kbps para la subida.

En Colombia, en el año 1995 la empresa de cable TV Cable de Bogotá el operador de TV por cable más grande del país de ese entonces introdujo la fibra óptica siendo el primer operador en realizarlo ofreciendo servicios sobre HFC. En el 2006 TV Cable de Bogotá sacó al mercado un servicio de televisión interactiva que incluía ya formato digital (DTV) para algunos canales. A finales de 2006 con los planes de expansión e introducción en el mercado Colombiano la empresa Mexicana Telmex adquiere a TV Cable de Bogotá.

En la actualidad Claro ofrece en Colombia servicios con DOCSIS versión 3.0 a través de redes HFC que alcanzan velocidades de 100 Mbps. [6]

En las dos últimas décadas se dio un fenómeno mundial, una reducción considerable en el precio de la fibra óptica, la oferta aumentó con lo cual las empresas proveedoras de Internet vieron el momento propicio para masificar el acceso a redes metropolitanas mediante fibra óptica. La aparición oficial del estándar GPON (*Gigabit - Capable Passive Optical Network*) en el año 2002, a través de la recomendación UIT G.984.1 y con las mejoras en el año 2006 del estándar la oferta de equipos para implementarlo creció significativamente. [7]

Estados Unidos sigue siendo uno de los países con mayor inversión y desarrollo en las redes de comunicaciones de datos lo cual lo mantiene en un punto alto y como principal referente con redes de acceso en fibra final al cliente que permiten ofrecer servicios por encima de los 100 Mbps.

Por el lado europeo, “España ocupa el primer lugar en clientes de fibra hasta el hogar (FTTH) en la Unión Europea, con 1,895 millones de abonados a esta tecnología, la que permite mayores velocidades de conexión, según un informe de la consultora Analysys Mason, finalizando el primer trimestre de 2015. En relación a la población, Suecia ocupa el primer lugar de la clasificación, con 1,488 millones de abonados, es decir, aproximadamente un tercio de los suecos ha contratado una conexión de fibra. A mucha distancia, se sitúa Francia, con 1,065 millones de abonados, seguido de Holanda, con 850.000” [8].

En el medio local, la Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá (ETB) inició desde noviembre de 2013 el despliegue de redes FTTH que ya cuenta con más de 100.000 abonados conectados según fuentes de la compañía Colombiana. [9]

Los operadores en Colombia cuentan actualmente en su mayoría con redes de cobre (xDSL) y HFC, otros disponen de soluciones satelitales y RF, tecnologías insuficientes para garantizar aumentos en las tasas de velocidad de acceso, lo que les supone un reto a la hora de mejorar su infraestructura actual las cuales no les entregan mucho margen de mejora.

En este marco de constante desarrollo de las telecomunicaciones los operadores deben elegir las tecnologías necesarias para suplir las crecientes demandas en cuanto a anchos de bandas y calidad de servicio de los usuarios.

El punto neurálgico y central de las mejoras en la infraestructura existente consiste en necesariamente cambiar o migrar las tecnologías en las redes de acceso actuales a redes ópticas que ofrecen amplia margen en las velocidades diferentes para los usuarios y entrega de variados servicios a través de un único medio.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, las redes de información han experimentado un rápido desarrollo, logrando por un mismo medio transmitir todo de tipo de información, Internet, Voz sobre IP, televisión en alta definición, video *streaming* lo cual ha generado una creciente demanda en ancho de banda obligando a los operadores de las redes de acceso a actualizar su infraestructura.

Pese a las mejoras y actualizaciones tecnológicas sobre xDSL se ha logrado mejorar las limitaciones de ancho de banda, pero no así las limitantes que imponen las distancias entre el usuario final y los equipos de acceso.

Los operadores de Telecomunicaciones están realizando importantes inversiones en las grandes ciudades para mejorar dicha infraestructura al igual que en las medianas y pequeñas urbes.

Acceder a mejores servicios de Internet de alta velocidad, VoIP y TV de alta definición se hacen cada vez más indispensables. Es así, que en ciudades como Valledupar las nuevas condiciones del mercado obligan a los operadores a mejorar y ampliar la oferta de servicios de Telecomunicaciones tanto en el segmento corporativo como en Hogares.

En la ciudad de Valledupar se tienen pocos avances en la implementación de redes ópticas pasivas, siendo Edatel-Une la única empresa en ofrecer este tipo de soluciones para el sector corporativo. Movistar cuenta con un despliegue en fibra, pero solo es utilizado para conectar centrales entre sí. Por otro lado la empresa Claro solo tiene despliegue de redes HFC, inversión realizada aproximadamente hace 3 años, por lo que este panorama permite realizar un estudio para la implementación de tecnologías FTTH que permitan satisfacer las cada vez más crecientes necesidades de los usuarios.

Las redes pasivas ópticas han alcanzado una madurez tecnológica que permite que más operadores comiencen a utilizarlas, esto debido a que se requieren menos equipos de planta externa en una red pasiva, en tanto los gastos operativos son menores con respecto a redes con tecnologías basadas en xDSL e Híbridas (HFC), la limitación de ancho de banda versus distancia que supone el uso del cobre casi que desaparece puesto que las redes pasivas pueden alcanzar distancias de 20 Km entre el equipo de acceso y el usuario final, adicional la gestión se vuelve mucho más sencilla para los operadores y el margen de crecimiento y expansión es enorme.

Por lo expuesto con el despliegue de redes ópticas pasivas se pueden obtener mayores anchos de banda, calidad de experiencia (QoE) y calidad de servicio (QoS) para el usuario final por las bondades del uso de fibras ópticas como medio de transmisión.

El despliegue actual de redes de Telecomunicaciones que tiene la mayoría de operadores a nivel nacional presenta la limitación tecnológica que implica el uso del cobre como medio de transmisión de datos.

Una alternativa que plantea la solución de estas limitantes tecnológicas es la posible migración de las redes actuales de xDSL a redes ópticas pasivas, por lo tanto, se hace necesario revisar y analizar los aspectos técnicos que hagan viable económicamente la implementación de redes FTTH en sectores residenciales de la ciudad de Valledupar.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Determinar la viabilidad técnica y económica hacia la posible migración de redes de cobre xDSL a redes de comunicaciones ópticas pasivas con tecnologías FTTH (*Fiber To The home*) en la Urbanización Las Américas de la ciudad de Valledupar.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efectuar un análisis de los estándares ADSL 2+ anexos L, M y VDSL 2 recomendaciones UIT-T G.993.1, UIT-T G.993.2.
- Realizar una revisión técnica y diseño de una red GPON en la Urbanización Las Américas de la ciudad de Valledupar.
- Realizar una revisión de los costos de la red xDSL y la implementación de la migración hacia redes FTTH utilizando el estándar GPON en la Urbanización Las Américas.
- Basado en la revisión técnica y diseño de la red GPON determinar la viabilidad económica para la posible migración de redes de cobre xDSL a redes ópticas pasivas en la Urbanización Las Américas de la ciudad de Valledupar.

1.6 ALCANCES Y DELIMITACIÓN

El desarrollo de este trabajo de grado se ha basado en poder desarrollar una revisión y un análisis desde el punto de vista técnico que permita determinar la viabilidad de realizar la migración de redes xDSL a redes de fibra óptica pasivas tipo FTTH (*Fiber To The Home*, Fibra en el hogar o Fibra en la casa) en la Urbanización Las Américas de la Ciudad de Valledupar. En el análisis técnico del presente trabajo se incluye tanto el cambio en la infraestructura del lado del operador como el cambio del equipo CPE del cliente.

El análisis y la revisión técnica se plantea en la Urbanización Las Américas de la Ciudad de Valledupar, etapas Colombia I, II y III, complejo habitacional de 400 viviendas unifamiliares conformado por 11 manzanas.

Figura 1. Urb. Las Américas



Fuente: <http://www.mayales.com/mayales2015/lasamericas/>

Para cumplir con el desarrollo de los objetivos del trabajo se realiza una revisión técnica del sector Urb. Las Américas tomada como muestra y objeto de estudio, mostrando los aspectos más relevantes como, por ejemplo, operadores de servicios presentes, infraestructura actual desplegada, costos de CAPEX (Inversión) y OPEX (Operación), precios y planes ofrecidos. A su vez también se realiza la revisión técnica y diseño de la red óptica pasiva con estándar GPON para la Urb. Las Américas, etapa Colombia I, II, y III, revisión de costo-beneficio de su implementación y con base en esto presentar el análisis de factibilidad económica de la posible migración de la red actual.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 TECNOLOGÍAS XDSL: ESTÁNDARES ADSL 2+ ANEXOS L, M Y VDSL 2 RECOMENDACIONES ITU-T G.993.1, UIT-T G.993.2

A nivel troncal la comunicación entre centrales telefónicas y nodos han tenido un gran desarrollo con enlaces digitales a través de medios confiables y escalables en redes de fibra óptica. En las redes de acceso comúnmente conocidas como última milla, que corresponde a la etapa final que comprende la conexión local de las centrales y nodos con la red de abonado el medio de transmisión que predomina es el cobre (par trenzado, coaxial) y fibra óptica en menor proporción. [10]

2.1.1 xDSL La solución más común entre los distintos operadores por precios y facilidad de implementación es la que emplea la tecnología xDSL (ADSL, ADSL+, HDSL, RDSL, VDSL) siendo el estándar ADSL en sus distintas versiones el más usado. Este grupo de tecnologías aprovechan el mismo par de cobre para transmitir voz y datos valiéndose de la multiplexación de la información. [10]

Tabla 1. Cuadro comparativo de tecnologías xDSL

Tecnología	Simetría	Comparte uso del teléfono	Requiere filtro	Velocidad máxima	Distancia máxima de la central
ADSL	Asimétrico	Si	Si	9Mbps/640Kbps	6 Km
SDSL	Simétrico	No	No	2.32Mbps	6 Km
HDSL	Simétrico	No	No	2.32Mbps	6 Km
SHDSL	Simétrico	No	No	2.32Mbps	7 Km
IDSL	Simétrico	No	No	144Kbps	12 Km
G.Lite	Asimétrico	Si	No	1.5Mbps/512Kbps	6 Km
RADSL	Asimétrico	Si	Si	9Mbps/640Kbps	6 Km
VDSL	Asimétrico	Si	Si	52Mbps/6Mbps	1.5 Km

Fuente: Recomendaciones ITU sobre DSL. <https://www.itu.int/rec/T-REC/es>

Las frecuencias utilizadas por el ADSL se subdividen a su vez en 2 partes:

- ✓ Subida desde 25 Khz hasta 150 Khz
- ✓ Bajada desde 150 Khz hasta 1.1 Mhz

Actualmente se encuentra en fase de pruebas un nuevo estándar definido en la Recomendación ITU G.9701 “*Fast Access to Subscriber Terminals (FAST) - Physical layer specification*”, que promete conexiones de hasta 1 Gbps sobre la infraestructura de par de cobre; es decir, conexiones similares a las que se podrían ofrecer sobre FTTH, sin necesidad de realizar un nuevo despliegue de infraestructuras desde las centrales de conmutación hasta el hogar. [11]

Al igual que ocurre con las conexiones DSL actuales, la velocidad real que ofrecerá G.fast dependerá de su distancia con respecto a la central de conmutación de servicio. Si conforme nos alejábamos de la central, la velocidad de la conexión ADSL decrecía; en G.fast ocurrirá algo similar puesto que, por ahora, el radio máximo de cobertura estará en 250 metros.

Quizás 250 metros pueda parecer poco, pero, realmente, es una interesante oportunidad para complementar el despliegue de FTTH. Ofrecer 1 Gbps en un radio de 250 metros con respecto a la central de conmutación implicaría que la necesidad de despliegue sería nula dentro de esta área y, por tanto, los esfuerzos se podrían invertir en cubrir otras áreas algo más alejadas. De hecho, esta cota de 250 metros tendría el propósito de obtener la mejor calidad de servicio y, por tanto, el radio se podría ampliar. Esto permitiría ofrecer un espectro amplio de velocidades nominales, de la misma forma que se hace actualmente con ADSL, para dotar de mayor vida útil a la infraestructura de par de cobre. [12]

Una de las razones principales por la cual no se ha tenido en cuenta este estándar para este proyecto obedece a que “El Foro de Banda Ancha ha comenzado desarrollando un conjunto de pruebas y un programa de certificación para sistemas G.fast. El primero servirá para efectuar pruebas de interoperabilidad, funcionales y de rendimiento. Cabe esperar que la versión de prueba beta del programa de certificación esté lista a mediados de 2015 y se espera que las primeras implementaciones certificadas de G.fast aparezcan en el mercado antes de finales de 2015”. [13]

2.1.2 HFC o Cable Modem Esta solución combina la utilización de medios de transmisión de forma híbrida el cable coaxial con la fibra óptica. El funcionamiento es muy similar al ofrecido por las tecnologías xDSL con algunas mejoras en la velocidad de transmisión tanto en el *downstream* como en el *upstream*. De igual forma a través del mismo medio se multiplexan las señales de voz y datos. El rango de operación descendente se realiza a través del canal de 6 MHz dentro de la banda de frecuencias comprendidas entre 45 MHz y 860 MHz alcanzando velocidades de transmisión de hasta 30 Mbps. El rango de operación ascendente se realiza a través del canal de 2 MHz dentro de la banda de frecuencias comprendidas entre los 5 MHz y 45 MHz alcanzando velocidades de transmisión de hasta 10 Mbps. La voz se ubica en la banda de frecuencias por debajo de los 4 KHz. [14]

El cable coaxial tiene desventajas intrínsecas a su composición. Este medio de transmisión posee una atenuación de la señal bastante elevada, lo que genera la necesidad de amplificadores cada poco kilómetro para las señales analógicas. Para

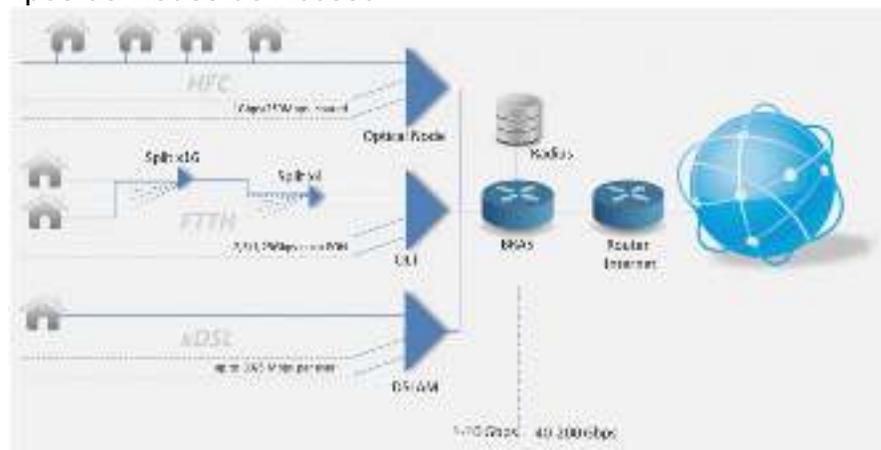
la transmisión de señales digitales, es necesaria la instalación de un amplificador por cada kilómetro. [14]

Por si fuera poco, la especificación o estándar DOCSIS (*Data Over Cable Services Interface Specification*) en su versión 3 del año 2006 permite sobre redes HFC mayores velocidades de acceso a los clientes, logrando a través de la implementación de la simultaneidad de cuatro canales de 6 MHz (*channel bonding*), velocidades de entrega o “bajada” al usuario final (*downstream*) de 160 Mbps, y velocidades “subida” (*upstream*) de 120 Mbps, a un bajo costo. [15]

Sin embargo, en un servicio *always on*, en las horas pico incluso DOCSIS 3, no puede garantizar un nivel de servicio adecuado para los contenidos que no son *broadcast*. Esto es debido a que el acceso al medio en HFC no tiene un control tan preciso como GPON y esto penaliza bastante la subida haciendo que el *throughput* baje considerablemente. Éste es el motivo por el cual una conexión HFC (DOCSIS) tenga siempre mucha más asimetría y un rendimiento inferior el GPON. [16]

Implementar HFC en la actualidad no parece ser una solución del todo viable tanto desde el punto de vista técnico como el económico, puesto que una red basada en cable coaxial supone un cuello de botella por el uso de cobre como medio de transmisión, lo cual limitaría el ancho de banda a los usuarios, las nuevas necesidades que impone la tendencia del mercado actual, video de alta definición, calidad de servicio en Voz sobre IP y la masificación del Internet de las cosas, hacen evaluar con detenimiento la inversión en estas tecnologías híbridas. Desde el plano económico el despliegue de HFC representa el uso de elementos activos para regenerar la señal, que implica el uso de amplificadores y otros elementos, gastos energéticos, constante verificación de los niveles de potencia en la portadora (balanceo), exposición al hurto, entre otros, lo cual directamente incide en los costos de OPEX de estas redes.

Figura 2. Tipos de Redes de Acceso



Fuente: <http://bandabase.com/redes-de-acceso-ftth-hfc/>

2.1.3 ANÁLISIS DE ESTÁNDARES ADSL 2+ El estándar ADSL 2+ está basado en la recomendación de la UIT G.992.5 y se considera una evolución del estándar ADSL. ADSL 2+ trabaja en el espectro comprendido entre los 0.4 MHz y los 2.2 MHz. De esta forma se pasa de tener 256 subcanales para el canal ascendente a 512 lo que teóricamente representa el doble de la velocidad de transmisión cercanas a los 24 Mbps, para distancias entre la central y el abonado no superiores a las 2.5 Km. [17]

Otro aspecto mejorado por los estándares ADSL 2+ es en el ahorro energético porque a diferencia del ADSL, el ADSL 2+ cuenta con un nivel L3 (*Low Power Mode*) con ahorro de energía tanto en la parte remota (usuario) como en la central (proveedor) donde los trancceptores en ambos extremos pueden pasar a un periodo de descanso “*stand by*” cuando la conexión no está siendo usada y recuperar su estado normal en apenas 3 segundos cuando así se requiera.

Otra característica que ofrece ADSL 2+ es que se puede utilizar solo tonos, en las frecuencias comprendidas entre los 1.1 MHz y 2.2 MHz y ubicar las frecuencias de bajada de la central por debajo de los 1.1 MHz lo que reduce de esta manera la diafonía en los servicios y a su vez mantiene las velocidades de transferencia en la línea, especialmente cuando la distancia se acorta entre el terminal remoto y la central que provee el servicio. [18]

El estándar ADSL 2+ como característica común entre los servicios xDSL tiene como su principal limitante la distancia con la central ya que la interferencia, ruido y atenuación son factores que indican dramáticamente a medida que el usuario se aleja de la central.

Tabla 2. Comparación de las distintas tecnologías

	ADSL	ADSL2	ADSL 2+
Frecuencia	0.5 MHz	1.1 MHz	2.2 MHz
Velocidad Máxima Subida	1 Mbps	1 Mbps	1.2 Mbps
Velocidad Máxima Bajada	8 Mbps	12 Mbps	24 Mbps
Distancia	2 Km	2.5 Km	2.5 Km
Tiempo de Sincronización	10-30 s	3 s	3 s
Corrección de Errores	No	Si	Si

Fuente: http://www.adslayuda.com/adsl_2.html

Los estándares UIT G.992.3/5 contienen varios anexos que ofrecen diversas características y especificaciones propias que brindan distintas prestaciones.

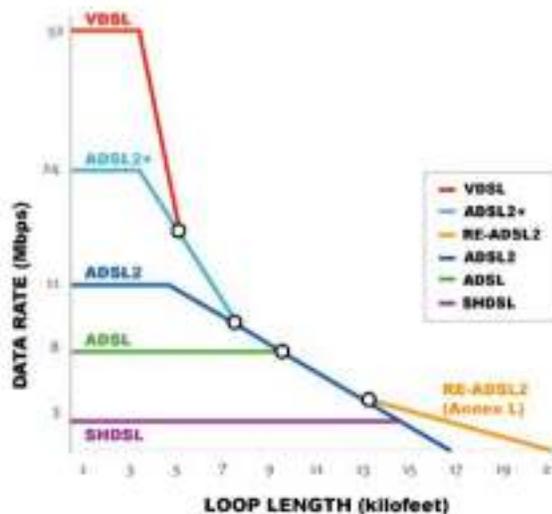
A continuación se muestra una reseña de los Anexos L y M del estándar ADSL2+.

2.1.3.1 Estándar UIT G.992.3 Anexo L La principal novedad de este estándar es aumentar el alcance del ADSL tradicional y que logra cubrir distancias de hasta 7 Km. Esta especificación se denomina *Reach Extended* y no está disponible para RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). El límite superior de frecuencia del Anexo L a poco más de 552 KHz brinda velocidades de transmisión en bajada de 5 Mbps y en subida de 1 Mbps. [17]

Esta drástica reducción del ancho de banda disponible, trae consigo un incremento en la densidad espectral de potencia, que ofrece como principal ventaja su largo alcance.

Este aumento de potencia puede crear conversaciones audibles, término conocido como diafonía y es por tal motivo que este anexo no fue de gran acogida. [19]

Figura 3. Rango xDSL



Fuente: https://www.slideshare.net/jack_caceres/curso-redes-y-telecomunicaciones-12-redes-wan

2.1.3.2 Estándar UIT G.992.5 Anexo M La importancia con la introducción de este nuevo anexo al estándar ADSL2+ está en el incremento de la velocidad de transmisión de subida, con tasas de transmisión en la subida de 3.5 Mbps en teoría, pero con igual limitante frente a la distancia entre el abonado y la central. La velocidad de descarga o bajada en el Anexo M es de 24 Mbps.

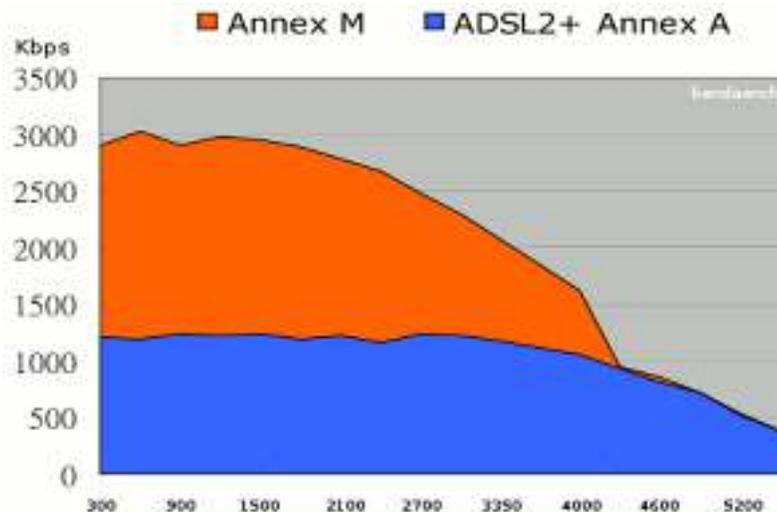
En el caso práctico con los módems actuales que son compatibles con el Anexo M, se pueden lograr velocidades en la subida de hasta 2.5 Mbps, que sigue siendo muy superior a la alcanzada en el Anexo L que para el mejor de los casos es de apenas 1 Mbps. [20]

El Anexo M logra este incremento reordenando su espectro de frecuencias destinado para la descarga entre los 138 KHz y los 276 KHz, que reduce el espectro disponible para la descarga naturalmente, pero que en la práctica no supone una baja en la calidad de la descarga y experiencia de navegación de los usuarios.

Esta tecnología posee como requerimientos básicos para su funcionamiento:

- Modem / Router que sean compatibles o soporten el Anexo M.
- Un perfil en el puerto de servicios ADSL2+ (lado central) que soporte el Anexo M.
- Buen estado del par de cobre.
- Cumplir con los requerimientos de distancia entre el abonado y la central, que para el caso práctico de este anexo no debería superar los 3.8 Km.

Figura 4. Velocidad en función de la distancia a la central



Fuente: <https://bandaancha.eu/articulos/jazstel-activa-anexo-m-dar-2-5-mb-subida-6358>

2.1.4 ESTÁNDAR VDSL 2 Recomendaciones UIT-T G.993.1/2 VDSL o VHDSL (*Very High Bit Rate Digital Subscriber Line*) es una conexión de ‘muy alta velocidad’, una evolución del ADSL capaz de suministrar velocidades de 50Mb y 100Mb (VDSL2) sobre distancias cortas. Al igual que el ADSL, el VDSL forma parte de las tecnologías xDSL, que se caracterizan por usar los pares de cobre de la línea telefónica convencional para la transmisión de datos. [21]

La principal diferencia entre el VDSL y el ADSL es el ancho de banda disponible, mientras en ADSL y ADSL2 se emplea una banda de 1104 kHz, que se divide en 256 canales, y ADSL2 + emplea una banda de 2208 kHz, dividida en 512 canales, VDSL puede utilizar bandas de 8 MHz, 12 MHz, 17 MHz, o 30 MHz. El uso de estas bandas más anchas permite tasas de transferencia mucho más altas.

La introducción del VDSL hace posible que el abonado pueda disfrutar de varios servicios, Internet de alta velocidad, telefonía IP (VoIP), TV en alta definición y lo mejor de forma simultánea. No obstante, al igual que el ADSL y el resto de tecnologías xDSL, el VDSL realiza la transmisión de datos mediante el par trenzado de la línea telefónica, un tipo de conexión que se ve muy afectada por factores como

la distancia que separa al abonado de la central, en términos de calidad y velocidad real del servicio. Para las limitaciones de las conexiones mediante cable de cobre telefónico, las tecnologías VDSL y VDSL2 se combinan en algunos casos con la fibra óptica. Los operadores normalmente ofrecen la conexión al abonado desde un nodo de fibra óptica situado en la calle.

En la actualidad, VDSL y VDSL2 permiten a los operadores ofrecer la última generación de servicios multimedia en alta definición (HD) como TV, videoconferencia o juegos, con grandes requerimientos de ancho de banda puesto que VDSL (52 Mbit/s) y el VDSL2 (100 Mbps) ofrecen velocidades teóricas que permiten estos servicios de última generación. [21]

VDSL (Línea de abonado digital de velocidad muy alta), no es una tecnología nueva. Se empezó a usar en 2001, aunque inicialmente su uso estaba dirigido a proveer servicios de muy alta velocidad a empresas que necesitaban un gran ancho de banda en ambos sentidos.

La principal innovación del VDSL consiste en el aumento de las bandas de frecuencias empleadas para transportar datos. Estas bandas de frecuencias se organizan en canales. Mientras que el ADSL emplea dos canales para la transmisión de datos, VDSL utiliza cuatro, dos para la bajada y dos para la subida. De esta forma se obtiene una velocidad de bajada de 52 Mbit/s y 16 Mbit/s de subida. [22]

En el VDSL2, el uso de un rango aun mayor de frecuencias (hasta 30 MHz) permite ofrecer velocidades de descarga de hasta 100 Mbit /s. No obstante, estas velocidades solo son alcanzables en cortas distancias de hasta 400 m de la central, por lo que normalmente este tipo de conexión se sirve al abonado desde un nodo de fibra óptica situado en la calle.

De esta forma, combinando fibra óptica y cable de cobre telefónico, se puede aumentar la cobertura del VDSL y el VDSL2, que de otra forma solo llegaría con potencia suficiente a los abonados más cercanos a la central.

Tabla 3. Velocidades ADSL y VDSL

	VEL. MAX (Subida)	VEL. MAX (Bajada)	ANCHO DE BANDA
ADSL	8 Mbps	1 Mbps	1.1 MHz
ADSL2	12 Mbps	3.5 Mbps	1.1 MHz
ADSL2+	24 Mbps	3.3 Mbps	2.2 MHz
VDSL	52 Mbps	16 Mbps	12 MHz
VDSL2	100 Mbps	50 Mbps / 100 Mbps	12 MHz / 30 MHz

Fuente: <http://www.itu.int/es/Pages/default.aspx>

Para la tecnología VDSL 2 es importante resaltar las siguientes recomendaciones de la UIT:

- **UIT-T G.993.1**

La cual tiene como principal característica la transmisión de velocidades de datos asimétricas y simétricas de hasta decenas de Mbit/s en pares trenzados. Incluye planes de frecuencias de alcance mundial que permiten servicios asimétricos y simétricos en el mismo grupo de pares trenzados. Los transceptores G.993.1 deben superar muchos tipos de interferencia de ingreso causado por la radio y otras técnicas de transmisión que se producen en las mismas frecuencias en casos comunes. [23]

- **UIT-T G.993.2**

Esta Recomendación es una tecnología de acceso que utiliza la estructura existente de par de cobre instalados inicialmente para el servicio telefónico ordinario. Puede instalarse a partir de centrales, armarios con conexión de fibra situados cerca de las instalaciones del cliente, o dentro de un edificio y es capaz de soportar servicios *Triple Play* que incluyen TV en alta definición, juegos interactivos y datos. Esta Recomendación surge como una mejora de la norma UIT G.993.1 que soporta la transmisión asimétrica y simétrica con velocidades netas de transmisión de datos bidireccionales que pueden alcanzar 200 Mbit/s en pares trenzados y utilizando un ancho de banda de hasta 30 MHz. [24]

2.1.5 FTTx De una forma generalizada FTTx (*Fiber To The x*) denota a un grupo de arquitecturas de red que utiliza la fibra óptica como medio de transmisión en la última milla. Para este tipo de tecnologías todos los elementos que hacen parte de la red son pasivos y se denota por la sigla o abreviatura PON (*Passive Optical Network*). Estas redes totalmente pasivas prometen una reducción en costos en la construcción de la red de planta externa y mantenimientos a futuro. [25]

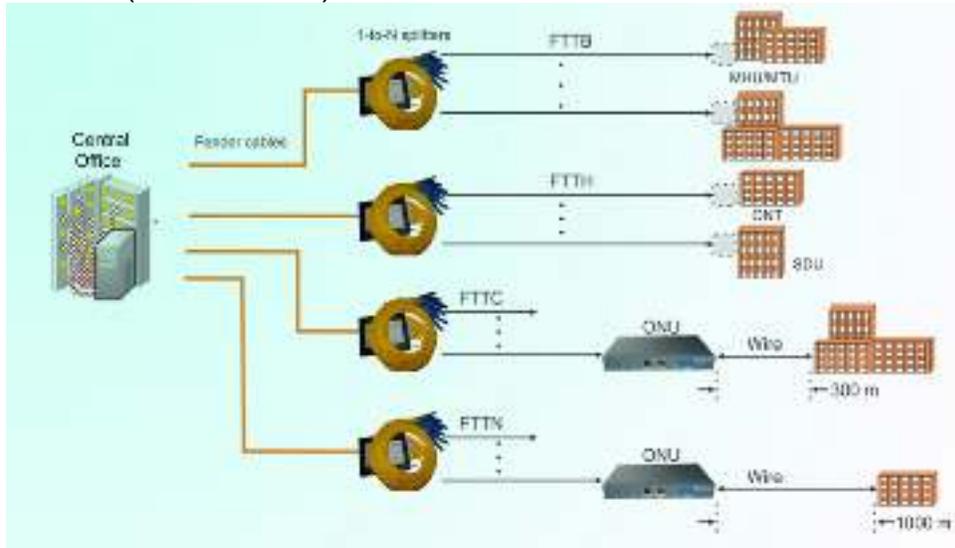
Los principales elementos que hacen parte de una red óptica pasiva son:

- ✓ Cabecera o Central de Equipos (Nodo)
- ✓ Equipo Concentrador (OLT – *Optical Line Terminal*)
- ✓ Red Óptica Troncal (Red de Fibra - *Feeder*)
- ✓ Puntos de distribución (Divisores ópticos - *Splitter*)
- ✓ Red Óptica de Distribución (ODN – *Optical Distribution Network*)
- ✓ Red Óptica de Acometida (NAP – *Network Access Point*)
- ✓ Acometida interna de Usuario (Roseta, conector)
- ✓ Terminal Óptico de Usuario (ONT - *Optical Networking Terminal*)

De acuerdo al tipo de arquitectura desplegada para el grupo de tecnologías FTTx, que viene definida por la distancia entre el usuario final y el tramo de fibra se clasifican de la siguiente manera:

- ✓ FTTN (*Fiber To The Node*): El tramo de fibra se ubica a una distancia desde el nodo con el usuario entre 1 Km y 3 Km.
- ✓ FTTC (*Fiber To The Cabinet*): El tramo de fibra se ubica a una distancia desde el armario o gabinete de calle con el usuario no mayor a 600 metros.
- ✓ FTTB (*Fiber To The Bulding*): El tramo o red de fibra llega hasta el interior del cuarto de comunicaciones del edificio.
- ✓ FTTH (*Fiber To The Home*): La red de fibra óptica llega al interior de la vivienda del usuario final.

Figura 5. FTTx (Fiber to the x)



Fuente: <http://www.fs.com/blog/a-comprehensive-understanding-of-fttx-network.html>

2.2 TECNOLOGÍAS FTTH: ESTÁNDAR GPON (*Gigabit - Capable Passive Optical Network*)

Las redes ópticas pasivas (PON) son de arquitectura punto-multipunto cuentan con una amplia gama de estándares y protocolos, siendo los más utilizados el EPON (*Ethernet Passive Optical Network*) y GPON (*Gigabit - Capable Passive Optical Network*), la principal diferencia radica en la velocidad de transmisión que para el caso de GPON puede alcanzar los 2.5 Gbps.

GPON viene estandarizado por la UIT a través de las recomendaciones G.984.1/2/3/4, utiliza multiplexación WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) lo que le permite la información viaje en ambos sentidos (Tráfico de bajada 1490 nm y

subida 1310 nm, 1550 nm reservado para servicios opcionales). Además GPON soporta tecnologías como ATM, TDM, SDH, SONET, entre otras.

El estándar GPON goza de gran acogida en el Estados Unidos y Europa y se encuentran en el mercado distintas ofertas de los fabricantes como ejemplo Huawei, Alcatel, ZTE y Raisecom. [26], [27]

Tabla 4. Estándares PON

	EPON	GPON
Estándar	IEEE 803.2 ah	UIT G.984.1/2/3/4
Velocidad de Transmisión	Hasta 1.25 Gbps	Hasta 2.5/1.5 Gbps
Nivel de Splitting	1:32 1:64	1:64 1:128
Tráfico	Simétrico	Simétrico o Asimétrico
Downstream nm	1490 (voz y datos IP) y 1.550 (video RF)	1490 (voz y datos IP) y 1.550 (video RF)
Upstream nm	1310	1310
Protocolos	Ethernet	ATM, Ethernet, TDM, Frame Relay, SONET, SDH

El panorama mundial del grupo de tecnologías FTTH y en especial estándar GPON para el caso de América del Norte el fenómeno lo denominan la ¡La Fibra está en llamas!, ya que todas las comunidades aspiran a pertenecer al País Gigabit (Gigabit Nation) según el *FTTH Council of Américas - LATAM Chapter*. [28]

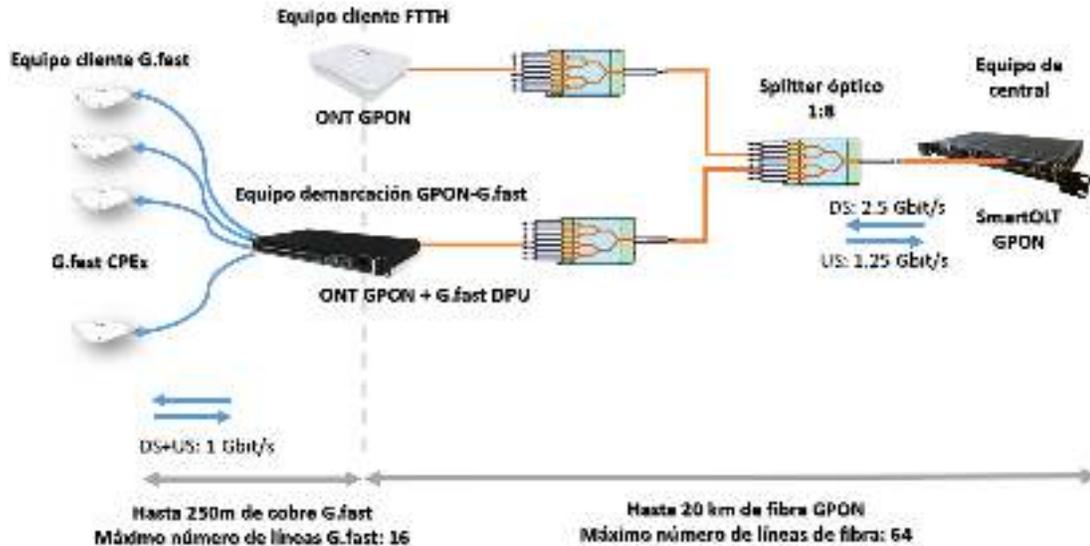
En el Oriente Medio y Norte de África, con Emiratos Árabes punteando, en ciudades como Dubai la penetración de la fibra llega al 97%, dinámica impuesta por el mercado que apuesta a fomentar los nuevos planes de vivienda, computación en la nube y ciudades digitales.

La dinámica de la expansión de redes en fibra se trasladó a países como Nigeria, Kenia hasta llegar al Sur de África. Sobre el Pacífico de Asia también se ha logrado grandes avances al respecto y consiguieron 100 millones de conexiones de FTTH al final de 2014. Europa no ha sido ajeno a la dinámica del crecimiento de las redes en fibra óptica y pese a no tener un vertiginoso crecimiento como lo muestran otras regiones del mundo el parlamento Europeo aseguro en el 2014 la inversión de 30 Billones de Euros para infraestructura de telecomunicaciones.

Un notable caso de éxito en Latinoamérica es Uruguay un país con una población aproximada de 3.5 Millones de personas, que mediante la operadora de servicios de telecomunicaciones nacional, Antel, prevé ofrecer servicio de Internet para el 2015 a 500.000 hogares por medio de FTTH, de acuerdo a las metas del proyecto de Fibra Óptica al Hogar, impulsado en 2010 por el presidente Jose Mujica. Esto significa un 44% del total de hogares. Uruguay tiene 62% de los hogares conectados a Internet, de los cuales la cuarta parte ya están por fibra óptica. [28]

En Colombia operadores como ETB y UNE ofrecen servicios FTTH en ciudades principales como Bogotá y Medellín respectivamente. EDATEL, empresas filial de UNE-EPM cuenta con servicios *Triple Play* en municipios intermedios en Bolívar (Magangué) y Cesar (Codazzi y Aguachica) con redes FTTH.

Figura 6. Estructura de la Red FTTH utilizando GPON



Fuente: <http://www.telnet-ri.es/telnet-supera-con-un-excelente-la-revision-final-del-hfccg-fast/>

2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS REDES GPON

- ✓ Capaz de lograr distancias de hasta 20 Km.
- ✓ Velocidades de transmisión entre 150 Mbps y 2.5 Gbps.
- ✓ El máximo número de usuarios por puerto óptico es de 128. En la práctica comúnmente el número de usuarios por puerto es de 64.
- ✓ Soporta TDM, SDH, *Frame Relay*, SONET.
- ✓ Utilización de fibra monomodo estándar UIT G.652.
- ✓ Puede alcanzar una eficiencia típica en el servicio de 94%.
- ✓ Soporta técnicas de encriptación AES para el usuario para seguridad en la información.
- ✓ QoS (Para VoIP).

Estas características vienen dadas en la Recomendación UIT G.984.1 (03/2003). [29]

2.4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE UNA RED GPON

En el ítem anterior sobre redes GPON, vimos las características generales y de mayor relevancia de este tipo de redes. Es de vital importancia realizar las recomendaciones necesarias para la implementación de este tipo de tecnología, debido a los tipos de dispositivos a implementar, arquitectura y otros fundamentos técnicos.

A continuación se presenta los puntos más importantes a tener en cuenta al momento de diseñar redes GPON. [30]

- ✓ Área de despliegue de la red.
- ✓ Condiciones técnicas del nodo central, tipo de OLT y ubicación.
- ✓ Dimensionamiento del enlace FTTH, tipo de fibra, conectores ópticos (Cálculo de presupuesto óptico).
- ✓ Ubicación y nivel de *splitters*.
- ✓ Ubicación de NAP.
- ✓ Tipo de ONT.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 DESCRIPCIÓN

Para el desarrollo de esta monografía se utilizará una metodología mixta, descriptiva, cualitativa y cuantitativa de los aspectos técnicos que permitan determinar la viabilidad económica de la implementación de redes FTTH (*Fiber To The Home*) para la posible migración de redes xDSL en la Urbanización las Américas de la ciudad de Valledupar, etapa Colombia I, II y III, tomando como referencia los datos aportados por la única empresa de telecomunicaciones prestadora de servicios Edatel-Une, que opera en este sector y que cuenta con una infraestructura desplegada para el acceso a los usuarios finales de servicios de Internet, TV y Voz soportadas en su totalidad en pares de cobre: planta interna, elementos de red externa, costos y servicios prestados serán expuestos en el presente trabajo.

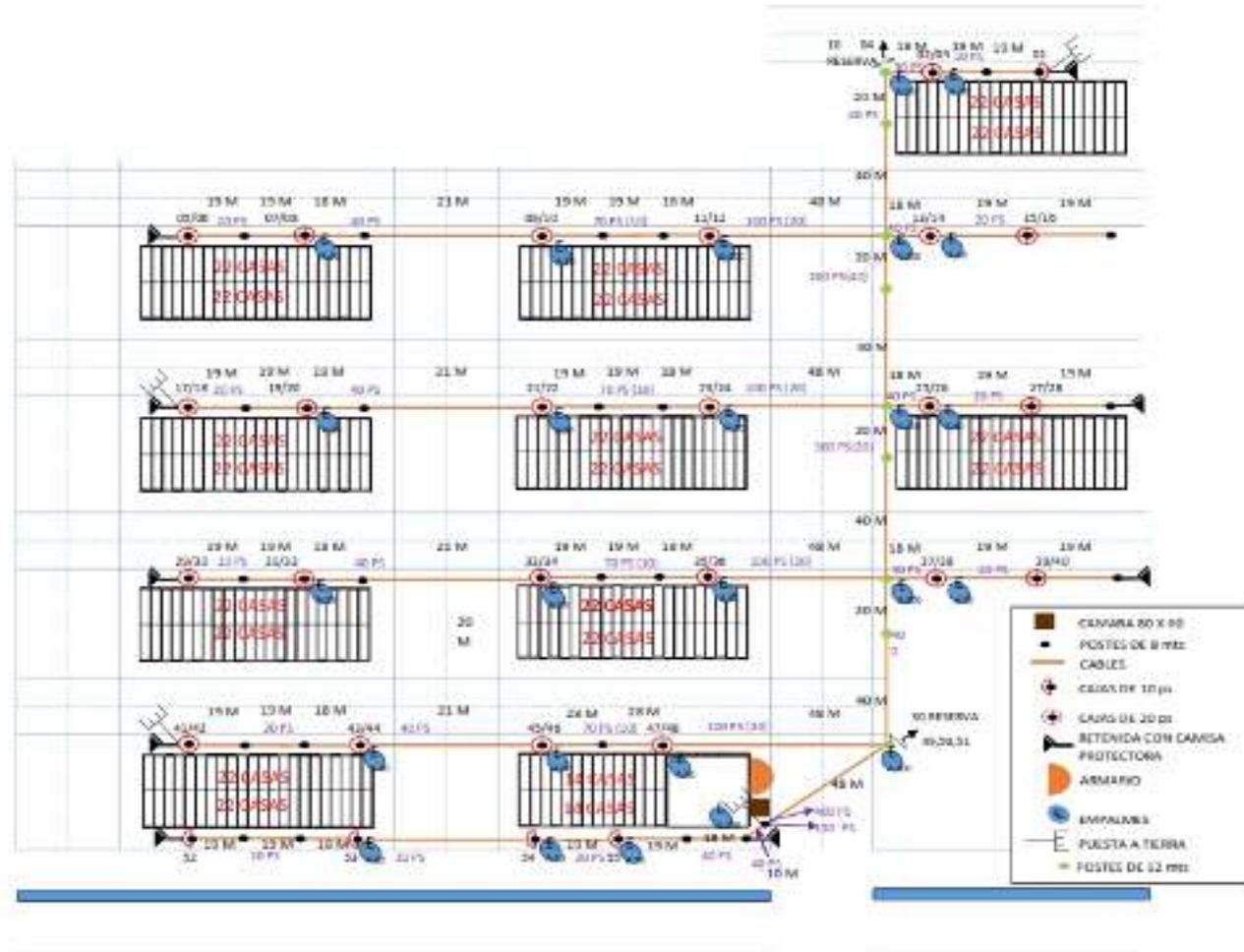
Toda la información aportada por Edatel-Une es exclusivamente para fines académicos, el desarrollo del estudio técnico cuenta con previa autorización de la compañía.

Luego de revisados los aspectos técnicos y costos de la red de cobre desplegada por el operador de la zona, se realizará la revisión técnica del posible despliegue de una red óptica pasiva diseñada con el estándar GPON, así como los costos de su implementación.

3.2 REVISIÓN TÉCNICA DE LA RED DE COBRE CON TECNOLOGÍAS XDSL EXISTENTE EN URBANIZACIÓN LAS AMÉRICAS

En la actualidad, la Urb. Las Américas de Valledupar cuenta con una red de cobre con tecnología xDSL para los servicios de Internet, TV y Voz operado por la empresa de telecomunicaciones Edatel-Une con presencia a nivel nacional.

Figura 7. Esquema de red de cobre (xDSL) actual de la Urbanización las Américas (Edatel-Une)

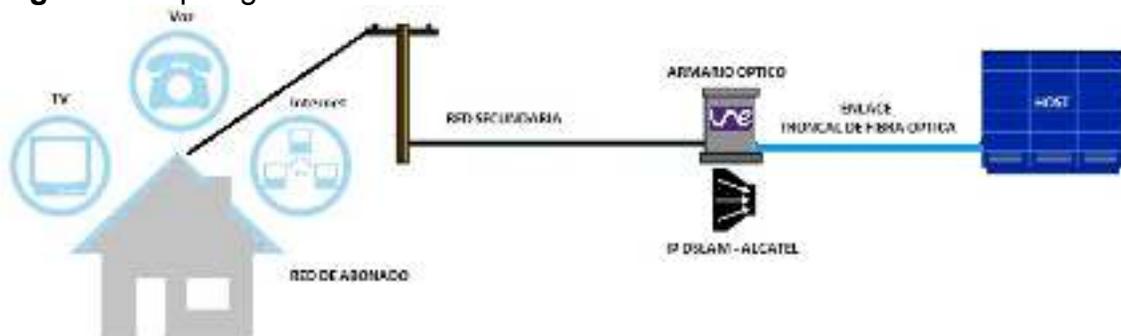


A continuación, se detallan los elementos de planta interna y planta externa que hacen parte la red de cobre del operador actual, ancho de banda y servicios ofrecidos, capacidad instalada y cobertura ofrecida en el sector.

3.3 TOPOLOGÍA ACTUAL DE RED xDSL URB. LAS AMÉRICAS

Para la cobertura de los servicios xDSL en el sector de Las Américas, la empresa Edatel - Une cuenta con un armario o gabinete que contiene en su interior el equipamiento de planta interna y el MDF (Distribuidor principal) ubicado en un sitio permitido por el plan de ordenamiento territorial de la ciudad de Valledupar. Esta red de xDSL como se ilustra en la figura está compuesta principalmente por 4 partes: Un enlace troncal de fibra óptica, un armario de comunicaciones, que Edatel-Una los denomina Armario Óptico, red secundaria y red de abonado o también denominada red de usuario.

Figura 8. Topología Red ADSL actual Urb. Las Américas



3.4 CAPACIDAD ACTUAL INSTALADA URBANIZACIÓN LAS AMÉRICAS

El armario utilizado para atender los servicios Triple Play, opera al máximo de su capacidad. El armario soporta a 240 usuarios con tecnología xDSL, tiene un porcentaje de penetración del 60% del total de usuarios (Número de hogares Urb. Las Américas = 400). Actualmente la infraestructura de este nodo (Armario) es insuficiente, atender el resto de usuarios potenciales del sector requiere de ampliaciones.

3.5 ELEMENTOS DE PLANTA INTERNA ARMARIO

Todos los elementos de planta interna de las redes xDSL de Edatel-Une en la Urb. Las Américas se encuentran alojados en un armario o gabinete principal que cuentan con toda la infraestructura necesaria para operar las 24 horas al día, los 365 días al año. Internamente están dotados de las protecciones, sistemas de ventilación y autonomía (Banco de baterías) para trabajar incluso ante la ausencia de fluido eléctrico comercial en el sector. Este tipo de armarios que reciben un enlace troncal de fibra óptica con capacidades de Gigabit, puede llegar procedente de otro armario o central o estar ubicado dentro de topologías de anillo de los enlaces de fibra de los nodos de Edatel-Une en la ciudad de Valledupar. Técnicamente en Edatel-Une se conocen como Armarios Ópticos.

- **Armario**

Estos armarios son pequeño nodos centralizados desplegados en la ciudad de Valledupar por la empresa Edatel-Une. Este gabinete marca Simelca cumplen con las normas ICONTEC: NTC 2763, tiene capacidad para alojar 2000 pares de cobre, en su interior cuenta con infraestructura de planta interna y demás elementos necesarios para proveer de servicios xDSL. [31]

Figura 9. Armario Óptico Convencional Red xDSL Edatel – Une



Fuente: Fotografía en sitio

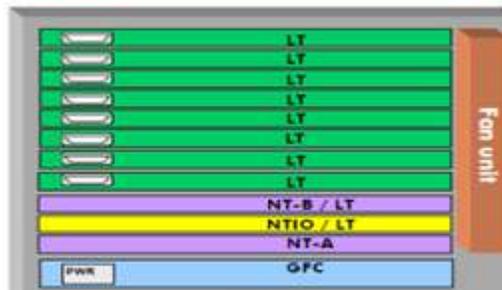
- **DSLAM** (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*).

Llamado Multiplexor de línea de acceso a la línea de abonado digital provee a los abonados acceso a los servicios xDSL sobre cable de par trenzado de cobre. El tipo de DSLAM instalado en el armario de la red actual de la Urb. Las Américas hacen parte de la familia de productos de fibra hasta el nodo (FTTN) del fabricante Alcatel, es un equipo IP de Acceso de Servicios Inteligentes (ISAM). Este equipo puede soportar varias tecnologías de acceso en cobre (ADSL, ADSL2, VDSL2, POTS, entre otros). Soporta fuente de alimentación redundante de 48 a 60V DC.

Actualmente el armario tiene instaladas 4 tarjetas NVLS (ADSL), 1 tarjeta NDLS (*Vectoring*) y 5 tarjetas NPOT-C (Voz). El equipo está dotado de una tarjeta controladora NANT-A Bits que permite soportar los servicios de Voz (POTS).

El DSLAM IP 7330 del fabricante Alcatel de dimensiones 35.5cm x 44.5cm x 24cm, está alojado en un chasis que conforma lo que se denomina técnicamente como una caja multiservicios. Esto es debido a que dependiendo del tipo de tarjetas insertadas es capaz de suministrar múltiples servicios con tecnologías ADSL, VDSL, POT e inclusive GPON. [32]

Figura 10. Distribución del Chasis de un DSLAM IP ALCATEL 7330



Fuente: <https://www.yumpu.com/en/document/view/23612993/01-alu-gpec-introduction-to-isam/16>

Figura 11. DSLAM IP ALCATEL 7330 Red xDSL Edatel - Une



Fuente: Fotografía en sitio

- **Tarjeta Controladora DSLAM (NT)**

Esta tarjeta guarda toda la configuración del equipo, así como la información de gestión y aprovisionamiento de servicios. Dependiendo del tipo, soportan servicios para POTS, ADSL, VDSL e inclusive GPON. La tarjeta tiene un *throughput* de 24 Gbps, soporta protocolos de ruteo OSPF, RIP, además de H.248 y SIP. La versión de software del ISAM (*Intelligent Services Access Manager*) es la 4.4, lo cual provee

al equipo de una alta densidad en la tarjetería y por ende un incremento en el *throughput* del mismo. [33]

Figura 12. Tarjeta Controladora NANT-A DSLAM IP ALCATEL 7330



Fuente: Fotografía en sitio

- **Tarjetas de Servicios (LT)**

Estas tarjetas soportan los servicios hacia los clientes distribuidos por puertos. Pueden ser tipo POTS, *Vectoring*, ADSL y GPON.

Figura 13. Tarjetas de Servicios DSLAM IP ALCATEL 7330



Fuente: Fotografía en sitio

- **Equipo de Transmisión (IPMUX)**

El enlace troncal de fibra es recibido al interior de los armarios por un equipo de transmisión configurado adecuadamente para conformar una topología de red dispuesta en anillo que garantiza la transmisión y recepción de datos con protocolo IP hacia los nodos o centrales principales de Edatel – Une. Este equipo cuenta con 4 puertos Ethernet, 3 puertos ópticos y soporta 4 E1's. Puede ser alimentado por fuente DC de hasta 60V o por AC de 110V. [34]

Figura 14. Equipo IPMUX RAD

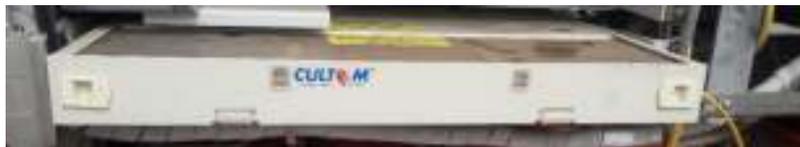


Fuente: Fotografía en sitio

- **Distribuidor de Fibra Óptica (ODF)**

El organizador de fibra está presente en los armarios para centralizar las conexiones de fibra que alimentan al equipo de transmisión desde otros nodos. El tipo de conector usado en el ODF es del tipo SC-APC.

Figura 15. ODF



Fuente: Fotografía en sitio

- **Rectificador**

Este equipo es vital para el funcionamiento de los armarios porque convierte el voltaje de la energía comercial a un voltaje continuo de -48V. Como es sabida la mayoría de equipos de telecomunicaciones trabajan con este voltaje como referencia. Los armarios cuentan con un módulo rectificador marca Emerson R48-3200 de 3200W, que trabaja con voltaje de entrada de 240V AC máximo y entrega 67A de corriente de salida. [35]

Figura 16. Rectificador Emerson



Fuente: Fotografía en sitio

- **Banco de Baterías**

La autonomía ante fallas de la energía comercial en estos armarios está dada por un banco de 4 baterías marca MTEK plomo-acido de 12V y 200 Ah de capacidad. [36]

Figura 17. Banco de Baterías



Fuente: Fotografía en sitio

- **Fuentes de Alimentación AC y DC**

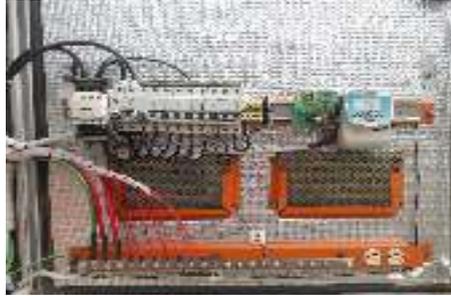
Para permitir la alimentación eléctrica tanto en energía AC como DC el armario cuenta con un bloque de distribución AC (110 VAC) y otro para DC (48 VDC). A su vez estos bloques están dotados de totalizador, *breakers* y protecciones contra sobretensiones para evitar eventuales descargas sobre los equipos de telecomunicaciones.

Figura 18. PDV de AC



Fuente: Fotografía en sitio

Figura 19. PDV de DC



Fuente: Fotografía en sitio

- **Sistema de puesta a tierra (SPT)**

Cumpliendo las normas de instalación de equipos de telecomunicaciones los armarios cuentan con un sistema de puesta a tierra con varilla de cobre de 1.5 metros y sistema preparado con hidrosolta. El SPT cumple normas ICONTEC NTC2050. [37]

- **Ventiladores y Extractores**

Dispuestos en la parte superior y en las puertas laterales del armario ventiladores y extractores para garantizar las condiciones de temperatura para los equipos al interior del armario.

Figura 20. Sistema de Ventilación



Fuente: Fotografía en sitio

- **Temporizador**

Es un dispositivo electrónico programable instalado en los armarios que controla el encendido y apagado de los ventiladores en el armario para reducir consumos de energía comercial.

Figura 21. Temporizador



Fuente: Fotografía en sitio

- **Circuito de Desconexión por bajo voltaje en Banco de Baterías (LVD)**

Ante la ausencia de fluido eléctrico el armario trabaja con la autonomía que brinda el banco de baterías instalado. Este circuito electrónico basado en un relé fundamentalmente detecta el umbral de bajo voltaje fijado en 43VDC para la desconexión de la carga del banco de baterías, lo que evita de esta manera que las baterías se sometan a una descarga total, evitando futuros daños en las mismas.

Figura 22. Circuito LVD (Low Voltage Disconnection)



Fuente: Fotografía en sitio

- **Distribuidor Principal (MDF)**

El distribuidor principal de conexiones es el punto de unión de la planta interna con la planta externa o red secundaria. En la parte posterior de los equipos de planta interna alojados en el armario se encuentran una serie de cables conectados a regletas que conforman el MDF.

Figura 23. MDF



Fuente: Fotografía en sitio

3.6 ELEMENTOS PLANTA EXTERNA

Los elementos de planta externa están conformados por el tendido de cables de la red secundaria y red de abonada que conecta la planta interna con el usuario para permitirle el acceso a los servicios de telecomunicaciones. A continuación, ilustraremos los más importantes:

- **Cable Telefónico Multipar con Núcleo Relleno**

Este cable es usado en la red secundaria. Su núcleo se encuentra relleno de un polímero con lo proporciona elasticidad y lo aísla de la humedad. Son aptos para transmitir voz y datos en frecuencias de hasta 6.3 MHz. Pueden estar constituidos por 10, 20, 30, 40, 50, 70, 100 pares o más de acuerdo a la necesidad de la red. Por sus características lo hacen aptos para trabajar sobre tecnologías de ADSL.

Figura 24. Cable de cobre multipar



Fuente: <http://www.centelsa.com.co/>

- **Cubiertas o Empalmes**

La empalmería de los cables multipares se protege dentro de estas cubiertas que garantizan óptimas condiciones a la exposición e intemperie. Estos cierres son ventilados y dado el caso permiten presurización, consisten en tapas de material rígido y tubos provistos de uno o dos discos, diseñados para la entrada y salida de cables. La hermetización de los componentes de los cierres entre si y entre los cables de entrada y salida se realiza mediante cintas selladoras y los cordones herméticos.

Figura 25. Cubierta



Fuente: <http://www.matrixtelcom.com/redsecunadariauc.html>

- **Cable de acero galvanizado**

Este cable comúnmente se conoce cable mensajero y sobre él se soporta el tendido de la red secundaria, están formados por alambres galvanizados pesados de tipo A que cumplen la norma ASTM-475, NTC 2145 y RETIE.

Figura 26. Cable mensajero



Fuente: <http://www.electrocombol.com/index.php/item/28-cable-de-acero-galvanizado>

- **Cajas de Dispersión**

Esta caja está ubicada en la red de abonado y permite distribuir y organizar los pares de usuario. De acuerdo a la referencia se consiguen de 10 y 20 pares.

Figura 27. Caja de Dispersión



Fuente: <http://energitel.com/productos/tienda/ver-producto/93#conectividad-de-cobre>

3.7 ELEMENTOS RED DE ABONADO

La red de abonado conecta al usuario final con la red secundaria.

- **Cable Neopreno**

Esta conexión se realiza con el tendido cable exterior del tipo neopreno que ofrece una mayor resistencia a condiciones extremas de temperatura, mecánicas y químicas.

Figura 28. Cable Neopreno



Fuente: <http://www.princex.com.co/pdf/catalogo%20linea%20telefonía.pdf>

- **Terminal de usuario (CPE)**

El usuario final tiene instalado un modem o CPE que levanta la sesión desde el DSLAM instalado en el armario del sector.

El CPE (Equipo Local del Cliente) HG532e del fabricante Huawei soporta múltiples estándares DSL (ADSL2+, ADSL2, ADSL) para acceso a Internet rápido y banda ancha de alta velocidad. El dispositivo cuenta con 4 interfaces *Ethernet* con velocidad de conexión de 100 Mbit/s y una interfaz inalámbrica con estándar 802.11

b/g/n con velocidades máximas de conexión de hasta 300 Mbit/s. El modem HG532e cuenta con potentes funciones de enrutamiento y modo puente (*Bridge*) y soporta tecnología NAT / *firewall* y políticas de QoS. [38]

El equipo ilustrado es marca Huawei modelo HG532e. Tiene un valor en el mercado de \$180.000.

Figura 29. Modem de Usuario



Fuente: <http://es.all-specs.net/model/842410/>

3.8 REVISIÓN COSTOS DE RED DE COBRE XDSL ACTUAL URB. LAS AMÉRICAS

De acuerdo a los elementos que hacen parte del despliegue actual de servicios de Internet, TV y Voz en la Urb. Las Américas (400 abonados), a continuación, se ilustran el coste aproximado tanto en equipos de planta interna como la red externa (CAPEX Inicial), así como los gastos generados por operación y mantenimiento de la red (OPEX a 5 años):

Tabla 5. Costos Equipos Planta Interna

Denominación	Marca	Und.	Total Unid.	Precio Unitario	TOTAL
Gabinete	Simelca	und	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
Chasis Dslam 7330	Alcatel	und	1	\$ 3.500.000	\$ 3.500.000
Controladora NANT-A	Alcatel	und	1	\$ 3.500.000	\$ 3.500.000
Tarjeta Vectoring NDLS-E	Alcatel	und	1	\$ 3.800.000	\$ 3.800.000
Tarjeta ADSL NVLS	Alcatel	und	4	\$ 3.000.000	\$ 12.000.000
Tarjeta Voz NPOT-C	Alcatel	und	5	\$ 3.500.000	\$ 17.500.000
Rectificador 63A	Emerson	und	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
IPMUX	RAD	und	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
Baterías 12V (200Ah)	MTEK	und	4	\$ 1.800.000	\$ 7.200.000
Cables FD	NA	und	8	\$ 60.000	\$ 480.000
Totalizador	Schneider E.	und	1	\$ 80.000	\$ 80.000
Auxiliar Eléctrico	Schneider E.	und	1	\$ 50.000	\$ 50.000
Contactador Bipolar	Schneider E.	und	1	\$ 300.000	\$ 300.000
Breakers AC	Luminex	und	4	\$ 40.000	\$ 160.000
Breakers DC	Schneider E.	und	14	\$ 105.000	\$ 1.470.000
Protección B+C	OBO-Betterm	und	2	\$ 1.000.000	\$ 2.000.000
Temporizador	Exceline	und	1	\$ 150.000	\$ 150.000
SPT (Sistema Tierra)	NA	NA	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
Regletas	Cultom	und	140	\$ 80.000	\$ 11.200.000
Portaregletas	NA	und	16	\$ 20.000	\$ 320.000
Ventiladores DC	NA	und	12	\$ 40.000	\$ 480.000
Extractores AC	NA	und	12	\$ 40.000	\$ 480.000
Filtros	NA	und	12	\$ 30.000	\$ 360.000
Cable, tornillos, barrajes.	NA	NA	NA	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
TOTAL COSTOS EQUIPOS DE PLANTA INTERNA					\$ 76.030.000

Tabla 6. Costos Elementos Planta Externa

Denominación	Und.	Total Unidades	Precio Unitario	TOTAL
Cable para exteriores núcleo relleno 400 pares. Calibre 0.4mm.	mts	100	\$ 53.430	\$ 5.343.000
Cable para exteriores núcleo relleno 300 pares. Calibre 0.4mm.	mts	60	\$ 41.200	\$ 2.472.000
Cable para exteriores núcleo relleno 200 pares. Calibre 0.4mm.	mts	60	\$ 39.945	\$ 2.396.700
Cable para exteriores núcleo relleno 150 pares. Calibre 0.4mm.	mts	60	\$ 32.214	\$ 1.932.840
Cable para exteriores núcleo relleno 100 pares. Calibre 0.4mm.	mts	200	\$ 19.506	\$ 3.901.200
Cable para exteriores núcleo relleno 70 pares. Calibre 0.4mm.	mts	250	\$ 14.577	\$ 3.644.250
Cable para exteriores núcleo relleno 40 pares. Calibre 0.4mm.	mts	300	\$ 11.292	\$ 3.387.600
Cable para exteriores núcleo relleno 30 pares. Calibre 0.4mm.	mts	100	\$ 9.852	\$ 985.200
Cable para exteriores núcleo relleno 20 pares. Calibre 0.4mm.	mts	400	\$ 8.006	\$ 3.202.400
Cable para exteriores núcleo relleno 10 pares. Calibre 0.4mm.	mts	100	\$ 4.515	\$ 451.500
Cubiertas Herméticas A-50	und	17	\$ 34.000	\$ 578.000
Cubiertas Herméticas A-100	und	5	\$ 40.000	\$ 200.000
Cubiertas Herméticas A-200	und	3	\$ 45.000	\$ 135.000
Conectores UY	und	4360	\$ 136	\$ 592.960
Cajas de Dispersión 10 pares	und	5	\$ 35.550	\$ 177.750
Cajas de Dispersión 20 pares	und	27	\$ 56.000	\$ 1.512.000
Suministro y colocación retenida con camisa protectora	und	6	\$ 73.000	\$ 438.000
Suministro, transporte y colocación Puestas a Tierra (Full costo).	und	4	\$ 120.231	\$ 480.924
Cable Mensajero	mts	1500	\$ 1.300	\$ 1.950.000
TOTAL DE COSTOS DE RED EXTERNA				\$ 33.781.324

Tabla 7. Costos Mano de Obra

Denominación	Und.	Total Unidades	Precio Unitario	TOTAL
Transporte y anclaje armario	und	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
Montaje elementos internos armario	und	1	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
Configuración DSLAM y equipo de transmisión. Aprovisionamiento de servicios	und	1	\$ 6.200.000	\$ 6.200.000
Cámara armario Full costo 60 x 80	und	1	\$ 420.000	\$ 420.000
Suministro, transporte y colocación Tubo bajante de 2 pulgadas galvanizado con curva en PVC (Full costo).	und	2	\$ 468.930	\$ 937.860
Colocación, armada, prueba de caja de dispersión 10 pares	und	5	\$ 42.000	\$ 210.000
Colocación, armada, prueba de caja de dispersión 20 pares	und	27	\$ 48.000	\$ 1.296.000
Tendido y cosido Cable Multipar 400	mts	100	\$ 1.924	\$ 192.400
Tendido Cable Multipar 300	mts	60	\$ 1.924	\$ 115.440
Tendido Cable Multipar 200	mts	60	\$ 1.803	\$ 108.180
Tendido Cable Multipar 150	mts	60	\$ 1.803	\$ 108.180
Tendido Cable Multipar 100	mts	200	\$ 1.803	\$ 360.600
Tendido Cable Multipar 70	mts	250	\$ 1.563	\$ 390.750
Tendido Cable Multipar 40	mts	300	\$ 1.563	\$ 468.900
Tendido Cable Multipar 30	mts	100	\$ 1.563	\$ 156.300
Tendido Cable Multipar 20	mts	400	\$ 1.563	\$ 625.200
Tendido Cable Multipar 10	mts	100	\$ 1.563	\$ 156.300
Suministro e Instalación Regleta MDF	und	60	\$ 30.059	\$ 1.803.540
Colocación de cable Mensajero	mts	1500	\$ 2.311	\$ 3.466.500
Transporte y colocación Herrajes en posteria	und	55	\$ 18.000	\$ 990.000
TOTAL COSTOS DE MANO DE OBRA				\$ 23.706.150

Tabla 8. Costo Total de la Red de Cobre

TOTAL COSTOS RED ACTUAL XDSL URB. LAS AMERICAS	\$ 133.517.474
---	-----------------------

Tabla 9. Costos Operación Y Mantenimiento (OPEX anual)

Denominación	Cant.	Costo Anual
Personal de Instalación Línea Básica	2	\$ 30.000.000
Personal de Reparación Línea Básica	1	\$ 15.000.000
Personal Mantenimiento de Red	3	\$ 45.000.000
Transporte (Vehículos)	3	\$ 54.000.000
Consumo de Energía (Armario)	1	\$ 3.500.000
Los gastos de personal incluyen seguridad social y prestaciones.		\$ 147.500.000

3.9 REVISIÓN TÉCNICA Y DISEÑO RED GPON URB. LAS AMÉRICAS

3.9.1 Aspectos técnicos y requerimientos Infraestructura Planta Interna Red

GPON La solución actual implementada para los servicios de xDSL en la Urb. Las Américas con el fabricante Alcatel, cuenta con un equipo de acceso DSLAM-IP modelo 7330 ISAM (*Intelligent Services Access Manager*), se encuentra conectado a través de una fibra óptica a una central (FTTN) de la empresa Edatel-Une. La distancia ente la central y el armario que contiene los equipos de planta interna es de 4 Km aproximadamente. Este enlace tiene una capacidad de transmisión de 1 Gbps.

Está solución basada en gabinete o armario es una implementación tradicional de FTTN (*Fiber To The Node*) que a priori reducirá costos en futuras migraciones y cambios en la arquitectura. Está solución además de ser muy flexible, escalable, permite una reducción del CAPEX de planta interna porque no será necesario instalar un nuevo gabinete o DSLAM para la implementación de redes ópticas pasivas en el sector de Las Américas, puesto que debido a sus características el equipo de acceso actual DSLAM-IP 7330, soporta la instalación de hasta 10 tarjetas para el uso de redes ópticas pasivas.

El DSLAM 7330 instalado para atender el sector de Las Américas cuenta con una tarjeta controladora modelo NANT-A, que posee ciertas limitaciones en cuanto a procesamiento, memoria y rendimiento, por lo que se recomienda la instalación de una nueva tarjeta controladora modelo NANT-E.

Tabla 10. Comparación Tarjetas Controladoras DSLAM Alcatel 7330

	NANT-A	NANT-D	NANT-E
Processing platform	Single core	Dual core	Quad Core
CPU Memory	256 Mbyte	2 Gbyte	4 Gbyte
Throughput	24 Gbps	100 Gbps	320 Gbps
NT-NT speed	n/a	10 Gbps	40 Gbps
NT-LT speed	1 Gbps	2.5 Gbps	10 Gbps
M-VR	No	Yes	Yes
Routing protocols	OSPF, RIP	BGP, ISI, OSPF, RIP	BGP, ISI, OSPF, RIP
Scalability	MAC	Medium	High
	Routes	Low	High
	Filters	Low	High
MPLS ready	No	Yes	Yes
VPLS ready	No	Yes	Yes
Stability / availability	Focus on L2	High	High
Synchronization	BITS In	Bits In/Out Synch-E in/Out	Bits In/Out Synch-E in/Out
ISAM-v support	H.248, SIP	SIP	SIP

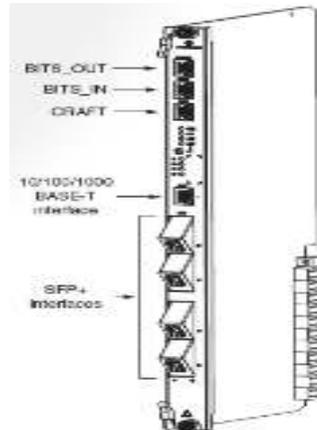
Fuente: <https://www.yumpu.com/en/document/view/23612993/01-alu-gpec-introduction-to-isam/25>

Figura 30. Tarjeta NANT-E



Fuente: <https://www.alcatel-lucent.com>

Figura 31. Puertos de Tarjeta NANT-E



Fuente: <https://www.alcatel-lucent.com>

Adicional a la instalación de la tarjeta controladora NANT-E del IP-DSLAM 7330 alojado en el armario de la Urb. Las Américas debe instalarse en uno de los slot del chasis del DSLAM 7330 presente, una tarjeta de servicio GPON denominada por el fabricante como NGLT-A que cuenta con 8 puertos GPON que pueden llegar a

soportar 128 clientes dependiendo de la óptica (B+=64, C+=128) y conexión por el *backplane* (panel trasero) de 10G.

Figura 32. Tarjeta NGLT-A



Fuente: Fotografía en sitio

Una sola tarjeta NGLT-A brinda una capacidad máxima de conexión de 1024 ONT's dependiendo del tipo de óptica empleada, a través de sus 8 puertos GPON lo cual es una diferencia bastante significativa con respecto a las tarjetas de servicios NVLS que solo son capaces de soportar 48 usuarios conociendo de antemano las limitaciones en cuanto a ancho de banda del ADSL. Es decir que para soportar la misma cantidad de clientes de una tarjeta NGLT-A se requerirían 22 tarjetas NVLS y adicionar al menos otro DSLAM teniendo en cuenta la limitante que impone un chasis de IP-DSLAM 7330 que solo soportan la instalación máxima de 10 tarjetas de servicio. En cuanto a potencia el consumo de una tarjeta NGLT-A está por debajo de los 85 W.

CAPITULO IV

4. DISEÑO DE LA RED ÓPTICA PASIVA URB. LAS AMÉRICAS

A continuación, se encuentran descritas las actividades correspondientes al diseño de la red GPON para la Urb. Las Américas teniendo en cuenta las consideraciones de diseño de redes GPON expuestas en capítulos previos, así como los elementos necesarios:

- **Escenario de Despliegue**

El despliegue de la red GPON se realizará sobre mismo sector de Las Américas, donde se encuentra desplegada la red de cobre del operador actual.

Figura 33. Red Actual Urb. Las Américas



- **Número de Usuarios y demografía**

La zona a cubrir consta de 400 abonados aproximados. Es una zona de constante crecimiento que hace parte de un macro proyecto urbanístico de la ciudad de Valledupar. Actualmente sobre la zona se están construyendo 3 complejos más de aproximadamente 600 viviendas. A esto se le suma la entrada en funcionamiento de un centro comercial cercano a la Urbanización que consta de un almacén de grandes superficies, decenas de locales comerciales y un hotel 5 estrellas. Las viviendas están ubicadas al suroriente de la ciudad.

Figura 34. Mapa de Ubicación



Fuente: <http://www.mayales.com/mayales2015/lasamericas/ubicacion.pdf>

- **Ubicación de OLT y niveles de *splitting***

El terminal de línea óptico estará dado por la tarjeta NGLT-A que se instalará al interior del armario ubicado en la Urb. Las Américas. Para este diseño basado en el estándar GPON de topología punto multipunto se implementará 2 niveles de división óptica basados en las recomendaciones de la UIT G.984x. Dos niveles de *splitting* reducen los costos de despliegue debido al ahorro en tendido de cables de fibra óptica. Los *splitter* son elementos ópticos pasivos que cumplen la norma UIT G.694.2. [39]

- **Ubicación de *Splitter***

El primer *Splitter* estará ubicado en una mufa o manga, que no es más que un contenedor o cierre de empalmes de fibra óptica, conocido en las redes de Edatel-Una como Arpón y el segundo sobre la NAP.

Este arpón se ubicará a pocos metros del armario, en un poste ubicado al costado del armario actual con tubería de canalización galvanizada para proteger los cables de fibras ópticas que vienen alimentados desde la tarjeta GPON.

Figura 35. Arpón (Mufa)

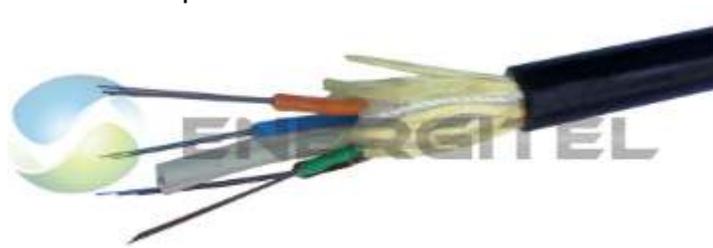


Fuente: Fotografía en sitio

- **Red de Distribución Óptica (ODN)**

Esta red constará de cables de fibra óptica monomodo que cumplen las recomendaciones de la UIT G.652D, que garantiza altas tasas de transmisión y una baja atenuación óptica. Fibra para uso exterior, del tipo *Loose Tube* que servirá para conectar la salida de los *splitter* del arpón con las NAP. [40]

Figura 36. Cable de Fibra Óptica de la red de distribución



Fuente: <http://energitel.com/productos/tienda/ver-producto/90#conectividad-en-fibra-ptica>

- **Ubicación de NAP**

Este elemento conocido como punto de acceso a la red quedará en la parte final de la red de acceso óptica pasiva lo más cercano posible del abonado y es donde se realiza la interconexión entre la red de distribución y la red de abonado (Drop). Aquí se ubica la segunda etapa de división óptica (*splitting*) de la red por fusión. La óptica usada en el puerto GPON es C+

Figura 37. NAP



Fuente: <http://www.furukawatam.com/cl/productos/caixa-de-emenda/caja-de-terminacion-optica-fk-cto-16mc-826.html>

- **Red de Abonado Óptica (Cable DROP)**

Este elemento es el cable de fibra óptica monomodo con recomendación ITU G.652D, este cable conectará el punto de acceso de red (NAP) hasta el usuario y viceversa.

Figura 38. Fibra DROP



Fuente: <http://energitel.com/productos/tienda/productos/41>

El cable óptico drop tendrá en sus extremos conectores SC/APC del tipo pre-conectorizados, para conexión al NAP y a la Roseta óptica (enfrentador óptico SC hembra).

Figura 39. Conector SC/APC



Fuente: <http://fibrastore.com/conectores-adaptadores-y-acopladores/75-conector-sc-apc-empalme.html>

Figura 40. Roseta óptica



Fuente: <http://www.furukawatam.com/br/produtos/ponto-de-terminacao/roseta-optica-518.html>

- **ONT - Terminal de Red Óptica (CPE GPON)**

La ONT (Terminal de Red Óptica) es el CPE GPON a través del cual se entrega al cliente los servicios simultáneos de Internet, Voz y TV. Posee 4 puertos *Ethernet*, 2 puertos FXS (Volp) y una interfaz inalámbrica 802.11n.

Figura 41. Equipo Terminal de Red GPON – ONT



Fuente: Fotografía en sitio

La ONT que se ilustra en la anterior figura tiene las siguientes características:

Tabla 11. Características ONT Alcatel Modelo I-240W-Q

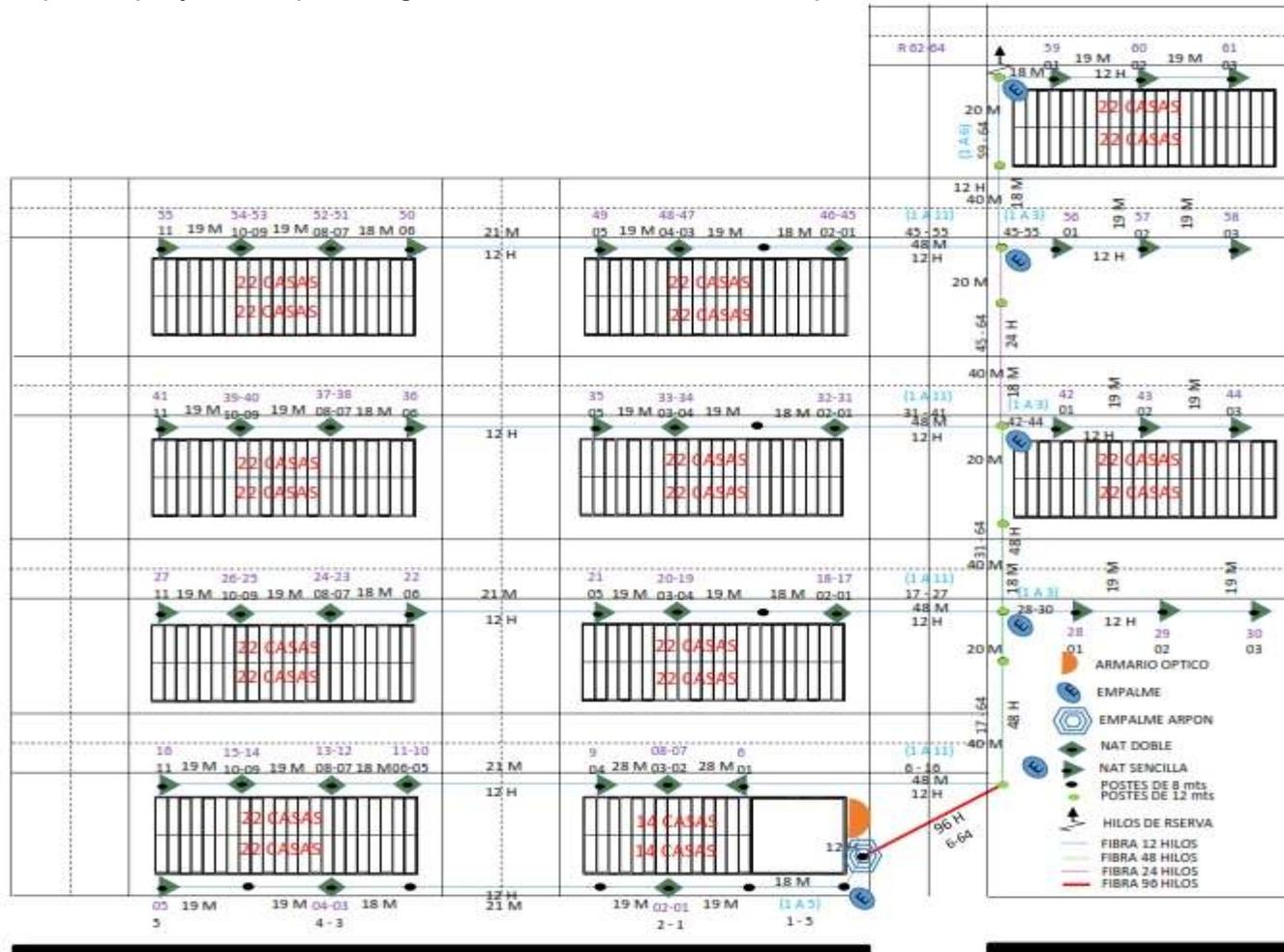
Terminal de Usuario	Marca	Referencia	Puerto Uplink	Puertos de Usuario		
				Ethernet	Wireless	FXS (VoIP)
ONT (CPE GPON)	Alcatel	I-240W-Q	1 GPON SC/APC	4xGE	1x802.11n	2

Cada puerto FXS de la ONT, es una línea telefónica independiente, que puede tener el usuario final sin necesidad de llevar más cables hasta su domicilio.

La ONT ilustrada en la figura anterior tiene un precio dado por el fabricante Alcatel a Edatel-Une de \$154.000 IVA incluido.

Desarrolladas todas las actividades previas de diseño de la red GPON para la Urbanización Las Américas como resultado se presenta el siguiente esquema de red con todos los componentes necesarios para su operación:

Figura 42. Esquema proyectado para migración hacia una Red GPON para La Urb. Las Américas



- **Equipamiento necesario Red GPON Urb. Las Américas**

Tabla 12. Equipos y elementos red GPON Urb. Las Américas

EQUIPOS DE PLANTA INTERNA	Chasis DSLAM 7330
	Controladora NANT-E
	Tarjeta GPON NGLT-A
	Puertos Ópticos C+
	Organizador de Fibra ODF
RED DE DISTRIBUCION	Fibra Óptica Monomodo
	Empalmes
	Splitters
	Arpón
	NAP
RED DE ABONADO	Cable DROP
	Roseta Óptica
	Patchcord y terminales
	ONT ALCATEL I-240W

- **Balance Óptico**

Las pérdidas de potencia a nivel físico están contemplados en las recomendaciones UIT G.984.2. [41]

Para el análisis de los cálculos de pérdida de potencia desde la OLT (puerto GPON) al usuario final se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Atenuación o pérdida por fusión: 0.1 dB
- ✓ Atenuación por conector: 0.5 dB
- ✓ Atenuación Splitter 1/8: 10.5 dB
- ✓ Atenuación Splitter 1/16: 14 dB
- ✓ Atenuación Estándar Fibra Monomodo: 0.00035 dB*metro

El cálculo de atenuación viene dado por la siguiente formula:

$$ATN = (LongitudCable \times AtenCable) + (NumeroFusiones \times AtenFusion) + (NumeroConnectores \times AtenConector) + (AtenArpon) + (AtenNAP)$$

A continuación, se muestra una tabla con el cálculo del balance óptico para las primeras 64 NAP de la red GPON proyectada.

Tabla 13. Balance Óptico Urb. Las Américas

RED PRIMARIA FEEDER A SPLITTER										ACCESO A CLIENTES							
PUERTO	Hilos Buffer	SP 1x16	NAP	Longitud	Fusiones	Conectores	Splitter 16 Arpon	Splitter NAP	Calculo Balance Óptico	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
1	1	SP1	1	66	3	2	1	1	25,8231	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	SP1	2	66	3	2	1	1	25,8231	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	SP1	3	115	3	2	1	1	25,84025	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	SP1	4	115	3	2	1	1	25,84025	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	SP1	5	171	3	2	1	1	25,85985	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	SP1	6	71	4	2	1	1	25,92485	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	SP1	7	99	4	2	1	1	25,93465	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	SP1	8	99	4	2	1	1	25,93465	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	SP1	9	127	4	2	1	1	25,94445	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	SP1	10	148	4	2	1	1	25,9518	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	SP1	11	148	4	2	1	1	25,9518	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	SP1	12	176	4	2	1	1	25,9616	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	SP1	13	176	4	2	1	1	25,9616	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	SP1	14	204	4	2	1	1	25,9714	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	SP1	15	204	4	2	1	1	25,9714	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	SP1	16	232	4	2	1	1	25,9812	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	SP2	17	131	5	2	1	1	26,04585	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	SP2	18	131	5	2	1	1	26,04585	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	SP2	19	159	5	2	1	1	26,05565	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	SP2	20	159	5	2	1	1	26,05565	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	SP2	21	187	5	2	1	1	26,06545	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	SP2	22	208	5	2	1	1	26,0728	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	SP2	23	236	5	2	1	1	26,0826	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	SP2	24	236	5	2	1	1	26,0826	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	SP2	25	264	5	2	1	1	26,0924	1	2	3	4	5	6	7	8

Tabla 14. Balance Óptico Urb. Las Américas

RED PRIMARIA FEEDER A SPLITTER										ACCESO A CLIENTES							
PUERTO	Hilos Buffer	SP 1x16	NAP	Longitud	Fusiones	Conectores	Splitter 16 Arpon	Splitter NAP	Calculo Balance Óptico	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
2	2	SP2	26	264	5	2	1	1	26,0924	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	SP2	27	292	5	2	1	1	26,1022	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	SP2	28	103	5	2	1	1	26,03605	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	SP2	29	131	5	2	1	1	26,04585	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	SP2	30	159	5	2	1	1	26,05565	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	SP2	31	171	6	2	1	1	26,15985	1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	SP2	32	171	6	2	1	1	26,15985	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	33	199	6	2	1	1	26,16965	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	34	199	6	2	1	1	26,16965	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	35	227	6	2	1	1	26,17945	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	36	248	6	2	1	1	26,1868	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	37	276	6	2	1	1	26,1966	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	38	276	6	2	1	1	26,1966	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	39	304	6	2	1	1	26,2064	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	40	304	6	2	1	1	26,2064	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	41	332	6	2	1	1	26,2162	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	42	143	6	2	1	1	26,15005	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	43	171	6	2	1	1	26,15985	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	44	199	6	2	1	1	26,16965	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	45	231	6	2	1	1	26,18085	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	46	231	7	2	1	1	26,28085	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	47	287	7	2	1	1	26,30045	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3	SP3	48	287	7	2	1	1	26,30045	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	SP4	49	315	7	2	1	1	26,31025	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	SP4	50	336	7	2	1	1	26,3176	1	2	3	4	5	6	7	8

Tabla 15. Balance Óptico Urb. Las Américas

RED PRIMARIA FEEDER A SPLITTER										ACCESO A CLIENTES							
PUERTO	Hilos Buffer	SP 1x16	NAP	Longitud	Fusiones	Conectores	Splitter 16 Arpon	Splitter NAP	Calculo Balance Optico	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
4	4	SP4	51	364	7	2	1	1	26,3274	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	SP4	52	364	7	2	1	1	26,3274	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	SP4	53	392	7	2	1	1	26,3372	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	SP4	54	392	7	2	1	1	26,3372	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	SP4	55	420	7	2	1	1	26,347	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	SP4	56	203	7	2	1	1	26,27105	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	SP4	57	231	7	2	1	1	26,28085	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	SP4	58	259	7	2	1	1	26,29065	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	SP4	59	264	8	2	1	1	26,3924	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	SP4	60	292	8	2	1	1	26,4022	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	SP4	61	320	8	2	1	1	26,412	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	SP4	62	259	7	2	1	1	26,29065	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	SP4	63	259	7	2	1	1	26,29065	1	2	3	4	5	6	7	8
4	4	SP4	64	259	7	2	1	1	26,29065	1	2	3	4	5	6	7	8

4.1 REVISIÓN COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN RED GPON URB. LAS AMÉRICAS

De acuerdo a los elementos que hacen parte del despliegue de una red óptica pasiva con el estándar GPON propuesto, para dar acceso a servicios de triple play (Internet, TV y Voz) de 400 usuarios en la Urb. Las Américas, a continuación, se ilustran el coste aproximado tanto en equipos de planta interna como la red externa, así como los costos estimados de operación y mantenimiento:

Tabla 16. Costos Equipos Planta Interna

Denominación	Marca	Und.	Total Unidades	Precio Unitario	TOTAL
Controladora NANT-E	Alcatel	und	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000
Tarjeta GPON NGLT-A	Alcatel	und	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000
SFP con óptica C+	Alcatel	und	4	\$ 350.000	\$ 1.400.000
TOTAL EQUIPOS PLANTA INTERNA					\$ 9.400.000

Tabla 17. Costos Elementos Planta Externa

Denominación	Marca	Und.	Total Unidades	Precio Unitario	TOTAL
Cable Fibra Óptica Mono modo 96 Hilos. Dieléctrico Auto soportado. Núcleo Seco	Furukawa	mts	40	\$ 4.722	\$ 188.880
Cable Fibra Óptica Mono modo 48 Hilos. Dieléctrico Auto soportado. Núcleo Seco	Furukawa	mts	140	\$ 3.000	\$ 420.000
Cable Fibra Óptica Mono modo 24 Hilos. Dieléctrico Auto soportado. Núcleo Seco	Furukawa	mts	80	\$ 2.100	\$ 168.000
Cable Fibra Óptica Mono modo 12 Hilos. Dieléctrico Auto soportado. Núcleo Seco	Furukawa	mts	1650	\$ 1.900	\$ 3.135.000
NAP	Furukawa	und	43	\$ 200.000	\$ 8.600.000
Arpón	Furukawa	und	1	\$ 900.000	\$ 900.000
ODF	Cultom	und	1	\$ 750.000	\$ 750.000
Splitter 1:8	Furukawa	und	43	\$ 170.000	\$ 7.310.000
Splitter 1:16	Furukawa	und	4	\$ 190.000	\$ 760.000
Empalme (Domo) y accesorios	Silver	und	5	\$ 550.000	\$ 2.750.000
TOTAL COSTOS RED EXTERNA					\$ 24.981.880

Tabla 18. Costos Mano de Obra

Denominación	Und.	Total Unidades	Precio Unitario	TOTAL
Configuración DSLAM, tarjeta controladora y tarjeta GPON. Aprovechamiento de servicios	und	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
Tendido aéreo cables	mts	1500	\$ 1.608	\$ 2.412.000
ODF Armario Fibra (Patchcord)	und	4	\$ 9.618	\$ 38.472
Empalmería Arpón de 96 Hilos (96 fusiones)	und	1	\$ 1.113.790	\$ 1.113.790
Empalmería NAP (8 fusiones)	und	43	\$ 225.078	\$ 9.678.354
Empalmería de 5 domos Silver de fibra óptica	NA	NA	\$ 2.741.230	\$ 2.741.230
Suministro e instalación de marquilla de Fibra (Fibra y patchcord)	und	250	\$ 3.607	\$ 901.750
Vestida de postes Herraje Suspensión (Trompeta)	und	30	\$ 24.047	\$ 721.410
Vestida de postes Herraje Retención (Espirales)	und	25	\$ 36.071	\$ 901.775
TOTAL COSTOS MANO DE OBRA				\$ 21.008.781

Tabla 19. Costos totales de la red GPON

TOTAL COSTOS PROYECTO PROPUESTO RED GPON EN URB. LAS AMERICAS	\$ 55.390.661
--	----------------------

Tabla 20. Costos Operación Y Mantenimiento (OPEX anual)

Denominación	Cant.	Costo Anual
Personal de Instalación Hogares	2	\$30.000.000
Personal de Reparación Hogares	1	\$15.000.000
Personal Mantenimiento de Red GPON	2	\$28.000.000
Transporte (Vehículos)	4	\$41.500.000
Consumo de Energía (Armario)	1	\$3.500.000
Los gastos de personal incluyen seguridad social y prestaciones.		\$118.000.000

CAPITULO V

5. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA

5.1 INTRODUCCIÓN

En todo proyecto de inversión es necesario realizar un estudio de viabilidad económica, el cual permitirá determinar de una forma más explícita los costos y beneficios del proyecto, al mismo permitirá conocer el tiempo de retorno de la inversión así como un posible punto de equilibrio.

5.2 REVISIÓN ESTADO MERCADO OBJETIVO

Tabla 21. Estado Zona Objetivo

Denominación	
Sitio de Estudio	Urb. Las Américas
Dirección	Carrera 5C # 33-42
Ciudad	Valledupar
Operadores Presentes	3
Clientes Activos Edatel-Una	240
Clientes Potenciales	600

Fuente: Edatel-Una S.A E.S.P

5.3 RÉGIMEN TARIFARIO CLIENTES EDATEL-UNE

Tabla 22. Tarifas Edatel-Una

Denominación	Costo
Triplay Silver (1 Deco TV + Voz + Internet de 5M)	\$105.000
Triplay Bronce (1 Deco TV + Voz + Internet de 3M)	\$80.000
Duoplay (Internet de 3M + 1 Deco TV)	\$75.000
Internet	\$45.000
Costo Mensual Deco Adicional de TV	\$5.000

Fuente: Edatel-Una S.A E.S.P

5.4 FACTIBILIDAD ECONÓMICA

De antemano se conoce que existe viabilidad técnica para construir una red GPON en el sector de las Américas, que no implica grandes cambios en cuanto al tipo y ubicación del armario actual, parte de la infraestructura actual se utilizará y los costos en obras civiles son mínimos.

En todo proyecto de inversión es de vital importancia realizar la viabilidad económica de la misma, ya que con base a esta se puede determinar la viabilidad del proyecto. Para este estudio se tomará como base la información de la empresa UNE la cual posee una infraestructura en el sitio de estudio. Es importante demarcar el posible crecimiento de usuarios que se esperan anualmente por la implementación de esta tecnología.

5.4.1 Evaluación Financiera Para el estudio de factibilidad económica del proyecto, teniendo en cuenta en el estado actual del mercado y del funcionamiento actual de la red para el acceso de los clientes (240) con la que dispone Edatel - Une en la urbanización Las Américas, calcularemos la recuperación de la inversión para un plazo no mayor de 5 años. No obstante, se aclara que solo disponemos de valores globales de la inversión inicial la que fue desglosada de forma explícita en el capítulo anterior del presente trabajo.

Para determinar la viabilidad financiera se consideran tres valores ampliamente usados: VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno) y la relación Costo-Beneficio.

5.4.2 Proyección estimada de Ingresos Edatel-Une Red GPON (5 Años)

Tabla 23. Proyección estimada Ingresos Red GPON

Ingresos	Inicio	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	0	\$216.000.000	\$216.000.000	\$216.000.000	\$216.000.000	\$216.000.000

5.4.3 Proyección estimada de Egresos Edatel-Une Red GPON (5 Años)

Tabla 24. Proyección estimada Egresos Red GPON

ITEM	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
OPEX	\$118.000.000	\$118.000.000	\$118.000.000	\$118.000.000	\$118.000.000
Depreciación	\$6.800.000	\$6.800.000	\$6.800.000	\$6.800.000	6.800.000

5.4.4 Costo instalación cliente nuevo o cambio de tecnología

Tabla 25. Costos migración

ITEM	Cantidad	Precio Unitario	Total
ONT Alcatel I.240	1	\$ 154.000	\$ 154.000
Cable Drop	50 mts	\$ 1.150	\$ 57.500
Patchcord y conector de fibra tipo SC/APC	1	\$ 15.000	\$ 15.000
Roseta óptica	1	\$ 20.000	\$ 20.000
Costo Instalación	1	\$ 50.000	\$ 50.000
Total			\$ 296.500
TOTAL COSTOS DE MIGRACION DE LOS 240 CLIENTES ACTUALES			\$ 71.160.000

5.4.5 Inversión Inicial Red GPON

Tabla 26. Inversión Inicial Red GPON

ITEM	Inicio
Equipos Planta Interna	\$ 9.400.000
Equipos Planta Externa	\$ 24.981.880
Mano de Obra	\$ 21.008.781
Costos Migración	\$ 71.160.000
TOTAL	\$ 126.550.661

5.4.6 Flujo de Caja Red GPON Urb. Las Américas

Tabla 27. Flujo de Caja

FLUJO DE CAJA PROYECTADO

Años	Inicio	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Saldo Inicial de Caja	\$ 0,00	-\$ 126.550.661,00	-\$ 35.350.661,00	\$ 55.849.339,00	\$ 160.649.339,00	\$ 258.649.339,00

FUENTES DE INGRESOS

Ingresos	\$ 0,00	\$ 216.000.000,00	\$ 216.000.000,00	\$ 216.000.000,00	\$ 216.000.000,00	\$ 216.000.000,00
Total Ingresos	\$ 0,00	\$ 216.000.000,00	\$ 216.000.000,00	\$ 216.000.000,00	\$ 216.000.000,00	\$ 216.000.000,00
Total Fuente de Ingresos	\$ 0,00	\$ 216.000.000,00	\$ 216.000.000,00	\$ 216.000.000,00	\$ 216.000.000,00	\$ 216.000.000,00

Inversión	\$ 126.550.661,00					
Costos Opex		\$ 118.000.000,00	\$ 118.000.000,00	\$ 118.000.000,00	\$ 118.000.000,00	\$ 118.000.000,00
Depreciación		\$ 6.800.000,00	\$ 6.800.000,00	\$ 6.800.000,00	\$ 6.800.000,00	\$ 6.800.000,00
Total Egresos Operativos	\$ 126.550.661,00	\$ 118.000.000,00	\$ 118.000.000,00	\$ 118.000.000,00	\$ 118.000.000,00	\$ 118.000.000,00
Saldo Final de Caja	-\$ 126.550.661,00	-\$ 35.350.661,00	\$ 55.849.339,00	\$ 160.649.339,00	\$ 258.649.339,00	\$ 356.649.339,00

5.4.7 Indicador Financiero VAN de Red GPON Urb. Las Américas Se ha utilizado como indicador matemático al VAN (Valor Actual Neto), parámetro financiero que tiene en cuenta inversión inicial con respecto a gastos futuros (flujos de cajas futuros), permite con mayor certeza determinar la viabilidad económica en la inversión del proyecto.

Un VAN positivo indica que el proyecto será rentable y si por el contrario el resultado del cálculo es negativo descartarían la ejecución del mismo.

$$\text{VAN} = \text{BNA} - \text{Inversión Inicial}$$

Donde BNA es el beneficio neto actualizado a través de una tasa de descuento (inflación, impuestos, intereses, imprevistos).

Tabla 28. VAN de Red GPON

Inversión	Flujo Neto Año 1	Flujo Neto Año 2	Flujo Neto Año 3	Flujo Neto Año 4	Flujo Neto Año 5
\$ 126.550.661	-\$ 35.350.661	\$ 55.849.339	\$ 160.649.339	\$ 258.649.339	\$ 356.649.339
Tasa de Descuento	20%				
VAN	\$ 243.806.898				

Tomando como caso práctico la posible implementación de la Red GPON en la Urb. Las Américas se estimaron una tasa de descuento de 20% que contempla los costos por inflación, impuestos e imprevistos.

El Valor Actual Neto (VAN) de una posible inversión en el proyecto de migración de redes de cobre a redes FTTH en la Urb. Las Américas aportan resultados positivos que hacen viable la inversión.

5.4.8 Indicador Financiero TIR Red GPON Urb. Las Américas

Tabla 29. TIR de Red GPON

Inversión	Flujo Neto Año 1	Flujo Neto Año 2	Flujo Neto Año 3	Flujo Neto Año 4	Flujo Neto Año 5
\$ 126.550.661	-\$ 35.350.661	\$ 55.849.339	\$ 160.649.339	\$ 258.649.339	\$ 356.649.339
TIR	56%				

Tomando como caso práctico la posible implementación de la Red GPON en la Urb. Las Américas se estimaron una tasa de descuento de 20% que contempla los costos por inflación, impuestos e imprevistos.

La Tasa Interna de Retorno arroja un 56% de rendimiento anual que genera la inversión inicial del proyecto contemplando una tasa de descuento de 20%, un resultado muy por encima de la tasa de descuento, por tanto la inversión de acuerdo a este indicador es factible.

5.4.9 Relación Costo / Beneficio Conociendo de antemano las condiciones del mercado en el sector, el diseño y dimensionamiento de la red proyectada para la migración de tecnologías alámbricas en cobre a redes ópticas pasivas con el estándar GPON se presentará una matriz que ilustre la rentabilidad del proyecto en términos generales, lo cual permitirá conocer el dinero ganado en cada peso invertido en el proyecto.

Tabla 30. Relación Beneficio – Costo (BC) Red GPON

Egresos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
\$ 126.550.661	-\$ 35.350.661	\$ 55.849.339	\$ 160.649.339	\$ 258.649.339	\$ 356.649.339
Ingresos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
\$ 0	\$ 216.000.000	\$ 216.000.000	\$ 216.000.000	\$ 216.000.000	\$ 216.000.000
Tasa de Desc.	20 %				
VAEgresos	\$ 496.908.219				
VAIngresos	\$ 645.972.222				
Relación BC	\$ 1,3				

Con los datos obtenidos en este apartado se concluye que el proyecto es rentable puesto que el período de recuperación de inversión es de cinco años y el valor que la empresa obtendrá será de 1.3 pesos, lo que implica que cada por cada peso que invierta, superará al valor invertido, por lo que se recomienda que el proyecto sea implementado.

CAPÍTULO VI

6. RESULTADOS

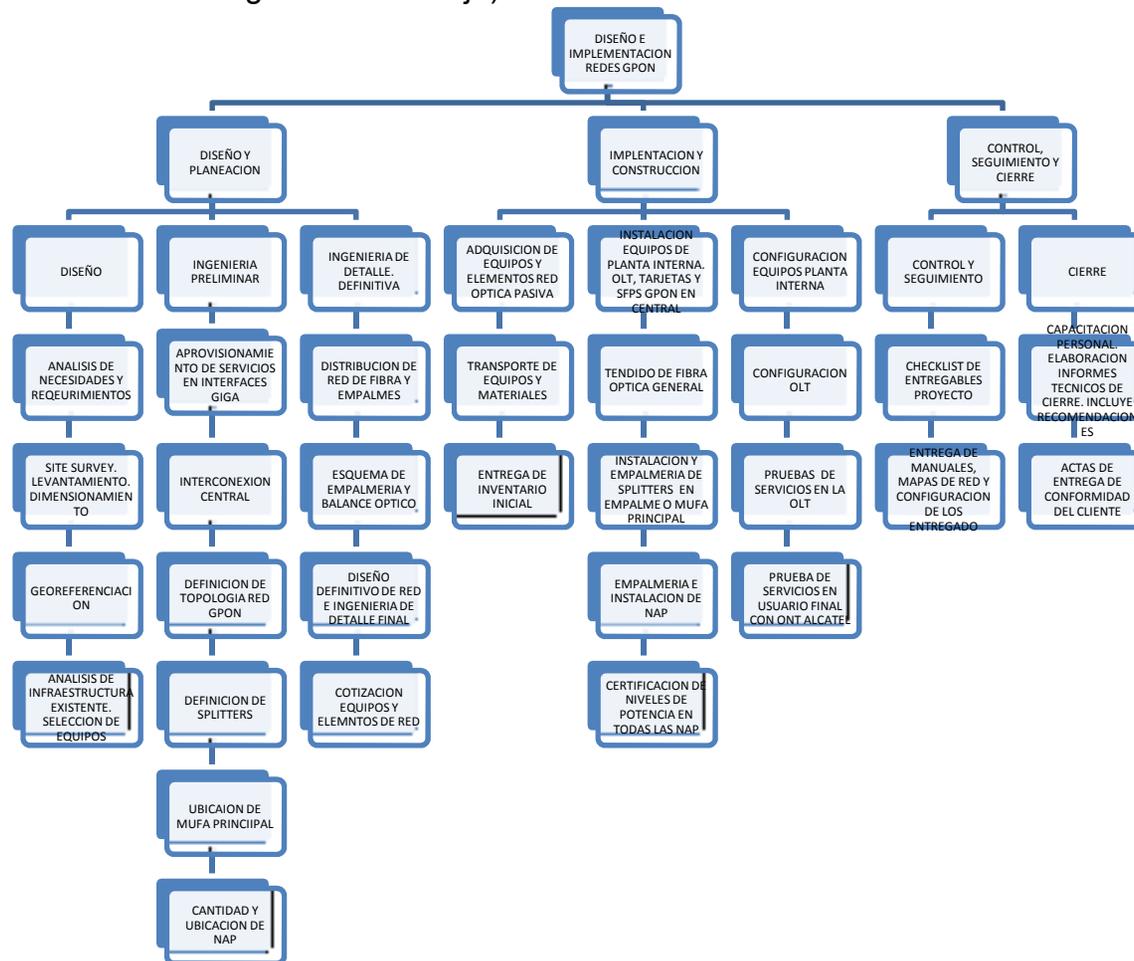
6.1 IDENTIFICACIÓN Y DEFINICIÓN DE RIESGOS

Tabla 31. Matriz de Riesgos

Item	Evento	Riesgo
1	Manipulación de Equipos	Que no se manipula de forma correcta puede ocasionar daños y retraso en la ejecución del proyecto.
2	Informe <i>Site Survey</i>	El <i>Site Survey</i> no queda bien planeado según requerimientos y al momento de implementar no se pueda realizar.
3	Personal	Contratación de personal que no sea acorde al perfil y no cumpla las funciones correctamente ocasiona retrasos en el proyecto.
4	Factores Naturales	Desastres naturales, incendios, inundaciones o por lluvia.
5	Adecuaciones	Retraso en la instalación porque las adecuaciones no están en los estándares establecidos.
6	Obras civiles	Retraso en la instalación de la infraestructura del proyecto.
7	Labores Técnicas	Mala ejecución de labores técnicas durante la ejecución del proyecto.
8	Adquisición de equipos	No adquirir los equipos adecuados para la implementación de la tecnología.

6.2 ELABORACIÓN EDT (Estructura de Desglose del Trabajo)

Figura 43. EDT (Estructura de desglose del Trabajo)



6.3 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE MIGRACIÓN A REDES GPON EN LA URBANIZACIÓN LAS AMÉRICAS DE LA CIUDAD DE VALLEDUPAR

Luego de realizado el diseño de la red GPON de La Urbanización Las Américas de la ciudad de Valledupar y la revisión de los costos de su posible implementación para la migración de las tecnologías xDSL disponibles actualmente se obtuvo lo siguiente:

Analizando los resultados de la revisión técnica para determinar la viabilidad económica para la posible migración de redes de cobre xDSL a redes ópticas pasivas en la Urbanización Las Américas de la ciudad de Valledupar obtenemos que es altamente viable la migración, puesto que además de obtener mejoras en la calidad de servicio, ancho de banda, seguridad e integridad en la información, para el plano y no menos importante económico la inversión en las nuevas tecnologías de acceso FTTH se recupera y genera beneficios al operador actual de acuerdo al VAN y TIR obtenido en el análisis financiero.

Del lado cliente el CAPEX se ve afectado por el costo que debe asumir la compañía Edatel-Une en el cambio del equipo terminal y la nueva instalación, impacto que se mitigaría a futuro con la inclusión de nuevos clientes a la red y reducción de las afectaciones que a priori presenta una red óptica pasiva.

Las mejoras en los parámetros físicos de la red y la fácil gestión de las ONT por parte de la torre de control de Edatel-Une, reducirán a priori los tiempos que utiliza la mesa de ayuda para el soporte técnico en la instalación y reparación de los servicios de Internet, TV y Voz del usuario final. Este factor incidiría positivamente en los tiempos de respuesta de atención de daños, instalaciones y reinstalaciones del operador Edatel-Une.

Con una red GPON de arquitectura sencilla se reducen los puntos de fallos y así los tiempos y recurrencia en los mantenimientos de la red, lo que generaría beneficios en la reducción de costes de operación.

Con la inversión realizada se recuperan 1.3 pesos por cada peso invertido en la migración, lo que garantiza una positiva relación costo-beneficio.

7. CONCLUSIONES

Al finalizar la revisión y análisis técnico para determinar la viabilidad económica para la posible migración de redes de cobre con tecnologías xDSL a redes ópticas pasivas de acceso con estándar GPON en la Urb. Las Américas en la ciudad de Valledupar se han llegado a las siguientes conclusiones:

- Realizado el análisis técnico la posible implementación de una red pasiva óptica en la Urb. Las Américas por el operador actual sería viable dados los equipos con que cuenta, capaces de soportar la migración de tecnología ADSL a GPON y que las distancias a cubrir en la red externa no superarían en ningún caso los 20 Km.
- Realizado el análisis comparativo de los costos de implementación de redes FTTH utilizando el estándar GPON (CAPEX) para la migración de las redes xDSL actuales en la Urbanización Las Américas de Valledupar se evidencia una drástica disminución cercana al 40% de la inversión inicial realizada. A favor juegan varios factores como la escalabilidad y adaptabilidad del equipo de acceso actual, DSLAM IP 7330 del fabricante Alcatel compatible con el estándar GPON lo que generaría un ahorro en inversión de nueva infraestructura por parte del operador actual.
- Los resultados de la evaluación de las variables financieras arrojan resultados positivos que garantizan la viabilidad del proyecto. La relación costo-beneficio del proyecto muestra que por cada peso invertido además de generar utilidades impactará directamente en la calidad del servicio y la experiencia del cliente con una mejor y variada oferta comercial.
- Con la introducción de GPON se brindará a los clientes la posibilidad de acceder a más servicios al interior del hogar, dispondrá de una amplia gama de planes de TV en HD e Internet de alta velocidad sin tener degradación del servicio, la conexión hasta la OLT dispondrá de hasta 2.5 Gbps en bajada y 1.25 Gbps en subida. Conectar más de 4 decodificadores de TV no será a futuro un problema.
- En la implementación de redes GPON los elementos activos en el despliegue de la ODN no están presentes de lo cual se obtiene disminución en los trabajos de operación y mantenimiento de la red. Es por esto que se logra realmente reducir riesgos y afectaciones de tipos ambientales o generados por terceros tales como hurto de elementos, fallas en el fluido eléctrico, humedad, interferencias electromagnéticas, entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] The birth of the web, [en línea]. Disponible en: <https://home.cern/topics/birth-web>, [citado 10 de mayo de 2016].
- [2] Movistar ADSL Guía de Usuario, [en línea]. Disponible en: <http://www.movistar.es/rpmm/estaticos/residencial/fijo/banda-ancha-adsl/manuales/guia-adsl.pdf>, [citado 10 de mayo de 2016].
- [3] La Guía FTTH PON de EXFO, [en línea]. Disponible en: <http://www.exfo.com/es/biblioteca/recursos-tecnicos/posteres-guias-libros/ftth-pon-reference-guide-guia-de-referencia>, [citado 10 de mayo de 2016].
- [4] HFC Access Solution, [en línea]. Disponible en: <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/service-provider/hfc-access/index.html>, [citado 11 de mayo de 2016].
- [5] AÑAZCO, Cristhian. Diseño Básico de Redes de Acceso utilizando el estándar GPON, Trabajo de Grado en Maestría en Telecomunicaciones, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil - Ecuador, mayo de 2013, p27.
- [6] Servicio de Internet de Claro, [en línea]. Disponible en: <http://www.claro.com.co/personas/servicios/servicios-hogar/internet/>, [citado 10 de junio de 2016].
- [7] Recomendación UIT-T G.984.1, Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales, [en línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/es>, [citado 10 de mayo de 2016].
- [8] MUÑOZ, Ramón. España se sitúa como primer país de la UE por número de abonados de fibra, [en línea]. Disponible en: http://economia.elpais.com/economia/2015/10/11/actualidad/1444581882_496573.html, [citado 10 de mayo de 2016].
- [9] SANTOS, Mateo. La ETB promete velocidades de hasta 400 Mbps, [en línea]. Disponible en: <http://www.enter.co/chips-bits/enterprise/la-etb-promete-navigaciones-de-hasta-400-mbps/>, [citado 10 de mayo de 2016].
- [10] xDSL y Cable Modem, [en línea]. Disponible en: https://www.mhe.es/cf/ciclos_informatica/844819974X/archivos/unidad2_recurso6.pdf, [citado 10 de mayo de 2016].

[11] Recomendación UIT-T UIT G.9701, Acceso rápido a terminales de abonado (G.fast) - Especificación de la capa física, [en línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.9701-201412-l/es>, [citado 10 de mayo de 2016].

[12] VELASCO, JJ, G.fast, el nuevo estándar que llevará las conexiones DSL a 1 Gbps, [en línea]. Disponible en: <http://blogthinkbig.com/g-fast-conexiones-dsl-1-gbps/>, [citado 10 de mayo de 2016].

[13] CONNEALLY, Paul, La norma G.fast sobre banda ancha aprobada y disponible en el mercado, [en línea]. Disponible en: http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2014/70-es.aspx#.V0Z0TXhDIU, [citado 25 de mayo de 2016].

[14] GALEANO CORCHERO, Jesus. Diseño e Instalación de una Red FTTH, Trabajo de Grado en Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones, Universidad Carlos III de Madrid, Madrid – España, 2009, p15.

[15] CablesLabs, The Impact of DOCSIS 3.1 Technology, [en línea]. Disponible en: http://www.cablelabs.com/wp-content/uploads/2014/12/DOCSIS3-1_Pocket_Guide_2014.pdf, [citado 25 de mayo de 2016].

[16] Redes de Acceso (FTTH, HFC...), [en línea]. Disponible en: <http://bandabase.com/redes-de-acceso-ftth-hfc/>, [citado 25 de mayo de 2016].

[17] Tipos de ADSL, [en línea]. Disponible en: <http://www.xatakaon.com/tecnologia-de-redes/adsl-a-fondo-iv-tipos-de-adsl>, [citado 25 de mayo de 2016].

[18] ADSL2 and ADSL2plus – The New ADSL Standards, [en línea]. Disponible en: https://www.broadband-forum.org/marketing/download/mktgdocs/ADSL2_wp.pdf, [citado 26 de mayo de 2016].

[19] Recomendación UIT-T G.992.3: Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2), [en línea]. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.3/en>, [citado 26 de mayo de 2016].

[20] Recomendación UIT-T G.992.5: Transceptores para línea de abonado digital asimétrica – Línea de abonado digital asimétrica 2 de anchura de banda ampliada (ADSL2plus), [en línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.5-200901-l/es>, [citado 26 de mayo de 2016].

[21] VDSL2: Next important broadband technology, [en línea]. Disponible en: https://www.ericsson.com/ericsson/corpinfo/publications/review/2006_01/files/vdsl2.pdf, [citado 26 de mayo de 2016].

[22] VDSL, [en línea]. Disponible en: <http://moj.efst.hr/~agm/dokumenti/VDSL.pdf>, [citado 26 de mayo de 2016].

[23] Recomendación UIT-T G.993.1: Fundamentos de la línea de abonado digital de velocidad muy alta, [en línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.993.1/es>, [citado 26 de mayo de 2016].

[24] Recomendación UIT-T G.993.2: Transceptores de línea de abonado digital de velocidad muy alta 2, [en línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.993.2/es>, [citado 26 de mayo de 2016].

[25] Solución FTTx – Guía de Aplicación de Furukawa, [en línea]. Disponible en: http://portal.furukawa.com.br/arquivos/g/gui/guia/1583_GuAiadeaplicaciAonFTTx.PDF, [citado 30 de mayo de 2016].

[26] Características Generales de una Red de Fibra Óptica al Hogar (FTTH), [en línea]. Disponible en: http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_CaractersticageneralesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf, [citado 30 de mayo de 2016].

[27] FTTH HANDBOOK – Edition 7 - Fibre to the Home Council, [en línea]. Disponible en: http://www.ftthcouncil.eu/documents/Publications/FTTH_Handbook_V7.pdf, [citado 30 de mayo de 2016].

[28] FTTH LATAM Magazine - 2015 Edition - Fiber to the Home Council, [en línea]. Disponible en: <http://www.ftthcouncil.org/d/do/1824>, [citado 30 de mayo de 2016].

[29] Recomendación UIT-T G.984.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales, [en línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200303-S/es>, [citado 30 de mayo de 2016].

[30] Guía de Aplicación de Furukawa, [en línea]. Disponible en: http://portal.furukawa.com.br/arquivos/g/gui/guia/1583_GuAiadeaplicaciAonFTTx.PDF, [citado 01 de junio de 2016].

[31] Armario de Distribución Simelca, [en línea]. Disponible en: <http://www.simelca.com.co/armario-de-2000-pares-en-acero-galvanizado/>, [citado 01 de junio de 2016].

[32] Alcatel 7330 ISAM FTTN, [en línea]. Disponible en: http://broadbandsoho.com/FTTx/Alcatel_7330_ISAM.pdf, [citado 01 de junio de 2016].

- [33] Alcatel-Lucent: Introduction to ISAM, [en línea]. Disponible en: <https://www.yumpu.com/en/document/view/23612993/01-alu-gpec-introduction-to-isam/25>, [citado 01 de junio de 2016].
- [34] IPMUX-24 RAD – Datasheet, [en línea]. Disponible en: <http://www.rad-direct.com/datasheet/IPMUX-24.pdf>, [citado 01 de junio de 2016].
- [35] R48-3200 Emerson – Datasheet. [en línea]. Disponible en: http://www.emersonnetworkpower.com/en-EMEA/Products/DCPower/ensys_ACDCPowerSystems/Documents/ES_R48-3200_Datasheet_Rev2.0_20080825.pdf, [citado 01 de junio de 2016].
- [36] MTEK, [en línea]. Disponible en: <http://mtek-sa.com/mtek/Catalogo/tabid/64/CatID/2/Baterías.aspx>, [citado 01 de junio de 2016].
- [37] Código Eléctrico Colombiano – ICONTEC NTC2050, [en línea]. Disponible en: http://ingenieria.bligoo.com.co/media/users/19/962117/files/219177/NTC_2050.pdf, [citado 02 de junio de 2016].
- [38] Modem Residencial ADSL2+ Huawei 532e, [en línea]. Disponible en: <http://downloads.telmex.com/pdf/modemHuaweiHG532e.pdf>, [citado 02 de junio de 2016].
- [39] Recomendación UIT-T G.694.2: Planes espectrales para las aplicaciones de multiplexación por división de longitud de onda: Plan de multiplexación por división aproximada de longitud de onda, [en línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.694.2-200312-I/es>, [citado 02 de junio de 2016].
- [40] Recomendación UIT-T G.652: Características de las fibras y cables ópticos monomodo, [en línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/recommendation.asp?lang=es&parent=T-REC-G.652-200911-I>, [citado 02 de junio de 2016].
- [41] Recomendación UIT-T G.984.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos, [en línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2/recommendation.asp?lang=es&parent=T-REC-G.984.2-200303-I>, [citado 10 de junio de 2016].

BIBLIOGRAFÍA

ADSL2 and ADSL2plus – The New ADSL Standards, [en línea]. Disponible en: https://www.broadband-forum.org/marketing/download/mktgdocs/ADSL2_wp.pdf, [citado 26 de mayo de 2016].

AÑAZCO, Cristhian. Diseño Básico de Redes de Acceso utilizando el estándar GPON, Trabajo de Grado en Maestría en Telecomunicaciones, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil - Ecuador, mayo de 2013, p27.

Características Generales de una Red de Fibra Óptica al Hogar (FTTH), [en línea]. Disponible en: http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_CaractersticageneralesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf, [citado 30 de mayo de 2016].

FTTH HANDBOOK – Edition 7 - Fibre to the Home Council, [en línea]. Disponible en: http://www.ftthcouncil.eu/documents/Publications/FTTH_Handbook_V7.pdf, [citado 30 de mayo de 2016].

FTTH LATAM Magazine - 2015 Edition - Fiber to the Home Council, [en línea]. Disponible en: <http://www.ftthcouncil.org/d/do/1824>, [citado 30 de mayo de 2016].

GALEANO CORCHERO, Jesus. Diseño e Instalación de una Red FTTH, Trabajo de Grado en Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones, Universidad Carlos III de Madrid, Madrid – España, 2009, p15.

Guía de Aplicación de Furukawa, [en línea]. Disponible en: http://portal.furukawa.com.br/arquivos/g/gui/guia/1583_GuAiadeaplicaciAonFTTx.PDF, [citado 01 de junio de 2016].

Solución FTTx – Guía de Aplicación de Furukawa, [en línea]. Disponible en: http://portal.furukawa.com.br/arquivos/g/gui/guia/1583_GuAiadeaplicaciAonFTTx.PDF, [citado 30 de mayo de 2016].

Recomendación UIT-T G.652: Características de las fibras y cables ópticos monomodo, [en línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/recommendation.asp?lang=es&parent=T-REC-G.652-200911-I>, [citado 02 de junio de 2016].

Recomendación UIT-T G.694.2: Planes espectrales para las aplicaciones de multiplexación por división de longitud de onda: Plan de multiplexación por división aproximada de longitud de onda, [en línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.694.2-200312-I/es>, [citado 02 de junio de 2016].

Recomendación UIT-T G.984.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos, [en línea]. Disponible en:

<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2/recommendation.asp?lang=es&parent=T-REC-G.984.2-200303-I>, [citado 10 de junio de 2016].

Recomendación UIT-T G.992.3: Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2), [en línea]. Disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.3/en>, [citado 26 de mayo de 2016].

Recomendación UIT-T G.992.5: Transceptores para línea de abonado digital asimétrica – Línea de abonado digital asimétrica 2 de anchura de banda ampliada (ADSL2plus), [en línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.5-200901-I/es>, [citado 26 de mayo de 2016].

Recomendación UIT-T G.993.1: Fundamentos de la línea de abonado digital de velocidad muy alta, [en línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.993.1/es>, [citado 26 de mayo de 2016].

Recomendación UIT-T G.993.2: Transceptores de línea de abonado digital de velocidad muy alta 2, [en línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.993.2/es>, [citado 26 de mayo de 2016].