



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MÉRIDA VENEZUELA

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

www.bdigital.ula.ve

**DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA
RED FTTH GENÉRICA BAJO REQUERIMIENTOS**

Br. Luis José Siso Padilla.

Mérida, Junio 2019



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
MÉRIDA VENEZUELA

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED FTTH GENÉRICA BAJO REQUERIMIENTOS

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero
Electricista

Br. Luis José Siso Padilla.
Tutor(es): Prof. José R. Uzcategui
Asesor: Ing. Eduardo Ramírez.

Mérida, Junio 2019

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**DISEÑO, PLANIFICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE UNA RED
FTTH GENÉRICA BAJO REQUERIMIENTOS**

Br. Luis José Siso Padilla.

Trabajo de Grado, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos exigidos para optar al título de Ingeniero Electricista, aprobado en nombre de la Universidad de Los Andes por el siguiente Jurado.

www.bdigital.ula.ve

Prof. Ana Arraiz.

Prof. Nelson A. Pérez García.

Prof. José R. Uzcategui.

*A Dios, a Mi Madre, a Mi Abuela,
Familiares y Amigos.*

*“En los tiempos de crisis, sólo la
imaginación es más importante
que el conocimiento”*

Albert Einstein

www.bdigital.ula.ve

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso: por darme la oportunidad de vivir esta experiencia.

A Mi Mamá, Marina Padilla: Por darme la vida, por brindarme su apoyo y amor incondicional en todo momento, por su confianza, paciencia, estímulo y su ejemplo.

A la Universidad de Los Andes: por abrirme las puertas del conocimiento y brindar las condiciones necesarias en mi formación como Ingeniero Electricista.

Al Profesor y Tutor José Rafael Uzcategui, por su ayuda, confianza, paciencia, estímulo y calidad profesional, y por sus consejos en las aulas de clase y durante el trabajo de investigación. También a los profesores que componen la rama académica de nuestra casa de estudio de la Universidad de Los Andes, por brindarme todo su conocimiento, útil para la culminación de mi Trabajo de Grado.

Al Asesor Ing. Eduardo Ramírez: por su amistad, atención como persona y como profesional sin escatimar en el aporte de sus conocimientos para finalizar mi trabajo.

Br. Luis José Siso Padilla. Diseño, Planificación y Dimensionamiento de una Red FTTH Genérica Bajo Requerimientos. Universidad de Los Andes. Tutor(es): Prof. José R. Uzcategui. Junio, 2019.

Resumen

En el presente trabajo se pretende documentar mediante una propuesta de planificación y dimensionamiento de una red de fibra hasta el hogar o FTTH (*fiber to the home*), los conceptos y procedimientos técnicos requeridos a nivel de ingeniería conceptual y básica, mediante una recopilación de tópicos relacionados con esta tecnología de las telecomunicaciones. Se considera los fundamentos de transmisión de la fibra óptica como medio de transmisión y los alcances que se obtienen con la tecnología de redes ópticas pasivas (PON - *Passive Optical Network*). Igualmente se presentan las consideraciones de diseño de las redes FTTH, se muestran algunos casos de estudio y desarrollo que pueden servir como referencia de buenas prácticas al momento de llevar a cabo algún proyecto de tecnología FTTx. De igual manera, se toman como referencia normas, recomendaciones y estándares internacionales orientados a brindar infraestructuras de calidad en esta materia. Por último, se muestra un diseño particular orientado a satisfacer los requerimientos establecidos por la empresa Fiber Systems, ubicada en el Municipio Rangel del Estado Mérida; mediante el mismo se ponen en práctica los conceptos desarrollados y obtenidos a lo largo de la investigación y se obtienen las conclusiones y recomendaciones que definen la factibilidad de implementar esta tecnología en cualquier empresa que desee invertir en este tipo de Red.

Descriptores: Redes FTTH, tecnologías xPON, planificación de red FTTH, diseño de red FTTH.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1

Capítulo	pp.
-----------------	------------

CAPITULO 1: EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2 JUSTIFICACIÓN	5
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 METODOLOGÍA	6
1.5 ALCANCE	6
1.6 LIMITACIONES	7

CAPÍTULO 2: CONCEPTOS BÁSICOS DE TECNOLOGÍAS FTTx

2.1 ANTECEDENTES	8
2.1.1 Panorama global de las tecnologías FTTx.....	8
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE REDES FTTX	
2.2.1 Tecnologías de acceso FTTx.....	11
2.2.2 Arquitectura y Topologías FTTH.....	13
2.2.3 Capas de una red FTTH.....	15
2.2.4 Tecnologías PON.....	17
2.2.5 Estándares y Protocolos para FTTH.....	23
2.2.6 Ingeniería de GPON.....	28

CAPÍTULO 3: CONSIDERACIONES DE DISEÑO EN REDES FTTH

3.1 ETAPAS DE DISEÑO Y DESPLIEGUE EN REDES FTTH	38
3.2 PROCEDIMIENTO Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO EN FTTH	39
3.2.1 Planificación de la red	40
3.2.2 Elementos de una red FTTH.....	44
3.2.3 Criterios Generales de Diseño.....	66

CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED FTTH PARA LA LOCALIDAD MUCUCHIES DEL ESTADO MÉRIDA

4.1 ESCENARIO DE DESPLIEGUE	88
4.2 PLANIFICACIÓN Y BUSQUEDA DE INFORMACIÓN	89
4.2.1 Tipología y concentración de las viviendas.....	90
4.2.2 Número de clientes potenciales.....	90
4.2.3 Sectorización.....	91
4.3 DISEÑO DE RED	97
4.3.1 Diseño y dimensionamiento de la cabecera óptica.....	101
4.3.2 Diseño y dimensionamiento de la red de alimentación.....	104
4.3.3 Diseño y dimensionamiento de la red de distribución.....	105
4.3.4 Diseño y dimensionamiento de la red de dispersión.....	106
4.3.5 Cálculo de presupuesto óptico.....	112
4.3.6 Cómputos métricos.....	118
4.3.7 Planos de la Red FTTH propuesta.....	120
CONCLUSIONES	136
RECOMENDACIONES	138
REFERENCIAS	139
ANEXOS	143
GLOSARIO	163

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	pp.
2.1 Los mejores operadores de banda ancha ultrarápidos en todo el mundo.....	10
2.2 Tecnologías de acceso FTTx.....	13
2.3 Topología Punto – Multipunto.....	14
2.4 Topología Punto a Punto.....	15
2.5 Capas de una Red FTTH.....	16
2.6 Arquitectura PON.....	19
2.7 Funcionamiento <i>Downstream</i> y <i>Upstream</i> en redes PON.....	20
2.8 PON en <i>Downstream</i>	22
2.9 Red PON en <i>Upstream</i>	22
2.10 Esquema de Capas GPON.....	30
2.11 Funciones de Capa GTC.....	32
2.12 Esquema de puertos GEM y T-CONT.....	33
2.13 Proceso de activación <i>Serial Number</i>	35
2.14 Proceso de activación <i>Ranging</i>	37
3.1 Esquema de las partes que contiene una fibra óptica.....	45
3.2 Cable de fibra óptica de estructura holgada.....	47
3.3 Modelo de fibra óptica de estructura ajustada.....	48
3.4 Cable Riser.....	48
3.5 Cable Monofibra.....	49
3.6 Partes de conector ST.....	50
3.7 Conector SC.....	50
3.8 Conector LC.....	51
3.9 Pulido de férula en conectores.....	52
3.10 Máquinas fusionadoras.....	53
3.11 Máquinas para empalmes mecánicos.....	53
3.12 Divisor Bicónico Fundido.....	54
3.13 Divisor Óptico Plano.....	55
3.14 Armarios de Distribución de Fibra Óptica.....	56
3.15 Mangas de Empalme.....	56
3.16 Cajas de distribución por planta.....	57
3.17 Cajas de Terminación Óptica.....	58
3.18 Rosetas Ópticas.....	58
3.19 Modelo de ONT.....	59
3.20 OLTs Modulares.....	61
3.21 OLTs Compactas.....	61
3.22 Modelo de Transmisor Óptico.....	62
3.23 Esquema de funcionamiento de EDFA.....	63
3.24 Esquema de funcionamiento del WDM.....	64
3.25 Modelo de equipo WDM-MUX.....	65

3.26	Esquema General de Infraestructura FTTH.....	67
3.27	Esquema de conexión entre ODFs.....	70
3.28	Ubicación de Equipos en CO.....	70
3.29	Conexión de cable eslabón.....	71
3.30	Distribución de las salas y los equipos de la central.....	72
3.31	División de área de cobertura por central óptica.....	72
3.32	Cuadrantes de Subáreas radiales.....	73
3.33	Anillos en Subárea radial.....	73
3.34	Esquema de cableado vertical 1.....	85
3.34	Esquema de cableado vertical 2.....	85
4.1	Mapa del Municipio Rangel del Estado Mérida.....	88
4.2	Poligonal de zona objetivo inicial.....	89
4.3	Esquema de splitteo 1:4 y 1:16.....	100
4.4	Esquema de splitteo 1:8 y 1:8.....	100
4.5	Esquema de cableado en F.O para edificios con ICT.....	108
4.6	Esquema de cableado en F.O para edificios sin ICT.....	109
4.7	Soluciones conectorizadas y no conectorizadas para edificios.....	111
4.8	Diagrama Unifilar de Conexión FTTH Abonado más lejano.....	113

www.bdigital.ula.ve

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	pp.
2.1 Comparación de los estándares PON.....	28
2.2 Velocidades de Transmisión permitidas por GPON	29
3.1 Aspectos a considerar en gabinetes de distribución.....	77
3.2 Cantidad de módulos cliente y operador según unidades inmobiliarias.....	79
3.3 Criterio para ubicación de CDH.....	81
3.4 Criterios para selección de Distribuidor de fibra secundario.....	83
4.1 Zonificación de área cubierta por las CD dependientes de la Manga A.....	92
4.2 Zonificación de área cubierta por las CD dependientes de la Manga B.....	92
4.3 Zonificación de área cubierta por las CD dependientes de la Manga C.....	93
4.4 Zonificación de área cubierta por las CD dependientes de la Manga D.....	93
4.5 Zonificación de área cubierta por las CD dependientes de la Manga E.....	94
4.6 Clasificación de los láseres en función de su potencia.....	113
4.7 Pérdidas de inserción dependientes de la longitud de onda.....	114
4.8 Pérdidas de inserción por tipo de empalme.....	114
4.9 Pérdidas de inserción por tipo de divisor.....	114
4.10 Pérdidas de inserción por tipo de conector.....	115
4.11 Lista de elementos que introducen pérdidas de inserción en el enlace analizado.....	116
4.12 Estimación de equipos y material de cabecera y planta externa.....	118

INTRODUCCIÓN

El creciente desarrollo que ha experimentado el mundo en materia tecnológica en los últimos años, en especial en el área de las tecnologías de la información, ha generado un aumento considerable en la demanda de servicios de telecomunicaciones. Los usuarios de esta época desean mejorar su acceso a Internet de banda ancha, así como también muestran su deseo por mejorar la calidad de servicios asociados a telefonía, datos móviles y video de alta resolución. Esto obliga a las empresas llamadas a satisfacer estos requerimientos a que modernicen sus plataformas tecnológicas a los fines de cubrir con éxito las exigencias de los clientes.

Como una primera opción, para los operadores brindar mayor velocidad al mejor precio, se decidió inicialmente por utilizar tecnologías que comprimen la información cada vez más, para ocupar el menor ancho de banda posible y así aprovechar la infraestructura de cobre existente de la red telefónica conmutada (PSTN - *Public Switched Telecom Network*). Dentro de estas tecnologías que explotan el bucle de abonado de cobre está ADSL (*Asymmetrical Digital Subscriber Line*); sin embargo, ADSL presenta una limitación técnica importante, en cuanto al ancho de banda máximo que puede ofrecer (8 Mbps en *upstream* y los 4 Mbps en *downstream*). Además, estos valores disminuyen drásticamente a medida que el usuario se aleja de la central. Posteriormente se crearon otras tecnologías más avanzadas que permitían mayores velocidades como ADSL2 (hasta 11 Mbps); ADSL2+ (hasta 24 Mbps); VDSL (*Very high-bit-rate Digital Subscriber Line*) (hasta 52 Mbps); VDSL2 (hasta 100 Mbps), siendo una de sus principales limitantes, la distancia máxima hasta la central del operador.

Destacando el hecho de que las velocidades actuales provenientes de tecnologías como xDSL y DOCSIS (*Data Over Cable Service Interface Specification*), empleadas para brindar acceso a internet son relativamente bajas, en países como EE.UU, Japón, Corea, entre otros, se ha decidido desde hace algunos años, instalar en forma masiva soluciones de fibra hasta el hogar o FTTH, en lugar de seguir comprimiendo la información mediante tecnologías complejas, que hacen a los

equipos que las implementan resulten cada vez más costosos. Este mecanismo de reemplazar el cobre por fibra en la última milla se le conoce como FTTx, que engloba varios términos dentro de los cuales el principal es FTTH (*Fiber to the home*).

Entre las arquitecturas FTTH, cabe resaltar la arquitectura PON, que es una arquitectura pasiva que permite emplear elementos que no requieren de una alimentación externa como en el caso de los divisores ópticos (*splitters*). Además que permite abarcar distancias de hasta 20 km desde la central hasta el abonado; permite un mayor ancho de banda, debido al empleo de la fibra óptica; incrementa la calidad de servicio por la característica de la fibra óptica de ser inmune a las interferencias electromagnéticas. Asimismo existen varias tecnologías PON como APON (*ATM Passive Optical Network*), BPON (*Broadband PON*), GPON (*Gigabit Passive Optical Network*), EPON (*Ethernet Passive Optical Network*) y GEPON (*Gigabit Ethernet Passive Optical Network*), de las cuales, las más usadas actualmente son EPON y GEPON por sus características de ser compatibles con la tecnología Ethernet.

En el presente trabajo se pretende documentar mediante una propuesta de diseño, planificación y dimensionamiento de una red FTTH genérica bajo requerimientos, los conceptos y procedimientos para el diseño, planificación y dimensionamiento de redes FTTH a nivel de ingeniería conceptual y básica. Esto con el fin de establecer los criterios más usados en este tipo de proyectos, haciendo valer la experiencia que poseen las empresas en este campo tecnológico, los cuales están fundamentados en la heurística y distintos estudios científicos desarrollados a lo largo del tiempo.

A los fines de facilitar una mejor comprensión del documento que aquí se presenta, el mismo ha sido estructurado en cuatro capítulos organizados de la siguiente manera:

- **Capítulo 1:** en este capítulo se plantea el problema y los objetivos trazados para su solución, las posibles limitaciones, así como también los alcances del trabajo.
- **Capítulo 2:** se presentan los detalles conceptuales necesarios para la elaboración de este trabajo de grado, abordando de manera muy sucinta los aspectos más importantes relacionados con las tecnologías FTTx, con especial énfasis en tecnologías FTTH.
- **Capítulo 3:** se abordan aspectos técnicos y procedimientos relacionados con el diseño de redes FTTH, se aborda el proceso a seguir para la construcción de una red FTTH, desde la recolección de datos y estudio previo hasta la entrega del diseño de la red, así como también se detallan distintos elementos que conforman una red FTTH genérica.

- **Capítulo 4:** consiste en la realización de una propuesta de diseño FTTH a nivel de ingeniería básica para un pequeño operador de telecomunicaciones.

Se culmina el trabajo aportando algunas recomendaciones adicionales para la implementación del diseño y con una conclusión basada en las actividades del trabajo. También se incluyen, algunos anexos que permiten aclarar ciertos aspectos planteados en el presente trabajo.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mundo de las telecomunicaciones ha ido evolucionando en el transcurso de los años. Hoy en día la demanda que presenta la sociedad sobre los servicios de telecomunicaciones se encuentra en constante crecimiento, lo cual impulsa a los operadores y empresas de telecomunicaciones a implementar mejoras, con el propósito de mantener o aumentar la calidad de servicio que ofrecen a la comunidad.

Analizando las tecnologías empleadas en la actualidad por parte de las empresas proveedoras de servicio en nuestro ámbito regional y local, se nota que, el acceso a Internet se basa en tecnologías xDSL y DOCSIS. Estas dos tecnologías presentan un límite práctico alcanzable en un horizonte a mediano plazo. Por otra parte, el hecho de que la tecnología GPON sea la más nueva desde el punto de vista comercial, hace que cada empresa desarrolle sus proyectos según sus propios criterios ó siguiendo recomendaciones que varían según la casa fabricante que se consulte, lo cual da lugar a una diversidad de opciones al momento de diseñar e implementar GPON en FTTH; esto sin duda puede generar confusiones. Por lo tanto, existe la necesidad de sintetizar y documentar, conceptos y procedimientos relacionados con el diseño de redes FTTH basadas en el estándar GPON.

Por otra parte, la Empresa Fiber Systems, la cual opera en el municipio Rangel del estado Mérida, tiene planteado en el corto plazo, aprovechar la oportunidad que se presenta en la localidad para implementar la tecnología FTTx, a los fines de dar respuesta a la creciente demanda que se presenta en esta población andina; con ello se busca incrementar el nivel de competitividad de la empresa, así como ofrecer una mejora notable a los servicios de Internet con los que cuenta actualmente esta zona del estado.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La necesidad de despliegue de redes FTTH en Latinoamérica, tanto por operadores de cable existentes como por nuevos operadores o ISPs (*Internet Service Providers*), crea una demanda de ingenieros con conocimientos sólidos en el diseño planificación y dimensionamiento de este tipo de redes.

Una de las razones por la cual es importante implementar esta tecnología es debido a que la fibra óptica presenta altas capacidades en la transmisión de datos, voz y video por las características y ventajas de la misma en comparación a una red híbrida. Esta se vuelve un componente fundamental del proceso de infraestructura tecnológica para brindar una gama de servicios digitales y analógicos de mayor calidad, frente a otros medios de transmisión disponibles.

Por otra parte, la baja calidad del servicio prestado por las empresas de telecomunicaciones que operan en la región andina, crea la oportunidad de generar propuestas dirigidas a satisfacer esta demanda por parte de la población. Es por tal motivo que la empresa Fiber Systems posee entre sus objetivos, lograr aprovechar la cuota de mercado vacante en la región, y proveer servicios de alta calidad y confiabilidad a los clientes presentes y futuros. Esta necesidad de crecimiento en clientes y servicios de la empresa Fiber Systems, hace posible la aplicación real de los procedimientos y conceptos desarrollados el presente trabajo de investigación.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar una propuesta de diseño, planificación y dimensionamiento de una red FTTH bajo requerimientos a nivel de ingeniería conceptual y básica.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudiar los conceptos técnicos y procedimientos relacionados con las tecnologías FTTH y el diseño de redes FTTH.

- Definir un conjunto de requerimientos funcionales y de diseño para una red FTTH genérica.
- Describir los parámetros de diseño a nivel de ingeniería conceptual de una red FTTH de acuerdo a los requerimientos genéricos definidos.
- Desarrollar una propuesta de diseño y dimensionamiento a nivel de ingeniería básica para una red FTTH genérica, de acuerdo a normativas y procedimientos técnicos de diseño.

1.4 METODOLOGÍA

La metodología seguida se basa en el estudio crítico del estado del arte en el área de la planificación y diseño de redes FTTH en combinación con redes GPON, al término del cual se expondrá la propuesta que sustenta el presente trabajo. Para ello, en primer lugar, se llevará a cabo un proceso sistemático de revisión de la documentación, así como una clasificación de las distintas propuestas existentes. La presentación de la planificación y diseño empezará por un análisis de los componentes de una red de acceso FTTH GPON, así como de su arquitectura. Posteriormente se introducen nuevos elementos y técnicas con el fin de optimizar los servicios ofrecidos por las operadoras. Se tomará en cuenta la planificación de redes, servicios prestados, se considerarán las topologías de redes, el número de usuarios, la distribución de bloques, el punto de referencia para el trazado e instalación de la fibra óptica y la distribución de *splitters* de primer y segundo nivel por bloque.

1.5 ALCANCE

La presente investigación servirá como guía al momento de planificar redes FTTH, ya que en el presente trabajo se muestran consideraciones técnicas y de diseño que sirven como herramientas importantes al momento de dimensionar este tipo de redes a nivel de ingeniería conceptual e ingeniería básica. Dentro de las consideraciones de diseño y planificación destacará el hecho de que se comenzará diseñar desde el cliente hasta la cabecera, para obtener un dimensionamiento apropiado. Las etapas de la red en las que se centrará el diseño serán la red de alimentación y la red de distribución, ya que la red de dispersión será abordada de

forma general, considerando algunos casos que pueden presentarse al momento de la instalación del cliente, todo ello debido a que no se tendrá los detalles técnicos de cada una de las edificaciones existentes en la zona que se empleará para el desarrollo de la propuesta.

En cuanto al caso práctico que se presenta, el mismo cubrirá una demanda potencial de clientes que está comprendida en un rango de 720 a 1200 unidades inmobiliarias.

1.6 LIMITACIONES

Dentro de las limitaciones que presentó el trabajo que acá se desarrolla se encuentra la falta de información sobre aspectos catastrales de la zona a cubrir en la propuesta de diseño, planificación y dimensionamiento de una red FTTH, otro de los aspectos que condicionó el desarrollo de la investigación fue la deficiencia de la conexión a internet, ya que este aspecto limitó el uso de software destinados a maximizar la eficiencia de los diseños en FTTH. Sin embargo se recurrió en la medida de lo posible a otras herramientas digitales que permitieron minimizar el impacto de estos factores en el desarrollo de este trabajo.

www.bdigital.ula.ve

CAPÍTULO 2

CONCEPTOS BÁSICOS DE TECNOLOGÍAS FTTx

Haciendo una reflexión sobre algunos aspectos relacionados con las telecomunicaciones, en las últimas décadas con el desarrollo y evolución que ha tenido Internet y otras tecnologías el mundo ha experimentado un crecimiento exponencial en las diversas áreas que lo componen, mejorando notablemente los medios que se usan cotidianamente en la actualidad para establecer comunicación con seres queridos, que se encuentran en otros países y tal vez en otros continentes, por lo cual surgen algunas interrogantes: *¿Cómo es que se puede hablar en tiempo real con otras personas al otro lado del mundo? ¿Por qué eso es posible? Pues en gran parte esto es posible gracias a un medio de transmisión conocido como fibra óptica y la evolución de distintas tecnologías desarrolladas para el aprovechamiento de las diversas bondades que ofrece la misma en cuanto a telecomunicaciones se refiere; lo cual origina otras interrogantes, tales como: ¿De dónde viene este concepto?, Y ¿Por qué se emplea?* En este capítulo se presentan algunos conceptos básicos que permiten dar respuestas a estas preguntas.

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Panorama global de las tecnologías FTTx

Según el FTTH Council LATAM en su boletín bianual, edición 2017 [1], la maduración de la tecnología PON y la reducción de los costos con la ganancia por escala facilitaron su adopción en América Latina, que en pocos años pasó de un mercado con algunos despliegues masivos y muchas pruebas piloto a ser un mercado en el cual instalar la fibra hasta el hogar del usuario a gran escala se convirtió en una práctica común. Estamos viviendo un momento en que las principales operadoras de nuestra región han elegido FTTH como la tecnología del presente y

futuro en sus redes para brindar un servicio de alto rendimiento y calidad a sus usuarios finales y ampliar sus ingresos.

En los últimos años, especialmente en el 2016 y 2017, se ha registrado una evolución positiva de la fibra a nivel mundial. Cada año son más los países que van posicionándose en el ranking mundial de FTTH, desarrollado por IDATE ¹, analizando esto se puede inferir que muchos países están invirtiendo en esta plataforma tecnológica, esto sin duda abre las puertas a un número de posibilidades que se pueden desarrollar en el futuro próximo, debido a lo prematuro que aún se muestra el despliegue de esta tecnología en muchas regiones.

Tal como lo indica el FTTH Council LATAM, en su última entrega hasta la fecha, la región del Medio Oriente y África del Norte (MENA - *Middle East and North Africa*), por ejemplo muestra un significativo crecimiento en cuanto a la adopción de esta tecnología por más abonados. De acuerdo con estudios hechos por IDATE para esta región en 2016 habían 5 213 450 hogares pasados por fibra.

Septiembre de 2016, el número de suscriptores FTTH/B aumentó en un 39.6% en comparación a Septiembre de 2015, ubicándose en 2 millones, mientras que se registró un incremento de 27.8% en la cantidad de hogares pasados por fibra llegando a alcanzar los

Como era de esperarse América del Norte no podía quedarse atrás, en 2016, Estados Unidos y Canadá obtuvieron un crecimiento récord de 16 %. Por su parte Europa con el afán de cumplir la Agenda Digital establecida por la Unión Europea con meta para 2020, adelanta planes para cubrir al menos una demanda por hogar de 30 Mbps.

En la Figura 2.1 aparece una serie de empresas que se muestran en la actualidad como los mejores proveedores de banda ancha ultrarrápida en diferentes continentes del planeta. Por su parte el panorama en la región de Asia y el Pacífico ha presentado un incremento del 60% con respecto al período anterior en 2015.

1. Para mayor información consultar: www.idate.org

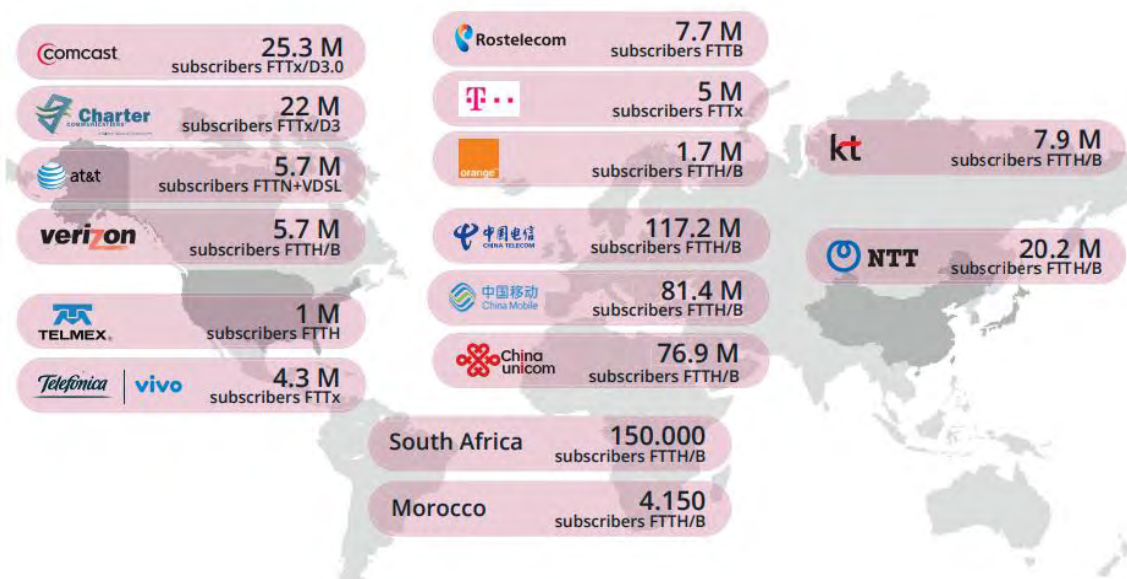


Figura 2.1. Los mejores operadores de banda ancha ultrarrápidos en todo el mundo. [2]

En la región latinoamericana se aprecia un incremento del número de suscriptores en un 22%, el cual ha sido marcado por la influencia de los grandes países como Brasil y México, que han incrementado desde diciembre del 2015 sus suscriptores en un 17% y en un 23% respectivamente, esto de acuerdo al último estudio realizado por el FTTH Council LATAM.

En este punto es necesario señalar el caso Venezuela. La información que se tiene sobre proyectos de FTTH en el país es muy poca; sin embargo se puede tomar como referencia algunas declaraciones realizadas por el presidente de la estatal de telecomunicaciones, Manuel Fernández, quien en 2012 dijo: “CANTV planea realizar pruebas con internet de fibra óptica en los hogares en los primeros 6 meses de 2013, y estima probable comercializar el producto antes de fin de año”².

Según la organización Transparencia Venezuela, en un caso de estudio, referente al sector de las tecnologías de información y comunicaciones en el país, publicado en noviembre de 2018, señala lo siguiente:

“La CANTV es la principal responsable del sector telecomunicaciones en el país, ya que posee la red de transporte más grande que existe en el país y es por esta red por donde se interconectan todos los operadores de telefonía y servicios de Internet. Para

² <https://www.noticias24.com/venezuela/noticia/143401/cantv-podria-ofrecer-internet-de-fibra-optica-hasta-los-hogares-en-2013-video/>

mejorar la calidad y cobertura del servicio de transporte, el Fondo de Servicio Universal (FSU) le asignó en el año 2009 la ejecución de su Proyecto N° 8, correspondiente a la “Infraestructura de Telecomunicaciones para ampliar la Red Nacional de Transporte” con una inversión de Bs. 682.723.348,00. Este proyecto ofrecería una plataforma de acceso a Internet de alta velocidad y un mejor procesamiento de llamadas telefónicas, a través de: El despliegue de 6.940 Km. de fibra óptica en 211 puntos distribuidos en 18 estados, una central de operaciones de red y su centro de datos y una plataforma telefónica de próxima generación...”

“Actualmente, se dispone de varias formas de conexión a Internet desde un lugar fijo o desde dispositivos móviles. En el primero, las conexiones más habituales son ADSL a través de la red telefónica con velocidad de hasta 2 Mbps, este tipo de conexión en el país se denomina ABA (Acceso Banda Ancha) y es un servicio prestado por la CANTV. Existen versiones mejoradas de esta tecnología, como ADSL2 y ADSL2+, con capacidad de suministro de televisión y video de alta calidad por el par telefónico, logrando velocidades de hasta 24 Mbps³.”

2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE REDES FTTx

2.2.1 Tecnologías de acceso FTTx.

Se designa con el termino red de telecomunicaciones, al conjunto de medios dispuestos, para permitir a los usuarios distantes, intercambiar información entre ellos con un retardo lo más pequeño posible.

La tecnología FTTx (*Fiber to the x*), es un término genérico utilizado para indicar que una arquitectura de red de telecomunicaciones emplea fibra óptica hasta algún punto de su red de acceso a fin de proveer servicios al usuario. Los escenarios posibles pueden ser:

- **FTTCab (*Fiber To The Cabinet*):** Es una tecnología caracterizada por tener un despliegue de fibra desde la OLT (*Optical Line Terminal*) o central hasta un nodo de fibra, la distancia entre ambos puede ser de entre 10 a 20 km. Del nodo de fibra

³ <https://transparencia.org.ve/wp-content/uploads/2018/11/CASOS-sector-comunicaciones.pdf>

hasta el usuario, se emplea un tramo de cobre. La distancia de este segundo tramo suele ser de 500 a 1000 metros. Analizando un poco las distintas soluciones, se puede decir que las redes HFC (*Hybrid Fiber Coax*), es una modalidad de tecnología de red FTTCab. Un ejemplo de este tipo de arquitectura, son las redes de cobre ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) con DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*) remoto que suelen darse en algunas zonas rurales. Otro nombre con el que suele denominarse este tipo de redes es FTTN (*Fiber To The Node*), es decir, fibra hasta el nodo.

- **FTTC (*Fiber To The Curb*):** Se trata de una tecnología activa, bastante similar a FTTCab, la única diferencia radica en la distancia que existe entre el nodo óptico y el usuario, que en este caso no supera los 300 metros. Cuando se emplea este tipo de arquitectura tecnológica se recurre a otras opciones para brindar el acceso en ultima milla, tal como DSLAM, equipo que por lo general, para FTTC, se encuentra en un armario de calle, este se conecta al POP (*Point of Presence*), es decir la central o nodo de acceso, a través de una sola fibra o un par de fibras, llevando el tráfico agregado del vecindario a través de una conexión 10 Gigabit Ethernet, el medio a través del cual se conectan los usuarios finales a los interruptores en el armario de la calle normalmente es de cobre.
- **FTTB (*Fiber To The Building*):** Se define como una arquitectura de red de acceso de fibra a una unidad de vivienda múltiple, en la que la conexión final a las instalaciones del suscriptor es un medio físico distinto de la fibra óptica. Esta definición de FTTB excluye las arquitecturas donde el cable de fibra óptica termina en un espacio público alejado de una pared externa de un edificio (por ejemplo, un armario en la calle al lado del operador) y donde la ruta de acceso continúa al edificio a través de un medio físico que no sea fibra óptica (por ejemplo, bucles de cobre, acceso inalámbrico, etc).
- **FTTH (*Fiber To The Home*):** Se define como una arquitectura de red de acceso en la que la conexión a las instalaciones del suscriptor es fibra óptica. La ruta de comunicaciones de fibra óptica termina en o dentro de las instalaciones con el fin de llevar servicios de comunicación a un solo suscriptor. Para ser clasificada como

FTTH, la fibra de acceso debe cruzar el límite de las instalaciones del cliente y terminar en una pared externa de las instalaciones del suscriptor, FTTH puede habilitar solo un servicio, pero generalmente habilita varios, como datos, voz, video y potencialmente de múltiples proveedores de servicios.

En la Figura 2.2 se puede apreciar el diagrama de las distintas tecnologías FTTx.

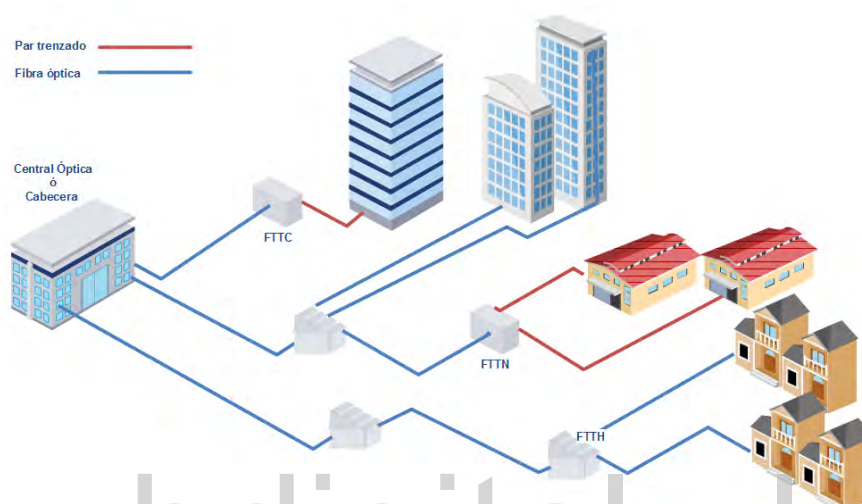


Figura 2.2. Tecnologías de acceso FTTx [3]

2.2.2 Arquitectura y topologías FTTH

La arquitectura de red se refiere al diseño de una red de comunicación y proporciona un marco para la especificación de la red desde los componentes físicos hasta los servicios. La red de acceso es la parte de la red de comunicaciones que se conecta directamente a los usuarios finales. Una de las tecnologías de red de acceso, es FTTH, que lleva el extremo de fibra hasta el hogar del abonado.

- **Topología punto a multipunto (P2MP):** proporcionan una única fibra como troncal o alimentador desde la oficina central (o POP) a un punto de bifurcación y desde allí se despliega una fibra dedicada individual al abonado. Una tecnología de red óptica pasiva como GPON utiliza divisores ópticos pasivos en el (los) punto(s) de bifurcación y los datos se codifican para que los usuarios solo reciban los datos destinados a ellos. En la Figura 2.3 se muestra un esquema que ejemplifica claramente el caso de la topología P2MP.

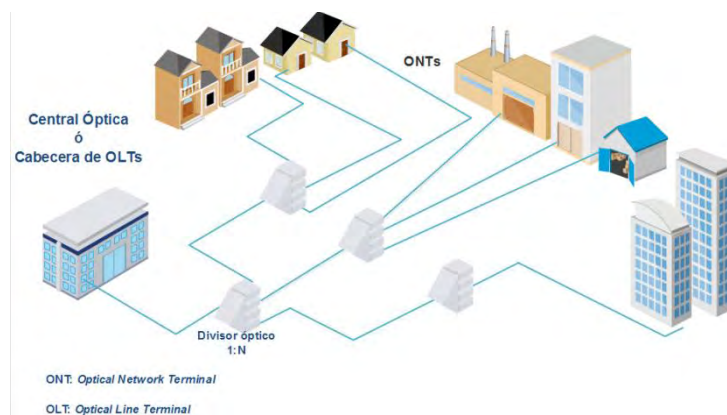


Figura 2.3. Topología Punto – Multipunto.

La topología también conocida como división óptica distribuida, divide la señal óptica en diferentes puntos de red, tipo cascada, los beneficios que presenta la misma son: Mayor flexibilidad de operación de red, ahorros debidos a menores capacidades de cables ópticos (menor valor en fibra-kilómetros). Algunas consideraciones de costo sobre la misma son los siguientes: Generalmente todos los divisores ópticos (splitters) instalados en el primer día, lo que supone reducción del tiempo, disminuye la electrónica usada en la central.

- **Las topologías punto a punto (P2P):** En este tipo de topología se proporcionan fibras dedicadas entre el nodo de acceso (o POP) y el suscriptor. Cada suscriptor tiene una conexión directa con una fibra dedicada. La ruta desde la oficina central (CO) hasta el suscriptor probablemente constará de varias secciones de fibras unidas con empalmes o conectores, pero proporciona una ruta óptica continua desde el nodo de acceso a la casa.

La mayoría de las implementaciones FTTH punto a punto existentes utilizan Ethernet, que se puede combinar con otros esquemas de transmisión para aplicaciones empresariales (por ejemplo, Fibre Channel, SDH / SONET). Esta topología también puede incluir tecnologías PON colocando los divisores ópticos pasivos en el nodo de acceso.

A continuación se muestra la Figura 2.4, la misma ejemplifica la topología punto a punto.

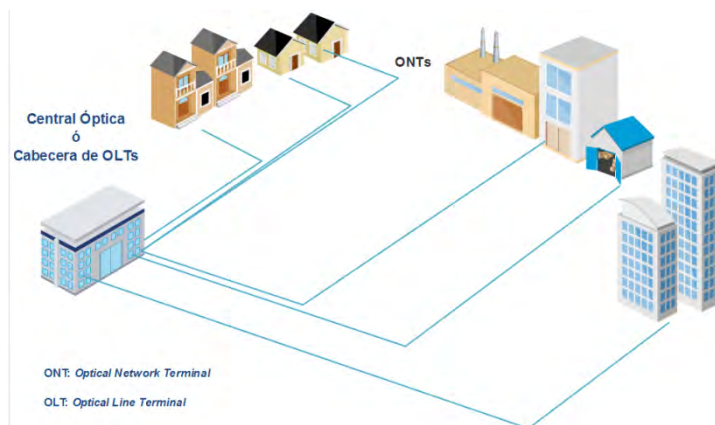


Figura 2.4. Topología Punto a Punto.

Esta topología también es conocida como convergencia local, tal y como se observa en la Figura 2.4, la trayectoria óptica va desde oficina central del prestador de servicios hasta el cliente, la conmutación y/o división se lleva a cabo en la central, esta configuración aporta los siguientes beneficios: La más alta capacidad y adaptabilidad de ancho de banda, Administración centralizada del sistema. Respecto al costo la misma requiere de alta inversión inicial de capital ya que el sistema que requiere mayor despliegue de cables de fibras, lo cual se traduce en una relación mayor de costo-beneficio en tasas de penetración del 100%

2.2.3 Capas de una Red FTTH

Una red FTTH puede comprender varias capas diferentes: la infraestructura pasiva que involucra ductos, microductos, tanquillas, fibras, *splitters*, mangas de empalme entre otros elementos de planta externa; la capa de infraestructura activa, está comprendida por los equipos dependientes de alimentación eléctrica con los que cuentan los proveedores de servicios minoristas que proporcionan conectividad a Internet y servicios gestionados, como IPTV (*Internet Protocol Television*), VoD (*Video on Demand*) entre otros; y no menos importante, los equipos con los que cuentan los usuarios finales. También se puede incluir una capa adicional: la capa de contenido, ubicada sobre la capa de servicios minoristas y los usuarios finales. Esto puede ser explotado comercialmente por los llamados proveedores de contenido [3].

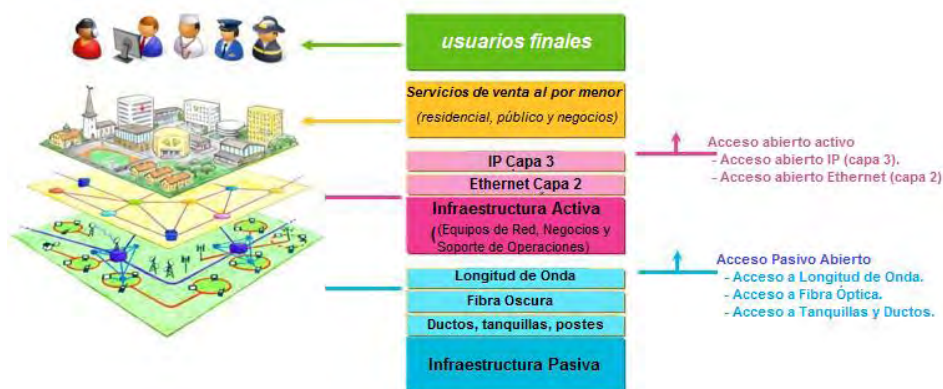


Figura 2.5. Capas de una Red FTTH [4].

Esta estructura tecnológica tiene implicaciones en la forma en que se organiza y opera una red FTTH. Estas capas que se ilustran en la figura 2.5, será definida desde abajo hacia arriba de la siguiente manera:

- Capa de Infraestructura:** se requiere infraestructura pasiva que involucre elementos físicos para construir la red de fibra. Esto incluye la fibra óptica, las zanjas, los conductos y los postes en los que se implementa la canalización o tendido de fibra óptica, los armarios de fibra, los cajas o armarios de distribución óptica, *patch panels*, los estantes de empalme, etc. La dependencia encargada de esta capa normalmente también sería responsable de la planificación de la ruta de la red, las negociaciones del derecho de paso y las obras civiles necesarias para la instalación de la fibra.
- Capa de Red Activa:** se refiere al equipo de electrónico de red necesario para dar vida a la infraestructura pasiva, así como a los sistemas de soporte operativo necesarios para comercializar la conectividad de fibra. La parte a cargo de esta capa diseñará, construirá y operará la parte del equipo activo de la red.
- Capa de Servicios:** Los servicios minoristas se involucran una vez que las capas pasivas y activas están en su lugar. Esta capa es donde la conectividad básica de Internet y otros servicios administrados, como IPTV, se empaquetan y se presentan a los consumidores particulares y empresas. Además de brindar soporte técnico, la dependencia responsable de esta capa también está a cargo de la adquisición de clientes, las estrategias de lanzamiento al mercado y el servicio al cliente.

Cada capa tiene una función correspondiente. El propietario de la red está a cargo de la primera capa, aunque pueden subcontratar su construcción a un tercero. El operador de la red posee el equipo activo, mientras que los servicios minoristas son proporcionados por el proveedor de servicios de Internet.

2.2.4 Tecnologías PON

La tecnología Fibra hasta el hogar utiliza una red óptica pasiva, esto es lo que convierte a la red FTTH en una opción confiable y flexible desde el punto de vista operativo, puesto que una de las características que posee este tipo de plataforma es un nivel de complejidad bajo al momento de realizar pruebas de medición y supervisión de la red, permitiendo utilizar gran parte del equipo usado para la instalación en el mantenimiento. Ahora bien, en este punto es importante dar a conocer con más detalle de que se trata la tecnología PON (*Passive Optical Network*); para ello, la misma se definirá a continuación desde un punto de vista técnico.

- **Red PON**

Para comenzar a comprender el significado y el origen de las denominadas redes ópticas pasivas, es importante remontarse hacia finales de los años 90, época en la que las redes PON comienzan a ser vistas tanto por las operadoras como por los proveedores de internet como una buena solución para ofrecer servicios de telecomunicaciones al público.

Básicamente una red del tipo PON es una tecnología de acceso mediante la implementación de una red de fibra óptica haciendo uso de elementos de red pasivos, es decir, que no requieren de alimentación externa para su funcionamiento. Las redes PON sustituyen el tramo de cable coaxial por uno de fibra óptica y los divisores eléctricos por divisores ópticos. De esta forma se eliminan todos los componentes activos existentes en la red entre el servidor y el cliente, minimizando así el costo de planta externa, tanto en CAPEX (*Capital Expenditure*), asociado a las inversión inicial en despliegue y OPEX (*Operating Expense*), este ultimo asociado con los costos permanentes para el funcionamiento de la infraestructura de red.

Entre las ventajas de la arquitectura PON se encuentran:

- **Despliegue escalado de la solución:** la estructura PON permite un ahorro en los equipos activos necesarios en cabecera en el despliegue inicial de la red, pues permite la instalación escalada de estos, en función de la demanda solicitada por los usuarios.
- **Reducción en costos de operación y mantenimiento:** el uso de elementos pasivos en la red de planta externa supone una reducción considerable del coste de implantación. La instalación no sólo es más económica, sino que evita costes de operación y mantenimiento en comparación con otras tecnologías de acceso.
- **Mayor ancho de banda:** el ancho de banda permitido por los sistemas basados en arquitecturas PON es muy elevado, pudiendo alcanzar los 2,5 Gbps (en el caso de GPON) de tasa descendente por puerto, los cuales se pueden repartir entre los abonados pertenecientes al árbol que alimenta dicho puerto de la OLT.
- **Cobertura de red:** se puede dar servicio a usuarios colocados hasta 60 km de la CO (*Central Office*), superando con amplio margen a cualquier tecnología anteriormente implementada.
- **Calidad de Servicio:** Este tipo de redes tienen una gran calidad en el servicio, con un mantenimiento de red mínimo, pues al emplear señales luminosas, son inmunes a ruidos electromagnéticos.

A pesar de todas las bondades que ofrece este tipo de tecnología y lo que representa en la actualidad, los grandes fabricantes y empresas de telecomunicaciones siguen trabajando para mejorar sus redes PON, con el fin de superar del todo los siguientes aspectos que pudieran significar una desventaja al momento de usar esta arquitectura:

- **Pérdidas en la red:** en los casos en que se emplea una topología de división en cascada para dividir el medio de transmisión entre varios abonados, provoca una pérdida de eficiencia en la red con respecto a las redes P2P, puesto que cada elemento de división tiene asociada a él pérdidas que van desde los 4 dB a los 21 dB. Por lo tanto a mayor número de etapas o saltos de divisor, mayor pérdida se introduce en el canal.
- **Seguridad:** usar *broadcast* para transmitir la información desde la OLT a las distintas ONTs, aumenta la probabilidad de que pueda existir pérdida de información, lo que genera la necesidad de tener un mayor nivel de seguridad mediante encriptación.

- **Dependencia de una gran cantidad de ONTs de un mismo equipo OLT:** según el estándar GPON 984, en un puerto PON de cada OLT pueden conectarse hasta 128 usuarios, esto genera una dependencia que puede ser riesgosa, ya que si ese equipo falla, gran parte de la red puede quedar fuera de servicio, sin embargo esto puede ser resuelto si en el diseño se prevé una configuración con redundancia.

- **Funcionamiento básico de una Red PON**

En este punto ya se han definido una serie de aspectos relacionados con las redes ópticas pasivas, y se conocen los principales elementos que se ubican dentro de su arquitectura, si bien es cierto los equipos que se encuentran en la central de operaciones son muchos y con distinta complejidad cada uno de ellos, tal como se ilustra en la Figura 2.6:

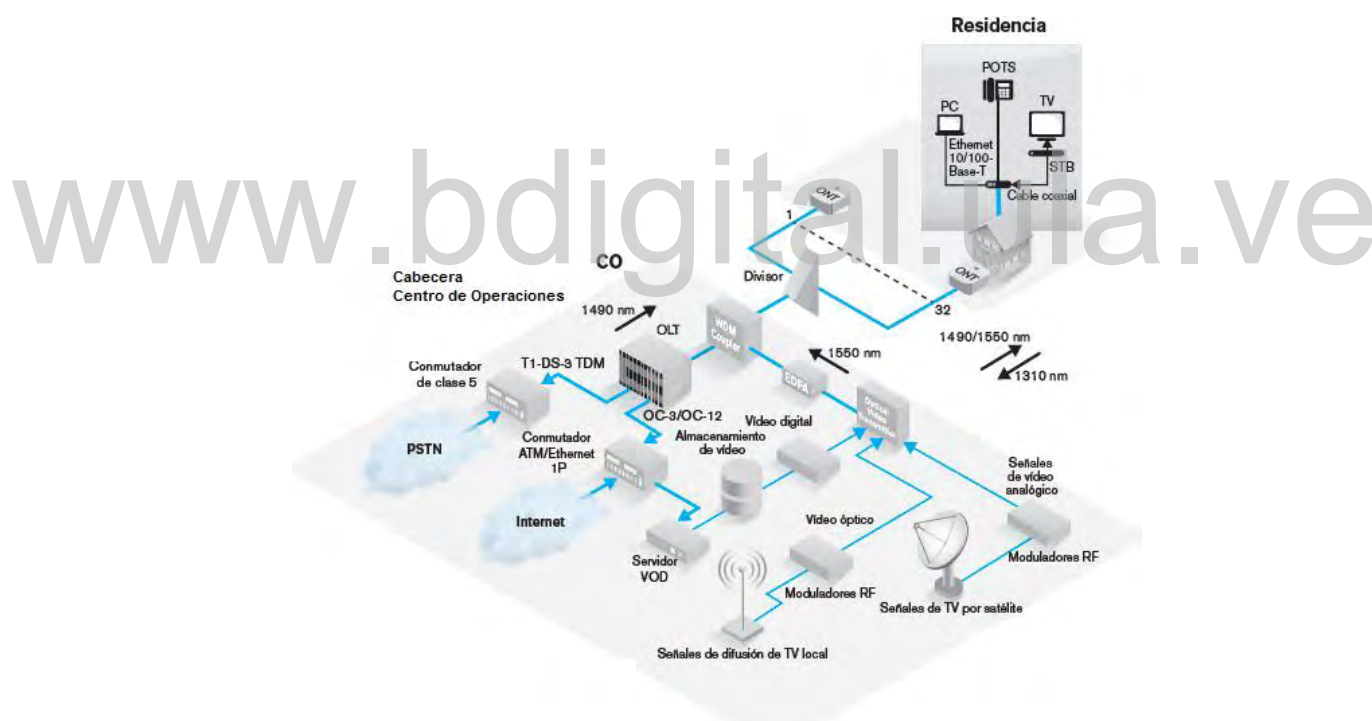


Figura 2.6. Arquitectura PON [5].

La Figura 2.6 muestra el diagrama de elementos funcionales de una red PON, considerando los distintos tipos de servicios ofrecidos.

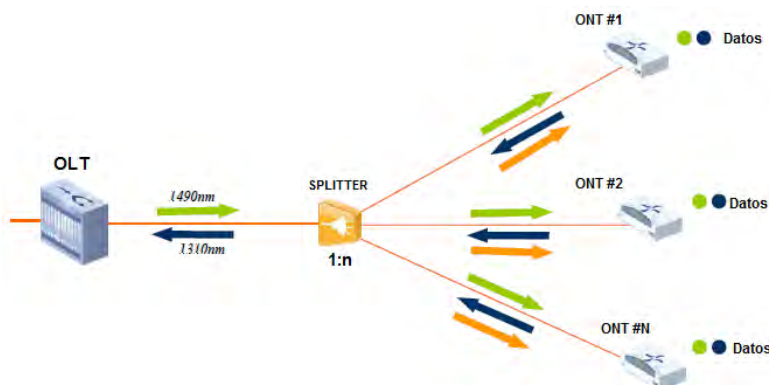


Figura 2.7. Funcionamiento *Downstream* y *Upstream* en redes PON [6].

Tal como se aprecia en la Figura 2.7 las fibras troncales parten del OLT situado en la cabecera, la señal que viaja a través de este medio de transmisión se divide, mediante el empleo del splitter o divisor óptico pasivo, tantas veces como lo indique la relación o tasa de división (1:n), desde este punto *n* cantidad de fibras ópticas son tendidas y usadas para que los usuarios finales se conecten a la red de comunicaciones. En la tecnología FTTH esta conexión va hasta la vivienda de los abonados, terminando en una roseta óptica. A ella se conectan los equipos ONTs para que los usuarios puedan disfrutar de los servicios.

Con el uso de este tipo de arquitectura, se reduciría la cantidad de fibra óptica en planta externa, la cantidad de fusiones y en consecuencia el tamaño del cable a instalar será mucho menor, al emplear divisores ópticos, varios usuarios comparten el mismo medio de transmisión, lo que permite al proveedor ofrecer a los mismos servicios de calidad a un precio moderado.

Tal como se aprecia en la Figura 2.7 la comunicación que se emplea es bidireccional, lo cual implica que la información se module bajo dos longitudes de onda diferentes, una de 1490 nm, para el canal de descarga (*downstream*, la información va desde la OLT hasta la ONU) y otra de 1310 nm, para el canal de subida (*Upstream*, la información va desde la ONU hasta la OLT). Sólo utiliza una fibra para transmitir y recibir, gracias al uso multiplexación de la longitud de onda de la señal. Para comprender un poco mejor como es que ocurre este proceso se tiene lo siguiente:

- **Canal de Subida (*upstream*):** se utiliza una longitud de onda 1310 nm (2ª Ventana de transmisión). El canal ascendente se comporta como si fuese un modelo punto a punto,

en el que cada ONT transmite contenidos a la OLT. Para controlar el acceso al medio, se emplean modelos TDMA (*Time Division Multiple Access* – División de tiempo de acceso múltiple), por el que cada ONT envía información en un slot de tiempo determinado. Los slots son administrados por la OLT. Además todos los usuarios se sincronizan a través de un proceso al que se le conoce como "*Ranging*".

- **Canal de Descarga (*Downstream*):** Se utiliza una longitud de onda de 1490 nm, y su comportamiento es de punto a multipunto. En este caso la OLT envía señales ópticas que los divisores distribuirán a las distintas ONT. Una vez en la ONT, esta admite la información dirigida a ella y desecha el resto, la cual permanecerá cifrada.

Estas dos longitudes de onda son utilizadas para la transmisión del conocido servicio Triple Play (datos, voz y video por IP), sin embargo, adicionalmente, en este tipo de redes se suele ofrecer un servicio de video *RF overlay*. Según lo consultado en la guía EXFO 2013 para redes pasivas, los servicios de vídeo RF (Radiofrecuencia) analógicos se convierten en formato óptico a la longitud de onda 1550 nm mediante el transmisor de vídeo óptico. Las longitudes de onda de 1550 nm y 1490 nm son combinadas por el acoplador WDM (*Wavelength Division Multiplexing* – Multiplexación por División de Longitud de Onda) y se transmiten juntas de forma descendente, asimismo IPTV se transmite ahora sobre 1490 nm.

- **Red PON en Downstream**

En la figura 2.8, se puede observar que la OLT envía el tráfico utilizando *broadcast*, esto quiere decir que la información le llega a todos los usuarios por igual; por lo tanto, cada ONT verifica su dirección en el encabezado de las tramas y de corresponderse con el suyo procede a descryptar el mensaje, asimismo, es importante destacar que la OLT determina y notifica a las ONUs los *Time Slots* en los cuales pueden estas últimas enviar datos. Por otra parte, se puede ver que la red óptica bajo este esquema es totalmente transparente al envío de datos.

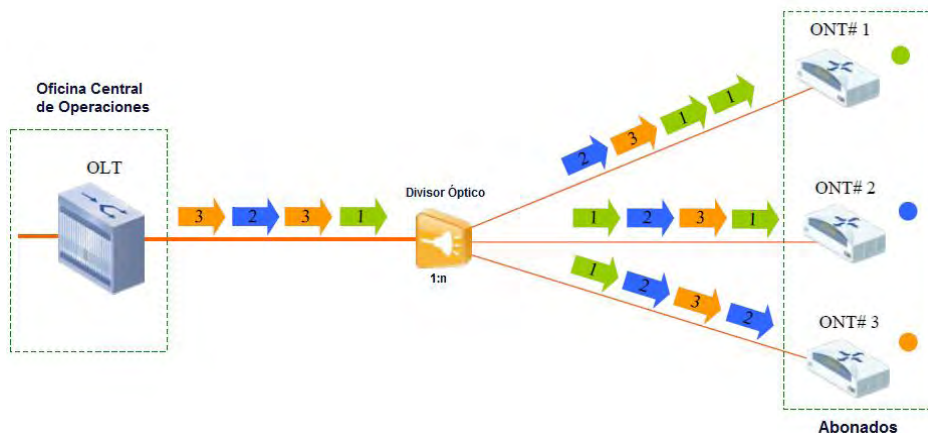


Figura 2.8. PON en *Dowstream* [6].

- **Red PON en upstream**

Como se ha mencionado anteriormente, el canal ascendente se comporta como si fuese un modelo punto a punto, en el que cada ONT transmite contenidos a la OLT. La ONU toma el tráfico del puerto de usuario y lo mapea en tramas GEM (*GPON Encapsulation Method*), una vez encapsulados los datos son transmitidos por medio de *time slots* asignados por la OLT, es decir, se emplea el esquema de transmisión TDMA, por lo tanto, se requiere un estado de sincronismo muy preciso para evitar colisiones entre los datos enviados por cada ONT. A través de la OLT y haciendo uso de la asignación de ancho de banda (*DBA - Dynamic Bandwidth Assignment*) se realiza el mapeo para la asignación de ancho de banda para cada ONT (Ver figura 2.9).

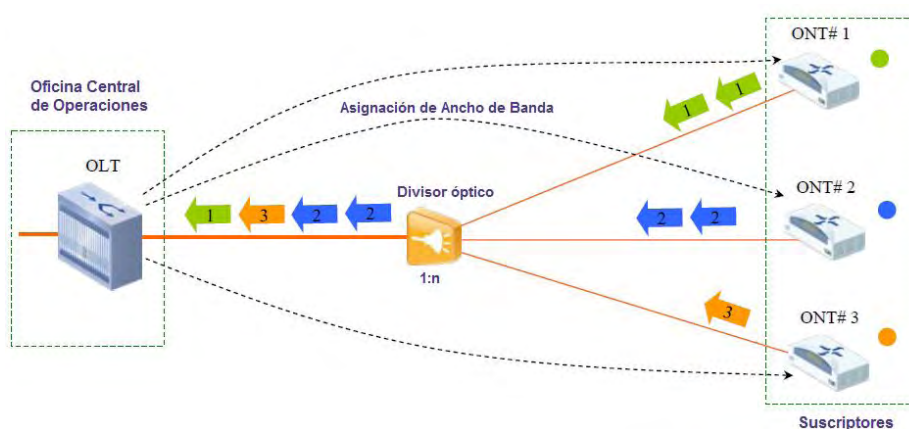


Figura 2.9. Red PON en upstream [6].

2.2.5 Estándares de Protocolos utilizados para FTTH

Los principales organismos que han publicado sus estándares son el IEEE⁴ y la ITU-T⁵. Se ha producido una gran evolución de los estándares desde su aparición, pero es importante señalar que el origen de la mayoría de estos protocolos fue definido por la FSAN⁶ (*Full Service Access Network*), el cual agrupa a grandes operadores de telecomunicaciones, laboratorios de pruebas independientes y proveedores de equipos líderes en el mundo con el fin de trabajar para lograr un objetivo común, mejorar las redes de acceso de fibra de banda ancha. Así pues, en este punto es necesario describir los protocolos de arquitectura PON más utilizados, así como sus especificaciones o características:

- **Estándar ITU-T G.983 APON.**

Fue el primer estándar desarrollado por la FSAN para las redes PON, este estándar también conocido como APON (Redes Ópticas Pasivas ATM), utiliza el modo de transferencia asíncrono o ATM (*Asynchronous Transfer Mode* – Modo de transferencia asincrónica) para la señalización en capa 2 o nivel de enlace, y no solo es funcional para las redes FTTH, sino también para redes FTTB/C e incluso FTTCab. Esta arquitectura define un enlace descendente mediante ráfagas de celdas ATM de 53 bytes, donde 3 bytes se utilizan para la identificación del terminal receptor u ONT. Este estándar proporciona una tasa binaria de 155,52 Mbps que repartirá entre los distintos usuarios.

El canal ascendente usa ráfagas de 54 celdas ATM, de las cuales 2 de ellas se utilizarán con información de los destinos de cada celda y mantenimiento o gestión de la red. El acceso al medio se realiza mediante TDMA cuyo slot gestiona la OLT y cuya orden es enviada en las celdas del enlace descendente. El principal inconveniente es la limitación a 155 Mbps que hay que repartir entre los distintos usuarios, que aunque más adelante se aumentase a los 622 Mbps, seguían siendo insuficientes.

4 Para mayor información consulte: www.ieee.org

5 Para mayor información consulte: www.itu.int

6 Para mayor información consulte: www.fsanweb.org

- **Estándar ITU-T G.983.1 BPON.**

La solución BPON (*Broadcast PON*), surge como evolución del estándar APON, con el fin de ofrecer servicios tales como Ethernet o distribución de video. Para ello, utiliza la multiplexación por longitud de onda (WDM), que aparte de permitir múltiples servicios, proporciona mayor ancho de banda.

Al igual que APON, utiliza el protocolo ATM, pero con la diferencia de que puede dar soporte a otros servicios de banda ancha. Al principio las tasas de transmisión tanto en el enlace ascendente como en el descendente eran de 155 Mbps, no obstante, a fin de flexibilizar, una posterior revisión permitió tasas en el enlace descendente de 622 Mbps y en el ascendente de 155 Mbps. El inconveniente que presentaba era que a pesar de estos aumentos de tasa binaria, la implantación de estas redes era bastante elevada, con diversas limitaciones. Por ellos, se siguió investigando y desarrollando dando finalmente unas tasas de 1,244 Gbps para el enlace en *downstream* y 622 Mbps para el canal de *upstream*.

Respecto a la tasa de splitteo o división máxima que permite este estándar es de 32 divisores por OLT, y en cada divisor hasta 62 salidas a usuarios, lo que permite un máximo de 2048 usuarios (ONTs) por OLT. Por otra parte establece que la longitud máxima que puede haber entre ellas es de 20 Km, sin embargo esta distancia siempre está sujeta a cada diseño que se planifique, según el estándar esta distancia de 20 km se garantiza siempre y cuando se use fibra monomodo de acuerdo a la recomendación ITU-T G.652⁷. La OLT es capaz de calcular la distancia que está la ONT midiendo el retardo de ida y vuelta de los paquetes, suponiendo una gran mejora en cuanto a transmisión, ya que se permite introducir mediante esta medida mecanismos de colisiones de paquetes procedentes de las distintas ONTs. Además BPON es compatible con distintos mecanismos de redundancia que proporcionan a la red más seguridad frente a incidencias.

- **Estándar IEEE 802.3ah EPON.**

Es el estándar definido por el IEEE para el despliegue de redes PON. También es conocido como GEPON (*Gigabit Ethernet Passive Optical Network*) en ámbitos comerciales. Este

⁷ En la ITU-T G.652 se encuentran recomendaciones sobre las características de los cables de fibra óptica monomodo.

estándar fue la solución adoptada por los primeros países en desplegar redes FTTH, localizados principalmente en Asia, puesto que apareció antes que el estándar GPON.

La arquitectura de una red EPON, se basa también en el transporte de tráfico EFM (*Ethernet First Mile*- Ethernet de Primera Milla) y el estándar IEEE 802.3ah, comentados en el apartado anterior, permitiendo transportar el canal descendente y el ascendente en la misma fibra monomodo mediante la multiplexión por longitud de onda. Este estándar una especificación de distancia de hasta 20 km, la cual representa un alcance máximo entre divisor y ONU, y entre ONUs de misma etapa. Además de diferenciar el canal ascendente y descendente en función de la longitud de onda, para la difusión de vídeo RF desde el OLT hasta los ONU se utiliza otra longitud distinta, las longitudes de onda son:

- Canal descendente: $\lambda = (1480-1500)$ nm.
- Canal ascendente: $\lambda = (1260-1360)$ nm.
- Video RF $\lambda = 1550$ nm.

En cuanto a velocidades de transmisión se refiere, EPON establece una velocidad de transmisión de línea a 1,244 Mbps simétrico. Las redes EPON admiten un ratio máximo de 16 divisores por OLT, y el estándar define una tasa de división óptica teórica de hasta 32 usuarios, aunque comercialmente, los niveles de splitting habituales también contemplan hasta 64 usuarios. Es importante resaltar que al final será el diseño particular quien establezca otras restricciones en este aspecto.

Los datos son enviados desde la OLT hacia las distintas ONUs en paquetes de longitud variable de acuerdo al protocolo IEEE 802.3, en este cada paquete lleva una cabecera que identifica, de forma única, a la información correspondiente a cada ONU.

Con este estándar se consigue una tasa efectiva del 80% en el canal descendente y de un 60% en el canal ascendente. Por su parte el tráfico es controlado por la OLT haciendo uso la tecnología TDM (*Time Division Multiplexing*), transmitiendo cada ONU por intervalos de tiempo dedicados y sincronizados de tal modo que los paquetes no se solapen.

Puede encontrarse más información del estándar en las siguientes normas definidas por el IEEE:

- IEEE 802.3ah: E-PON.
- IEEE 802.3av: GEAPON: Gigabit Ethernet PON.

- **Estándar ITU-T G.984 GPON.**

GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) es el protocolo PON más extendido en las redes FTTH de Europa, Estados Unidos y como se ha mostrado anteriormente, con una creciente penetración en América Latina. Fue aprobado en 2003-2004 por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, ITU-T, bajo las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4, G.984.5, G.984.6 y G.984.7

Este estándar es una evolución de las redes BPON, basadas en el protocolo ATM, los objetivos de las presentes recomendaciones se fundamentan en optimizar el transporte multiservicio, la longitud entre OLT y ONTs, mejoras de seguridad a nivel de protocolo debido a la naturaleza multicast de PON, maximizar el número de usuarios, así como soportar varios bitrates tanto asimétricos como simétricos para el mismo protocolo. Una de las mejoras más importantes, es que la transmisión se realiza mediante la encapsulación de varias tecnologías, mediante un nuevo método de encapsulado llamado GEM, que permite acomodar distintos servicios, tales como ATM, Ethernet y TDM en la red de forma más eficiente, ofreciendo rendimientos de hasta 98% en el enlace descendente y del 95% en el enlace ascendente, GEM se basa en el estándar GFP (*Generic Framing Procedure*) del ITU-T G.7041, con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON. GPON de este modo, no sólo ofrece mayor ancho de banda que sus tecnologías predecesoras, es además mucho más eficiente y permite a los operadores continuar ofreciendo sus servicios tradicionales sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de sus clientes.

El estándar GPON permite tanto la comunicación simétrica como la asimétrica, cuyas tasas de transmisión, para cada una de ellas son las siguientes:

- **Transmisión simétrica:** caudales de entre 155 Mbps, 622 Mbps y 1,244 Gbps para canal descendente y ascendente.
- **Transmisión asimétrica:** caudales diferentes para el canal descendente y ascendente:
 - **Canal descendente hasta:** 2,488 Gbps.
 - **Canal ascendente hasta:** 1,244 Gbps.

Se puede observar que, haciendo uso de la transmisión asimétrica, este estándar permite una tasa de transmisión para el canal descendente que dobla a la ofrecida por el estándar EPON.

Respecto a la tasa de división óptica básicamente, cuanto mayor es la relación de división para GPON, más atractivo es para los operadores. Sin embargo, una mayor proporción de división implica una mayor división óptica, lo que crea la necesidad de un mayor presupuesto de potencia para respaldar el alcance físico. La máxima relación de splitteo es de 64, aunque teóricamente permite hasta 128 usuarios por puerto GPON. Además, se añaden nuevas herramientas como cifrado AES (*Advanced Encryption Standard*) para los datos del usuario, el cual es un esquema de cifrado por bloques.

El estándar de cifrado avanzado describe una fórmula matemática o algoritmo, para la conversión de datos electrónicos en una forma ininteligible, denominada texto cifrado. El texto cifrado no puede ser leído por cualquier persona que no sea el destinatario. El AES funciona alimentando una clave de cifrado, esencialmente una cadena de dígitos en el algoritmo de cifrado y realizando de una serie de operaciones matemáticas basadas en esa clave de cifrado.

GPON implementa capacidades de OAM (*Operation Administration and Maintenance*) avanzadas, ofreciendo una potente gestión del servicio extremo a extremo. Entre otras funcionalidades incorporadas cabe destacar: monitorización de la tasa de error, alarmas y eventos, descubrimiento y *ranging* automático, etc.

Uno de los puntos fuertes de las tecnologías pasivas, es la gestión remota de la red, permitiendo poco despliegue de personal en campo y por tanto haciendo el mantenimiento y gestión de este tipo de redes bastante económicas, por ello, se implementa un mecanismo de configuración remota de las ONTs. Para ello, dentro de la norma GPON, se ha desarrollado un protocolo llamado OMCI (*ONT Management And Control Interface*), que permite la configuración remota de las ONTs mediante un canal de gestión entre ONT y OLT. En este canal, además se gestiona rendimiento, monitorización de alarmas, fallos, prestaciones... El protocolo OMCI es un aspecto fundamental que permite la interoperabilidad entre fabricantes.

A continuación se muestra la evolución que ha tenido el estándar GPON, es decir se listan todos los desarrollos que ha tenido el ITU-T G.984:

- **G.984.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits:** Características generales.
- **G.984.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits:** Especificación de la capa dependiente de los medios físicos.
- **G.984.3: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits:** Especificación de la capa de convergencia de transmisión.
- **G.984.4: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits:** Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica.
- **G.984.5: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits:** Banda de ampliación.
- **G-984.6: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits:** Extensión del alcance.
- **G.984.7: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits:** Largo alcance.

Una vez detallados los estándares más usados en materia de redes PON, a continuación se muestra un resumen de los principales estándares en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Comparación de los estándares PON [5].

Característica	GPON (Gigabit PON)	X-GPON (10 Gigabit PON)	XS-GPON (symmetric XS-GPON)	NG-PON2 (Next Generation PON2)
λ <i>upstream</i>	(1260-1360) nm	(1260-1280) nm	(1260-1280) nm	(1524-1544) nm (1525-1540) nm (1532-1540) nm
λ <i>downstream</i>	(1480-1500) nm	(1575-1580) nm	(1575-1580) nm	(1596-1603) nm
λ video	(1530-1565) nm	(1530-1565) nm	-	-
Velocidad <i>downstream</i>	2,5 Gbps	10 Gbps	10 Gbps	40 Gbps
Velocidad <i>upstream</i>	1,2 Gbps	2,5 Gbps 10 Gbps	10 Gbps	40 Gbps

2.2.6 Ingeniería de GPON

GPON reutiliza muchos conceptos G.983.x tales como DBA, protección, rango, mensajes PLOAM (*Physical Layer OAM*), etc, y ofrece un soporte sólido para OAM y QoS (*Quality of service*). Como se muestra en la Tabla 2.2, GPON puede admitir hasta siete combinaciones diferentes de velocidades de datos descendentes y ascendentes que pueden ser simétricos y

asimétricos. La máxima velocidad simétrica es de aproximadamente 2,5 Gbps. La presente sección describe las tecnologías clave de GPON.

Tabla 2.2. Velocidades de Transmisión permitidas por GPON.

Velocidad de transmisión (Gbps)	<i>upstream</i>	<i>downstream</i>	Simétrica	Asimétrica
	0,15552	1,24416	-	Si
	0,62208	1,24416	-	Si
	1,24416	1,24416	Si	-
	0,15552	2,48832	-	Si
	0,62208	2,48832	-	Si
	1,24416	2,48832	-	Si
	2,48832	2,48832	Si	-

- **Nivel lógico de redes GPON.**

La arquitectura lógica en las redes GPON distingue principalmente tres capas: capa física (*PMD: Physical Media Dependent*), capa de convergencia (*GTC: GPON Transmission Convergence*) y la capa de servicio. La capa de servicio se divide a su vez en dos partes: la parte de gestión a través de OMCI, y la etapa de usuario.

A continuación se describen las funciones más importantes de cada capa:

- **Capa física (PMD):** Esta capa es la encargada de las tareas referentes al nivel físico. Las explicaciones más detalladas sobre la misma se encuentran en la recomendación ITU-T G.984.2. Entre sus principales funciones podemos destacar las siguientes:
 - Velocidades de transmisión
 - Potencia óptica
 - Codificación NRZ
 - Longitudes de onda.
- **Capa de convergencia (GTC):** Sus funciones se especifican en el estándar ITU-T G.984.3. Es la encargada de los elementos de seguridad, adaptación de la carga útil al medio, medida de la calidad del enlace, ahorro de energía entre otros. Esta recomendación también toca otros aspectos relacionados a redes GPON, tales como:
 - Definición y multiplexado GTC.

- Asignación Dinámica de Ancho de Banda.
 - FEC (Corrección de errores).
 - Cifrado.
 - Activación ONT.
 - Gestión canal PLOAM (canal de comunicación establecido dentro de la trama GTC para enviar mensajes entre OLT y ONT).
- **Capa de servicio:** Las funciones de esta capa se encuentran dirigidas hacia el area de control, las mismas se detallan en profundidad en la recomendación ITU-T G.984.4, ahora con una versión mejorada en la norma ITU-T G.988. Entre su funciones cabe destacar las siguientes:
 - Gestión MIB (Entidades OMCI)
 - Gestión ONT
 - Configuración y Gestión de los Servicios.

Un esquema de la arquitectura descrita se muestra en la figura 2.10:

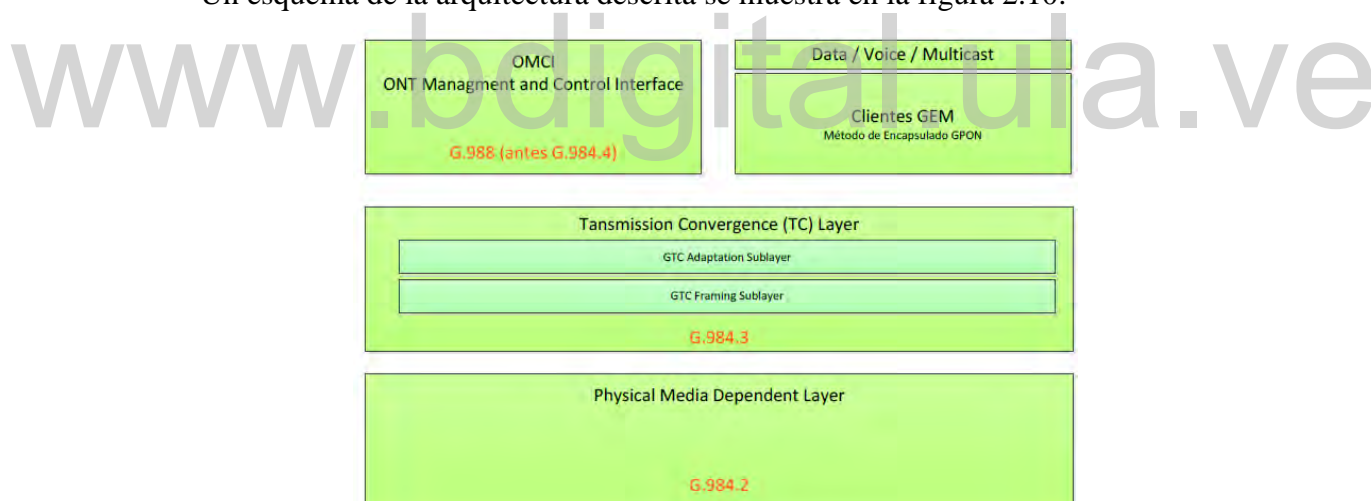


Figura 2.10. Esquema de Capas GPON.

- **TDM / TDMA.**

En las redes GPON se utilizan TDM y TDMA para el enlace de bajada y el enlace de subida respectivamente. En el enlace de bajada, la OLT transmite en difusión o *broadcast* (punto a multipunto). A nivel físico, toda la información llega a todas las ONTs, pero solo procesan la

información que va dirigida hacia ellas. La OLT utiliza un *slot* dentro de la trama para enviar la información de cada ONT.

En el enlace de subida, cada ONT transmite su información en el *slot* de tiempo que le ha sido asignado previamente por la OLT. Cabe destacar que cada ONT, está a una distancia distinta de la OLT, con lo que el sincronismo y la gestión de los retardos deben ser realizados de forma eficaz. De esta tarea se encargará la capa GTC que se explica a continuación.

- **Capa GTC.**

Puede ser ésta la capa más característica de las redes GPON. Realiza funciones relativas a fenómenos que normalmente solo podemos encontrar en redes GPON. Entre ellas destacan las siguientes:

- Descubrimiento de ONTs nuevas.
- Tratar con distintos retardos de propagación debido a la distancia variable entre cada ONT-OLT.
- Detectar y evitar ONTs defectuosas o maliciosas.

Aparte de las nombradas anteriormente, también se encarga de definir el formato de la ráfaga, asegurar la privacidad, gestión eficaz del ancho de banda (DBA). Esta última función será descrita más en profundidad en un apartado posterior.

Otra función muy importante de la capa GTC es el mapeo de las tramas GEM. Este método es la pieza fundamental en la transmisión de datos de las redes GPON. En un apartado posterior se hará una descripción más detallada.

Por tanto, teniendo en cuenta las tramas generadas en el plano de control y plano de usuario, podemos definir la arquitectura funcional de la capa GTC como se muestra en la figura 2.11:

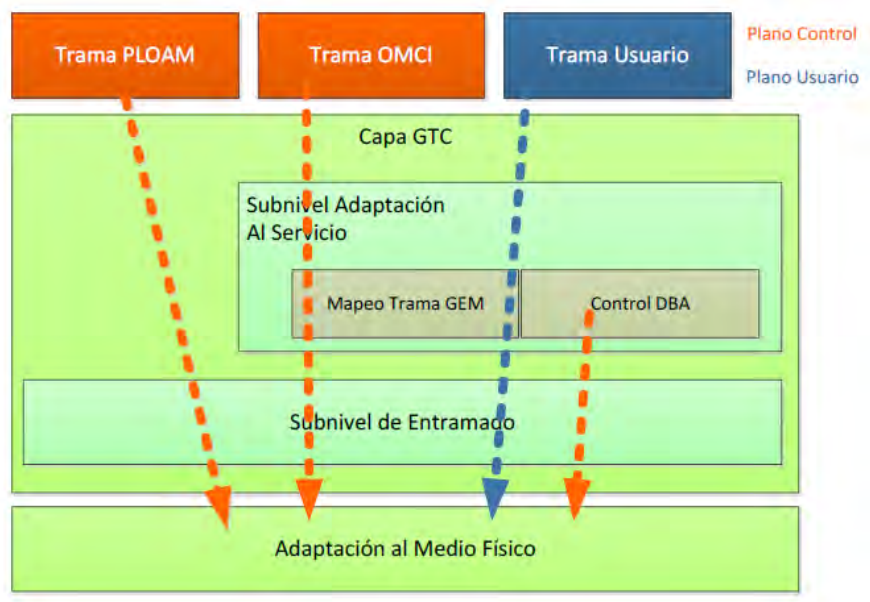


Figura 2.11. Funciones de Capa GTC.

- **Multiplexado GPON, puertos GEM y T-CONT.**

Antes de explicar el método de multiplexado que se utiliza en las redes GPON conviene definir dos términos muy importantes para entenderlo.

- **Puerto GEM:** Unidad mínima para el transporte de servicios en una red GPON (Conexión lógica).
- **T-CONT:** *Transmission Containers*. Son *Buffers* que se utilizan en el canal de subida para transmitir servicios. La asignación del ancho de banda en *upstream*, está basado en T-CONTs.

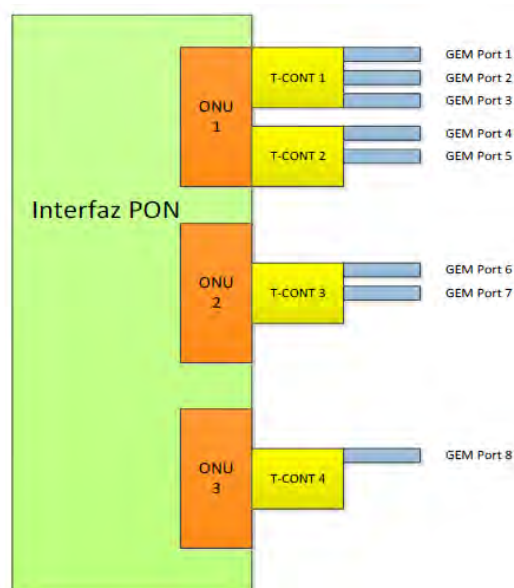


Figura 2.12. Esquema de puertos GEM y T-CONT.

Como se puede observar en la Figura 2.12, el tráfico de los distintos servicios se transmite utilizando diferentes puertos. Los diferentes puertos GEM se transmiten en subida utilizando T-CONTs. Cabe destacar que la relación puerto GEM – T-CONT es flexible. Un T-CONT puede llevar tráfico de uno o varios puertos GEM. En el canal de bajada, es controlado por la OLT, que también tiene definido puertos GEM. El tráfico se multiplexa por puerto GEM.

En el canal de subida, la gestión es distribuida entre la OLT y la ONT. La OLT distribuye el ancho de banda en asignaciones a T-CONTs, y es la ONT la encargada de combinar los diferentes puertos GEM dentro de las asignaciones de los T-CONTs.

- **Asignación dinámica de ancho de banda (DBA).**

La asignación del ancho de banda es dinámica, ya que todos los usuarios no necesitan toda su velocidad máxima durante todo el tiempo, y como es sabido, la asignación de ancho de banda fija es ineficiente. Con DBA, la OLT evalúa en tiempo real las necesidades de ancho de banda de las ONTs y asigna de forma adecuada la capacidad de la red. Siguiendo este método, la OLT asigna periodos de transmisión a las distintas entidades de transmisión de las ONTs (T-CONTs) basándose en los siguientes elementos: factores contractuales o informes de estado de las ONTs (*buffer* lleno, *buffer* vacío, entre otros).

Como se comentó anteriormente, la asignación de ancho de banda se realiza a nivel de T-CONT. Es decir, la OLT asigna prioridad y permiso para transmitir a un T-CONT. De acuerdo con esto, se definen 5 tipos de T-CONTs que a su vez definirán 4 tipos de ancho de banda, ya que el quinto tipo de T-CONT se define para todos los tipos de ancho de banda.

- **Tipo 1:** este tipo de T-CONT, permite realizar asignaciones de ancho de banda fijo y se utiliza fundamentalmente para servicios que son sensibles a los retardos, cómo los servicios de voz.
 - **Tipo 2:** el T-CONT tipo 2, tiene correspondencia con ancho de banda garantizado y se utiliza principalmente para servicios de vídeo y de datos con alta prioridad. La diferencia con el tipo 1, es que no se asigna ancho de banda si no hay demanda.
 - **Tipo 3:** el T-CONT tipo 3 está relacionado con ancho de banda no garantizado y se utiliza también para servicios de vídeo y de datos con alta prioridad. La diferencia con el tipo anterior es que el ancho de banda no está garantizado.
 - **Tipo 4:** se corresponde con el tipo “*best-effort*” y se utiliza principalmente para servicios de datos (como Internet y email), así como servicios de baja prioridad.
 - **Tipo 5:** es la mezcla de tipos T-CONT, e incluye todos los tipos de ancho de banda y servicios portadores.
- **Operación, Administración y Gestión.**

La Operación, Administración y Gestión (OAM) de las redes GPON se realiza siguiendo tres métodos:

- **OAM embebido:** Se proporciona a través de algunos campos en las tramas de subida y bajada. Entre sus funciones de pueden destacar: DBA, monitorización de errores, entre otras.
- **PLOAM:** Es un canal de comunicación establecido dentro de la trama GTC para enviar mensajes entre la OLT y la ONT. Tiene definido un conjunto de mensajes de 13 bytes que se insertan dentro de la cabecera GTC. Sus principales funciones son: activación de ONTs, establecimiento del canal OMCI, intercambio de claves de cifrado entre otras.

- **OMCI:** Se intercambian mensajes entre la OLT y la ONT en ambos sentidos mediante un puerto GEM dedicado. Sus especificaciones se recogen en la ITU-T G.988 e ITU-T G.984.4. Mientras que OAM embebido y PLOAM gestionan funciones dependientes del medio físico y de la capa GTC, el canal OMCI se utiliza para gestionar los niveles que definen los servicios y están por encima del nivel GTC.

- **Proceso de activación *Serial Number* (SN).**

Tal como se aprecia en la Figura 2.13, durante el proceso de activación de las ONTs, gestionado a partir de la OLT, se inicia primero la activación del ID (identificador) de cada una de las ONTs conectadas a la OLT.

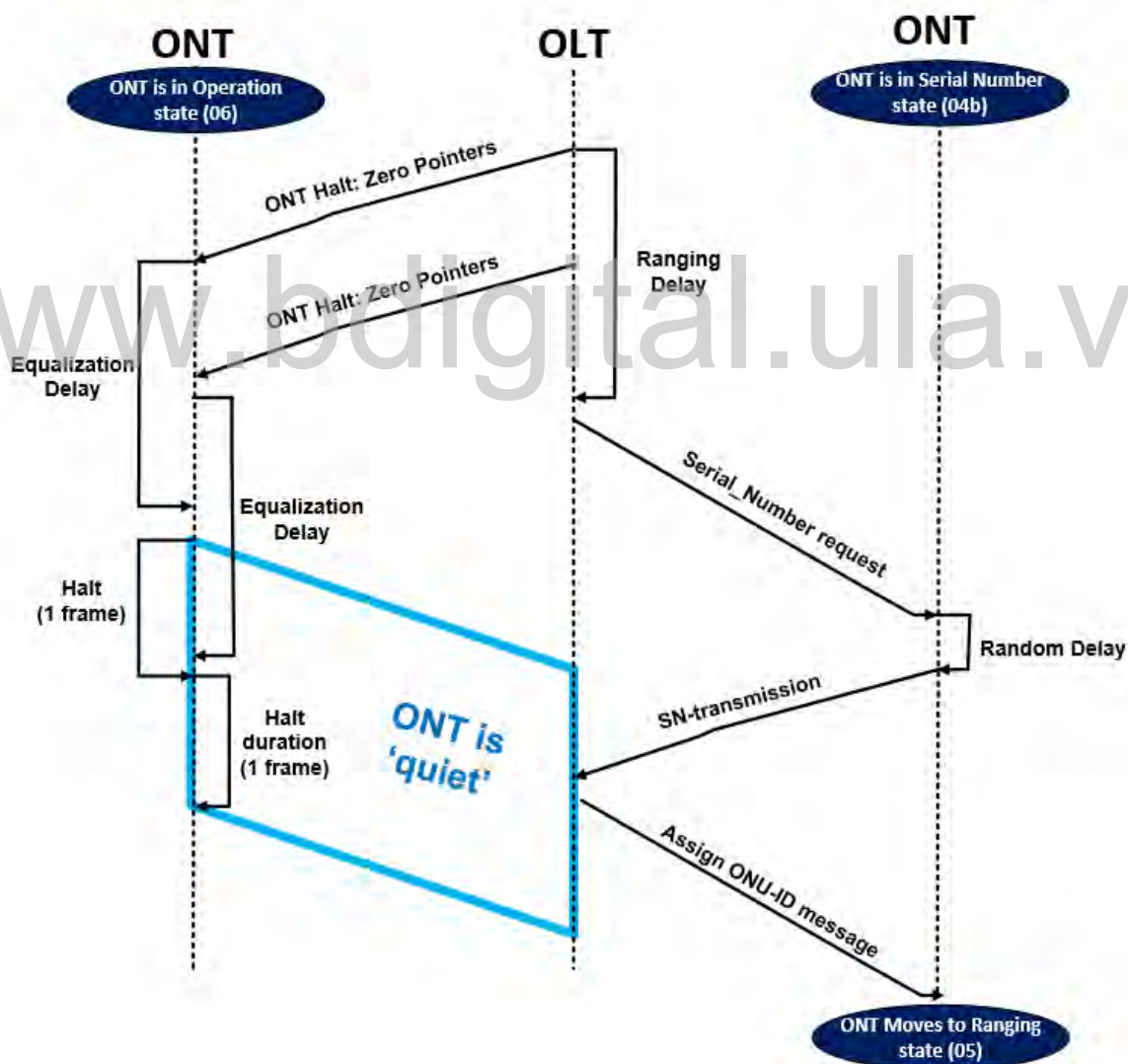


Figura 2. 13. Proceso de activación *Serial Number*.

Para entender mejor como ocurre este proceso, se lista a continuación una serie de pasos que llevan a cabo estos equipos a nivel lógico:

1. La OLT primero detendrá a todas las ONT ya registradas.
2. Luego enviará un mensaje del tipo “Request” a las ONT que estén en el proceso de SN.
3. Cada ONT responderá a esta petición informando su propio SN.
4. A continuación se produce la asignación de un ID único para cada ONT.
5. Este último paso puede ser realizado en forma automática o de forma manual.

- **Proceso de activación *Ranging*.**

A continuación se muestra el proceso de *Ranging*, este se encarga de medir el tiempo de propagación (*Round-Trip delay*) para cada ONT en particular. El procedimiento que se describe a continuación se ilustra en la Figura 2.14.

1. Inicialmente la OLT envía un mensaje de *Ranging* “PLOAM” a cada ONT.
2. La ONT inmediatamente envía un mensaje de respuesta hacia el OLT.
3. La OLT calcula el tiempo de propagación entre la ONT y la OLT y envía una adaptación del *delay* a la ONT. La ONT necesita la adaptación del *delay* para prevenir colisiones en la interfase PON cuando envía datos en sentido *Upstream*.

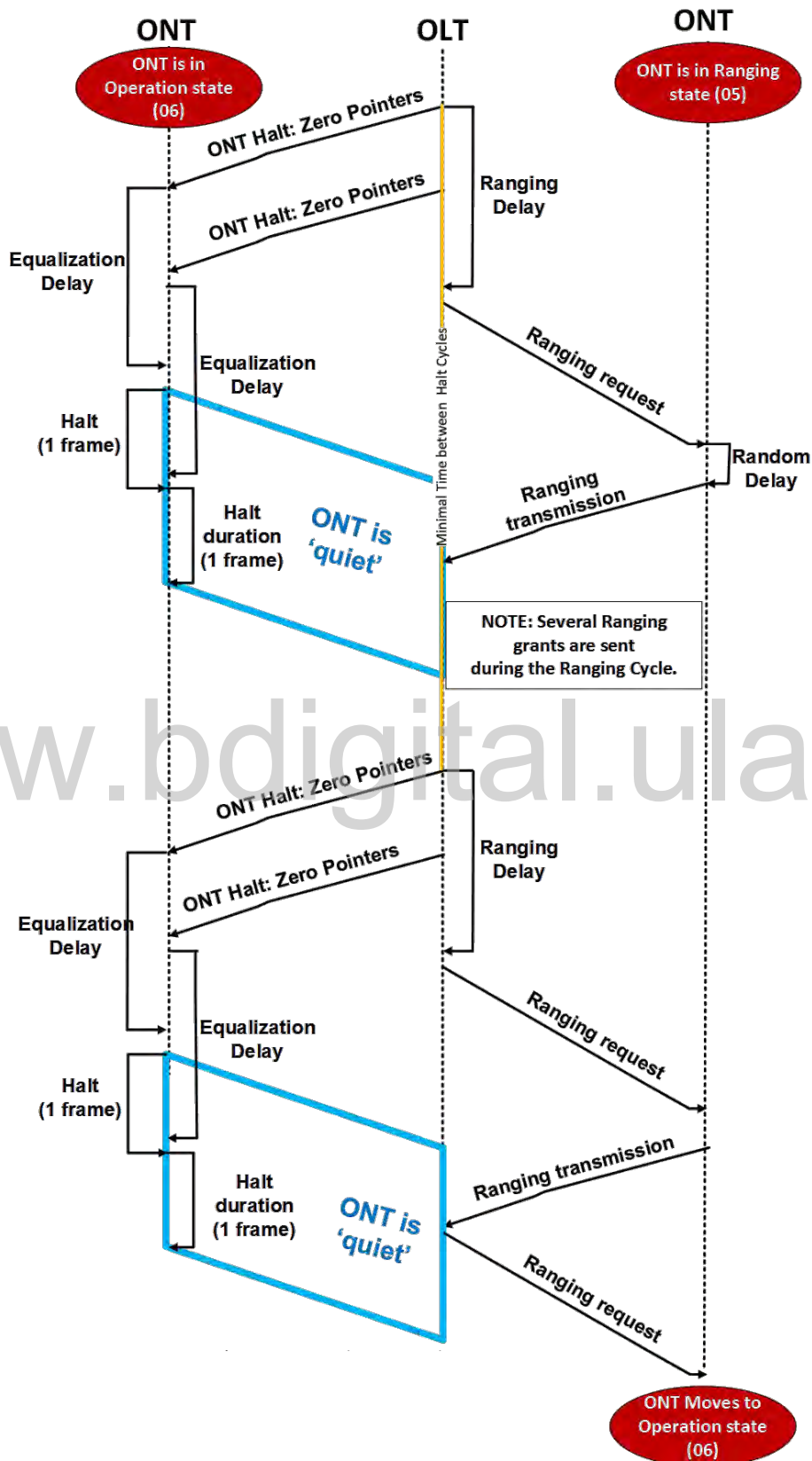


Figura 2. 24. Proceso de activación de Ranging.

CAPÍTULO 3

CONSIDERACIONES DE DISEÑO EN REDES FTTH

Al momento de abordar un proyecto de diseño, planificación y dimensionamiento de redes FTTH, es necesario tener en cuenta una serie de factores que intervienen en las distintas fases de concepción del mismo, los cuales sin duda alguna impactan de forma directa en el desarrollo del mismo, en el presente capítulo se abordan conceptos técnicos y procedimientos relacionados con el diseño de redes FTTH, es decir, se abordara el proceso a seguir para la construcción de una red FTTH, desde la recolección de datos y estudio previo hasta la entrega del diseño de la red, así como también se detallan distintos elementos que conforman una red FTTH genérica.

3.1 ETAPAS DE DISEÑO Y DESPLIEGUE EN REDES FTTH

Según el FTTH Council, capítulo Europa, el costo de implementación por casa pasada puede ascender a miles de dólares en CAPEX para una red FTTH. Por lo tanto, no es inusual que los proyectos FTTH alcancen cientos de millones de dólares solo por establecer la infraestructura pasiva. Estas grandes inversiones requieren una planificación cuidadosa para minimizar el riesgo financiero y constituyen la base de una red rentable y flexible que puede implementarse y gestionarse de manera efectiva durante las fases de diseño hasta el transporte de tráfico de suscriptores o servicios mayoristas.

Un proyecto de despliegue de red se organiza típicamente en tres fases distintas:

- **Planificación estratégica de la red:** tiene dos resultados principales. En primer lugar, la decisión general del caso de negocio determina si se debe, así como dónde y cuándo implementar FTTH. En segundo lugar, las decisiones estratégicas

relacionadas con, por ejemplo, el tipo de arquitectura que se utilizará y la elección de las tecnologías de cable y ducto a implementar.

- **Diseño de redes de alto nivel:** es la fase en la que se toman las decisiones estructurales para un área de planificación geográfica particular. Estos incluyen la colocación de elementos de red (puntos de distribución, puntos de ramificación, etc.) y decisiones de conectividad (cuya ubicación sirve para un área en particular), así como una lista preliminar de materiales, incluida la longitud de la instalación de cables y ductos; las cantidades para los diversos tipos de hardware también se especifican en el diseño de alto nivel. El objetivo es generar el plan de red de menor costo, todo esto dentro de los límites de las decisiones estratégicas tomadas en la fase de planificación anterior.
- **Diseño detallado de la red:** es el paso final de planificación y el punto en el que se genera el plan de “construcción”. Esto incluye la documentación de la red que se puede pasar a los distintos departamentos de ingeniería, esta información es de gran importancia en caso de que se contrate a empresas externas para realizar el despliegue de la red. El material adicional incluido en esta fase de planificación es información de conexión detallada, tal como un plan de empalme, el esquema de etiquetado y conexiones de ductos y/o micro-ductos. Esta fase también es conocida como ingeniería de detalle e implementación de un proyecto técnico.

A lo largo de las etapas de planificación y diseño, debe estar disponible información geográfica detallada sobre las áreas y regiones específicas, así como también datos estadísticos sobre los tipos de edificación y la distribución demográfica de la zona.

3.2 PROCEDIMIENTO Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO EN FTTH

Para llevar a cabo el despliegue una red FTTH genérica, se deben diferenciar dos partes de la misma:

- Cabecera de red o central FTTH: en ella se encuentran los elementos activos transmisores.
- Red de planta externa: está conformada por cables de fibra óptica y elementos pasivos (divisores y repartidores), finaliza en la roseta óptica de la vivienda del suscriptor. A

esta roseta se conecta el equipo ONT de cada usuario. A partir de la ONT, el usuario ya distribuirá la red interior de su vivienda como desee haciendo uso del enrutador, STB (*Set-Top Box*), cable coaxial, teléfonos, etc.

3.2.1 Planificación de la red

Al momento de iniciar la planificación de la red, se debe definir la zona de interés donde va a desplegarse la misma, una vez establecido esto; se hace necesaria una etapa de búsqueda de información y replanteo, consiguiendo con la mayor exactitud posible, los datos necesarios que permitan al encargado del despliegue tomar las decisiones más acertadas en función de los objetivos que se persiguen.

En paralelo a la elección de la zona de despliegue, se deben desarrollar tareas de *geomarketing* y estudios de mercado que demuestren la viabilidad del proyecto y la aceptación del producto en la zona a desplegar. Estos elementos permiten planificar correctamente un proyecto de estas características.

- **Análisis demográfico y geográfico de la zona**

Son necesarios estudios estadísticos para estimar el impacto que tendrá el producto en el suscriptor potencial, así como también, es importante elaborar un análisis de composición geográfica y de características constructivas de la zona involucrada en la planificación. La información sobre viviendas en construcción e identificación de las zonas de crecimiento de la ciudad; esto permitirá dimensionar correctamente los recursos para no construir una red obsoleta desde el inicio.

- **Estudio sociocultural y estadístico**

En primer lugar, se pretende conocer el número aproximado de potenciales consumidores del producto y la distribución de los mismos en la zona, información esencial para el futuro diseño de la red. Para conseguir estos datos, se suele realizar un estudio sociocultural-estadístico que aporte datos reales sobre el índice de penetración inicial de servicio en los usuarios finales. Este índice de penetración es uno de los factores principales a tener en cuenta en el despliegue, pues es básicamente el indicador de aceptación del producto en la zona. Los expertos del

sector recomiendan utilizar una tasa de penetración inicial que oscila entre el 10% al 30%. Si el estudio sociocultural-estadístico no ofrece unos resultados claros, se recomienda empezar el proyecto con la tasa de penetración más baja permitida.

Las técnicas llevadas a cabo en este tipo de estudios, se basan en pequeñas encuestas que se ofrecen a propietarios de viviendas donde se va a desplegar la red, para posteriormente, mediante una estimación porcentual, obtener los resultados.

- **Características constructivas e infraestructuras de la zona**

Antes de llevar a cabo el diseño del proyecto, debe obtenerse información acerca de la composición geográfica, las características constructivas y las infraestructuras existentes en la zona.

Esto puede conseguirse con visitas a la institución del municipio en el que se encuentre el área donde se va a desplegar, con la utilización de la información proporcionada por el Catastro y, por encima de todo, con varias visitas y trabajo de campo en la zona. Sólo con un conocimiento completo de la zona podrá tomarse una decisión correcta sobre el lugar de implantación de la cabecera, la canalización del cableado, etc.

Los factores que tendrán un mayor impacto en las técnicas a emplear en el diseño de la red son:

- **Tipología y concentración de las viviendas:** es necesario conocer si donde se va a desplegar la red es una zona con alta densidad de población o por el contrario es una zona rural dispersa. Adicionalmente, hay que obtener información sobre el tipo de edificación en el que tendrá lugar dicho despliegue (edificios de oficinas, bloques de viviendas, viviendas unifamiliares, etc.)
- **Número de viviendas por edificio residencial y número de oficinas por edificio de oficinas:** es necesario conocer este dato, pues la red debe dimensionarse de un modo óptimo y eficiente, llegando a cada edificio el número de fibras suficiente y necesario para dar servicio a todos los habitantes del mismo, pero sin que el número de fibras sobrantes sea excesivo, pues se estará perdiendo eficiencia.
- **Infraestructuras existentes en cada una de los edificios habitables:** es necesario conocer las infraestructuras de las que constan los edificios, pues estas determinarán el

tipo de despliegue e instalación que deberá ejecutarse en cada uno de ellos. Así, es imprescindible investigar si los edificios constan de Infraestructura Común de Telecomunicaciones (ICT), o cualquier otra canalización interna, ó, en caso contrario si será necesario un despliegue por fachada o aéreo.

- **Distribución de las Infraestructuras de Telecomunicaciones en el exterior o dominio público:** en función del tipo de red a desplegar y de la densidad de viviendas en una zona podrán utilizarse canalizaciones subterráneas o, por el contrario hacer un despliegue aéreo. En cualquier caso, es necesario conocer las infraestructuras existentes en la zona y por donde discurren.
- **Existencia de alguna central de telecomunicaciones próxima:** la existencia de alguna central de telecomunicaciones próxima de alguna otra compañía que permitiera compartir su espacio con el equipo de un nuevo operador, sería un factor importante a considerar porque influiría en el diseño de la red, al convertirse en el origen de la misma.

Es importante señalar que la central GPON debe estar dentro de la poligonal de la zona objetivo inicial. En el caso de realizar un despliegue masivo, la programación del despliegue de las distintas áreas tendrá en cuenta el orden en que se van construyendo las redes troncales, seleccionando áreas adyacentes para facilitar el despliegue. Con el fin de facilitar el proceso de diseño y despliegue, y puesto que el área que se puede cubrir con la red GPON desde una OLT es muy extensa, se dividirá dicho área en entidades jerárquicas más pequeñas:

- **Área de cobertura de la Central GPON:** corresponde con la división de mayor entidad dentro de la arquitectura, englobando distintos distritos de una misma ciudad o incluso la ciudad completa dependiendo del tamaño de la misma. El número de hogares cubiertos en dicha área puede variar dependiendo del proyecto. Para definir los límites de la misma se tendrán en cuenta los límites naturales (accidentes geográficos, carreteras, avenidas, líneas de ferrocarril, etc.) además de la ubicación de la propia central y la distancia y accesibilidad de los hogares a los que se pretende dar servicio.
- **Clúster o zona:** es la división de menor tamaño y contiene los hogares que se servirán desde un mismo *splitter* de primer nivel. El número de hogares que componen cada clúster depende del criterio de penetración establecido.

Al realizar la división del área en los diferentes clúster se tendrá en cuenta, en la medida de lo posible, la homogeneidad en cuanto al número de hogares de los edificios que contenga cada clúster. Con ello se pretende conseguir dar servicio a los mismos con una combinación de divisores fija.

Esta división aplicará a todos los edificios que se definan como objetivo y permitirá concentrarse en zonas determinadas de acuerdo a estudios de mercado, mayor número de clientes potenciales, etc. y centrar los esfuerzos dirigidos a la consecución de permisos. Dentro del área de cobertura de la central GPON podrán existir edificios no considerados objetivo de despliegue en la fase inicial, sin embargo deben quedar agrupados y contemplados en las reservas de fibra, por si ocurre un cambio de directriz en los objetivos comerciales, o simplemente la expansión de la red hacia más suscriptores.

- **Análisis de los datos obtenidos**

La mejor información, analizada de la manera correcta, determinará la calidad del diseño y el despliegue de la red, a los fines de conseguir una propuesta para la inversión al menor CAPEX y OPEX, tal análisis permitirá definir los siguientes aspectos:

- Los datos relativos a la topología y concentración de viviendas y al número de las mismas por edificio, determinarán el tipo de arquitectura de red a emplear, así como el tipo de servicio (P2MP o P2P) a ofrecer en cada caso.
- Las distribuciones posibles de las canalizaciones e infraestructuras de telecomunicaciones en el exterior, junto con la existencia o no de una central de telecomunicaciones en las inmediaciones de la zona donde se va a desplegar, determinarán la ubicación tanto de la cabecera como de los nodos en los que se dividirán los distintos tramos de la red.
- Al conocer el índice de penetración del servicio a través del estudio sociocultural-estadístico, es posible conocer aproximadamente los equipos necesarios (tanto pasivos como activos) para un despliegue inicial eficiente y escalado.
- Las instalaciones de las que consta cada edificio para canalizar el cableado determinarán el método de despliegue del último tramo de la red de planta externa.

- **Sectorización**

Con los datos catastrales a nivel de parcelas y/o manzanas, se debe sectorizar haciendo agrupaciones de hogares conformando los clúster; un clúster está formado por 8 puertos PON de la OLT. Por ejemplo, con un nivel de división de 1:128, en cada *splitter* de primer nivel se podrán tener hasta 128 clientes conectados (concentrados en un único puerto GPON de la OLT). Aplicando el criterio del 25% de penetración inicial, cada clúster podrá cubrir un promedio de 256 hogares objetivo, esta media puede variar dependiendo de la densidad del clúster y la distribución de edificios. De este cálculo, se obtiene el número de clúster que deberá estar alineado con el dimensionamiento del equipo en la central (OLT), teniendo en cuenta ampliaciones y nuevas edificaciones; sin embargo se debe considerar el tipo de servicios a entregar, lo cual terminará por determinar la tasa de división a utilizar, tal y como se explica más adelante.

- **Permisos y replanteos**

Para poder acceder a los edificios objetivos, se deben obtener los permisos privados en el formato definido por el cual los propietarios de viviendas, presidentes de comunidad, juntas de vecinos, administradores, etc. autorizan la instalación de equipos y cableado en su propiedad.

Dependiendo de la tipología del edificio pueden darse dos tipos de permiso:

- **Permiso de fachada:** este tipo de permiso permitirá la instalación de equipos en fachada así como el paso del cable hacia terrenos adyacentes.
- **Permiso de interior:** para este tipo de edificios, siempre que haya que hacer algún tipo de obra para adecuar la infraestructura existente se debe anexar al formulario de permiso el alcance de los trabajos a realizar.

3.2.2. Elementos de una Red FTTH

- **Elementos de planta externa**

A continuación se realiza una descripción conceptual genérica y breve de los elementos empleados en una red FTTH.

- **Fibra óptica**

La fibra óptica es un medio de transmisión que lleva pulsos de luz generados por láseres u otras fuentes ópticas a un sensor receptor (detector). La transmisión de luz en una fibra óptica se puede lograr en distancias considerables, lo que permite el apoyo de aplicaciones de alta velocidad insostenibles en las redes actuales basadas en cobre. Concebida en la década de 1960, la fibra óptica ha experimentado un gran desarrollo y, como ahora está estandarizada, se ha convertido en una base confiable y probada de los modernos sistemas de transmisión de telecomunicaciones actuales. La fibra se fabrica a partir de sílice de alta pureza. Inicialmente formadas en varillas de vidrio, se dibujan en finas hebras con forma de pelo y se cubren con una fina capa protectora de plástico.

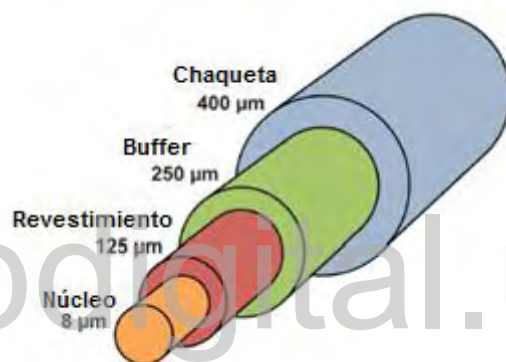


Figura 3.1. Esquema de las partes que contiene una fibra óptica.

Como se aprecia en la Figura 3.1 la fibra se compone de un núcleo, revestimiento y revestimiento exterior. Los pulsos de luz se lanzan en la región central. El revestimiento circundante mantiene la luz que viaja por el núcleo y evita que se escape y se aplica un revestimiento exterior, generalmente hecho de un polímero, durante el proceso de construcción. Las fibras se empaquetan posteriormente en varias configuraciones de cable antes de la instalación. Los detalles relacionados con los cables están disponibles más adelante.

Si bien hay muchos tipos diferentes de fibra, este documento se concentra en la fibra para aplicaciones FTTH. El núcleo de fibra se puede diseñar en varios tamaños geométricos que, según la forma en que se desplaza el pulso de luz, producen diferentes rendimientos ópticos. Una serie de parámetros determinan la eficiencia con la que se transmiten los pulsos de luz a través de la fibra. Los dos parámetros principales son la atenuación y la dispersión.

Hay muchos otros parámetros que afectan el rendimiento de transmisión de fibra. La recomendación IEEE 1000Base-LX y 10Gbase-LX señala como opción primaria la utilización de fibras G.652B, C o D para estas redes FTTH. Recientemente se ha empezado a comercializar un nuevo tipo de fibra monomodo (normalizada por la UIT-T G.657) que tiene menores pérdidas cuando la curvatura del cable es baja. Este tipo de fibra es muy interesante cuando hay que instalarla en lugares donde los cables tendrán curvas más cerradas, como en los cableados de edificios y en el interior de viviendas. También se puede encontrar más información en la serie de especificaciones IEC 60793⁸.

- **Cables contenedores de fibra óptica**

En el mercado actual existe una gran variedad en cuanto a cables de fibra óptica, la elección de una opción u otra va a depender del tipo de aplicación que se desee cubrir y el tipo de tendido que se pretenda ejecutar, considerando estos aspectos una clasificación de acuerdo al tipo de instalación empleado:

- **Instalación en exterior:** se suele utilizar un cable de fibra óptica de estructura holgada, que consta de varios tubos de fibra rodeando un miembro central de refuerzo (Kevlar), y que está rodeado de una cubierta protectora. El rasgo distintivo de este tipo de cable son los tubos de fibra. Cada tubo lleva varias fibras ópticas que descansan holgadamente en él. Los tubos pueden ser huecos o, más comúnmente, estar llenos de un gel resistente al agua que impide que ésta entre en la fibra. El tubo holgado aísla la fibra de las fuerzas mecánicas exteriores que se ejercen sobre el cable. Cada tubo está coloreado, o numerado, y cada fibra individual en el tubo, además, está coloreada para hacer más fácil la identificación. El número de fibras por cable suele ser bastante grande, pudiendo llegar hasta 512 fibras ópticas. Un esquema básico de este tipo de cable es el que se muestra en la Figura 3.2:

⁸ IEC 60793-1-1: 2017 enumera y brinda orientación sobre el uso de documentos que brindan los requisitos uniformes para medir y probar las fibras ópticas, ayudando así en la inspección de fibras y cables con fines comerciales (principalmente telecomunicaciones).



Figura 3.2. Cable de Fibra óptica de estructura holgada⁹ [7].

Este cable de la figura 3.2 será el que se utilice habitualmente para los tramos de alimentación y distribución en una red FTTH y en función de su ubicación puede requerir unas características adicionales u otras (refuerzos antiroedores, antiagua, características especiales para el tendido aéreo, etc.)

- **Instalación en interior:** se suelen utilizar cables de fibra óptica de estructura ajustada.

Este tipo de cable contiene varias fibras con protección secundaria que rodean un miembro central de tracción, y todo ello cubierto de una protección exterior. La protección secundaria proporciona a cada fibra de forma individual una protección adicional frente al entorno, así como un soporte físico permitiéndole a la fibra ser conectada directamente (conector instalado directamente en el cable de fibra). En general, un cable de estructura ajustada es más flexible y posee un radio de curvatura más pequeño que el que los cables de estructura holgada. Un esquema básico de este tipo de cable es el que se muestra en la Figura 3.3.

⁹ Para mayor información consulte: www.splittel.com

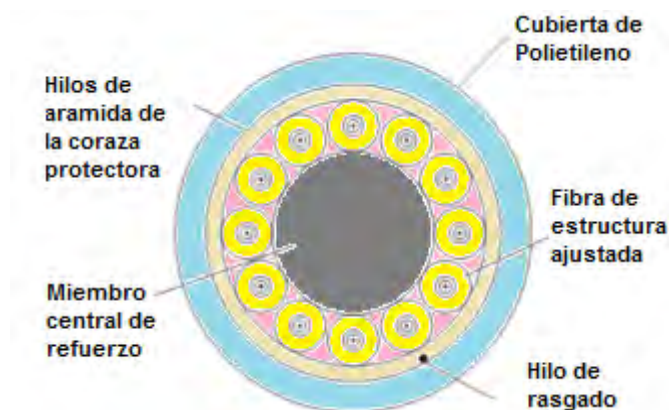


Figura 3.3. Modelo de Fibra Óptica de estructura ajustada.

Otro tipo de cable a destacar en la instalación de interior, sobre todo en aquellos edificios que constan de canalización ICT (Infraestructura Común de Telecomunicaciones), es el cable *Riser*. Los cables *Riser* se encuentran en las verticales de la red de dispersión entre las plantas de un edificio con ICT. Tiene una estructura formada por micromódulos con refuerzo dieléctrico y una cubierta de material termoplástico ignífuga. En el interior de los micromódulos se encuentran las fibras ópticas con un relleno hidrófugo. Ver Figura 3.4.



Figura 3.4. Cable *Riser* [7].

En estos cables resulta muy importante que su diámetro sea reducido pues las canalizaciones verticales de una ICT no siempre se encuentran libres ya que hay otros cables de otros servicios. Tienen como ventaja un bajo radio de curvatura, una gran flexibilidad y una protección enorme frente a incendios.

- **Cables monofibra o de acometida:** estos cables de una sola fibra facilitan la distribución de la señal óptica en el interior de los edificios, típicamente entre la caja de reparto de planta o la CTO y la roseta en casa del abonado. Suelen tener la siguiente estructura que presenta la Figura 3.5:



Figura 3.5. Cables Monofibra.

- Conectores

En la actualidad existen diversos conectores para fibra óptica en el mercado, esto debido a que las formas de utilización e implementación han ido variando en el tiempo. Entre los conectores más utilizados se pueden encontrar los siguientes:

- a) SC (*Subscriber Connector* or "*Square Connector*" ó Conector de Suscriptor).
- b) ST (*Straight Tip* ó Punta Recta).
- c) LC (*Lucent Connector* or "*Little Connector*" ó Conector pequeño).
- d) FC (*Ferule Connector* ó Conector Férula).
- e) MTRJ (*Mechanical Transfer Registered Jack*).
- f) SMA (*Sub Miniature A* ó Conector Sub Miniatura A).

A continuación se abordaran con un poco mas de detalle, aquellos cuyo uso es frecuente:

- Conector ST

El ST fue creado por AT&T, y es uno de los conectores más populares en aplicaciones de red, tanto para cortas distancias como en sistemas de línea larga. Tiene una pérdida por inserción típica de 0.25 dB y sostiene la férula con una férula de cerámica de 2.5 mm accionada vía resorte y que se mantiene en su lugar con una montura de bayoneta de media torsión. Están clasificados para 500 ciclos de apareamiento. Ver Figura 3.6.



Figura 3.6. Partes de conector ST [8].

- Conector SC

Este conector diseñado en Japón, tiene una férula de 2,5 mm que sostiene una sola fibra. El método de conexión es de empuje/jale. El cuerpo del conector es cuadrado y tiene dos conectores unidos con un sujetador plástico (conexión dúplex). El diseñador original del conector SC fue NTT, una compañía de telecomunicaciones japonesa. Este conector se usa ampliamente en sistemas monomodo. El conector SC fue uno de los primeros en llegar al mercado con las ventajas que ofrecen las férulas de cerámica y accionada por resorte. Gracias a su excelente desempeño y fácil uso, treinta años después, sigue siendo el segundo conector más utilizado para aplicaciones de mantenimiento de polarización. Su pérdida típica por inserción es de 0.25 dB. Ver Figura 3.7



Figura 3.7. Conector SC [9].

- Conector LC

Creado por Lucent Technologies y también conocido como “Little Connector”. Ampliamente utilizado en aplicaciones monomodo debido a su excelente rendimiento, aunque también puede usarse para fibras multimodo. Cuenta con una férula de cerámica de 1.25mm que utiliza un mecanismo de empujar y jalar, y tiene una pérdida de inserción típica de 0.10 dB. El tamaño de los conectores LC reduce el espacio necesario para paneles de conexión en un 50%, en comparación con conectores SC o ST, es por esto que es utilizado en aplicación con alta densidad de fibras. Ver Figura 3.8



Figura 3.8. Conector LC [10].

Además del tipo de conector también es importante identificar el tipo de pulido que presenta la férula, de acuerdo a los siguientes tipos, los cuales se muestran en la Figura 3.9:

- **Pulido Plano:** este tipo de pulido se realiza generalmente de forma manual y es utilizado en fibras multimodo. El conector de fibra original está basado en una conexión de superficie plana ó “Conector Plano” y cuando son enfrentados un espacio de aire se forma de manera natural entre las dos superficies debido a pequeñas imperfecciones en las superficies planas, lo que genera pérdidas de retorno. La pérdida de retorno por reflexión es de aproximadamente 14 dB.
- **Pulido PC (*Physical Contact*):** el pulido PC es utilizado tanto en fibras multimodo como monomodo, el mismo presenta una característica en su forma, en donde la férula viene con un prepulido esférico convexo. La conexión más común es el conector de “Contacto Físico” (PC), en el cual las dos fibras se encuentran al igual como en el conector plano, pero las superficies son pulidas siendo levemente curvas o esféricas, la cual elimina el espacio de aire y fuerza a las fibras a entrar en contacto, sus propiedades le hacen poco crítico en términos de pérdida de retorno. La pérdida de retorno por reflexión es de aproximadamente 40 dB.
- **Pulido UPC (*Ultra Physical Contact*):** este tipo de pulido es utilizado en fibra monomodo en donde las superficies son tratadas con un pulido extendido para una mejor terminación de la superficie. La reflexión devuelta es reducida aún más, alrededor de 55 dB. Estos conectores son utilizados a menudo en sistemas digitales, CATV y telefonía.
- **Pulido APC (*Angled Physical Contact*):** en el cual las superficies del conector son curvadas y además anguladas en 8° según el estándar de la industria, esto hace que las reflexiones de la transición de la luz no retornen al núcleo de la fibra, lo cual aumenta la pérdida de retorno a valores superiores a los 60 dB. Este efecto sólo se da en las

fibras SM, ya que las mismas poseen un núcleo lo suficientemente pequeño para que ese ángulo haga que el reflejo de la señal luminosa se realice hacia afuera de la fibra. Estos conectores son preferidos por sistemas CATV y análogos.



Figura 3.9. Pulido de férula en conectores [11].

La diferencia principal entre los tipos de pulido está en la pérdida de retorno que cada uno de estos puede llegar a tener, considerando que mientras menor sea la misma, mayor será el rendimiento del conector con ese tipo de pulido, ya que se disminuye la potencia reflejada.

- **Empalmes en fibra óptica**

Los empalmes crean una unión permanente entre dos fibras, por lo que su uso está destinado a suplir fallas operativas relacionadas con el rompimiento de la fibra. La aplicación más común del empalme es para la concatenación (la unión) de los cables en las conexiones largas de cable en plantas externas donde la longitud del tendido requiere más de un cable. Es importante señalar que existen dos tipos de empalmes:

- **Empalme por fusión:** el empalme por fusión es el más utilizado ya que es el que brinda las pérdidas más bajas y la menor reflectancia, como también brinda la unión más fuerte y más confiable. Prácticamente todos los empalmes de fibra monomodo son por fusión. El empalme por fusión requiere la creación de un arco eléctrico entre dos electrodos. Las dos fibras escindidas se juntan en el arco, de modo que ambos extremos se funden. Las pérdidas ópticas del empalme pueden variar de empalmador a

empalmador, dependiendo del mecanismo de alineación. Las máquinas de empalme con alineación del núcleo hacen coincidir el canal de guía de luz de la fibra (núcleo de $9\ \mu\text{m}$) entre sí. Estas máquinas producen empalmes con pérdidas típicamente en la región de $<0.05\ \text{dB}$. Ver Figura 3.10



Figura 3.10. Máquinas Fusionadoras [12].

- **Empalme mecánico:** Normalmente se utiliza para restauraciones temporarias y empalmes de fibras multimodo. El empalme mecánico se basa en la alineación mecánica de dos extremos de fibra tendida para permitir un flujo libre de luz. Esto también se aplica a la terminación de fibras en conectores. Para facilitar el acoplamiento rápido y flexible entre las fibras, a menudo se usa un gel de ajuste de índice. Los fabricantes tienen diferentes métodos para terminar las fibras en el empalme mecánico. Los empalmes mecánicos se pueden dividir en ángulo o no, pero el primero tiene una mayor pérdida de retorno. La pérdida de inserción de un empalme mecánico es típicamente $<0.5\ \text{dB}$. Ver Figura 3.11



Figura 3.11. Máquinas para empalmes mecánicos [13].

Un *splitter* consiste en un divisor de potencia pasivo que permite fundamentalmente, en el enlace descendente, dividir la señal óptica que llega por una fibra en múltiples salidas, en una conexión punto a multipunto. Sin embargo, estos dispositivos son de distribución óptica bidireccional, de tal modo que también tienen funcionalidad en el enlace ascendente, pues las señales que acceden por las salidas procedentes de los ONTs (u otros divisores) se combinan en la entrada. En cuanto a la fabricación, existen dos tipos de tecnologías: tecnología plana y acopladores bicónicos.

- **Divisor bicónico fundido**

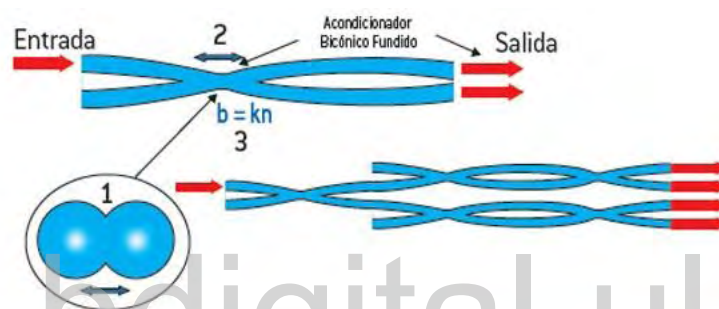


Figura 3.12. Divisor Bicónico Fundido [14].

Los divisores FBT (*Fused Biconical Taper*), como el de la Figura 3.12, se fabrican mediante la fusión de dos fibras envueltas. Este es un proceso de producción común, dicha tecnología ha sido probada para entornos de planta externa. Los dispositivos monolíticos están disponibles con una relación de división de 1x4, Las relaciones de división superiores a 1x4 se crean mediante la conexión en cascada de divisores 1x2, 1x3 o 1x4, existen tasas de división desde 1x2 hasta 1x32 y más (también es posible una entrada doble). Las relaciones de división más altas tienen típicamente una IL (pérdida de inserción) más alta y una uniformidad más baja en comparación con la tecnología plana.

- **Divisor o splitter plano**

En este tipo de divisor los caminos ópticos están enterrados dentro del chip de sílice, La relación de estos *splitters* puede ser variada, siendo ésta siempre potencia de 2: 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64, etc. Como ventaja destacable podría decirse que al ser dispositivos pasivos, esto les permite funcionar sin necesidad de energía externa, abaratando su coste de despliegue,

operación y mantenimiento. El inconveniente principal a tener en cuenta en estos dispositivos es el hecho de que introducen pérdidas de potencia óptica sobre las señales de comunicación.

A la hora de analizar estas pérdidas puede considerarse que los *splitters* ópticos se implementan, básicamente, conectando en cascada *splitters* con relación 1:2, donde la señal de entrada se distribuye en dos caminos diferentes resultando en una pérdida de potencia aproximadamente de 3,5 dB. Cada camino vuelve a separarse en dos permitiendo mayor distribución pero también adicionando nuevamente una pérdida de potencia. Por ejemplo, un *splitter* de razón 1:8 tendrá 3 etapas de división, resultando en una pérdida de potencia de aproximadamente $3 \cdot 3,5 \text{ dB} = 10,5 \text{ dB}$. En realidad las pérdidas introducidas en un *splitter* 1:8 real son menores que si se colocan 3 *splitters* de relación 1:2, ya que no necesita tantos conectores externos, realizando las divisiones internamente. Ver Figura 3.13



Figura 3.13. Divisor Óptico Plano [15].

En cuanto al tema mecánico, los *splitters* pueden ir alojados en rack, en armarios repartidores de cabecera o de intemperie, o en cajas de empalme, según sea más conveniente para el despliegue. La mayoría de los módulos de *splitters* suelen ser preconectorizados, disponiendo de conectores en sus puertos de entrada.

- **Elementos de conexión**

Tienen como misión ser los elementos soporte donde se empalman las fibras ópticas de unos cables con otros. Los elementos de conexión proporcionan un medio de protección del entorno tanto al cable de fibra, como a los empalmes. Se pueden distinguir los siguientes equipos de conexionado:

- **Armarios repartidores de fibra óptica situados a la intemperie (ODF):** consisten en una especie de armarios situados a la intemperie donde tiene lugar la mayor parte del conexionado en planta externa; el acrónimo ODF viene del inglés *Optical Distribution Frame*. Ver Figura 3.14



Figura 3.14. Armarios de Distribución de Fibra Óptica [16].

- **Cajas de Empalme:** la también conocida como “Manga de empalme”, suele instalarse en el exterior, en la red de planta externa, albergan las diferentes fusiones de fibras. Suelen constituir el punto de intersección entre las redes de alimentación y distribución. La caja en su interior posee bandejas de empalme, que se utilizan para proteger y mantener los empalmes individuales tanto mecánicos como por fusión, y además existen los denominados organizadores de fibra óptica. Ver Figura 3.15



Figura 3.15. Mangas de Empalme.

Existen diferentes parámetros que son importantes en una caja de empalme, como: el número de cables de entrada y salida, el número de bandejas, el número de fusiones máximo, la posibilidad de sangrado de cable, entre otras.

- **Punto de entrada al edificio (BEP):** es la interfaz entre el cableado de la red de dispersión (red de acceso óptico) y la red interna “en el hogar”. El BEP (*Building Entry Protector*) permite la transición del cable exterior al interior. El tipo de transición puede ser un empalme o una conexión extraíble. A partir de estas cajas empieza el despliegue por el interior del edificio, colocando cajas de distribución en planta en cada piso del edificio. Estas cajas de distribución serán el último elemento antes de que la acometida de usuario discorra hasta la roseta situada en la vivienda de cada abonado. Ver Figura 3.16



Figura 3.16. Cajas de distribución por planta [17].

- **Cajas Terminales Ópticas (CTO):** las cajas terminales ópticas son el punto terminal de los cables multifibra en una red FTTH, en aquellos despliegues donde los edificios no constan de ICT. Es desde este elemento de donde parten las acometidas o cables monofibra hacia las rosetas ubicadas en las viviendas de cada nuevo usuario. Dependiendo de su ubicación, poseen un diseño u otro y evidentemente sus características son diferentes, aunque, por norma general, su diseño es similar al de una caja de empalmes, sustituyéndose uno de sus planos para ofrecer un número elevado de salidas para las acometidas. Ver Figura 3.17



Figura 3.17. Cajas de Terminación Óptica.

- **Dispositivos en casa del abonado.**

- **Punto de terminación óptica:** también conocidos como puntos terminales de red (PTR), puntos terminales ópticos (PTO) o, simplemente, rosetas ópticas. Son los extremos de la red de dispersión. Se ubican en el interior de la vivienda o local. La fibra que llega a la roseta deberá terminarse en conector, de esta manera quedará preparada para la conexión de la ONT. Ver Figura 3.18



Figura 3.18. Rosetas Ópticas [18].

- **ONT (Optical Network Terminal):** a pesar de no estar contenido teóricamente en la red de planta externa sino que más bien se considera el inicio de la red propia del usuario, este equipo se expone aquí por comodidad. El equipo ONT es el elemento situado en casa del usuario que se conecta a la roseta óptica y que ofrece las interfaces al usuario para los distintos servicios. Consiste en un convertor óptico-eléctrico que transforma la señal de luz recibida por la fibra óptica en señal eléctrica. Este equipo se encarga de recibir y filtrar la información procedente del equipo OLT destinada a un usuario determinado. Ver Figura 3.19

Además, es también el encargado de encapsular la información procedente de un usuario y enviarla en dirección al OLT de cabecera para que éste la redireccione a la red correspondiente. Suele contener diferentes interfaces para hacer uso de los diferentes servicios:

- Interfaces Fast Ethernet y/o Gigabit Ethernet. Se suelen utilizar para ofrecer servicios de conectividad a Internet e IPTV (*Internet Protocol Television*).
- Una interfaz de RF para el servicio de video RF overlay.
- Interfaces RJ11, que se utilizan para conectar teléfonos analógicos y ofrecer servicios de voz.



Figura 3.19. Modelo de ONT [19].

• Elementos de Cabecera

Una vez explicados los elementos que conforman la red de planta externa, se expone en este apartado una cabecera de red o central FTTH genérica, describiendo los equipos fundamentales que deben estar siempre presentes.

Es importante incidir en que únicamente se exponen aquí los equipos relativos a la tecnología FTTH. El equipamiento adicional (equipos de alimentación, sistemas de seguridad y elementos de guiado) dependerá del resto de equipos y del lugar de despliegue, por lo que no se incluye en la teoría de este documento. La elección de la tecnología suele venir dada por los servicios que en un principio desea ofrecer el operador (Servicios de datos, telefonía y video). De este modo, se puede clasificar el equipamiento necesario en:

- **Equipos activos:** se consideran equipos activos aquellos que dependen de alimentación eléctrica para su funcionamiento. Son necesarios equipos activos GPON (OLTs) así como equipos de video que permitan ofrecer el servicio de video RF overlay en la tercera ventana.

- **Equipos de agregación de servicios, enrutado y servidores:** aquí se describen los elementos principales encargados de la agregación de tráfico y de la salida a la red troncal de internet, así como los servidores donde se aloja el software necesario para ofrecer servicios anteriormente expuestos.
- **Equipos y dispositivos pasivos:** se consideran equipos pasivos aquellos utilizados para la interconexión de equipos de cabecera con la planta externa (armarios distribuidores u ODFs) y equipos de cabecera entre sí (latiguillos y conectores). Estos elementos se denominan pasivos ya que no requieren de una alimentación eléctrica externa para su funcionamiento, en este punto se puede incluir algunos elementos como los multiplexores (WDM). En ocasiones pueden estar presentes en la cabecera los *splitters* en función de la arquitectura y topología seleccionada, aunque estos últimos suelen tener una mayor presencia en planta externa, y por ese motivo han sido descritos en su apartado correspondiente.

- **OLT**

La OLT, es el elemento del que parte el cable de fibra óptica con dirección hacia los usuarios y el que se encarga de gestionar el tráfico ascendente y descendente, pudiendo proporcionar servicio a una enorme cantidad de abonados. La OLT realiza además tareas de control en la red de FTTH, lo que comprende el control de las potencias emitidas y recibidas y el control y corrección de los posibles errores ocurridos en cualquier tramo o equipo de la red.

Estos equipos adquieren datos de diferentes fuentes de información (redes o servidores), actuando como concentrador de todas ellas para poder ofrecer el servicio triple play. Los equipos OLTs suelen ofrecer servicios de encaminamiento de nivel 2 entre los usuarios finales y los puertos de entrega de servicios. Por otra parte, las interfaces que se conectan a los dispositivos encargados de la agregación de servicios suelen ser interfaces Gigabit Ethernet o 10 Gigabit Ethernet. La potencia óptica emitida por el OLT no es la misma para todas las ONTs, sino que ésta varía en función de la distancia. Gracias al proceso de *ranging*, comentado en un apartado anterior, las OLTs son capaces de calcular la distancia existente entre el usuario final y la central, distribuyendo la potencia adecuada a cada punto de la red.

A la hora de elegir los equipos para un despliegue de red, es posible elegir entre dos tipos de

OLTs:

- **OLTs modulares:** equipos de mayor dimensión que se utilizan para grandes despliegues donde el número de abonados potenciales se estima elevado como se observa en la Figura 3.20. Poseen capacidad para varios *slots* donde albergar:
 - Módulos con canales PON y P2P para dar el servicio adecuado a los abonados, compatibilizando en un equipo ambos servicios.
 - Módulos destinados a la gestión de la red, que se conectan al servidor donde se encuentre el software de gestión de la misma.
 - Módulos destinados a la conexión con los equipos de agregación de servicios.



Figura 3.20. OLTs Modulares [20].

- **OLTs compactas:** son equipos más pequeños que albergan un escaso número de canales PON. Esto hace que sean utilizados en despliegues donde el número de usuarios potenciales no sea elevado. Normalmente sólo necesitan uno o varios *slots* dedicados a los canales P2MP o P2P, pues las funcionalidades de gestión y agregación suelen estar incorporadas en el mismo equipo, de tal modo que no son necesarios módulos adicionales para dichas tareas. Ver Figura 3.21.



Figura 13.21. OLTs Compactas [21].

- **Equipos de vídeo RF overlay**

El servicio de video puede ofrecerse mediante dos soluciones diferentes:

- Servicio IPTV, que forma parte del servicio triple play, donde se utiliza la infraestructura de transporte que ofrece la OLT y servidores, transmitiendo los flujos de video multiplexados junto a la señal de datos.
- Servicio de video RF overlay, donde la señal de radiofrecuencia obtenida de la cabecera de televisión es transportada, a través de la fibra de acceso, a una determinada longitud de onda distinta a la que se transporta el servicio triple play. Para esta solución son necesarios equipos específicos que adapten la señal de radiofrecuencia obtenida de la cabecera de TV y poder transportarla a través del medio de transmisión óptico.

Así, los elementos requeridos para poder ofrecer el servicio de video RF overlay, aparte de la cabecera de TV, son los siguientes:

- **Transmisor óptico de RF:** Este equipo genera una salida óptica a 1550 nm modulada a partir de la señal RF presente en su entrada. Es decir, a partir de una señal eléctrica, el transmisor modula analógicamente la señal de entrada y la envía al puerto de salida óptico, que a través del latiguillo y conector adecuados se conecta con los amplificadores EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*). Ver Figura 3.22



Figura 3.22. Modelo de Transmisor Óptico.

Atendiendo a los rasgos característicos de este dispositivo, se hace necesario hacer hincapié principalmente en los siguientes:

- **Potencia de la señal:** la potencia de la señal de entrada, pero sobre todo, la potencia de la señal de salida, pues en función de cómo sea ésta se necesitará una etapa de amplificación determinada.

- **Frecuencia eléctrica de trabajo:** en función del tipo y el precio del transmisor, este puede permitir incorporar una señal de satélite a frecuencia intermedia (hasta 2GHz) o llegar únicamente a 1GHz.
- **Modulación:** puede ser interna o externa, presentando ésta última mejores características (señal más pura), pero el equipo que disponga de ella incrementará su precio. La elección de uno u otro dependerá de las dimensiones del proyecto y necesidades del despliegue.
- **Amplificadores EDFA:** los amplificadores EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*) están basados en fibra dopada con erbio y se utilizan para conseguir que la señal de video del transmisor de RF (1550nm) aumente su potencia para cubrir el presupuesto óptico (*power budget*) en la red de acceso y que el nivel de potencia que llega a los equipos de usuario sea suficiente. Los EDFAs tienen su fundamento en la amplificación óptica, utilizando un tramo de fibra dopada con erbio en el que se transfiere potencia mediante un mecanismo de bombeo a la señal que se pretende amplificar. Un esquema básico es el que se muestra en la Figura 3.23:

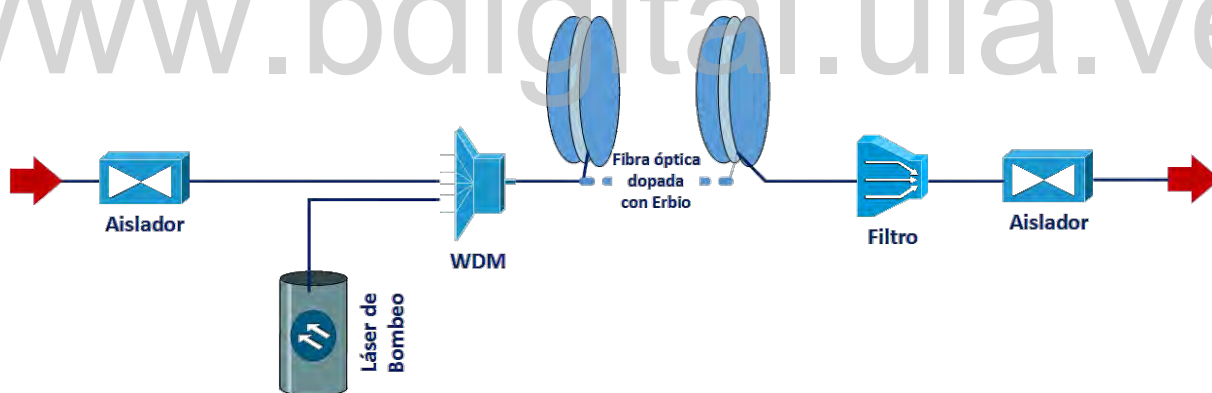


Figura 3.23. Esquema de funcionamiento de EDFA.

Normalmente, desde el punto de vista se suele utilizar un conjunto de EDFAs ubicados en bastidores modulares, incluidos en el mismo *rack* que se ubica el transmisor, con el objetivo de que estén lo más próximos posibles. Desde el punto de vista técnico, se debe tomar en cuenta lo siguiente al seleccionar este equipo:

- **Número de salidas:** los EDFAs suelen incorporar múltiples salidas (hasta 32), las cuales conectaremos al WDM-MUX para mezclar la señal con las salidas de la OLT. Es necesaria una entrada/salida de EDFA por cada puerto PON de la OLT.

- **Potencias mínima y máxima de entrada:** la potencia mínima de entrada es la mínima con la que se consigue una amplificación adecuada y la potencia máxima es la máxima que no satura el amplificador.
- **Potencia de salida del EDFA y figura de ruido:** esta última es muy importante porque determina el número de amplificadores posibles que se pueden conectar en cascada.

- **Multiplexor WDM**

Es un dispositivo pasivo que interconecta las salidas de las OLTs y las de los equipos de video RF, multiplexando en longitud de onda los servicios de triple play y de video RF overlay. Es decir, permite combinar las señales procedentes de la salida de los amplificadores EDFA (1550 nm), con las señales procedentes de las OLTs (*downstream* a 1490nm y *upstream* a 1310nm), ofreciendo una salida común, que será la que se interconecte con las fibras procedentes de planta externa. Esto queda detallado en el esquema de la Figura 3.24:

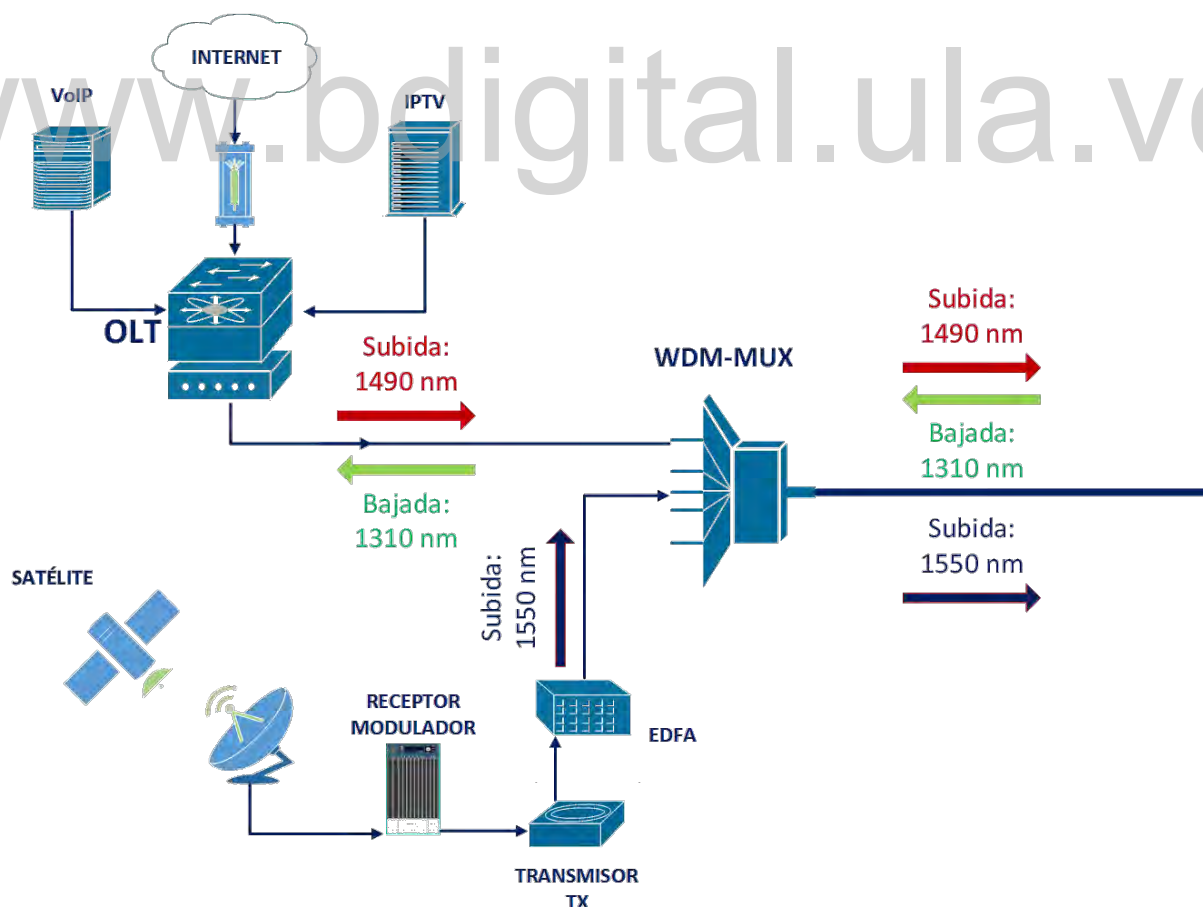


Figura 3.24. Esquema de funcionamiento del WDM.

Es necesario un WDM-MUX por cada puerto PON a utilizar en el despliegue. Con respecto a las características técnicas de este dispositivo, es importante tener en cuenta las pérdidas de inserción, aislamiento y dirección. En la actualidad podemos encontrar diversos multiplexores WDM, los cuales pueden ser: modulares (compuestos por *slots*) y aquellos que poseen un número de puertos no ampliable. Además, una opción muy interesante es un dispositivo en el que se incluyen EDFAs y WDM incorporados en el mismo chasis. Los equipos WDM-MUX suelen coexistir en el mismo subrack con el transmisor óptico y las baterías de amplificadores EDFAs. Ver Figura 3.25



Figura 3.25. Modelo de equipo WDM-MUX [22].

● Switches, Routers y Servidores

En este apartado se tratan aquellos elementos encargados de la interconexión de la red FTTH con la salida troncal de Internet, así como los dedicados a facilitar el tráfico de información entre equipos en la red. Adicionalmente se comentan algunos detalles de los servidores que son necesarios para ofrecer los diferentes servicios. Estos equipos no son estudiados con demasiado detalle, pues en su mayoría suelen ser comunes en otro tipo de redes.

- **Switches de agregación:** Permiten interconectar los diversos equipos que sean necesarios de nivel 2, de manera que la comunicación entre ellos sea rápida y fluida. A estos dispositivos se conectan las OLTs y los distintos servidores que ofrezcan servicios locales. Estos switches se conectan a su vez al router frontera o router de borde de salida a la troncal de internet. En el proceso de búsqueda de dispositivos de agregación para este tipo de redes, es necesario asegurarse de que permiten el empleo del protocolo 802.1Q, VLAN Q-in-Q y al menos un par de interfaces de alta velocidad (10GbE).

- **Router:** Es el elemento encargado de conectar la red FTTH con la red troncal de internet, ofreciendo a los abonados los servicios de nivel 3 como son de autenticación, DNS y direccionamiento IP. Sus especificaciones dependerán del tamaño de la misma.
- **Servidores:** Son necesarios servidores para ofrecer los distintos servicios contenidos dentro del concepto de triple play, adicionalmente, es necesario tener en cuenta que el software relativo a la gestión de la red y soporte a la operación necesita un servidor en el que pueda ser instalado. Este software, que es conocido como EMS (*Element Management System*) y es característico de este tipo de red, este sistema permite gestionar el conjunto de equipos de la red de manera óptima, ofreciendo una visión completa del estado de todos los equipos en la red. Entre las principales funcionalidades pueden destacarse los tres siguientes: La detección, aislamiento y corrección de errores en la red, configuración remota y análisis de rendimiento de los elementos de red, identificación de servicios y análisis de su funcionamiento.

3.2.3. Criterios Generales de Diseño

A continuación se presenta una serie de criterios y recomendaciones de diseño en cuanto a redes FTTH, cabe destacar que los mismos están fundamentados en el análisis e interpretación de normas y consideraciones que han adoptado y establecido algunas empresas con trayectoria y reconocimiento en el campo de las telecomunicaciones, en especial en el tema relacionado con proyectos de fibra hasta el hogar. Es importante señalar en este punto que una red de estas características consta básicamente de cuatro partes fundamentales a nivel físico, tal como se esquematiza en la figura 3.26, las cuales pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

- **Central Óptica o Cabecera.**
- **Red de Alimentación o Red Troncal.**
- **Red de Distribución.**
- **Red de Dispersión.**

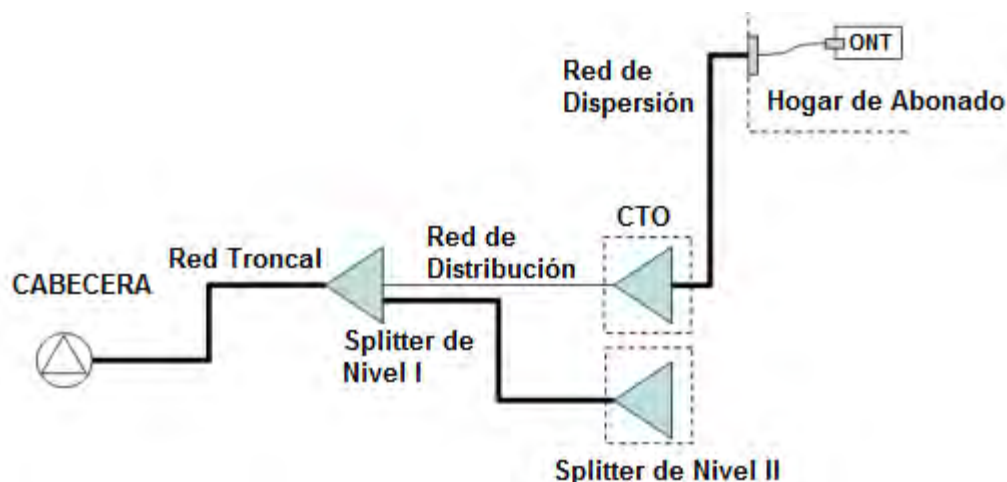


Figura 3.26. Esquema General de Infraestructura FTTH.

Antes de entrar en detalle con las recomendaciones y criterios más utilizados en cada una de las partes involucradas en el diseño físico de la red, es importante haber realizado los estudios señalados en las secciones anteriores del presente capítulo, ya que como criterio general al momento de diseñar la red, la misma se construirá partiendo desde el cliente hasta la central; es decir, es necesario conocer la demanda a cubrir, para poder realizar un dimensionamiento de los equipos que se ajuste a la realidad y así evitar un sobredimensionamiento de la Red o un subdimensionamiento de la misma. Asimismo, al momento de realizar el montaje o despliegue de la Red FTTH, se recomienda comenzar desde la Cabecera hasta llegar al abonado.

Es importante señalar que al momento de diseñar una red de esta índole, el ingeniero diseñador debe tener en cuenta que la misma debe satisfacer un presupuesto de potencia óptica, para que la misma sea funcional y así el proyecto pueda ser aprobado, este tópico será abordado a mayor profundidad más adelante en este capítulo.

- **Diseño de la Central Óptica**

La central es la infraestructura que alojará los equipos activos de Fibra óptica del lado del operador. Los elementos que estarán en esta infraestructura son el Equipo Central Óptico (ECO/NOC) y el Distribuidor de Fibra Central (DFC/ODF). Se recomienda que estos equipos deban estar físicamente separados en dos salas diferenciadas preferiblemente contiguas. En caso de que no puedan estar contiguas se aceptará que estén físicamente distantes. El

inconveniente en este caso es que los cables de interconexión entre la sala NOC y el ODF (Cable Eslabón) deberán tener un recorrido mayor.

A continuación se indican las recomendaciones con respecto a la configuración de la central óptica para cualquier diseño, sin embargo cada diseñador puede particularizarlas de acuerdo al proyecto que esté dimensionando.

1. Para instalaciones con alta densidad de fibra se recomienda que el ECO y el DFC deberán estar en salas separadas.
2. Si las salas de ECO y de DFC están contiguas se recomienda emplear canaletas de guía entre las salas bajo un piso falso. Si las salas están distantes se aceptará un sistema de guías elevado o canaletas entre pisos.
3. Para salas contiguas, la pared divisoria entre ambas salas no puede interrumpir las canalizaciones existentes bajo el piso falso.
4. Preferiblemente el diseño de la sala debería ser único y si es posible que sea prefabricado.
5. Las salas deberán estar ventiladas, en ambiente seco y temperatura regular.
6. Se deben tomar en cuenta las normas de construcción vigentes en cuanto a materiales anti-inflamables, prácticas antisísmicas y ambientes laborales.

- **Sala de Equipo Central Óptico**

1. El ECO estará ubicado en una sala cuyo espacio vendrá determinado por los equipos a utilizar; es decir estará dimensionado de acuerdo al espacio que ocupen los mismos, la sala tendrá un piso falso para mantener la estética y al mismo tiempo la funcionalidad y protección del cableado a lo largo del tiempo.
2. La sala deberá contar con un buen sistema de enfriamiento.
3. Los equipos ECO serán ubicados en bastidores de 19" y estos pueden albergar hasta dos ECO de 16 tarjetas de 8 puertos PON cada uno. Una columna de DFC deberá tener la misma capacidad en empalmes que un bastidor con ECO.
4. Los bastidores de ECO deberán estar fijados al suelo para evitar cualquier tipo de movimiento.
5. La sala deberá dimensionarse a su máxima capacidad, se recomienda (12·6) metros,

pero la colocación de equipos se hará progresiva según sean requeridos. En principio se estima que la máxima capacidad será de 16 bastidores con dos ECO cada uno.

- **Sala de Distribución de Fibra Óptica Central**

1. El DFC está conformado por un DFC-A y un DFC-B. El DFC-B tiene como función mantener el orden de los cables y la realización de empalmes en bandeja. El DFC-A permite la realización del cambio de tipo de cable entre la planta externa y la planta interna mediante empalmes en bandejas, y a su vez puede albergar los divisores ópticos.
2. El DFC-B y el DFC-A estarán ubicados en lugares diferentes. En este caso el DFC-B estará ubicado en la sala de DFC y el DFC-A se ubicará en la fosa de la central.
3. El DFC-A y el DFC-B se precablearán entre sí con cables eslabones multifilares que serán guiados entre la sala DFC y la fosa a través de escalerillas y ductos entre pisos.
4. Los cables dentro del DFC-B y el DFC-A deberán estar ordenados, cuidando siempre el radio de curvatura de los mismos.
5. La sala del DFC será una sala de capacidad máxima de (12 · 6) metros (Puede ser menor, pero no mayor), la cual tendrá un piso falso para mantener la estética y al mismo tiempo la funcionalidad y protección del cableado a lo largo del tiempo.
6. La sala de DFC deberá dimensionarse a su máxima capacidad, pero la colocación de columnas de DFC se hará progresiva según sean requeridos. En principio se estima que la máxima capacidad será de 16 columnas DFC.
7. Una columna del DFC-B deberá tener la misma capacidad en empalmes que un bastidor con ECO.
8. Las columnas DFC deberán estar fijados al suelo para evitar cualquier tipo de movimiento.
9. El cable eslabón multifilar que viene del ECO terminará con el “Fan Out Kit” y se unirá al DFC-B mediante empalmes a los hilos de fibra del cable proveniente del DFC-A, que descansarán en bandejas.
10. El cable de planta externa llegará al DFC-A y se empalmará en bandejas a las salidas de los divisores ópticos 1:2. La entrada de estos divisores se empalmará en las bandejas del DFC-A a los hilos del cable eslabón de planta interna que irá hacia el

DFC-B.

La Figura 3.27 siguiente muestra el esquema de conexión entre el DFC-B y el DFC-A.

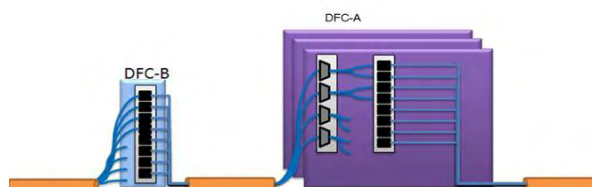


Figura 3.27. Esquema de conexión entre ODFs.

- **Interconexión entre salas de ECO y DFC**

A continuación se presenta el procedimiento para la interconexión de la sala de ECO y la sala DFC.

1. Dos bastidores de ECO se intercablearán con dos columnas de DFC y formarán un Grupo de Conexiones Cruzadas (GCC).
2. Cada bastidor de ECO deberá contar con dos canalizaciones. Una canalización hacia cada columna DFC. En estas canalizaciones se dejará preinstalado un cable eslabón multifilar de 256 hilos de fibra cuidando siempre el radio de curvatura del mismo.
3. Para realizar la conexión de los cables eslabones multifilares, se terminarán en cada extremo con un “Fan Out Kit” con el fin de que queden los pelos de fibra separados y protegidos. El cable eslabón terminará con conectores en el lado del ECO y con empalmes en el lado de la columna DFC. Ver Figura 3.28

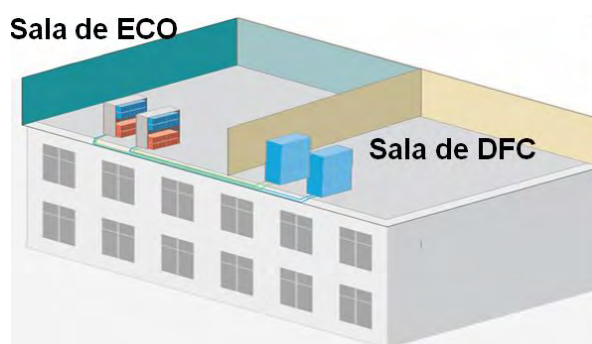


Figura 3.28. Ubicación de Equipos en CO.

4. La conexión de los hilos del cable eslabón deberá ser en orden consecutivo con el puerto del ECO. Como los cables de Fibra Central forman un anillo ambos extremos del anillo se conectarán a puertos del ECO desde las columnas DFC. La Figura 3.29 muestra un ejemplo de conexión del cable eslabón.

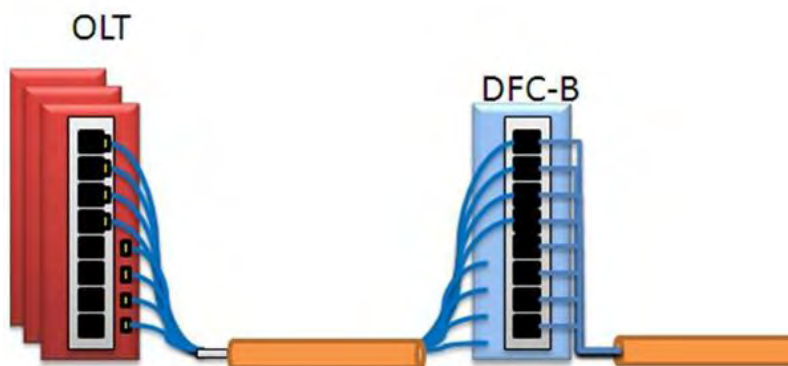


Figura 3.29. Conexión de cable eslabón.

5. Generalmente la planta externa se construye a mayor velocidad que la demanda del servicio. Los ECO se instalarán progresivamente a medida que va creciendo la demanda y se requieran más puertos, hasta completar la capacidad del GCC. Una vez que sea necesario colocar más planta externa se instalará un segundo Grupo de Conexiones Cruzadas y así sucesivamente hasta llegar a la máxima capacidad de la sala.
6. La dimensión de un GCC permite adecuarse a una penetración creciente del servicio. Si se construye toda la planta externa en dos columnas de DFC y la penetración es menor al 25% sólo se requerirá un ECO instalado.
7. Si la construcción de planta externa debe superar la capacidad de dos columnas DFC, hay que instalar otro Grupo de Conexiones Cruzadas y su correspondiente ECO, sin tomar en cuenta que quedará subutilizado el ECO del GCC anterior. Cuando la penetración es superior al 50% el porcentaje de subutilización va a ser despreciable y la velocidad de crecimiento de la demanda lo justificará. Si la penetración es menor al 25%, el porcentaje de subutilización será importante pero para estas penetraciones tan bajas no se justifica seguir construyendo más planta externa.

La Figura 3.30 muestra la representación de la distribución de las salas y los equipos de la central.

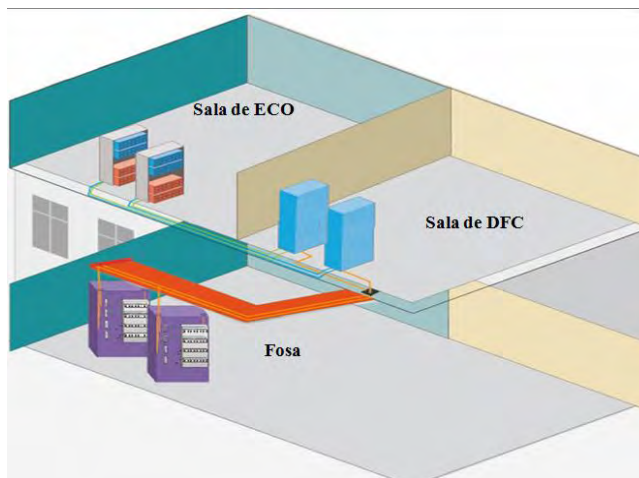


Figura 3.30. Distribución de las salas y los equipos de la central.

- **Diseño de la red de alimentación**

La red de alimentación es el tramo comprendido entre las posiciones del repartidor óptico ODF/DFC instalado en la central y los *splitter* de nivel 1 instalados en las cajas de empalme ubicadas en tanquillas de canalización, fachada o postes.

Una vez asignada el área que se desea cubrir con el servicio, hay que identificar la ubicación de la central que le corresponde. Posteriormente, se recomienda seguir los pasos que se listan a continuación con el fin de estructurar el diseño del tramo troncal de fibra óptica:

1. Dividir el área de cobertura en cuatro cuadrantes. Ver Figura 3.31

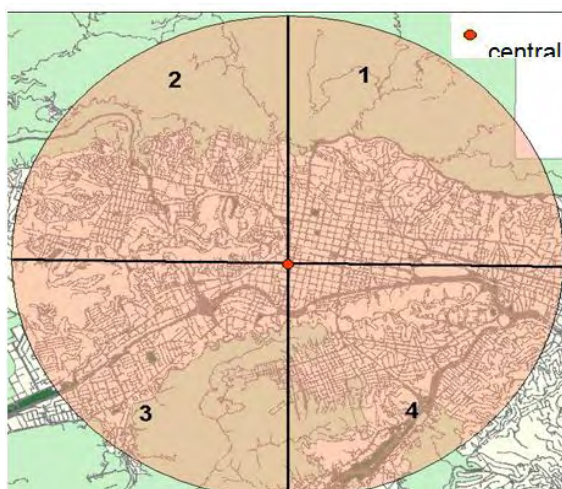


Figura 3.31. División de área de cobertura por central óptica.

- Dividir los cuadrantes en tres subáreas radiales con el fin de realizar anillos en cada una de las mismas. Ver Figura 3.32

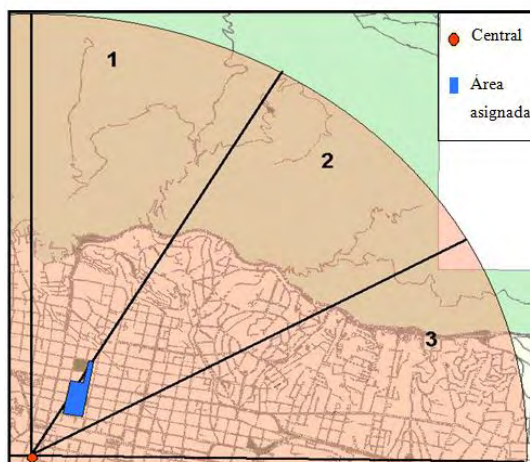


Figura 3.32. Cuadrantes de Subáreas radiales.

- Diseñar dos anillos en la subárea radial donde se encuentra el área asignada, uno externo y uno interno como lo indica la Figura siguiente. La disposición de los anillos permite acotar la distancia máxima entre el GDP (Gabinete de distribución primario) más alejado y los puertos del ECO, a su vez garantiza la cobertura completa de la zona. Estos anillos serán trazados por la fibra central y el diámetro del anillo interno medirá aproximadamente la mitad del diámetro del anillo externo. Ver Figura 3.33



Figura 3.33. Anillos en Subárea radial.

Recomendaciones para el tramo de alimentación:

- Trazar las rutas de fibra por donde existan ductos. Esto evitará obras civiles que generan mayores gastos y requieren de permisos por parte de alcaldías y gobernaciones.
- Realizar en lo posible la redundancia en cada subárea radial, en la cual se deben trazar

anillos.

3. Crear dos anillos por subárea radial, esto permitirá brindar redundancia geográfica a la red y a su vez disminuirá la distancia entre el primer y último gabinete de distribución público GDP.
4. La elección del tipo de splitter se realizará de acuerdo a la mejor combinación de divisores según el tipo de edificios a cubrir, teniendo en cuenta que habrá entre uno y dos *splitters* de primer nivel para cada caja de distribución. A continuación se plantean los recorridos de las redes de distribución y se ubican los divisores de segundo nivel desde donde se planteará la red de dispersión.
5. El recorrido de la red troncal se realizará siempre que sea posible por canalización propia existente o de la compañía nacional de telecomunicaciones, planteando los recorridos por las canalizaciones que contengan el mayor número de conductos y que permitan llegar a todos los edificios a cubrir por la central óptica. En aquellos casos en que sea estrictamente necesario ejecutar canalización propia, ésta se planteará de acuerdo a las normas y reglamentación vigente. Estas consideraciones también aplican para tendidos aéreos.
6. Sí la topología de la red troncal es de división distribuida, debido a la dispersión de los hogares a cubrir, se hace necesario ramificar cada troncal hasta llegar a las cajas de distribución. Para conseguir esta ramificación se realizan empalmes y segregaciones (Sangrado de fibra óptica) de los cuales salen cables de menor capacidad. El número de empalmes a fusión a realizar en este tramo debe ser el mínimo posible, para evitar el incremento innecesario de la atenuación óptica que limite las posibilidades reales de alcance de GPON.
7. Los divisores de primer nivel se pueden instalar en cajas de distribución ubicadas en fachada, en el interior de tanquillas o postes de soporte, pudiendo coexistir varios splitters de nivel primer (de 1:8, 1:16 o 1:32). Estos divisores se instalarán preferentemente, en cajas de distribución, derivadas de la ruta principal para minimizar riesgos en la red de alimentación.
8. No se recomienda que los cables compartan fibras de red de alimentación y red de distribución. Para este tipo de situaciones, se instalarán dos cables independientes en el mismo tramo de tendido. Se procurará separar el splitter de primer nivel del cable

principal de la red de alimentación, especialmente cuando el cable sea de 288, 144 ó 96 fibras ópticas.

9. Para otras configuraciones hay que dejar en reserva hilos de fibra óptica, previendo la aparición de nuevos clúster no contemplados en una fase inicial. El número de fibras ópticas de los cables de la red troncal o red de alimentación depende del número de clúster que se pueden cubrir con cada ramal.
10. Se establece como norma, por expertos en el área, que las fibras activas de FTTH sean las primeras del cable en orden creciente dejando un segundo rango para las fibras de reserva y el resto del cable para otros usos. Estos rangos irán condicionados por el número de fibras activas iniciales. Estos rangos de fibras siempre comenzarán en un *buffer* nuevo dejando como mínimo 6 fibras entre ambos.
11. Red de alimentación, splitter de primer nivel: a manera de ejemplo, si se aplica el índice de penetración del 40%, cada divisor de primer nivel con capacidad para 128 clientes cubrirá un área aproximada de entre 250 hogares y 340 hogares, o el más próximo, teniendo en cuenta la modularidad de los *splitters*. En ningún caso se podrán sobrepasar las 340 UUIs por clúster, como número de hogares máximo, aunque si se podrá bajar del número de hogares mínimo, si la densidad del clúster lo exige. El diseño debe realizarse de manera que la elección del *splitter* de primer nivel se haga teniendo en cuenta, los edificios a los que dará servicio (según el número de hogares y las verticales en las que están agrupadas) para optimizar la red de alimentación y distribución.

- **Diseño de la red de distribución**

La red de distribución está compuesta por los cables que unen los dos niveles de división entre sí, es decir, los *splitters* de primer nivel con cada uno de los *splitters* de segundo nivel a los que están conectados.

Uno de los elementos principales en la red de distribución es el DFP (Distribuidor de Fibra Primario), este puede ser un GDP (Gabinete de Distribución Público) o un CDV (Cajetín de Distribución Vertical) y es el encargado de realizar la distribución de los cables. El GDP distribuirá los cables que van a los PC (Pequeños Condominios) y PI (Propiedades Individuales), mientras que el CDV distribuye a los GC (Grandes Condominios).

Para diseñar el tramo de distribución se deberá ubicar el DFP y la ruta de distribución siguiendo los pasos descritos a continuación:

1. Tipificar los clientes de la zona seleccionada, esto se basa en la cantidad de unidades registradas por estructura habitacional. Como apoyo al proceso de tipificación se puede considerar hacer una estimación más certera de la demanda, para establecer mejores criterios de penetración.
2. Ubicar los GDP basándose en el centro de carga de los PC y PI, asegurando que los mismos se ubiquen sobre la ruta del anillo de fibra óptica, para garantizar que no se pierda la redundancia en los casos en que esta sea necesaria.
3. Cada GDP se recomienda pueda abarcar una cuadrícula de 600 m² aproximadamente, lo que permitirá la cobertura radial desde ese GDP.
4. Ubicar un CDV en cada una de las estructuras tipificada como GC.
5. Trazar la ruta del cable de distribución en forma de estrella, desde el GDP hasta las PI y PC de las diferentes cuadrículas.
6. Agrupar los GC que se encuentren cercanos a una distancia aproximada de 150 m.
7. Colocar un cierre de empalme en el anillo por cada grupo de GC a la distancia más corta desde el anillo hasta el último GC del grupo
8. Extender el cable central desde los cierres de empalme hasta cada uno de los GC del grupo con una distribución física en forma de bus, donde cada hilo de fibra sigue una distribución lógica en forma de estrella hasta los mismos.

Recomendaciones y normas para el tramo de distribución:

1. En cuanto a la tipificación se recomienda clasificar las estructuras según la cantidad de unidades y no por la cantidad de pisos que presente la edificación, tal como se especifica en la teoría.
2. Todas las fibras deberán estar marcadas con el número de GDP, el puerto que ocupa de del splitter y al usuario que atiende.
3. Cuando no hay espacio disponible en los ductos y las distancias son cortas, se puede compartir la fibra con los cables de cobre existentes utilizando subductos o microductos, empleando técnicas de microzanjado.

La Tabla 3.1 representa las recomendaciones según los atributos y las capacidades de los dos tipos de DFP existentes.

Tabla 3.1. Aspectos a considerar en gabinetes de distribución.

	Gabinete de Distribución Primario	Cajas de Distribución Vertical
Atributos	<p>1. Será de tipo externo, por lo que deberá cumplir con los requerimientos para este tipo de ambiente.</p> <p>2. Deberá brindar protección mecánica y ambiental a los divisores ópticos, empalmes, conectores y cables.</p>	<p>1. Se ubicará en el edificio, bien sea en el sótano o en algún lugar externo que se encuentre dentro del área del edificio.</p> <p>2. Requerirá de gran resistencia a condiciones ambientales externas e internas debido a su ubicación.</p>
	<p>En general los DFP deberán tener bandejas para realizar empalmes y <i>cassettes</i> para ubicar los divisores ópticos, deben tener fácil acceso a los conectores y debe tener rutas de encaminamiento del cable para mantener el orden. A su vez deberá contar con sistema de seguridad.</p>	
Capacidad	<p>Deberá tener la capacidad de almacenar aproximadamente 18 divisores ópticos de 2:32, así como sus salidas deberán permitir el paso de 576 hilos de fibra.</p>	<p>Deberá tener la capacidad de almacenar hasta 3 divisores ópticos de 2:32 y sus salidas deberán permitir el paso de hasta 96 hilos de fibra.</p>

4. La primera fibra activa se deja en la primera CTO (Cajetín Terminal Óptico) de cada ramal.
5. Dentro de cada ramal en el cable primero se asignan las fibras activas y después el resto de fibras de reserva.
6. Se debe tener en cuenta la penetración de cada CTO para dimensionar las fibras de reserva teniendo en cuenta la penetración objetivo inicial, la reserva siempre debe asegurar una serviciabilidad mínima del 80%.
7. La asignación se realizará de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Reserva > \frac{(UUIIs \text{ de influencia})}{Nivel \text{ de splitter}} \quad (3.1)$$

A manera de ilustración, si se cubre un área de 18 UUIIs (Unidades Inmobiliarias) con nivel de splitter de 1:8, tendríamos una reserva de 3 hilos de fibra óptica, la interpretación correcta sería que en la CA (Caja de Abonado) o CD (Caja de

Distribución) se quedaría una fibra activa y dos inactivas para futuras ampliaciones.

8. Generalmente los cables de la red de distribución son de capacidades menores a los de la red de alimentación con calibres de: 16, 32, 64 y 96 FO. Para la elección del cable, se deberá tener en cuenta el recorrido del mismo y su radio de curvatura.
9. La instalación de los cables que componen la red de distribución se realiza utilizando las infraestructuras de la compañía nacional de telecomunicaciones, por canalización propia (existente o de nueva construcción), mediante tendido aéreo por fachada o poste.
10. En edificios que no son objetivo en fase inicial, se dejará un mínimo de 1 caja de distribución adicional BPE/O Tipo1 (hasta 144 f.o) que será situada en la mejor ubicación posible para realizar ramificaciones posteriores de cables y cambios de sección. (Se buscarán esquinas, infraestructuras de cruce aéreo, fácil acceso para fusión). Se realizará siempre y cuando su instalación no comprometa el permiso de paso del cable, en cuyo caso estudiaremos la posible excepción o alternativa técnica. Se recomienda instalar caja de empalme o caja de distribución como punto de finalización de cables en clúster incompletos, evitando el uso de la CTO, para poder continuar con la construcción del clúster.

- **Red de distribución en instalaciones de exterior**

1. Las Cajas Terminales Ópticas (CTO), se instalan en la fachada del edificio (tanto exterior como en patio interior) o en la azotea, a las que llegan los cables de distribución grapados procedentes de las fachadas o azoteas de los edificios colindantes o bien de una salida lateral desde la canalización más cercana. Las instalaciones en azotea se realizan cuando no es posible utilizar la fachada del edificio (por normativa urbanística, negativa de la comunidad de propietarios o por imposibilidad técnica), que puede ser común para varios edificios de una misma zona.
2. La ubicación de la CTO tanto en fachada como en azotea debe asegurar la viabilidad de la instalación de las acometidas de clientes, típicamente en los salones de cada hogar, en su área de cobertura y el acceso para mantenimiento y futuras ampliaciones. La longitud de la acometida de cliente se recomienda no exceda los 150 metros. En ningún caso, se permite acceder con la acometida de cliente por cuartos húmedos (baños y cocinas).

3. Hay que considerar la capacidad de las CTOs de habilitar la conexión de ramales evitando así la instalación de empalmes en la misma ubicación y reducir el impacto visual en zonas cuyo permiso sea susceptible de no conseguirse o ser revocado. Una CTO puede hacer, excepcionalmente, las veces de empalme siempre y cuando se saque un ramal con capacidad hasta 8 *splitters* iniciales (previendo un máximo de 16 *splitters* en dicho ramal).
4. Para tasa de división de 1:128, en fachada o por poste, se usarán configuraciones 1:16-1:8 o 1:32-1:4, evitando el 1:8-1:16 puesto que no permite ampliación de *splitter* en la CTO al ser éstas de hasta 16 posiciones.
 - **Ejemplo:** un edificio, con tendido aéreo, con 40 UUIIs, deberá equiparse con 2 CTOs, cada una con un *splitter* 1:8, para que cada CTO cubra 20 UUIIs, y nunca con una única CTO con 2 *splitter* 1:8 o un *splitter* 1:16 puesto que deben quedar siempre puertos libres en la CTO, para poder ser ampliados en caso de ser necesario y llegar a un índice de penetración de por lo menos 80%.

- **Red de distribución en instalaciones de interior**

1. Las CTOs se instalan en el interior de edificios o recintos privados. También se denominan módulos de operador, y comercialmente se presentan en varias configuraciones según modelos estandarizados y adoptados por empresas de considerable trayectoria en el sector (48 posiciones, hasta 24 posiciones...). Este tipo de CTO debe ir dimensionado al menos al 80% de cobertura, si bien en la fase inicial, contendrá divisores ópticos que garanticen una penetración inicial que puede ser baja (entre 10% y 30%).
2. En la práctica, cada CTO dispondrá de un módulo de cliente, aunque en recintos de telecomunicaciones con limitación de espacio, se permitirá disponer de dos módulos de cliente que alimenten a una única CTO para dar servicio a un máximo de 60 hogares. El número de módulos de cliente/operador vendrá regido mediante la Tabla 3.2:

Tabla 3.2. Cantidad de módulos cliente y operador según unidades inmobiliarias.

UUII	Módulo Operador	Módulo Cliente
HASTA 48	1	1
49-60	1	2
61-96	2	2

3. Como caso excepcional y para edificios de interior de un máximo de 12 viviendas, hasta 3 plantas, y con canalización suficientemente dimensionada para el paso de todas las altas se permite instalar una CDP de 12 puertos con un *splitter* 1:8 instalado haciendo las veces de CTO y las altas se realizarán bajo demanda, directamente desde la CTO al cliente.
4. Se podrá hacer instalación de cajas satélites cuando las infraestructuras de canalización que comuniquen las diferentes verticales estén limitadas por sección, o cuando por distribución o baja densidad de viviendas a nivel de zona, sea necesario repartir las salidas del *splitter* de segundo nivel en varias CTOs remotas ó satélites. Este tipo de solución no se implementará de forma generalizada y deberá justificarse de manera detallada en fase de diseño.
 - **Ejemplo de dimensionado de módulos en interior:** para un edificio de 60 viviendas, basta con un único módulo operador de 48 posiciones, mientras que si el edificio es de 75 unidades residenciales, se necesitan 2 módulos operador de 48 ya que con la instalación de uno no se cubriría ni siquiera el 80% de potenciales clientes ($75 \cdot 0.8/48$ y se redondea al alza). Por otro lado, las cajas que presenten alta densidad pueden sustituirse por un módulo de operador, es decir una caja de mayor capacidad, tal como se ha descrito anteriormente. No se podrá compartir en cualquier caso cajas muy densas con splitters de otra compañía de telecomunicaciones.

- **Diseño de la red de dispersión**

El tramo terminal comienza en la caja de distribución (CD) o DFS (Distribuidor de Fibra Secundario), desde el cual parten fibras individuales hasta las premisas del cliente. El DFS es un elemento importante dentro de este tramo ya que va a distribuir el cable hasta cada una de las viviendas, este puede ser un TAO (Terminal de Acceso Óptico) o un CDH (Cajetín de Distribución Horizontal). El TAO distribuirá los cables a las PI, mientras que el CDH distribuirá hasta las unidades individuales de los GC ó PC.

Cada acometida óptica estará constituida por dos fibras ópticas. Por lo tanto se tienen las siguientes consideraciones:

1. Viviendas: Se considerará 1 acometida óptica por cada vivienda.

2. En el caso de locales u oficinas en edificaciones de viviendas:
 - 2.1. Cuando esté definida la distribución en planta de los locales u oficinas, se considerará 1 acometida óptica por cada local u oficina.
 - 2.2. Cuando no esté definida la distribución en planta de los locales u oficinas, en el tablero secundario de la planta (o en el RITI en el caso de edificaciones con un número de usuarios inferior a 15) se dejará disponible 1 acceso o acometida óptica por cada 33 m²
3. En el caso de locales u oficinas en edificaciones destinadas fundamentalmente a este fin:
 - 3.1. Cuando esté definida la distribución en planta de los locales u oficinas, se considerarán 2 acometidas ópticas por cada local u oficina.
 - 3.2. Cuando no esté definida la distribución en planta de los locales u oficinas, se considerarán 2 acometidas ópticas por cada 100 m².
4. Para dar servicio a estancias o instalaciones comunes del edificio: 2 acometidas ópticas para la edificación.

Ubicación del DFS:

1. Ubicar los TAO en las esquinas de las cuadras donde se encuentren las PI.
2. Ubicar los CDH según el tipo de estructura. La Tabla próxima muestra el criterio a seguir al momento de instalar los CDH, indicando la capacidad del CDH, cantidad de CDH y ubicación en cada una de las estructuras. Ver Tabla 3.3

Tabla 3.3. Criterio para ubicación de CDH.

Tipo de estructura	Capacidad	Cantidad	Ubicación
PC	32 hilos de fibra	1	Planta baja del PC
GC	12 hilos de fibra.	Unidades/8	Colocar 1 CDH cada 8/N pisos, donde N= N° de apartamentos por piso.

Recomendaciones y normas para el tramo terminal:

1. Las Propiedades Individuales externas deberán tener un cajetín óptico externo (COE), el cual deberá estar adherido una de las paredes externas.
2. El COE deberá estar ubicado a una altura de 2 m. sobre el suelo para que el mismo no sea accesible a niños o personas que puedan dañarlo de alguna manera. Igualmente dicho cajetín deberá estar hecho de un material resistente a las condiciones ambientales externas.
3. El COE tendrá una llave para que sea de uso exclusivo de la empresa. En su interior deberá poseer bandejas para realizar el empalme que permite el cambio en el tipo de fibra, y un sistema de sujeción que permita fijar el cable guía para mantener la tensión.
4. En el caso de PC el cable de distribución proveniente del GDP, entrará en el CDH de la estructura. Dependiendo de la cantidad de unidades se deberán colocar tantos CDH como se requieran.
5. Para GC el cable central será llevado hasta el CDV ubicado en la parte baja del edificio. En este cajetín se deberán realizar los empalmes entre el cable de distribución y el cable saliente del divisor óptico. El cable de distribución será instalado siguiendo las normas de acometida de paso vertical, llegando a los diferentes CDH ubicados en el edificio.
6. La ruta del cable terminal desde el CDH hasta las unidades deberá ser la más directa posible.
7. El MO (Módulo Óptico) debe estar ubicado junto a una toma de corriente y debe tener fácil acceso para futuras operaciones y mantenimiento fuera del alcance de mascotas y niños.

La Tabla 3.4 representa las recomendaciones según los atributos y las capacidades de los dos tipos de DFS existentes.

Tabla 3.4. Criterios para selección de Distribuidor de fibra secundario.

	CDH	TAO
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> ○ Para los Grandes Condominios se colocará un CDH por cada 8/N pisos, donde N es el número de apartamentos por piso. ○ En el caso de Pequeños Condominios se ubicará el CDH en la planta baja del edificio. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Se ubicará en las esquinas de las cuadras a una distancia no mayor a 100 m entre sí, bien sea aéreo o subterráneo. ○ Deberá ser resistente a condiciones ambientales externas.
	Debe ofrecer fácil acceso a las conexiones para el mantenimiento y servicio. A su vez deberá tener bandejas internas para realizar empalmes y espacio disponible para conectores. No tendrá divisores ópticos en su interior y contará con sistema de seguridad.	
Capacidad	<p>Se propone el uso de dos tipos de CDH:</p> <p>Para los GC tendrá una capacidad de hasta 12 hilos de fibra en su salida.</p> <p>Para los PC tendrá una capacidad de 32 hilos de fibra.</p>	Tendrán una capacidad de 12 hilos de fibra.

- **CDH o cajas de derivación:** son cajas con conectores SC/APC en configuraciones de 4, 8 y 12 posiciones que se instalan en las tanquillas, también llamados registros de planta existentes o de sobre pared/superficie en casos excepcionales y previa aprobación de las comunidades o propietarios.
 - **Cables riser:** son los cables que conectan los módulos cliente instalados junto a los módulos operador con las cajas de derivación instaladas en los registros en planta. Este tipo de cables al discurrir por interior tienen que ser ignífugos y no propagadores de llama y se suelen instalar de calibres de 16, 24, 32 y 48 fibras.
 - **Módulo cliente:** son módulos instalados junto a los módulos operador con capacidad de 48 posiciones y que deben ir dimensionados al 100%. Es aquí donde terminan los cables riser. Estos equipos están preparados para permitir la entrada de hasta 4 cables.
8. En edificios de interior de hasta 16 unidades de vivienda con espacio insuficiente para instalar un módulo cliente y un módulo operador, se puede optar por una solución compacta

que consiste en un único módulo de 48 posiciones que hace las veces de módulo operador y módulo cliente. Para ello se usan las 16 posiciones superiores del módulo haciendo la función de módulo cliente y las inferiores haciendo la función de CTO. Quedarán vacías las 16 posiciones intermedias.

- **Instalaciones de exterior**

En este caso, la red de dispersión será la propia acometida que va desde el puerto de salida de la CTO de fachada hasta el punto de terminación red óptica (PTRO) en las dependencias del cliente. Se realizan instalaciones bajo demanda utilizando cables drop mono-fibra para cada cliente que solicite el servicio, y conforme a normas de instalación de verticales y manuales de proveedores homologados.

- **Instalaciones de interior**

En instalaciones de interior se instalan cables multifibra, desde los módulos cliente hasta los registros secundarios, donde se ubican las cajas de distribución de interior conectorizadas (dimensionados para el 100% de las viviendas). A partir de este punto se instalarán cables monofibra hasta el punto de terminación red óptica (PTRO), únicamente para los clientes a los que se les active el servicio, realizándose por tanto siempre dicha instalación bajo demanda.

Dependiendo de la capacidad de las canalizaciones, se optará por instalar una caja de distribución interior en cada planta o bien una para varias plantas, como se aprecia en las figuras 3.34 y 3.35:

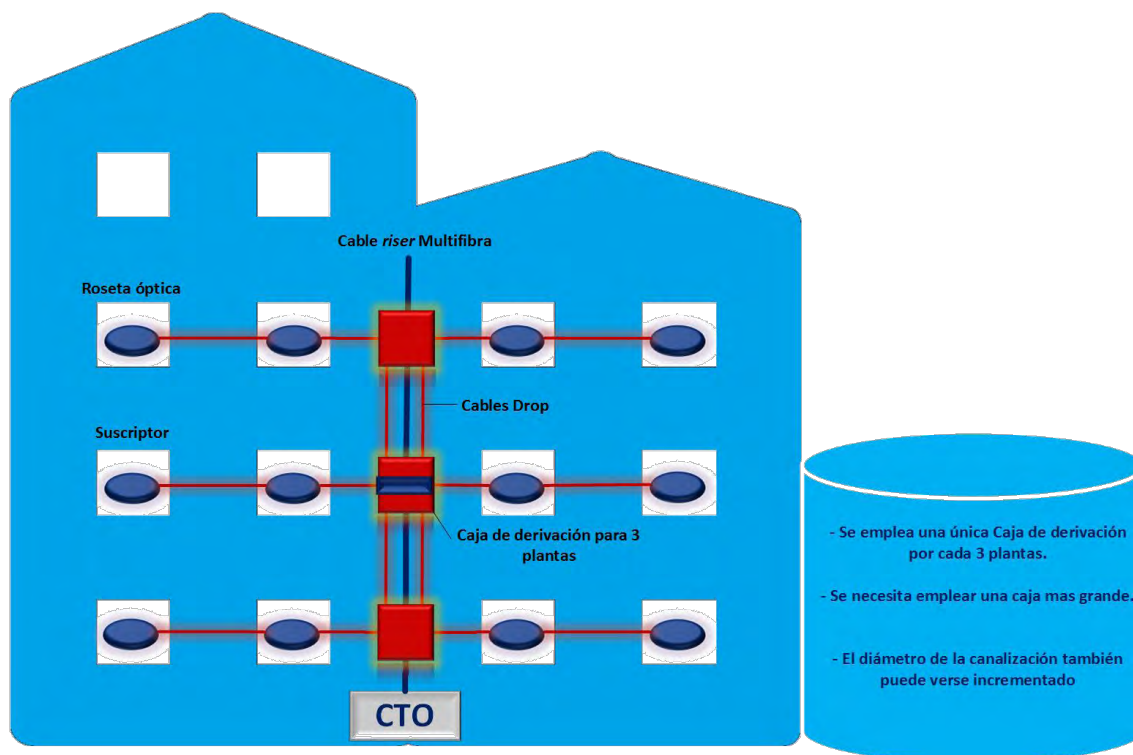


Figura 3.34. Esquema de cableado vertical 1.

www.bdigital.ula.ve

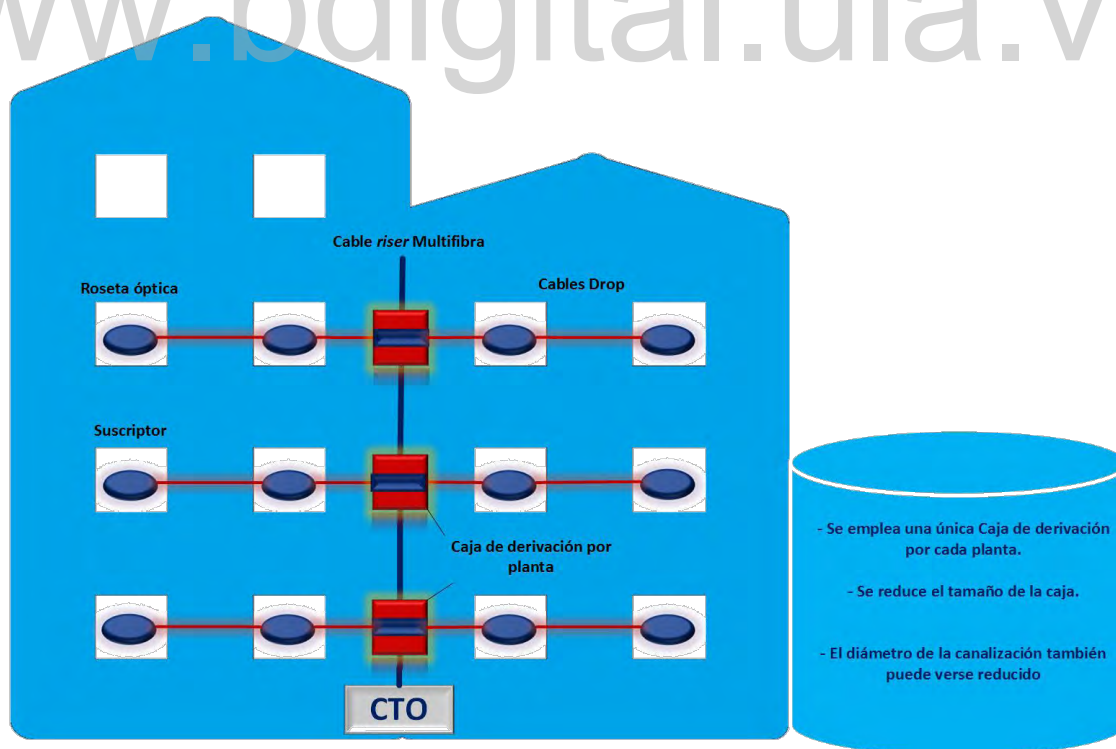


Figura 3.35. Esquema de cableado vertical 2.

- **Instalación de cliente**

1. Para cada cliente es necesario realizar una instalación en el interior del hogar a partir de la acometida instalada bajo demanda. La instalación se compone de un punto de terminación de red óptico o PTRO (roseta óptica) donde se conecta por un lado la acometida y por otro la ONT (Optical Network Terminal) mediante un latiguillo. Se utilizará conector SC/APC en el extremo del cliente (roseta), y conector SC/APC o fusión en la caja de derivación. La conectorización se podrá realizar con conectores de montaje en campo o mediante fusión a pigtail.
2. En acometidas de interior, se usará cable drop ignífugo de 2-3mm, terminado en conectores de campo en ambos extremos. Como alternativa, el lado de la Roseta Óptica podrá terminarse en fusión a pigtail. Esto facilitará la instalación de cable a medida, con instalación del cable en el sentido que mejor se adapte al tendido.
3. En acometidas de exterior, normalmente bajo demanda, el cable será drop de exterior 6 mm, en el que el extremo de cliente finalizará en roseta óptica, dentro del hogar conectado, y el otro extremo, en exterior, finalizará en caja de empalme conectorizada.
4. En caso de obtención de un cliente ya instalado y cableado por otro operador:
 - En exterior, será necesario instalar un adaptador o transición hembra del conector del otro operador, generalmente *Optitap*, de manera que se reutilice la totalidad de la acometida instalada por el otro operador, y terminando en la caja interna de la empresa nueva, usando la conectorización propia de campo con conector robusto.
 - En interior, se deberá cambiar el latiguillo de la solución modular, de la posición del operador donante a la posición asignada para la nueva empresa.
5. A partir de la ONT se instalan los equipos necesarios de acuerdo a los servicios contratados por el abonado.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA RED FTTH PARA LA LOCALIDAD MUCUCHIES DEL ESTADO MÉRIDA

Este capítulo constituye el objeto fundamental del trabajo de grado. Consiste en la realización de una propuesta de diseño a nivel de ingeniería básica para un pequeño operador de telecomunicaciones. Para ello se estudia el diseño, planificación y dimensionamiento de una red FTTH basada en el estándar GPON, que permita ofrecer los servicios Triple Play (voz, video y datos) en la localidad de Mucuchies, ubicada en el municipio Rangel del estado Mérida.

Este proyecto cubre la propuesta de diseño, planificación y dimensionamiento tanto de la cabecera como de los dos primeros tramos de la red pasiva (red de alimentación y red de distribución). Es decir, queda fuera del alcance de este proyecto, considerándose como una futura ampliación del mismo, el despliegue detallado de la red de dispersión (último tramo de la red FTTH), al no conocer la distribución interna de cada uno de los edificios a los que se pretende dar servicio. No obstante, se procederá a presentar de manera esquemática ejemplos de cómo debería implementarse esta red en función de la estructura edificada.

Durante el desarrollo del proyecto se abordaran las distintas fases que comprende un proyecto de esta naturaleza. Se efectuará un análisis inicial de la zona objetivo para el despliegue de la red FTTH, teniendo en cuenta diversos factores, como pueden ser cartografía o datos catastrales. Por otro lado, se recogerá la solución técnica adoptada para el despliegue de la red, ahondando en la topología, en los equipos y las soluciones de ingeniería adoptadas para la implantación de dicha red.

4.1 ESCENARIO DE DESPLIEGUE

El escenario de estudio de la red FTTH es la localidad de Mucuchies, perteneciente al municipio Rangel, situado en el Estado Mérida, Venezuela. Según el censo de 2011, este municipio cuenta con una población de 19 008 habitantes y una extensión de 408 km². Limita al norte con los municipios Justo Briceño y Miranda, al sur con el Estado Barinas, al oeste con el Municipio Santos Marquina y al este con el Municipio Cardenal Quintero. Ver Figura 4.1

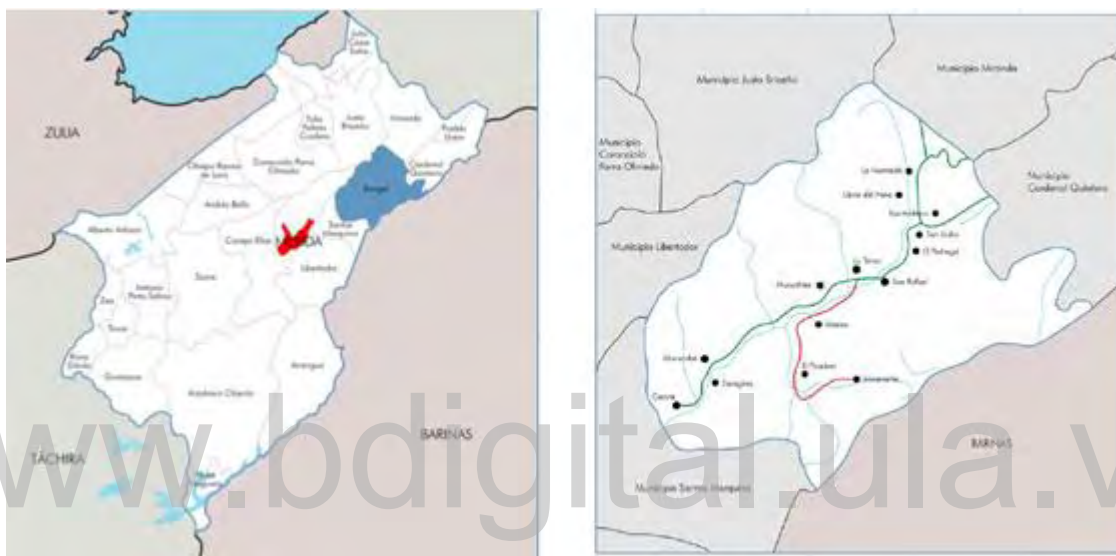


Figura 4.1. Mapa del Municipio Rangel del Estado Mérida.

En esta fase del proyecto no se cubrirá la totalidad del municipio, ya que hay zonas con baja densidad poblacional que quedan fuera de la zona objetivo. Poder alcanzar estas zonas con la red de fibra FTTH supone un gran incremento en los costes del proyecto, ya que son zonas alejadas del núcleo del municipio y/o zonas con baja densidad poblacional. Su situación geográfica las hace además estar alejadas de la central donde se alojarán los equipos que conformarán la cabecera de red.

En la figura 4.2, se puede observar la zona objetivo según prioridad. Es importante señalar que existen otras zonas aledañas a la localidad que no entran en la fase inicial debido a las razones antes mencionadas. En ese caso se estudiará la posibilidad de extender la red fibra hacia esa zona para optar a un mayor número de clientes potenciales.

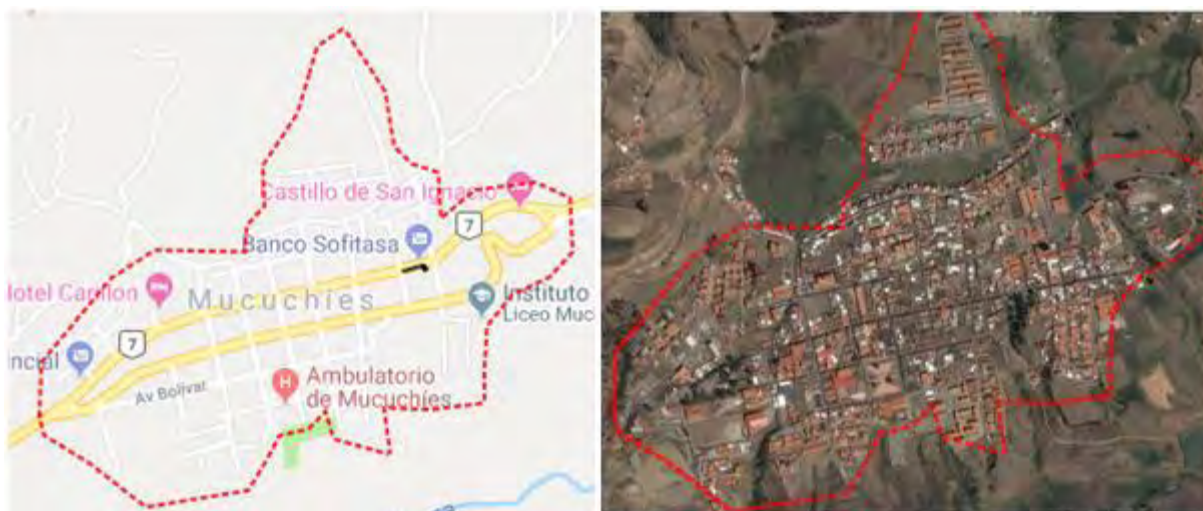


Figura 4.2. Poligonal de zona objetivo inicial.

Se trata, a priori, de una zona compuesta en su mayoría de parcelas que contienen viviendas unifamiliares, también se compone de algunos edificios multifamiliares de varias plantas. Adicionalmente, existen terrenos donde se ubican algunos edificios de oficinas ocupados por distintas empresas, y otras edificaciones para distintos propósitos.

4.2 PLANIFICACIÓN Y BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

En la elaboración del proyecto técnico se han realizado diferentes actividades de replanteo, consumiendo gran cantidad de tiempo, con el objetivo de conseguir la información necesaria de la manera más precisa posible. Estas actividades comprenden:

- La visita a la oficina de Catastro del Municipio.
- La navegación a través del Instituto Nacional de Estadística.
- Las visitas a la zona de involucrada en el diseño y trabajo de campo.
- Investigación a través de otras fuentes de información.
- Contabilización de viviendas a través del uso de Google Maps, aGIS y FiberMaps.

Todo esto ha permitido conocer, con un alto nivel de detalle, gran cantidad de información relativa a las características constructivas de la zona (el número de viviendas u oficinas por parcela, la distribución en planta externa de los postes a emplear, entre otros elementos).

En esta sección se completa el proceso de planificación, búsqueda de información y replanteo consiguiendo todos los datos relevantes para poder llevar a cabo, de manera óptima, el diseño y despliegue de la red. Se tratan, de esta manera, las características constructivas de la zona.

4.2.1 Tipología y concentración de las viviendas

Tras una tarea de investigación, se puede concluir que el área de despliegue es una zona con mediana densidad de edificaciones, compuesta por:

- Parcelas de viviendas unifamiliares. Es el tipo de edificación que predomina con gran diferencia en la zona. En algunas zonas existe la convivencia de edificios de bloques y conjuntos de unifamiliares, aunque su presencia es mínima.
- En la zona se encuentra una edificación perteneciente a la entidad financiera BBVA y otra correspondiente al banco Sofitasa.
- Se consideran como potenciales clientes a los centros comerciales existentes y en construcción.
- En la zona de interés se encuentra un Hospital público, un conjunto eclesiástico parroquial y algunas instituciones educativas, los cuales serán incluidos en la planificación del proyecto.

4.2.2 Número de clientes potenciales

En este paso, se contabilizó manzana a manzana el número de unidades inmobiliarias mediante la herramienta fibermaps, cada vivienda o local ubicado en edificios residenciales recibe el servicio por parte de la red GPON, puesto que así puede disfrutar de un servicio de banda ancha a un precio asequible. De esta manera, cada vivienda o local es considerado como potencial abonado de la red GPON, por lo que el concepto de vivienda y local se supone el mismo (usuario potencial de GPON) a efectos prácticos de despliegue de la red.

De la actividad antes descrita se logró recabar un total de 765 unidades de viviendas inmobiliarias, las cuales se pueden definir como potenciales clientes en una primera fase de despliegue, lo cual es una buena media para realizar un diseño y dimensionamiento de la red FTTH, es importante señalar que según datos proporcionados por la empresa Fiber Systems, ellos estiman conveniente tomar la proyección a 1200 clientes potenciales que podrían

ubicarse dentro de la poligonal en cuestión para este estudio, por tal motivo el diseño que acá se plantea está dimensionado de tal manera que pueda ser escalable, a futuro, en sus distintas áreas.

Debido a que la zona es bastante amplia y una tarea de planificación basada en un estudio sociocultural estadístico requeriría de una dedicación enorme con la visita vivienda por vivienda, y dado que fue muy difícil obtener estos datos de parte de las autoridades competentes, se ha tomado un índice de penetración inicial de un 25 por ciento, pues es el que se recomienda, normalmente, a un pequeño nuevo operador que pretende desplegar sus servicios de fibra. Se ha tomado este porcentaje como cierto, sin justificación mediante trabajo de planificación, y con él se trabaja en lo que sigue del documento.

Este porcentaje del 25 por ciento indica que se hace necesaria la implementación de una red escalable que permita su ampliación de una manera simple y sencilla, consumiendo los mínimos recursos posibles en un inicio. De esta manera, a lo largo de este caso práctico se dan las soluciones (elementos necesarios, esquemas de red y fibras activas, presupuesto, etc) para la solución inicial de un 25 por ciento de penetración, así como para una penetración total del 100 por cien que abastezca de servicio a todos los usuarios posibles.

4.2.3 Sectorización

Con los datos obtenidos sobre la zona en estudio se ha realizado una división de la población por manzana, las cuales se han reunido, en lo posible, en grupos de cuatro manzanas, llamados sectores. Se ha intentado que todos los grupos tengan el mismo número de UUII, pero debido a la irregular distribución de unidades inmobiliarias (UUII) es inevitable que cada sector tenga un número diferente de UUII. La división de cada sector ha sido realizada teniendo en cuenta su densidad poblacional, de ahí que la superficie geográfica difiera de unos sectores a otros. Por lo tanto se puede observar una densidad poblacional mayor en algunos sectores, y por tanto sectores geográficamente menos extensos.

Como resultado de este trabajo tenemos la siguiente sectorización, ilustrada en las Tablas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5:

Tabla 4.1. Zonificación de área cubierta por las CD dependientes de la Manga A.

Manga de Empalme A	Usuarios Potenciales por zona	Sector
Zona A.1	20	A 1-3
Zona A.2	10	UUIIs
Zona A.3	17	47
Zona A.4	12	A 4-7
Zona A.5	10	UUIIs
Zona A.6	23	45
Zona A.7	7	A 7-9
Zona A.8	50	UUIIs
Zona A.9	27	84
Total	176	176

Tabla 4.2. Zonificación de área cubierta por las CD dependientes de la Manga B.

Manga de Empalme B	Usuarios Potenciales por zona	Sector
Zona B.1	19	A 1-3
Zona B.2	14	UUIIs
Zona B.3	17	90
Zona B.4	40	
Zona B.5	16	A 1-3
Zona B.6	12	UUIIs
Zona B.7	12	47
Zona B.8	7	
Zona B.9	11	A 1-3
Zona B.10	8	
Zona B.11	5	UUIIs
Zona B.12	47	91
Zona B.13	12	
Zona B.14	8	
Total	228	228

Tabla 4.3. Zonificación de área cubierta por las CD dependientes de la Manga C.

Manga de Empalme C	Usuarios Potenciales por zona	Sector
Zona C.1	16	A 1-3
Zona C.2	8	UUIIs
Zona C.3	7	
Zona C.4	7	
		38
Zona C.5	13	A 5-8
Zona C.6	9	UUIIs
Zona C.7	12	
Zona C.8	10	44
Zona C.9	12	A 9-14
Zona C.10	35	
Zona C.11	10	
Zona C.12	19	
Zona C.13	25	120
Zona C.14	19	UUIIs
Total	202	

Tabla 4.4. Zonificación de área cubierta por las CD dependientes de la Manga D.

Manga de Empalme D	Usuarios Potenciales por zona	Sector
Zona D.1	11	D 1-10 UUIIs
Zona D.2	10	
Zona D.3	4	
Zona D.4	8	
Zona D.5	15	
Zona D.6	7	
Zona D.7	10	
Zona D.8	9	
Zona D.9	5	
Zona D.10	3	
Total	82	82

Tabla 4.5. Zonificación de área cubierta por las CD dependientes de la Manga E.

Manga de Empalme E	Usuarios Potenciales por zona	Sector
Zona E.1	12	E 1-8 UUIIs 77
Zona E.2	8	
Zona E.3	8	
Zona E.4	12	
Zona E.5	11	
Zona E.6	6	
Zona E.7	10	
Zona E.8	10	
Total	77	77

Una vez realizada la sectorización es necesario establecer algunos parámetros de diseño, que permiten sentar las bases para un dimensionamiento acertado de la red, los mismos son los siguientes:

- **Ubicación de la cabecera de red:** Es importante definir la ubicación donde se instalará la OLT, es decir la central óptica, ya que la misma será el origen de toda la red GPON. En este caso, la cabecera de red se encuentra en la Av. Carabobo entre calle Espari y calle Uzcatégui.
- **Tipo de troncal:** inicialmente se propone una alimentación tipo estrella debido a que es la que ofrece una prestaciones óptimas al menor costo posible, sin embargo en el futuro, se pudiera optar por tener una red troncal en anillo, puesto que es la que brinda una mayor robustez al sistema, este nivel de redundancia, elevaría los costos de la red.
- **Cajas de Abonado:** Asesorado por el diseñador, en localidades con manzanas o agrupaciones de viviendas grandes, es recomendable el uso de cajas de 16 acometida. Por el contrario, en localidades de pequeñas calles con agrupaciones de viviendas pequeñas, es recomendable el uso de cajas de abonado de 8 acometidas. En este proyecto, siendo Mucuchies una localidad con manzanas de bajo número de UUIIs, se usarán cajas de 8 acometidas.
- **Área de Despliegue:** Área de cobertura de la red FTTH. Por criterios económicos, no se suele desplegar toda la localidad, aunque sí tener en cuenta la capacidad de la alimentación, para que pueda abarcar el 100% de la localidad.

Antes de abordar el diseño detallado de la red, es importante señalar algunas consideraciones, que son útiles y necesarias al momento de esbozar el esquema de la misma. Las recomendaciones que se presentan a continuación muestran el orden en el cual deben ser aplicadas al momento de comenzar nuestro diseño.

a) Prediseño de Alimentación: Es necesario en este paso tener una visión conjunta del proyecto a realizar, pues una vez estudiada la morfología de la localidad, así como la situación de la central, se perfilará un posible recorrido de la red troncal, aunque no definitivo, que ayudará a posicionar correctamente las cajas de abonados y las cajas de distribución de forma que se optimice el despliegue de cableado. Normalmente, la red de alimentación suele ir por vías principales, aunque analizando la morfología de la localidad no es difícil de determinar. Además, se puede usar como referencia la red de alimentación de los operadores nacionales para el despliegue de la alimentación de la red de proveedor local.

b) Ubicación de Cajas de Abonado: Se procederá a colocar las Cajas de Abonado (CA), manzana a manzana. Para ello se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- Es recomendable situarlas donde las tiene la Compañía Nacional de Telecomunicaciones., aunque no es imprescindible.
- La longitud de las acometidas no deben superar los 70 ó 100 metros horizontales. No obstante puede usarse acometidas mayores si se consigue un ahorro considerable de cajas de abonado.
- Las acometidas aéreas no son recomendables, pero pueden usarse en casos puntuales. Además, puede colocarse cajas de abonado en pedestales, atendiendo siempre al área de influencia de estos.

c) Ubicación de Cajas de Distribución – Subtroncal: Las Cajas de Distribución (CD) engloban a las cajas de abonado (CA). Lo ideal es que recoja la misma cantidad hacia cada lado. En la medida de lo posible se evitará que unan números impares en una misma línea, porque por acumulación de reservas, supondría pasar de un cable de 12 FO a un cable de 24 FO, por ejemplo.

El primer paso es trazar el cable de distribución que irá uniendo las distintas cajas de abonado. Es recomendable empezar por el exterior del pueblo e ir moviéndose hacia el centro. Este proceso es reiterativo ya que existen múltiples soluciones para ir uniendo las cajas, y es necesaria encontrar la mejor en cada uno de los grupos.

Para desplegar los cables de distribución es recomendable el recorrido de cobre existente, aunque se puede seguir cualquier trazado siempre que se compruebe que no hay cables en esa fachada. Debe evitarse en la medida de lo posible la colocación de cajas de empalme. Para ello, se puede mover las cajas de abonado para que ellas mismas actúen de cajas de empalme.

Las cajas de distribución deben colocarse lo más centradas posibles, y donde exista bifurcaciones de cableado para evitar cajas de empalme. En las cajas de abonado de interior, se debe tener en cuenta que el cableado que entre a un edificio, no puede volver a salir, y lo mismo ocurre con las cajas de abonado en pedestales. Con agrupaciones de interiores o pedestales, se deberán de usar cajas de empalme por esta razón.

- d) Ubicación de Mangas de empalme – Troncal:** Cada manga de empalme recogerá un máximo de cajas de distribución. Lo ideal es que recoja la misma cantidad hacia cada lado. No obstante, si agrupar el máximo de cajas de distribución exige un recorrido muy largo de subtroncal, se permite colocar más mangas de empalme aunque recojan menos de la cantidad máxima de cajas de distribución.

Debe comprobarse que la fachada donde se coloca la manga, no es una fachada limpia, ya que si no, será difícil que el vecino autorice la nueva instalación. Los criterios de trazado son los mismos que en el caso anterior para la distribución.

- e) Trazado definitivo de Alimentación:** La troncal debe unir a las mangas de empalme con la central. Ahora sí, se traza la alimentación final. Es importante que una vez terminado todo el trazado, se verifique el mismo. La visión completa puede ayudar a mejorar la distribución o ubicación de las mangas para ahorrar cable.
- f) Etiquetado:** Se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La numeración de fibras de central debe ser única. Es decir, si desde central salen dos ramales, en uno irá las fibras 1-10 y en el otro de la 11-20 por ejemplo.
- La reserva en CA debe ser la siguiente: 1 fibra activa para el primer divisor, las fibras necesarias para los divisores en segunda instalación, y otra fibra extra que no se refleja como reserva, sino destinada para otros usos.
- La reserva de las CD será exigido por las CA a las que le da servicio.

Además el orden para etiquetar es el siguiente:

1. Mangas de empalme.
2. Cajas de Distribución.
3. Cajas de Abonado.
4. Cajas de Empalme.
5. Cables de Distribución.
6. Cables de Subtronal.
7. Cables de Troncal.

4.3 DISEÑO DE RED

Tal y como se ha estudiado, el estándar GPON recomienda un nivel de división máximo de 1:64 por cada fibra de central, esto asegura las pérdidas máximas soportadas para el correcto funcionamiento, dentro de unos márgenes de ruidos adecuados. Este nivel a su vez puede dividirse en dos subniveles jerárquicos que determinarán la topología de red.

Es importante señalar lo siguiente, la tasa de splitteo constituye un elemento fundamental en el diseño de la red, pues el mismo determinará la ubicación de los centros de distribución, la colocación de las cajas de abonado y la cantidad de cable a utilizar en las distintas áreas que conforman la red. Para seleccionar los niveles y la relación que deben tener los divisores ópticos es necesario considerar dos aspectos esenciales, uno es la densidad poblacional de las UUIIs y otro muy importante es conocer los servicios que se van a entregar al abonado, según el modelo de negocio que establezca la compañía de servicios.

Ahora bien; en este punto es importante realizar un análisis respecto a los servicios que se pueden ofrecer en este tipo de redes. La convergencia de los servicios de video, voz y datos ha dado origen a un nuevo concepto conocido como “Triple play”, bajo este precepto comulgan

bajo una misma plataforma (FTTH) estos tres servicios, tal y como se ha expresado anteriormente, por tal motivo es importante tener en cuenta la demanda de ancho de banda que supone llevar cada uno de estos servicios al usuario final.

En este punto se pueden realizar algunas estimaciones y proyecciones sobre la demanda de ancho de banda que supone cada uno de estos servicios:

- **Proyección para servicio de Datos:** El intercambio de información por medio de redes del tipo P2P, el crecimiento de los juegos on-line, aplicaciones en telemedicina y unidades del tipo SOHO pronostican la necesidad de un ancho de banda elevado. Ancho de banda previsto: 15 Mbps.
- **Proyección para servicio de Video:** A futuro se planifica brindar el servicio HDTV con un estándar de tasa de compresión de datos de 20 Mbps por canal de alta definición y un promedio de 3 TV por hogar. Ancho de banda previsto: 60 Mbps.
- **Proyección para servicio telefónico:** Este servicio no representará un problema en cuanto al ancho de banda a utilizar, existen CODECs cuyo ancho de banda es menor a los 64 Kbps. Ancho de banda previsto (servicio básico): 128 Kbps, Ancho de banda previsto (servicio video llamada): 384 Kbps.

Estas proyecciones realizadas por el Ingeniero Miguel Lattanzi, a través de IEEE Argentina, son bastante conservadoras, pues estiman una demanda de 75 Mbps por hogar, sin embargo son significativas al momento de planificar y diseñar redes de FTTH, ya que las mismas permiten establecer un criterio más sólido sobre la vida útil que tendrá la red que se diseñará, pero también es importante conocer con la mayor profundidad posible, el comportamiento de los usuarios en la zona dónde se ejecutará el proyecto; es decir, conocer el patrón de consumo promedio por hogar. Debido a que no se tiene la información detallada de la zona respecto a estos elementos, y en el entendido de que realizar este trabajo supondría una inversión de tiempo considerable y al mismo tiempo tal actividad no es parte central de este estudio, se acude entonces al uso de estudios realizados por parte de otras empresas a nivel mundial, los cuales permiten realizar algunas aproximaciones en cuanto a las tendencias de consumo que podría tener la zona en desarrollo, de tal forma que la red que se diseña, pueda cumplir con un crecimiento escalable en el tiempo sin mayores contratiempos. Está claro que para disfrutar

del servicio triple play, será necesaria una conexión a Internet de banda ancha de muy buena capacidad, pues en ella se cimenta todo el servicio.

La respuesta a cuántos megas son necesarios no es sencilla: depende del hogar y del uso que haga de internet. La complejidad aumenta aún más cuando se intenta hacer una proyección de cuántos megas harán falta dentro de 10 años. Esto sin duda ha abierto el campo para establecer un debate sobre este importante tópico, BSG, una asociación británica integrada por operadores de telecomunicaciones, fabricantes, productores de contenido y administraciones públicas, ha sido una que ha aperturado este tema de discusión y ha presentado un modelo bajo el cual establecen métodos para realizar la estimación de la demanda.

Según los cálculos de BSG, un hogar medio (británico) necesitará para 2023, entre 15 Mbps y 19 Mbps de banda ancha. El 10% de los hogares demandará 30 Mbps o más, mientras que el 1% de los hogares con un uso más intensivo necesitarán 35 Mbps.

BSG ha utilizado en su análisis 3 tipos de hogares: desde el hogar con 1 única persona y un uso bajo de internet hasta el hogar con 4 adultos, TV 4K y uso intensivo de internet. También ha asumido ciertos “umbrales de tolerancia”, como una espera de 3 segundos para que se cargue una web o 10 minutos para que se descargue un programa.

Por último, se sabe que la necesidad de ancho de banda no es siempre la misma a lo largo de todo el día o de todo el mes. BSG ha excluido los 4 minutos en los que más ancho de banda necesita un usuario porque asume que esa demanda pico no condiciona la necesidad de ancho de banda del resto del mes.

- **Nivel de Splitter**

En conformidad con los aspectos antes señalados, los cuales deben ser considerados en el diseño de la red, es necesario explicar en detalle los distintos niveles de splitteo más empleados por las compañías de despliegue, para así justificar a cada uno de ellos:

- **Nivel 1:4 – 1:16:** La red cuenta con dos subniveles de división. En primer lugar, delimitando la red de alimentación de la red de distribución, se tendrá el subnivel de división 1:4. Para cada una de las 4 fibras vivas generadas en este subnivel de división, que pertenecerán a la red de distribución, se le volverá a agregar otro subnivel 1:16 en

las cajas de abonado, o cajas de terminación óptica. Cada una de estas 16 nuevas salidas vivas, pertenecerán a un abonado concreto, conectado al equipo ONT mediante un cable llamado acometida. Ver Figura 4.3

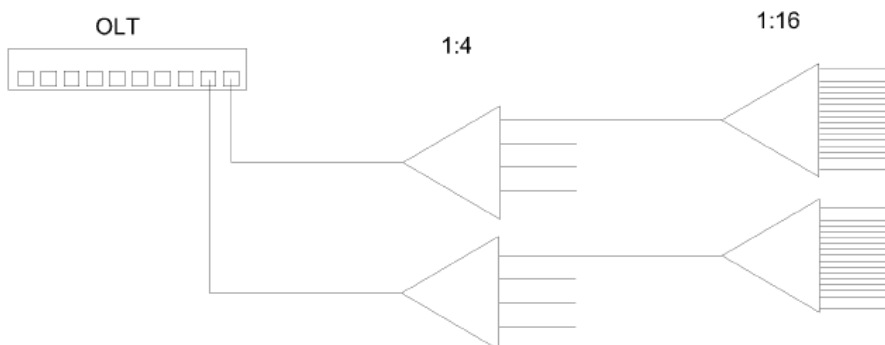


Figura 4.3. Esquema de splitteo 1:4 y 1:16.

- **Nivel 1:8 – 1:8:** Delimitando la red de alimentación y distribución, se encuentra el primer subnivel de división 1:8. Para cada una de estas nuevas 8 fibras pertenecientes a la red de distribución, se les agregará otro nivel de división 1:8 en las cajas de abonados. Cada nueva salida de 8, irá asociado a un abonado a través de un cable acometida. Ver Figura 4.4

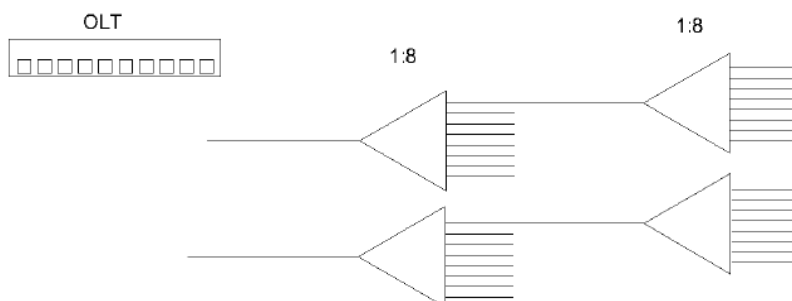


Figura 4.4. Esquema de splitteo 1:8 y 1:8.

Mientras que la subdivisión 1:4-1:16 es óptima para núcleos de alta densidad de población (alta verticalidad), la subdivisión 1:8-1:8 será óptima para redes con baja densidad de población, donde con una fibra de central, se pretende dar servicio a una extensa superficie de viviendas unifamiliares (baja verticalidad).

En este caso, como se pretende dar servicio a un pequeño núcleo de población de baja densidad, donde abundan las viviendas unifamiliares y escasean los bloques de viviendas, es

conveniente usar una topología 1:8-1:8. Los grandes operadores nacionales en otros países presentan planes de despliegue que contemplan el diseño de grandes núcleos de población, por ello usan la topología 1:4-1:16. Con cualquiera de estas combinaciones se puede entregar un total de 40 Mbps a cada usuario.

Por otra parte, si se quiere aprovechar un poco más las bondades de la tecnología GPON, se pueden usar combinaciones que resulten en un total de 128 usuarios por puerto PON de la OLT, implicando esto que los mismos puedan tener hasta 20 Mbps de ancho de banda disponibles en su ONT. Para lograr esto se puede utilizar la relación de 1:16 en el splitter de primer nivel y 1:8 en el segundo nivel de splitteo.

4.3.1 Diseño y Dimensionamiento de la Cabecera Óptica.

La cabecera de nuestra red FTTH, deberá tener asignados espacios de la Sala de Operadores (CO) dentro de la Central de Mucuchies. La sala se encuentra en la segunda planta de la edificación. Cada huella o espacio debe contar con unas dimensiones de 60 x 30 cm.

- **Dimensionamiento de OLT**

Según el diseño propuesto para cubrir la demanda potencial de 765 abonados, tal y como se ha mencionado, inicialmente en la zona se ubicarán 9 centros de distribución en los cuales se encontrarán como máximo 2 splitters, es importante señalar para el dimensionamiento que a cada splitter le corresponde un hilo de fibra activa y uno de reserva, cada divisor perteneciente a cada CD tendrá asociado un puerto GPON de la OLT, por esta razón se optó por seleccionar 3 OLTs Standalone GPON FK-OLT-G86 del fabricante Furukawa, cuya codificación es la 35510249, este equipo cuenta con 8 puertos de servicio GPON, posee alimentación AC/DC redundante y tiene una capacidad para hasta 1024 ONTs, teniendo así una disponibilidad de 24 puertos GPON, de los cuales 9 inicialmente estarán activos y los demás se dejarán como respaldo ante averías técnicas y para futuras ampliaciones de la red. En el Anexo A, se muestran las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante del equipo.

- **Alimentación eléctrica de la OLT:** La alimentación eléctrica se hará, en modo normal, a través de una fuente de alimentación AC para OLT STANDALONE G8S, código 35510191. Cada concentrador óptico permite el uso de hasta dos fuentes de

alimentación (con CA o CC) en modo de redundancia. Para casos de emergencia, donde falle la alimentación eléctrica principal entrará en acción el módulo con código 35510192, el cual es una fuente de alimentación DC para la misma OLT.

- **Dimensionamiento de ODF**

Se propone el uso del modelo DIO BT 48, el mismo es un distribuidor óptico para rack con capacidad para hasta 48 empalmes en 1U. Tiene función de almacenamiento y gestión de cables (incluso pre-conectorizado) y cordones ópticos, el mismo es fabricado por la empresa Furukawa, código 35260060, DIO BT 48 48F SM SC-APC – Telcordia. Ver anexo A

- **Dimensionamiento de Cabecera de TV, Servidores y Switch**

Analizando las ventajas e inconvenientes de las opciones disponibles en cuanto a los sistemas de TV, se ha decidido por diseñar la red haciendo uso exclusivamente del sistema IPTV. Además de las ya citadas ventajas frente al sistema RF Overlay, cabe destacar un ahorro en el despliegue de la red GPON ya que no es necesario la compra de equipos y recursos en cabecera como: Video TX, EDFA, Huella, Rack...

Para poder implementar el sistema IPTV solo es necesario un servidor de TV en la cabecera conectado a la OLT mediante un switch. A continuación se presenta la recomendación de algunos equipos:

- **Switch agregación red troncal y Router:** Se hace uso de un switch L3 capaz de agregar el tráfico de sus diferentes puertos, a la vez que es capaz de hacer funciones de router, para la salida a la red troncal de internet. Se tienen así las funciones de enrutado y de agregación integradas en un mismo dispositivo. El modelo seleccionado será el ME-3600X-24TS-M de la compañía CISCO.
- **Servidores:** se utilizarán servidores para ofrecer distintos servicios. Se incluye aquí además el switch de agregación al servidor de gestión, en primer lugar se propone el uso de un servidor del fabricante DELL, donde instalará el software para la gestión de la red de planta externa (EMS). El modelo empleado será el DELL PowerEdge R815, especialmente diseñado para la informática de alto rendimiento y de alta fiabilidad, mientras que el switch de agregación será de prestaciones inferiores al seleccionado para conectar con la troncal de internet. Será necesario que tenga una alta capacidad de

switching para un servicio óptimo de la gestión de la red. El modelo seleccionado ha sido SB SG300-24, del fabricante CISCO.

En lo concerniente a los equipos para VOIP y VOD se ha propuesto lo siguiente: Para el servicio de voz se ha seleccionado el Softswitch Cisco BTS 10200 del fabricante CISCO, disponible para su instalación en rack, este permite una gran cantidad de familias de protocolos, tales como: SIP, H.323, Gateway control, Enterprise, SS7 entre otros. Para el servicio de televisión por IP y Video On Demand se ha seleccionado el equipo IPTV Combine 8x, del fabricante NETUP, algunos de los servicios que ofrece este equipo son los siguientes: VoD + nVoD server, DvB to IP Gateway: 8 DVB + 8 CI, Middleware, IP STB Firmware update server, DHCP, DNS, IGMP querier.

- **Equipos de alimentación:** Debido a que este proyecto fin de carrera no se centra en la descripción detallada de estos equipos y con el objetivo de no extender más aún este documento, se indica únicamente que se utilizan equipos de alimentación ininterrumpida del fabricante APC (SAI APC SMART UPS), que ocupan 2 unidades de rack, un generador alimentado con combustible por si fallase la electricidad durante mucho tiempo y un convertidor para poder alimentar los equipos de telecomunicaciones a 48 Vcc.
- **Equipamiento de seguridad y acondicionamiento de la sala:** Debido a que este proyecto fin de carrera no se centra en la descripción detallada de estos equipos y con el objetivo de no extender aún más este documento, se indica únicamente el tipo de equipos que se utilizará, sin ahondar en detalles. Como se ha indicado con anterioridad, para la protección contra incendios se necesita pintura no propagadora del fuego para las paredes y sistemas de extinción por gas. Además, para la protección contra posibles intrusos se empleará un circuito cerrado de televisión (CCTV), que consistirá en una combinación de cámaras de video vigilancia IP, y alarmas. Se utilizarán también sistemas de telecontrol, para evitar la visita a cabecera tras una incidencia leve, y de climatización, para mantener unos niveles de temperatura y humedad óptimos para el correcto funcionamiento y mantenimiento de los equipos, para conocer en detalle las consideraciones a tener en cuenta respecto a estos sistemas, se recomienda usar la norma TIA/EIA 942, relacionada con el diseño de centros de datos.

4.3.2 Diseño y dimensionamiento de la Red de Alimentación

La red de alimentación es el tramo de la red FTTH comprendido entre la cabecera GPON y el splitter de primer nivel. Cada splitter de primer nivel dará servicio a un número de splitters de segundo nivel, por tanto es importante la colocación de dichos splitter para tener un reparto el número de UUII de un modo equitativo en la medida de lo posible. Puesto que este reparto de UUII se hace en una fase anterior, en la fase conocida como Sectorización ya explicada, en el diseño de la red de alimentación nos centraremos en elegir la ubicación de los splitters de primer nivel atendiendo a factores tales como:

- **Máxima utilización de las infraestructuras existentes:** se debe evitar la necesidad de obra civil. Éste es el factor más influyente a la hora de decidir sobre el diseño de la red de alimentación. La obra civil es un proceso costoso (económicamente y en términos de tiempo) y laborioso debido a la necesidad de muchos recursos tanto humanos como mecánicos. Además suele presentar muchos bloqueos en el despliegue por el requerimiento de licencias y otros documentos oficiales que se demoran en el tiempo debido a los trámites burocráticos y los tiempos establecidos por la Ley y los organismos competentes.
- **Colocación equidistante de los splitter de segundo nivel:** Aunque la fibra óptica presenta unas características que nos permiten abarcar grandes distancias sin sufrir una degradación importante de la señal, debemos tener en cuenta la situación de los splitter de segundo nivel para que la distancia entre dichos splitters y el splitter de primer nivel no difiera mucho entre los distintos casos. Evidentemente, la utilización de la infraestructura existente será un factor de más peso a la hora de diseñar la red de alimentación, y en ningún caso se realizará obra civil para cumplir con este factor.
- **Colocación equidistante de las Mangas de Empalme:** se colocarán mangas de empalme con opción de segregación para el cable troncal, esto con el fin de realizar ramificaciones que terminarán alimentando a los splitter de primeros niveles ubicados en las CD.

- **Dimensionamiento del Cable troncal de F.O**

Los cables usados en la red de alimentación son cables de alta densidad. En este caso, se propone usar dos cables de 24 hilos de fibra óptica, para tendido aéreo, tomando las referencias del fabricante Furukawa se recomienda usar cualquiera de los siguientes:

- Cable óptico CFOA-AS TS totalmente seco y autosoportado para vanos de hasta 200 metros - modelo FIC.
- Cable PowerGuide® Vano Corto DT.
- Cable óptico ADSS CFOA-X-ASY-G 24 hilos de fibras.

Para obtener mayores detalles sobre el cable troncal seleccionado, se recomienda revisar el anexo B.

- **Dimensionamiento de mangas de empalme y cable subtroncal**

Las mangas de empalme o torpedos usados para la ramificación del cable troncal, en cables de subtroncal son del tipo aéreo, en la propuesta inicial de este diseño se recomienda usar 5 mangas del tipo FK-CEO-4T, del fabricante Furukawa, según el mismo la mínima cantidad de empalmes por bandeja es de 24. Desde las mangas, a las cajas de distribución/derivación se emplearán cables de 06 fibras ópticas. Las cajas de distribución llevarán implementados dos divisores con tasa de splitteo de 1:8 que establece el primer nivel de splitteo de red. Las opciones para cables de subtroncal son las siguientes:

- Cable óptico ADSS CFOA-X-ASY-G 06 Fibras.
- Cable óptico ADSS RA 06 Fibras.

Las opciones para el cable subtroncal propuestas se aprecian con detalle en el anexo C.

4.3.3 Diseño y dimensionamiento de la red de distribución

En la red de distribución se ubicarán 9 cajas de distribución (CD) con un máximo de 2 splitter con tasas de división 1:8, con esto se pretende cubrir la demanda de cuatro zonas con una CD, la capacidad de cada caja de distribución será la de conectar 16 cajas de abonado compuestas por un splitter con tasa de división óptica de 1:8, es decir que bajo esta configuración inicial, se tendrá la capacidad de abordar entre 16 y 32 posibles suscriptores por zona.

Para llevar a cabo este cometido con éxito se propone utilizar las cajas de distribución desarrolladas por la empresa Furukawa, modelo FK-CTO-16MC, las cuales incluyen dos splitter con relación 1:8 y son una solución preconectorizada, lo cual sin duda facilita las labores de instalación y disminuye los costos de la misma. Ver anexo C

Con respecto al cableado que se utiliza en este tramo de la red, se proponen los siguientes:

- Cable Óptico Drop Slimconnector Fig.8 Low Friction 01F GRIS - Rollo 300 m.
- Cable Óptico Drop Low Friction metálico ET 3312 - Carrete de 1000 m ó 500 m.
- Cable óptico Drop FTTH (Loose Tube) ET 1667 - Carrete de 2000 m.
- Cable óptico ADSS ET 1105 (seco y relleno) y ET 3189 (totalmente seco) 02 Fibras.
- Cable óptico ADSS RA ET 1249 02 Fibras.

4.3.4 Diseño y dimensionamiento de la red de dispersión

Está representa el tramos que va desde la caja de distribución, a la caja de abonado. Cada caja de distribución, puede agrupar hasta 16 cajas de abonado. Se emplearán cables de 02 fibras ópticas. Las cajas de abonado, serán cajas terminales de red. Las cajas de abonado (ya sean de 8 o 16), llevarán implementado el segundo nivel de división de relación 1:8. En el momento del alta, el técnico conectará una estas cajas a la ONT mediante un cable acometida que se recomienda no supere los 150 metros, sin embargo puede superar esta distancia.

Las cajas de abonado permiten conectar un segundo cable de F.O. permitiendo que la red de distribución no tenga que ser “lineal”, sino que una caja de abonado puede ramificar esta, haciendo que los diseños sean más óptimos y económicos.

La reserva, o también llamado arrastre, es un conjunto de fibras aparte de la fibra viva u operativa, que se dejarán conectadas en las cajas de distribución y en las cajas de abonado. Estas fibras pueden emplearse en un futuro para atender posibles ampliaciones de la red, o simplemente como fibras secundarias en caso de fallar las principales en la red.

Señalar que a las cajas de distribución se les puede implementar hasta 3 divisores 1:8, mientras que a las cajas de abonado se le podrá implementar 1 divisor en caso de ser cajas de 8 acometidas, o 2 divisores en caso de ser cajas de 16 acometidas. No obstante, en primera

instalación (diseño), solo se implementará un divisor en cada una de ellas, pero hay que tener claro el número de divisores máximo para asimilar correctamente los arrastres correspondientes y el uso de estos según la caja. Los equipos recomendados para esta etapa de la red son (ver anexo D):

1. Cajas de abonado:

- Caja de terminación óptica pre - conectorizada FK-CTOP-16P.
- Caja de terminación óptica pre – conectorizada FK-CTOP-L 8P.

2. Cables:

- Cable Óptico Drop Slimconnector Fig.8 Low Friction 01F GRIS - Rollo 300 m.
- Cable Óptico Drop Low Friction metálico ET 3312 - Carrete de 1000 m ó 500m.
- Cable óptico Drop FTTH (Loose Tube) ET 1667 - Carrete de 2000 m.

Debido a que no se conoce la distribución interna de cada edificio, no ha sido posible diseñar la red de dispersión a detalle. Se recomienda en primer lugar analizar la estructura de cada edificio y posteriormente llevar a cabo la instalación. Si dispone de ICT (Infraestructura Común de Telecomunicaciones), el tendido de fibra correspondiente a la red de dispersión debe realizarse a través de esta infraestructura.

En caso contrario, deber observarse si existe alguna canalización subterránea aunque no se trate exactamente de una infraestructura de ICT. Si tampoco posee, se procederá al despliegue aéreo por fachada.

Se deja el diseño detallado de la red de dispersión como una actividad de ampliación de este proyecto. Sin embargo, en lo que sigue, se intenta dar algunos datos y esquemas de cómo podría distribuirse esta red.

- **Para el caso de los edificios con ICT:**

A la salida de los splitters situados en la caja de acceso al edificio principal de cada área, ubicado en el RITI (Recinto de Instalaciones de Telecomunicación Inferior) del mismo, se conectarán cables riser de fibras ópticas, que discurrirán por las canalizaciones ICT hacia cada uno de los RITI de los edificios que componen la finca. El cable riser es un cable ultra flexible

de bajo diámetro, fácil manipulación y sangrado, basado en micromódulos sin gel. Es entonces cuando se desplegarán las tiradas verticales de fibra desde el RITI de cada edificio hasta las viviendas.

El procedimiento general de diseño que suele contemplarse en este tipo de proyectos, consiste en tender cables desde el RITI hasta las viviendas, subiendo a través de la canalización ICT. Este tipo de canalización, cuenta con trampillas o accesos en cada planta del edificio, generalmente situadas en las escaleras de acceso a las viviendas. En dichos accesos se realiza la instalación de unas cajas denominadas cajas de derivación por planta, que permiten realizar el sangrado del cable vertical. Este tendido se denomina tendido primario.

El sangrado del cable por caja de derivación, consiste en cortar aquellas fibras dedicadas a los usuarios de las viviendas existentes en dicha planta, empalmando con los cables monofibras, que constituirán el tendido secundario. En estos diseños se reserva una fibra para cada vivienda particular, de tal forma que suben por la vertical (en el riser), al menos, tantas fibras como viviendas para garantizar el servicio a cualquier usuario del edificio.

De esta manera, a lo largo del proceso de alta de un usuario en el servicio, se contabilizarán un total de 2 empalmes mecánicos o fusiones (RITI del edificio y caja de derivación por planta) y la conexión entre la roseta óptica y la ONT. Un esquema simple podría ser el de la Figura 4.5:

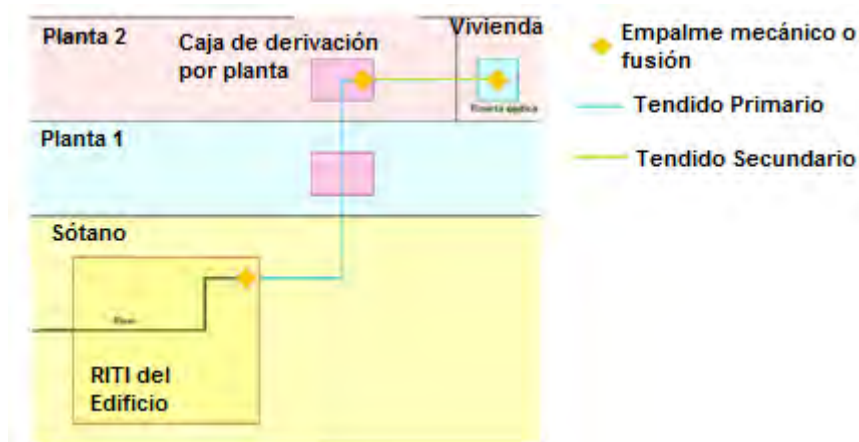


Figura 4.5. Esquema de cableado en F.O para edificios con ICT.

- **Para el caso de los edificios sin ICT:**

Es un poco más complicado mostrar un esquema de conexión para este tipo de edificios, puesto que, como se ha comentado, sería necesario realizar un estudio de las infraestructuras existentes en cada edificio para adecuar la instalación a la estructura. Se accedería por el sótano, ya que se ha observado que los edificios constan de uno. De esta manera se conseguiría que la estética del edificio no se vea afectada, cosa que ocurriría si se optase por el despliegue común de fibra óptica por fachada. Una vez dentro del edificio, se prevé hacer un despliegue por patio interior, ya que la mayoría de los edificios tienen una cara que no da a la calzada. Podría subirse el cable de fibras hasta la azotea y hacer la distribución a través de la misma, utilizando cajas de terminación óptica y cables monofibra para las acometidas de usuario. Ver Figura 4.6

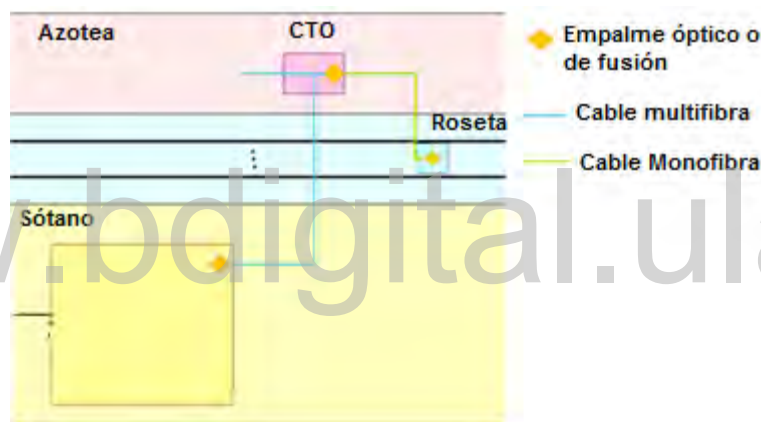


Figura 4.6. Esquema de cableado en F.O para edificios sin ICT.

Si bien es cierto que se ha dejado claro que la red de terminación, correspondiente a la conexión de cada usuario en particular queda fuera del alcance de este proyecto debido a los argumentos antes señalados, es importante en este punto, abordar las características de los equipos que pueden usarse al momento de llevar a cabo la conexión en casa de los abonados.

Por lo tanto, a continuación se detallan los elementos que se recomiendan para ejecutar con éxito tal actividad; los equipos que acá se proponen son extraídos del catálogo más reciente de la empresa Furukawa para la fecha en que se realiza la propuesta, en este punto es importante señalar que los mismos pueden estar sujetos a cambios y la marca de los equipos que aquí se mencionan son simplemente una recomendación; es decir, los mismos pueden ser sustituidos

por equipos de otros fabricantes, siempre y cuando entreguen las prestaciones suficientes y necesarias para el óptimo desempeño de la red.

- **Equipos de Terminación para viviendas unifamiliares.**

Los elementos necesarios en la casa del cliente, que se proponen en el presente proyecto son los siguientes:

- **Roseta Óptica o punto de terminación:** Punto de terminación de la red óptica (4x2 pulgadas) utilizado para hacer la transición entre el cable de fibra óptica del ambiente externo para el cordón óptico que llevará la señal hasta el equipo final a ser utilizado en el ambiente interno. Capacidad de terminación de hasta 2 fibras y compatible con conector de campo. Hecho en plástico de alta resistencia. Los modelos disponibles por parte de esta empresa son: Roseta Óptica 2P 4x2 Superposición – Blanco, código 35250168, Roseta Óptica 2P 4x2 Superposición con 1 Adaptador SC-APC Shutter – Blanco, código 35250036, Roseta Óptica 2P 4x2 Superposición con 2 Adaptadores SC-APC Shutter – Blanco, código 35250037 y la Roseta Óptica Compacta J428N que está diseñada para la terminación del cable drop o interior con Conector EZ! SC – Conector Instalable en el Campo.
- **EZ! CONNECTOR:** Conector de montaje en campo que dispensa el uso de máquina de fusión, pulimento o epoxi.
- **Cordón Monofibra Conectorizado:** Cordón óptico dieléctrico constituido por una fibra óptica del tipo monomodo. Es indicado para interconexiones internas en redes de acceso FTTx.
- **ONTs:** Este equipo es el encargado de recibir la información emitida desde la central óptica y convertirla para que se dispuesta por el abonado en la forma disponible que prefiera, para este caso se propone el uso de cualquiera de los siguientes equipos: GPON FK-ONT-G400R, este es un modem óptico basado en el estándar GPON, la otra opción se trata de un Modem óptico GPON modelo FK-ONT-G420W, este posee 4 puertos Gigabit Ethernet, 2 puertos pots y Wi-Fi.

- **Equipos para despliegue de fibra óptica en Edificios Multifamiliares.**

En este apartado se presentan algunas propuestas de equipamiento para las edificaciones verticales, es decir, para los conjuntos de viviendas multifamiliares que se pueden abordar, para brindar los servicios Triple play antes mencionados. Las soluciones que aquí se presentan son soluciones de vanguardia, las mismas vienen clasificadas en soluciones conectorizadas y no conectorizadas, tal y como se ejemplifica en la Figura 4.7.

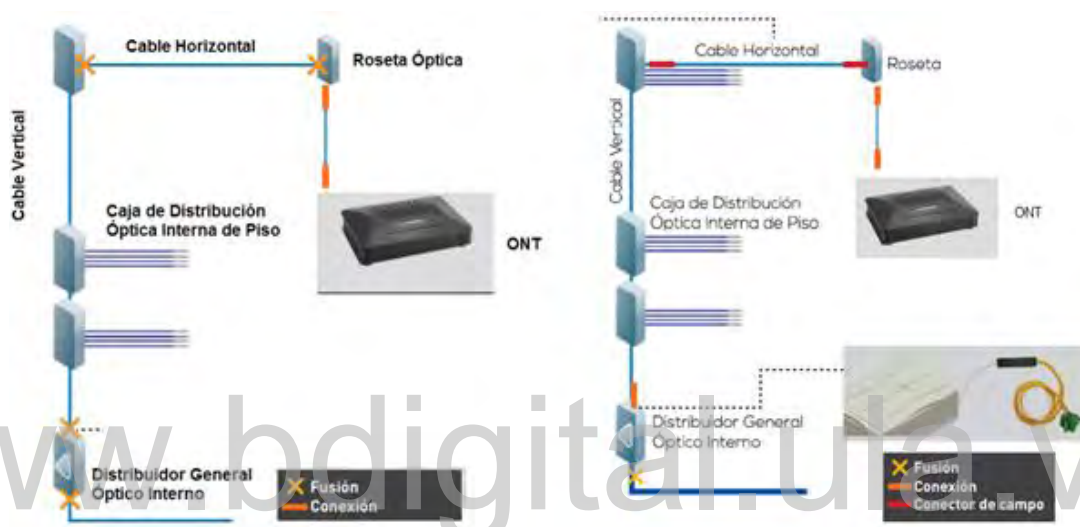


Figura 4.7. Soluciones conectorizadas y no conectorizadas para edificios.

- **Soluciones no conectorizadas.**

- **Distribuidor General:** para esta fase se puede emplear el modelo CEIP 120, de Furukawa Electric, este es un distribuidor interno óptico de pared aplicado en la infraestructura de redes ópticas FTTx. El producto es responsable por acomodar y proteger 120 empalmes ópticos en 10 bandejas, entre los cables de entrada de la red externa y los cables verticales de distribución interna de las edificaciones. Compatible con Splitters NC/NC.
- **Caja de Distribución óptica interna de piso:** CDOI 12 - Caja de Distribución Óptica 12F, es instalada normalmente en los pisos de edificaciones, con capacidad para hasta 12 fusiones.

- **Soluciones conectorizadas.**

- **Distribuidor General:** para esta fase se puede emplear el modelo DGOI-C 64, de Furukawa Electric, el DGOI conectorizado modular es utilizado en redes FTTB, en la base de edificios como un punto de división del cable drop para el cableado vertical. La caja es compatible con splitters conectorizados y posee un panel con hasta 64 adaptadores en los cuales es posible conectar las salidas de los splitters a las fibras de los cables verticales. Al módulo básico deben ser agregados los splitters, pigtails y adaptadores de acuerdo con la aplicación.
- **Caja de Distribución óptica interna de piso:** CDOI 12 - Caja de Distribución Óptica 12F, es una caja de distribución óptica interna utilizada para derivación de cables ópticos en ambiente interno. Con capacidad de 12 fibras por caja en 1 bandeja articulada, puede ser utilizado en redes ópticas de edificios (FTTA/ MDU) como punto de distribución de las fibras del cable riser vertical para los cables drops horizontales que llegan en los apartamentos. Otra aplicación es como bloqueo óptico. Posee compatibilidad para derivación de cables flat o extensiones ópticas. Aplicación como caja de piso para transición de cableado vertical para drops internos horizontales.

El modelo DIO BW12, es un distribuidor de fibras ópticas de uso interno e instalación en paredes, para cableado vertical o primario, en salas o armarios de distribución principal, en la función de administración y gestión de backbones ópticos, o para cableado horizontal o secundario, en salas de telecomunicaciones (cross-connect), en la función de distribución de servicios en sistemas ópticos horizontales. Aplicación como caja de piso para transición de cableado vertical para drops internos horizontales.

4.3.5 Cálculo del presupuesto óptico.

Este cálculo es necesario para asegurar el correcto funcionamiento de la red en cuanto a pérdidas. Así, es necesario demostrar que la atenuación máxima permitida por la red es superior al total de pérdidas existentes en la misma. Para la realización de este balance óptico se procede a tomar los datos necesarios de las especificaciones de los equipos y materiales utilizados. se hará un pequeño estudio donde se determine la potencia recibida en distintos

edificios singulares, así como en el abonado más lejano de la red, hay que tener en cuenta que el abonado más lejano no es el que se encuentre físicamente más alejado de la central, sino aquel cuyo tendido de cable desde la cabecera al usuario es mayor.

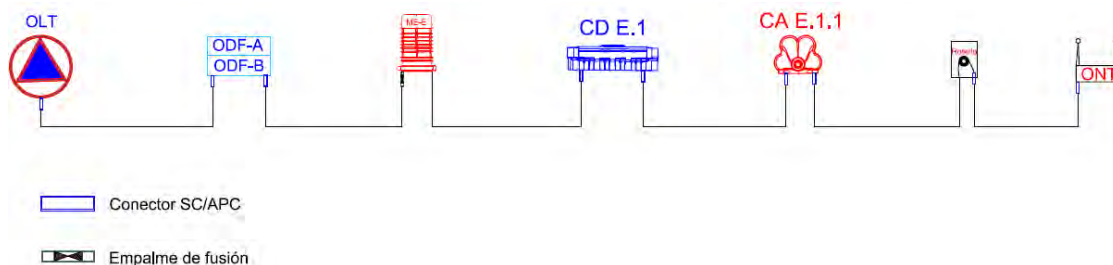


Figura 4.8. Diagrama Unifilar de Conexión FTTH Abonado más alejado.

El diagrama unifilar de la Figura 4.8 muestra la conexión más larga de la red, es decir se toma en cuenta la conexión hasta el abonado más alejado de la cabecera óptica, es importante señalar que antes de proceder a realizar el cálculo, se debe conocer los valores de los parámetros utilizados en el cálculo del presupuesto óptico.

- **Margen de potencia máxima del sistema opto-eléctrico.**

El estándar GPON ITU-T G.984 establece una clasificación de los láseres de los equipos activos en función de las potencias de transmisión del OLT y de la sensibilidad mínima del receptor OLT. Ver Tabla 4.6

Tabla 4.6. Clasificación de los láseres en función de su potencia.

Tipo de Láser	Potencia Media Mín. OLT (dB)	Sensibilidad Mín. ONT (dB)
CLASE A	-4	-25
CLASE B+	1	-27
CLASE C	5	-26

Los fabricantes se han decantado por los láseres B+ por lo que la atenuación máxima para la que se puede asegurar el funcionamiento correcto del servicio es de 28 dB.

- **Pérdidas dependientes de la longitud de onda.**

Para el cálculo de las pérdidas de la fibra óptica por distancia, se han supuesto los valores aportados por el fabricante y que cumplen con la normativa G.652D, puesto que toda la red ha sido diseñada con este estándar de fibra óptica. Las pérdidas por distancia de fibra utilizadas

para la realización del presupuesto según la longitud de onda son las que se observan en la Tabla 4.7:

Tabla 4.7. Pérdidas de inserción dependientes de la longitud de onda.

Longitud de Onda (nm)	Pérdidas (dB/km)
1310	(0.33 - 0.39)
1490	(0.30 - 0.32)
1550	(0.26 - 0.28)

- **Pérdidas independientes de la longitud de onda.**

Para los splitters se ha tomado el valor de atenuación máximo dado por el fabricante, con el objetivo de considerar en el peor de los casos. Además de estos factores, es necesario contemplar otros más difíciles de medir con exactitud como son el margen de envejecimiento, ratio de encendido-apagado, cambios de temperatura y otros parámetros que inciden en la atenuación de la señal. Todos ellos son evaluados mediante un coeficiente cuyo valor típico analítico es de 1.5 dB. Este valor es muy estimativo y generalmente está recomendado por los principales fabricantes y suministradores de fibra óptica. Ver Tablas 4.8, 4.9 y 4.10

Tabla 4.8. Pérdidas de inserción por tipo de empalme.

Tipo de Empalme	Pérdidas (dB)
Mecánico	>1
Conectorizado	(0.3 - 0.5)
Fusión	(0.1 - 0.3)

Tabla 4.9. Pérdidas de inserción por tipo de divisor.

Tipo de Divisor	Pérdidas (dB)
1 : 4	7.5
1 : 8	10.3
1 : 16	14.0
1 : 32	17.5
1 : 64	21.0

Tabla 4.10. Pérdidas de inserción por tipo de conector.

Tipo de Conector	Pérdidas (dB)
SC / APC	(0.15 - 0.30)
SC / UPC	(0.15 - 0.30)

- **Cálculo del caso más desfavorable y comprobación.**

Una vez detallados los datos necesarios, es importante señalar que para realizar el cálculo se hace uso de las siguientes ecuaciones:

- **Longitud máxima:**

$$L_{max} = \frac{P_{op} - (N_{con} \cdot At_{con}) - (N_{emp} \cdot At_{emp}) - \sum(N_{split(i)} \cdot At_{split(i)}) - n}{At_{fib}} \quad (4.1)$$

- **Atenuación máxima:**

$$At_{max} = (N_{con} \cdot At_{con}) + (N_{emp} \cdot At_{emp}) + \sum(N_{split(i)} \cdot At_{split(i)}) + n + L_{enlace} * At_{fib} \quad (4.2)$$

Donde:

- L_{max} es la longitud máxima de la fibra en km que soporta el diseño hasta el último abonado.
- At_{max} es la atenuación máxima que existe en la red del diseño planteado.
- P_{op} es el margen de potencia máxima para el sistema opto-electrónico en unidades de dB.
- N_{con} es el número de conectores presentes en el enlace.
- At_{con} es la atenuación por conector expresada en dB.
- N_{emp} es el número de empalmes de fusión o mecánicos presentes en el enlace.
- At_{emp} es la atenuación por empalme expresada en dB.

- n es el margen de envejecimiento, ratio de encendido – apagado, cambios de temperatura y otros parámetros que inciden en la atenuación de la señal.
- At_{fib} es la atenuación que presenta el cable fibra óptica empleado, se expresa en dB/km
- $N_{split(i)}$ es el número de splitter de tipo i , donde i cambia según la tasa de splitteo.
- $At_{split(i)}$ es la atenuación del splitter tipo i correspondiente.

Una vez expuesto esto, los parámetros característicos en dicha ruta serán los de la Tabla 4.11:

Tabla 4.11. Lista de elementos que introducen pérdidas de inserción en el enlace analizado.

Elementos	Cantidad
N° de empalmes de fusión	1 unidades
N° de conectores	9 unidades
N° de Splitter 1 : 4	1 unidades
N° de Splitter 1 : 8	1 unidades
Longitud del enlace	2 km

Aplicando la ecuación de atenuación máxima para la situación más desfavorable, es decir para la longitud de onda de 1310 nm, tenemos lo siguiente:

$$At_{\max 1310 \text{ nm}} = (9 \cdot 0.30) + (1 \cdot 0.3) + \sum((1 \cdot 7.5) + (1 \cdot 10.5)) + 1.5 + (2 \cdot 0.35) \quad (4.3)$$

$$At_{\max 1310 \text{ nm}} = 23.2 \text{ dB} \quad (4.4)$$

De esta manera se comprueba que la atenuación máxima en la red adoptada es menor que la que permite el estándar.

$$At_{\max} < 28 \text{ dB} \quad (4.5)$$

Por tanto, el diseño del proyecto es óptimo en lo que concierne al balance óptico. Considerando la ecuación de longitud máxima, se tiene lo siguiente:

$$L_{max} = \frac{28 - [(9 \cdot 0.30) + (1 \cdot 0.3) + \sum((1 \cdot 7.5) + (1 \cdot 10.5)) + 1.5]}{0.35} = 15.71 \text{ km} \quad (4.6)$$

La interpretación del resultado anterior se resume a que técnicamente un usuario ubicado a 15.71 km de la cabecera óptica puede recibir la señal con total normalidad. En consecuencia, se considera importante apreciar el efecto que tiene sobre el presupuesto óptico el hecho de adoptar una u otra configuración en los niveles de splitteo, para ello se estudiarán los siguientes casos, los cuales servirán como referencia al momento de escalar la red:

1. **Relación de splitteo 1:8 / 1:8:** Haciendo uso de las ecuaciones para el cálculo de potencia se tendría que, At_{max} sería de 26.20 dB y la L_{max} sería de 7.14 km. Obsérvese que la distancia se reduce en un 54.55 % respecto a la configuración adoptada de 1:4 / 1:8.
2. **Relación de splitteo 1:4 / 1:16:** Según las mismas ecuaciones, para este caso tenemos: At_{max} de 26.7 dB y L_{max} de 5.71 km, reduciendo la capacidad de la distancia del último abonado hasta un 65 % respecto al caso de la configuración de división 1:4 / 1:8.
3. **Relación de splitteo 1:16 / 1:8:** En este caso se evalúa la máxima capacidad que recomienda el estándar GPON, es decir, abordar a 128 usuarios por puerto PON, bajo este escenario se tendría que la At_{max} de 29.5 dB, la cual es mayor a 28 dB, sin embargo la distancia real del último usuario es de 1300 m, y considerando que en la práctica muchas veces el factor de 1.5 dB es despreciado, tendríamos una At_{max} de 27.75 dB, lo cual nos deja un margen casi nulo, esto sin duda no es recomendable, pues este abonado presentaría fallas constantes, sin embargo se recomendaría realizar una práctica de laboratorio, que simule estas condiciones, con los equipos reales, para así poder inferir de mejor manera la puesta en servicio o no de dicha configuración. Cabe destacar que esta configuración puede servir si se cambia el equipo transmisor (láser de OLT) a uno clase C+, de tal manera que la potencia óptica sea mayor y soporte una configuración de 128 clientes con una menor cantidad de Mbps por cliente.

El análisis realizado anteriormente muestra la viabilidad de implementar desde el punto de vista técnico la topología planteada, la cual consiste en usar dos niveles de splitteo con tasas

de división 1:8 y 1:8, quedando así la red con un margen de potencia interesante para ampliar servicios a futuro, al mismo tiempo es importante señalar que usando esta topología la escalabilidad progresiva de la red está garantizada, lo cual entrega mayor flexibilidad a la operadora de telecomunicaciones.

4.3.6 Cómputos métricos.

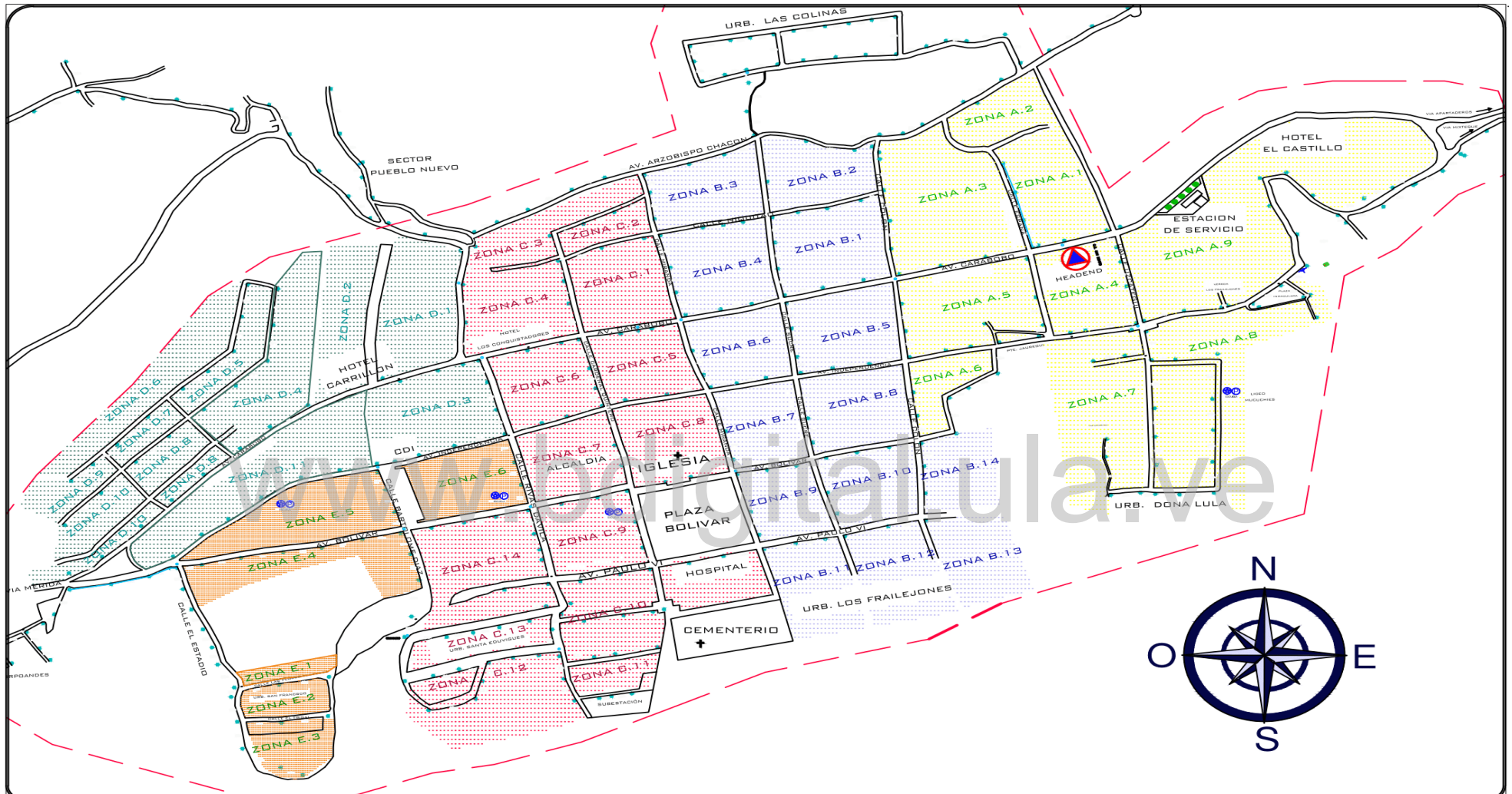
En el presente apartado se muestran los cómputos métricos relacionados al proyecto sobre FTTH, en la localidad de Mucuchies, a los fines de inferir sobre la cantidad de inversión requerida para llevarlo a cabo.

Tabla 4.12. Estimación de equipos y material de cabecera y planta externa.

Cantidad	Descripción	Costo Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Equipos y material de Cabecera Óptica			
3	OLTs Standalone GPON FK-OLT-G86	2.350	7.050
1	Rack de 19 "	130	130
1	Fuente de alimentación AC para OLT STANDALONE G8S	180	180
1	Fuente de alimentación DC para OLT STANDALONE G8S	210	210
1	Distribuidor óptico para rack con capacidad para hasta 48 empalmes, modelo DIO BT 48	90	90
1	Switch de agregación con funciones de capa 3	230	230
1	Servidor de gestión de planta externa (EMS)	400	400
1	Switch agregación planta externa	60	60
1	Servidor IPTV+VOD	5.000	5.000
1	Softswitch Cisco	2.000	2.000
1	Equipamiento de alimentación y refrigeración (SAIs, rectificador, generador y cables)	1.500	1.500
1	Equipamiento de seguridad (Antiincendios, antiintrusos, etc)	70	70
48	Latiguillos SC/APC - SC/APC simplex SM 2m	2	96
24	Patchcords UTP cat.6 de 2 m de longitud	3	72
48	Patchcords SC/APC - SC/APC simplex SM 2m	3	144
Monto Total			17.232 \$

Equipos y material de Planta Externa			
1	Cable ADSS planta externa 24 F.O, carrete de 5 km	0.6 (\$/m)	3000
7	Mangas de empalme tipo domo	35	245
9	Cajas de distribución FK-CTO-16MC	40	360
190	Splitter con tasa de división 1:8	55	10450
172	Caja de terminación óptica pre - conectorizada FK-CTOP-L 8P	65	11180
765	Roseta óptica	8	6120
765	ONTs FK-ONT-G420W	35	26775
1	Cable Óptico ADSS ET 1105 (seco y relleno) 06 FO, carrete de 2 km	180	180
10	Cable Óptico Drop Slimconnector Fig.8 Low Friction 01F GRIS - Rollo 1000 m.	130	1300
100	Herrajes de poste para sostener FO	4	400
		Monto Total	60.010 \$
Mano de Obra			
1	Tendido de F.O, ADSS Auto soportada, 5000 m	1000	1000
1	Armado e intervención ODF	60	60
15	Armado e intervención en Caja de Empalme	20	300
20	Armado e intervención en Caja de Empalme final	10	200
120	Fusiones	2.3	276
1	Programación y configuración de OLT/ONT/ROUTER/SWITCHS	300	300
1	Software de aprovisionamiento y control de usuarios	450	450
1	Capacitación sobre la plataforma FTTH	750	750
		Monto Total	5.236 \$
		Monto Total Estimado de la obra	82.478 \$

4.3.7 Planos de la Red FTTH Propuesta.



ULA
 Universidad
 De
 Los Andes

PROYECTO
 RED FTTH MUCUCHIES

CONTENIDO:
 ZONIFICACIÓN

UBICACIÓN:
 MUCUCHIES, EDO. MÉRIDA

PROPIETARIO TERRENO:

PROMOTOR:
 FIBER SYSTEMS C.A.

EDIFICACIÓN:

URBANISMO:

CALCULO ESTRUCTURAL:

DISEÑO DE RED FTTH :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA:
 23 FEBRERO DE 2019

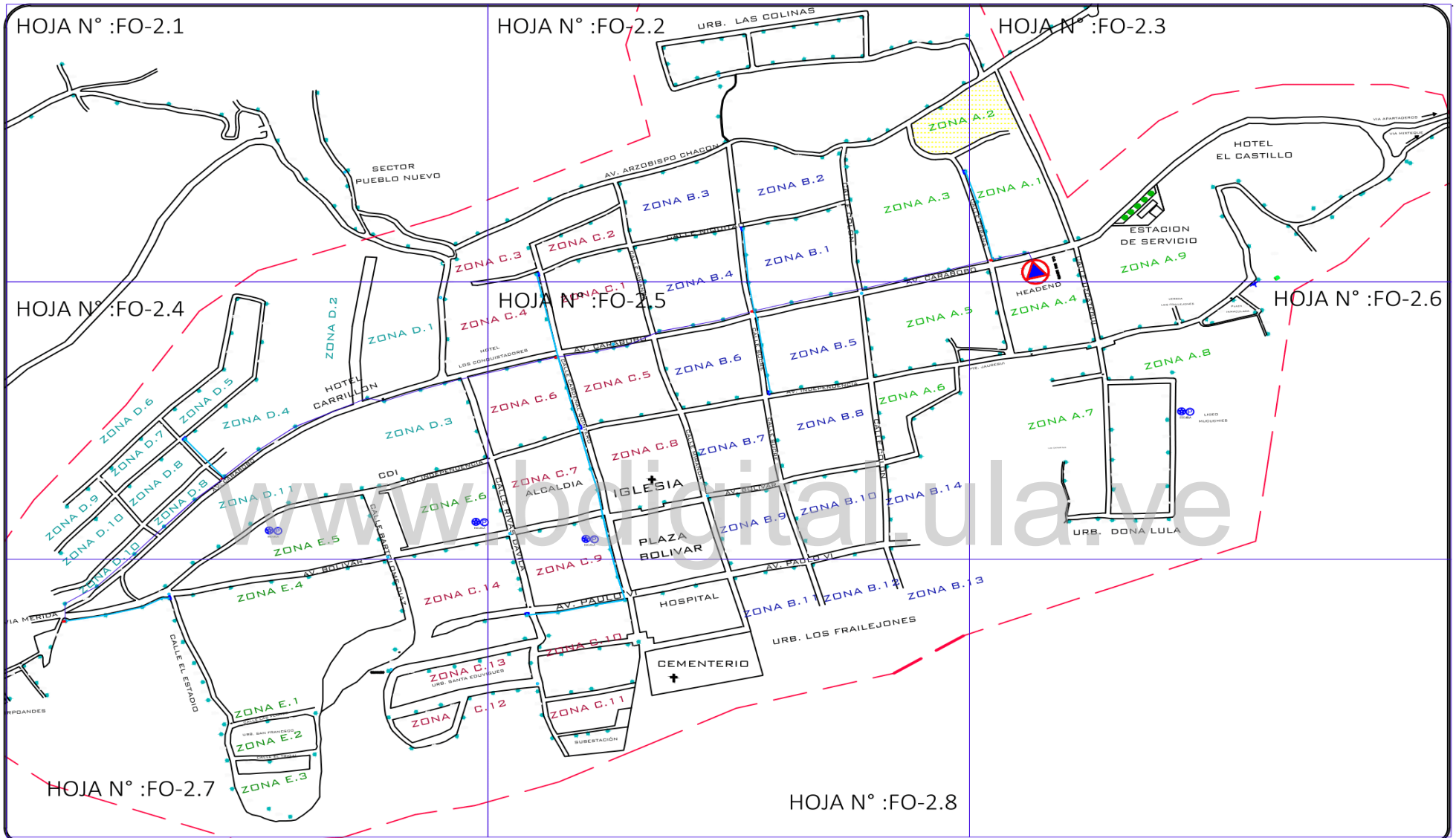
ESCALA (S):
 1:100

AREA APROXIMADA:
 812 570.63 M2

FIRMA CONSULTORA:

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	Zonas cubiertas por las cajas de distribución derivadas de la ME A.
	Zonas cubiertas por las cajas de distribución derivadas de la ME B.
	Zonas cubiertas por las cajas de distribución derivadas de la ME C.
	Zonas cubiertas por las cajas de distribución derivadas de la ME D.
	Zonas cubiertas por las cajas de distribución derivadas de la ME E.
	Poligonal que encierra la localidad objetivo en fase inicial.

HOJA N° :
FO-01



PROYECTO
RED FTTH MUCUCHIES

CONTENIDO:
FIBRA ÓPTICA TRONCAL Y SUBTRONCAL

UBICACIÓN:
 MUCUCHIES, EDO. MÉRIDA

PROPIETARIO TERRENO:
 -

PROMOTOR:
 FIBER SYSTEMS C.A.

EDIFICACIÓN:
 -

URBANISMO:
 -

CALCULO ESTRUCTURAL:
 -

DISEÑO DE RED FTTH :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA:
 23 FEBRERO DE 2019

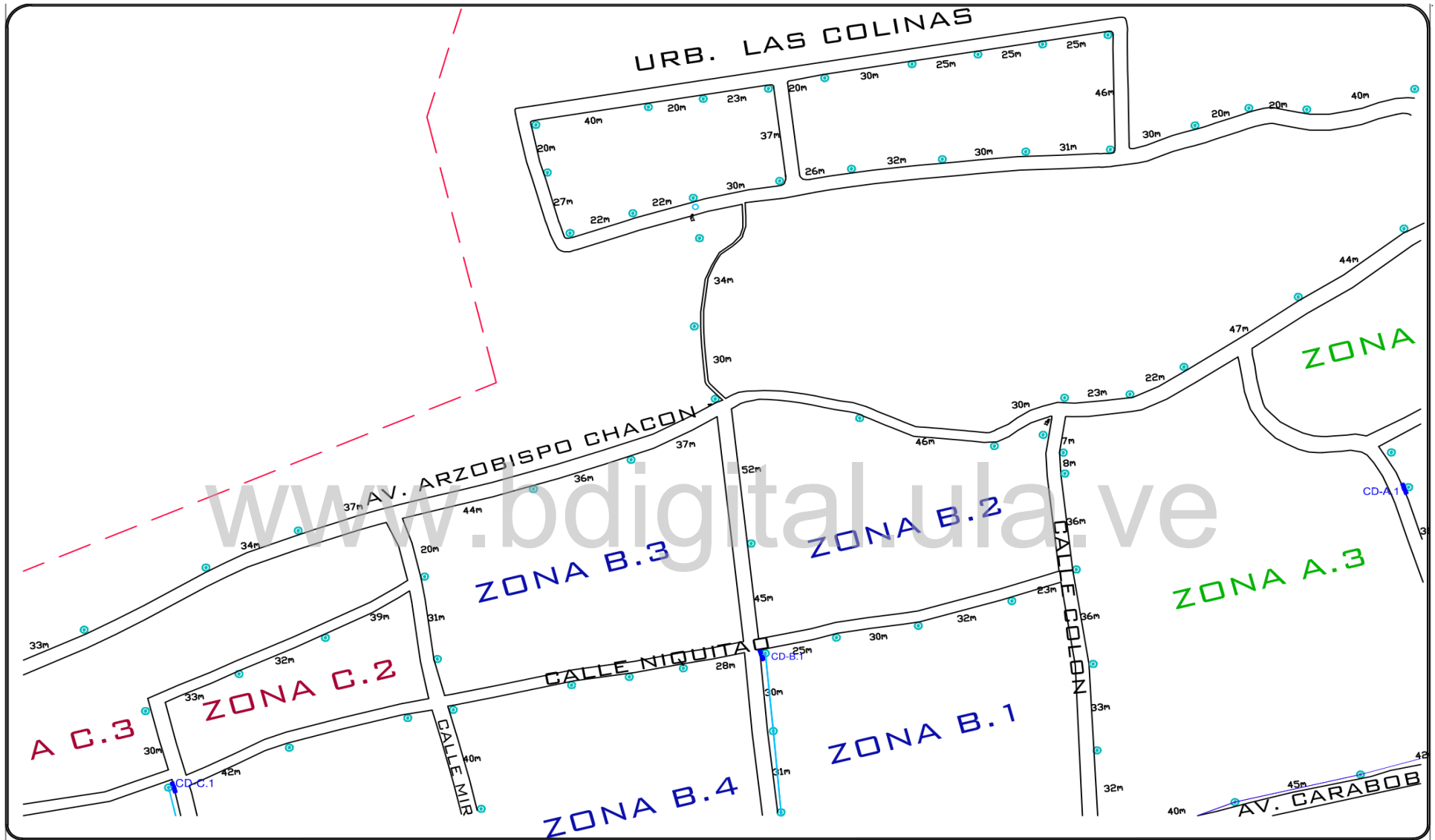
ESCALA (S):
 1:100

AREA APROXIMADA:
 812 570.63 M2

FIRMA CONSULTORA:
 -

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 2 Div. 1:8, 16 salidas.
	ME ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene empalmes de fusión.
	Poste propiedad de CORPOELEC, se usa como soporte de F.O.
	Cable Subtroncal de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Troncal de Fibra Óptica, 60 hilos, 10 Buffer de 6 hilos c/u.

HOJA N° :
FO-02



ULA
 Universidad
 De
 Los Andes

PROYECTO
 RED FTTH MUCUCHIES

CONTENIDO:
 FIBRA ÓPTICA TRONCAL
 Y
 SUBTRONCAL

UBICACIÓN:
 MUCUCHIES, EDO. MÉRIDA

PROPIETARIO TERRENO:
 -

PROMOTOR:
 FIBER SYSTEMS C.A.

EDIFICACIÓN:
 -

URBANISMO:
 -

CÁLCULO ESTRUCTURAL:
 -

DISEÑO DE RED FTTH :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA:
 23 FEBRERO DE 2019

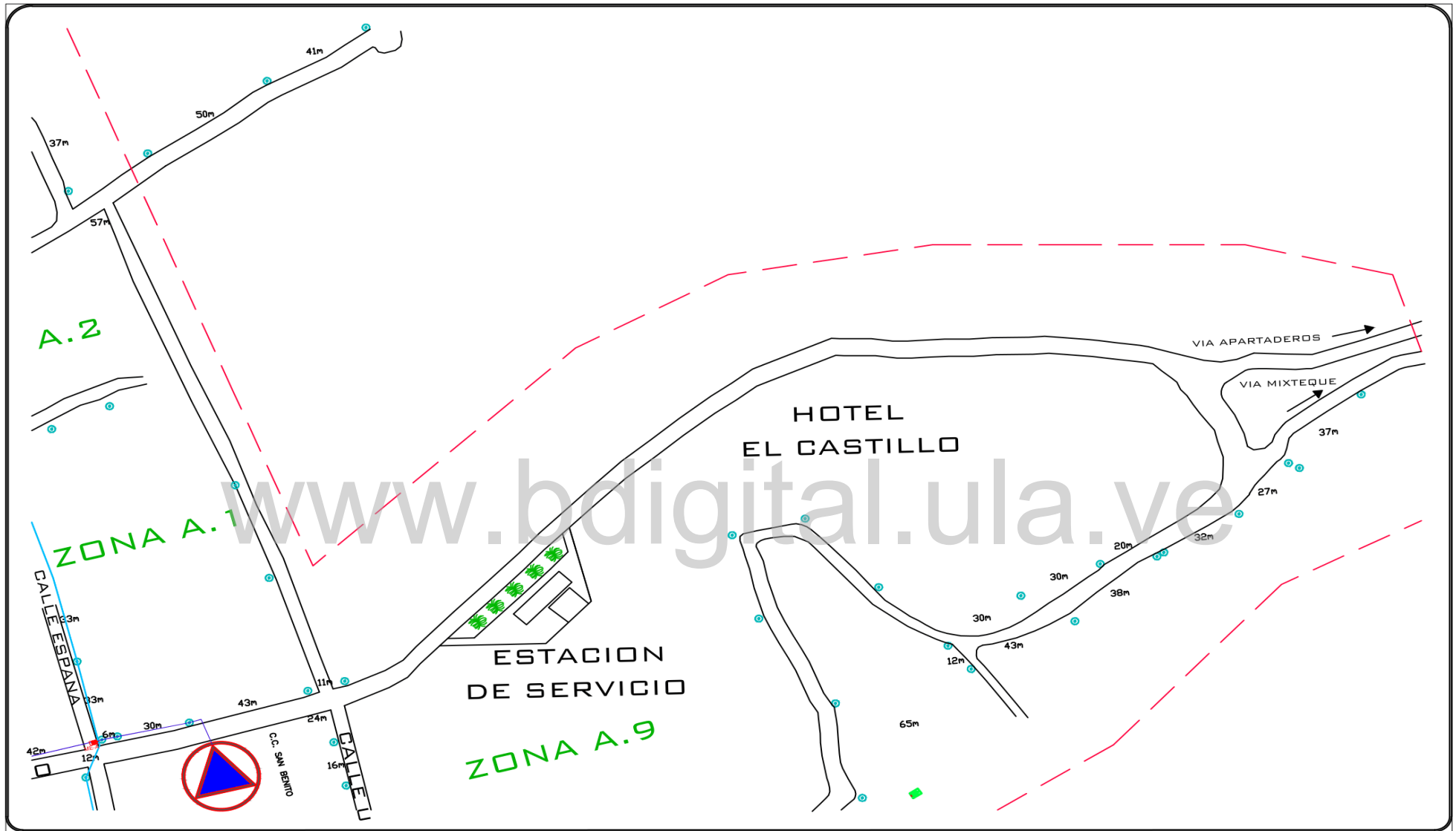
ESCALA (S):
 1:100

ÁREA APROXIMADA:
 812 570.63 M2

FIRMA CONSULTORA:
 -

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 2 Div. 1:8, 16 salidas.
	ME ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene empalmes de fusión.
	Poste propiedad de CORPOELEC, se usa como soporte de F.O.
	Cable Subtronal de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Troncal de Fibra Óptica, 60 hilos, 10 Buffer de 6 hilos c/u.

HOJA N° :
FO-2.2



ULA
 Universidad
 De
 Los Andes

PROYECTO
 RED FTTH MUCUCHIES

CONTENIDO:
 FIBRA ÓPTICA TRONCAL
 Y
 SUBTRONCAL

UBICACIÓN: MUCUCHIES, EDD. MÉRIDA

PROPIETARIO TERRENO: -

PROMOTOR: FIBER SYSTEMS C.A.

EDIFICACIÓN: -

URBANISMO: -

CALCULO ESTRUCTURAL: -

DISEÑO DE RED FTTH :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA: 23 FEBRERO DE 2019

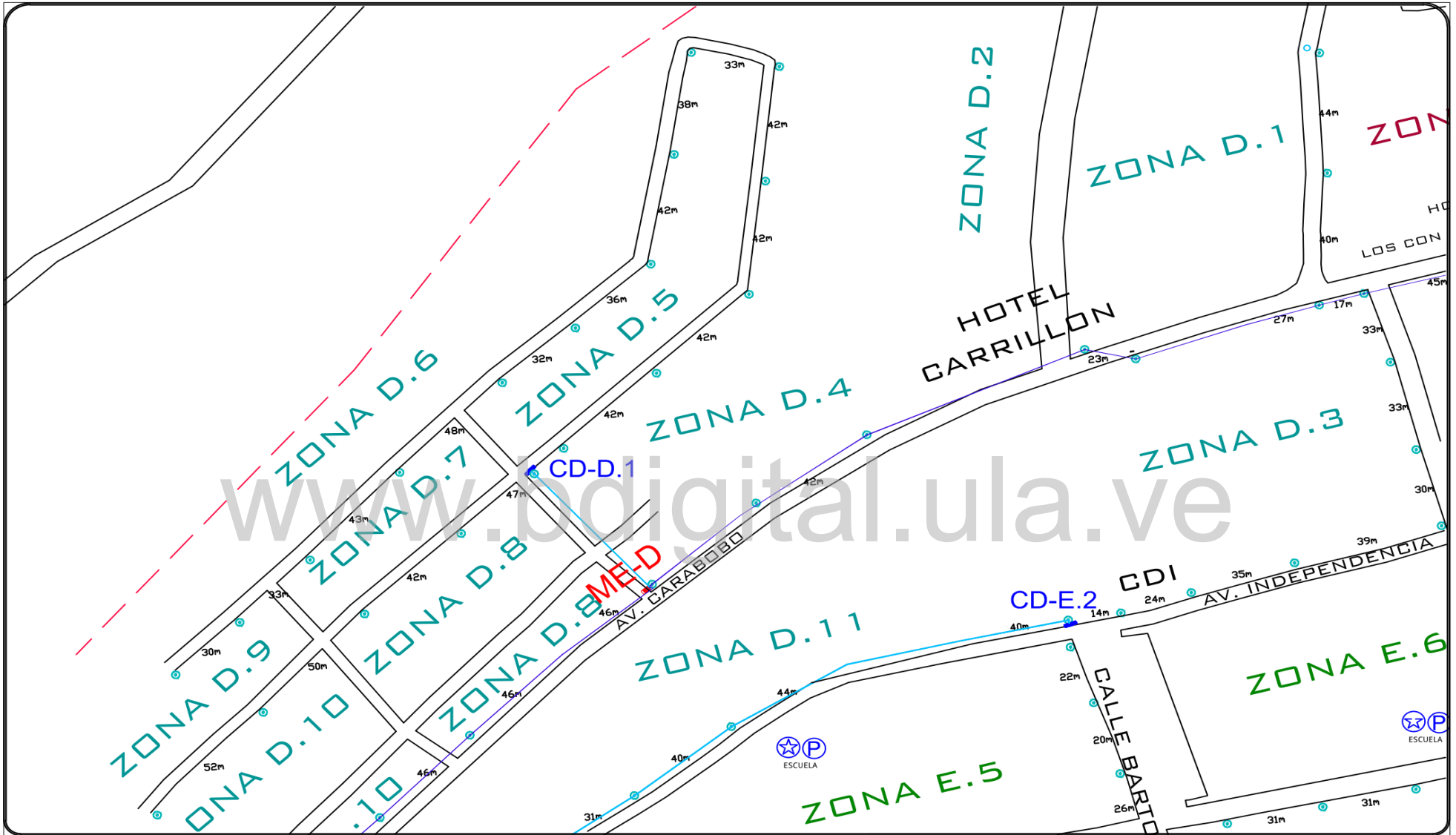
ESCALA (S): 1:100

AREA APROXIMADA: 812 570.63 M2

FIRMA CONSULTORA:

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 2 Div. 1:8, 16 salidas.
	ME ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene empalmes de fusión.
	Poste propiedad de CORPOELEC, se usa como soporte de F.O.
	Cable Subtronal de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Troncal de Fibra Óptica, 60 hilos, 10 Buffer de 6 hilos c/u.

HOJA N° :
FO-2.3



ULA
 Universidad
 De
 Los Andes

PROYECTO
 RED FTTH MUCUCHIES

CONTENIDO:
 FIBRA ÓPTICA TRONCAL
 Y
 SUBTRONCAL

UBICACIÓN:
 MUCUCHIES, EDD. MÉRIDA

PROPIETARIO TERRENO:
 -

PROMOTOR:
 FIBER SYSTEMS C.A.

EDIFICACIÓN:
 -

URBANISMO:
 -

CALCULO ESTRUCTURAL:
 -

DISEÑO DE RED FTTH :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA:
 23 FEBRERO DE 2019

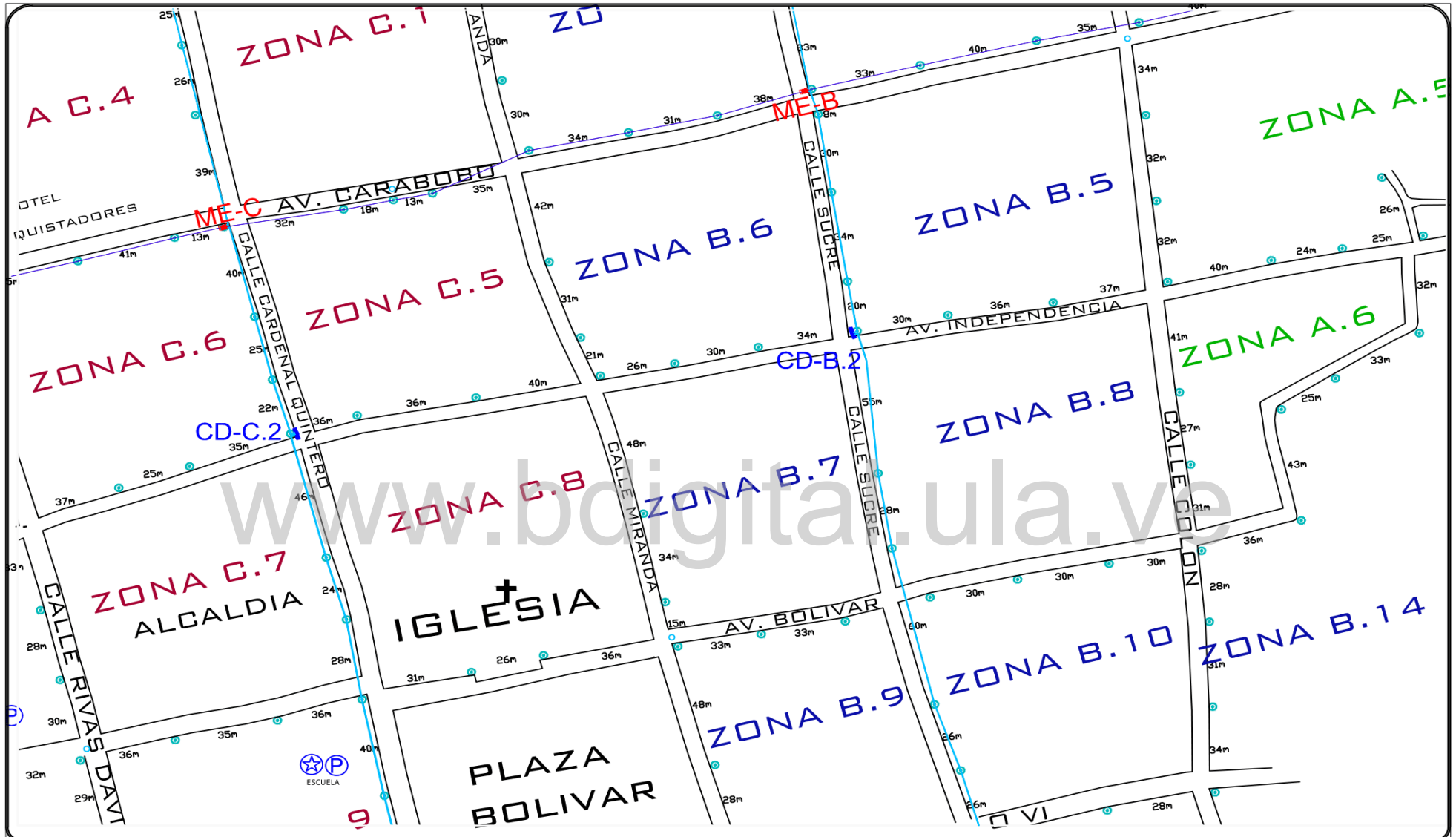
ESCALA (S):
 1:100

AREA APROXIMADA:
 812.270,63 M2

FIRMA CONSULTORA:
 -

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 2 Div. 1:8, 16 salidas.
	ME ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene empalmes de fusión.
	Poste propiedad de CORPOELEC, se usa como soporte de F.O.
	Cable Subtrunkal de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Troncal de Fibra Óptica, 60 hilos, 10 Buffer de 6 hilos c/u.

HOJA N° :
 FO-2.4



ULA
 Universidad
 De
 Los Andes

PROYECTO
 RED FTTB MUCUCHIES

CONTENIDO:
 FIBRA ÓPTICA TRONCAL
 Y
 SUBTRONCAL

UBICACIÓN:
 MUCUCHIES, EDO. MÉRIDA

PROPIETARIO TERRENO:
 -

PROMOTOR:
 FIBER SYSTEMS C.A.

EDIFICACIÓN:
 -

URBANISMO:
 -

CÁLCULO ESTRUCTURAL:
 -

DISEÑO DE RED FTTB :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA:
 23 FEBRERO DE 2019

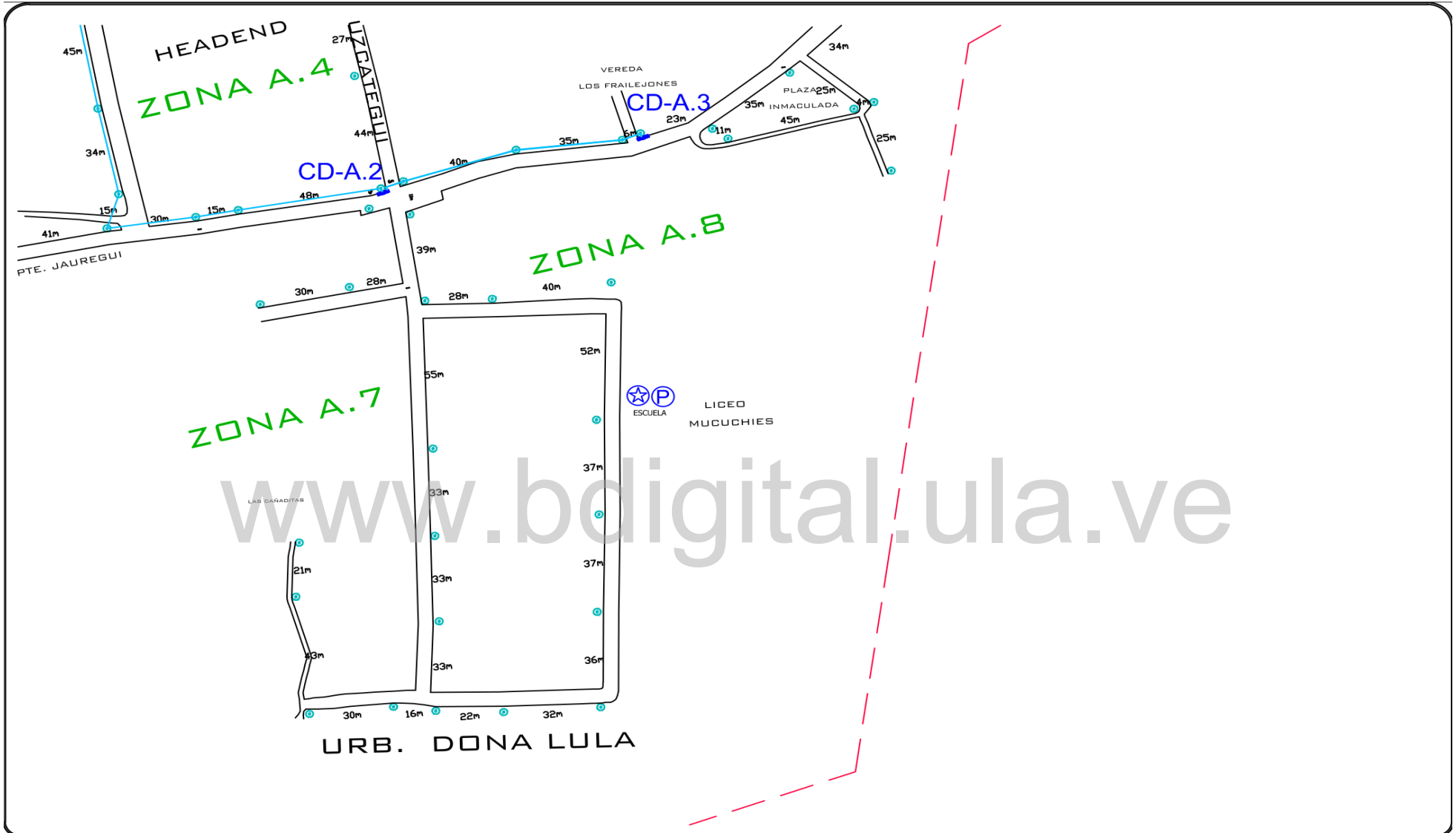
ESCALA (S):
 1:100

AREA APROXIMADA:
 812 570.63 M2

FIRMA CONSULTORA:
 -

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 2 Div. 1:8, 16 salidas.
	ME ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene empalmes de fusión.
	Poste propiedad de CORPOELEC, se usa como soporte de F.O.
	Cable Subtruncal de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Troncal de Fibra Óptica, 60 hilos, 10 Buffer de 6 hilos c/u.

HOJA N° :
FO-2.5



ULA
 Universidad
 De
 Los Andes

PROYECTO
 RED FTTH MUCUCHIES

CONTENIDO:
 FIBRA ÓPTICA TRONCAL
 Y
 SUBTRONCAL

UBICACIÓN:
 MUCUCHIES, EDD. MÉRIDA

PROPIETARIO TERRENO:
 -

PROMOTOR:
 FIBER SYSTEMS C.A.

EDIFICACIÓN:
 -

URBANISMO:
 -

CALCULO ESTRUCTURAL:
 -

DISEÑO DE RED FTTH :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA:
 23 FEBRERO DE 2019

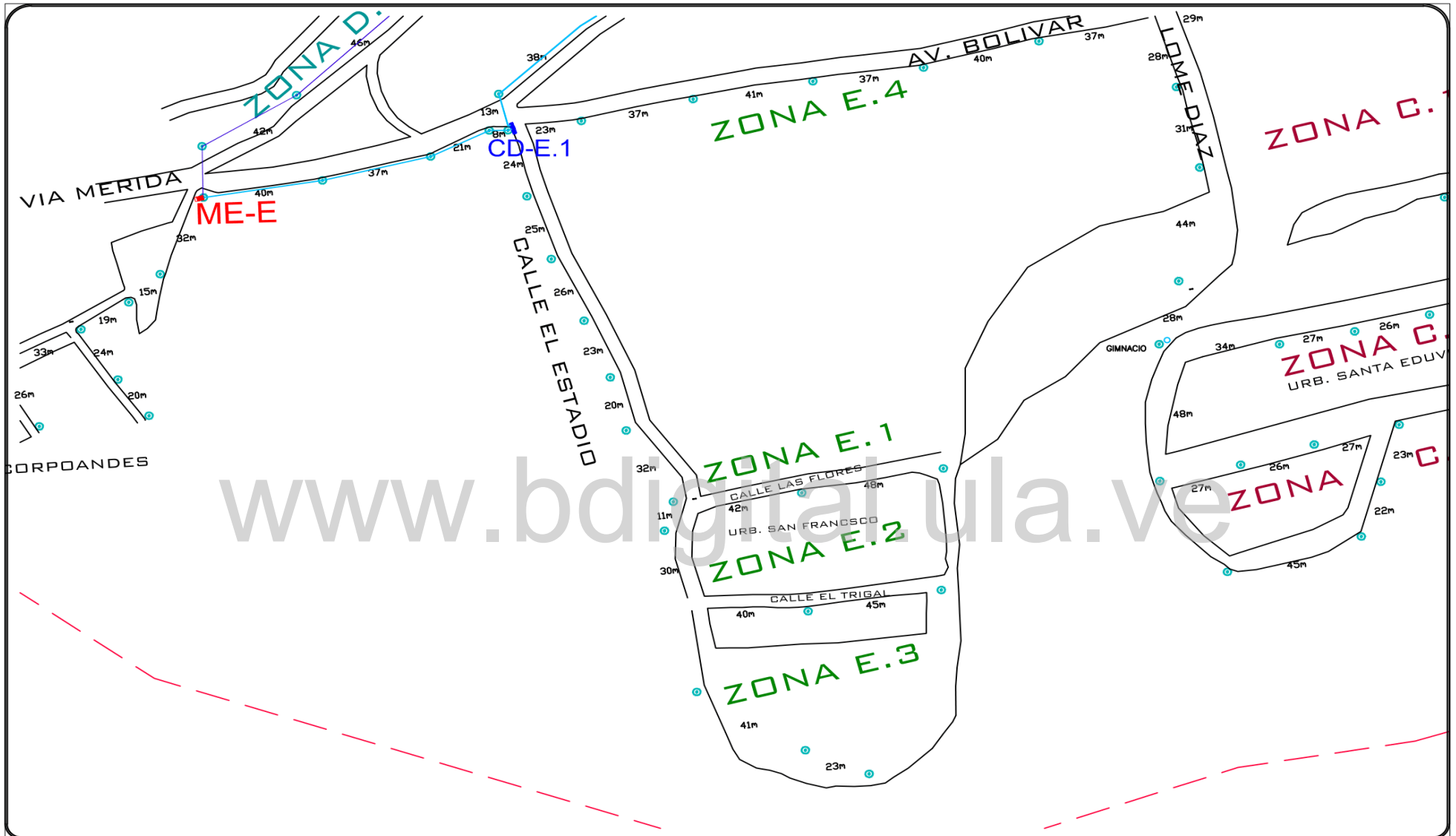
ESCALA (S):
 1:100

AREA APROXIMADA:
 812.570.63 M2

FIRMA CONSULTORA:
 -

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p. contiene 2 Div. 1:8, 16 salidas.
	ME ubicada en poste a 4 m.s.n.p. contiene empalmes de fusión.
	Poste propiedad de CORPOELEC, se usa como soporte de F.O.
	Cable Subtroncal de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Troncal de Fibra Óptica, 60 hilos, 10 Buffer de 6 hilos c/u.

HOJA N° :
FO-2.6



www.bdigital.ula.ve

ULA
 Universidad
 De
 Los Andes

PROYECTO
 RED FTTH MUCUCHIES

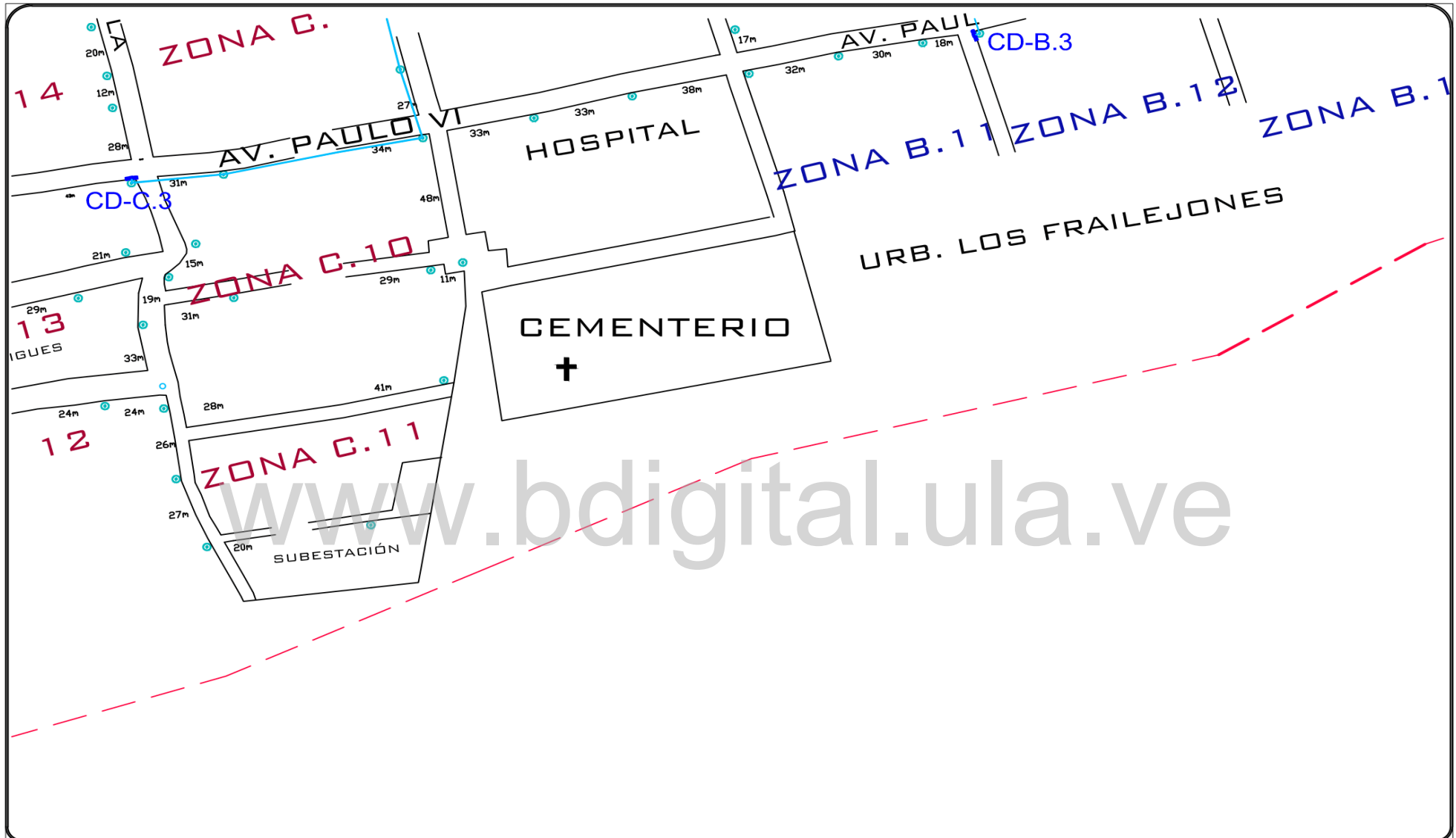
CONTENIDO:
 FIBRA ÓPTICA TRONCAL
 Y
 SUBTRONCAL

UBICACIÓN: MUCUCHIES, EDD. MÉRIDA
 PROPIETARIO TERRENO: -
 PROMOTOR: FIBER SYSTEMS C.A.
 EDIFICACIÓN: -
 URBANISMO: -
 CALCULO ESTRUCTURAL: -
 DISEÑO DE RED FTTH :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA: 23 FEBRERO DE 2019
 ESCALA (S): 1:100
 AREA APROXIMADA: 812.570,63 M2
 FIRMA CONSULTORA:

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 2 Div. 1:8, 16 salidas.
	ME ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene empalmes de fusión.
	Poste propiedad de CORPOELEC, se usa como soporte de F.O.
	Cable Subtrunkal de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Troncal de Fibra Óptica, 60 hilos, 10 Buffer de 6 hilos c/u.

HOJA N° :
FO-2.7



PROYECTO
RED FTTH MUCUCHIES

CONTENIDO:
FIBRA ÓPTICA TRONCAL
Y
SUBTRONCAL

UBICACIÓN:
 MUCUCHIES, EDO. MÉRIDA

PROPIETARIO TERRENO:
 -

PROMOTOR:
 FIBER SYSTEMS C.A.

EDIFICACIÓN:
 -

URBANISMO:
 -

CÁLCULO ESTRUCTURAL:
 -

DISEÑO DE RED FTTH :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA:
 23 FEBRERO DE 2019

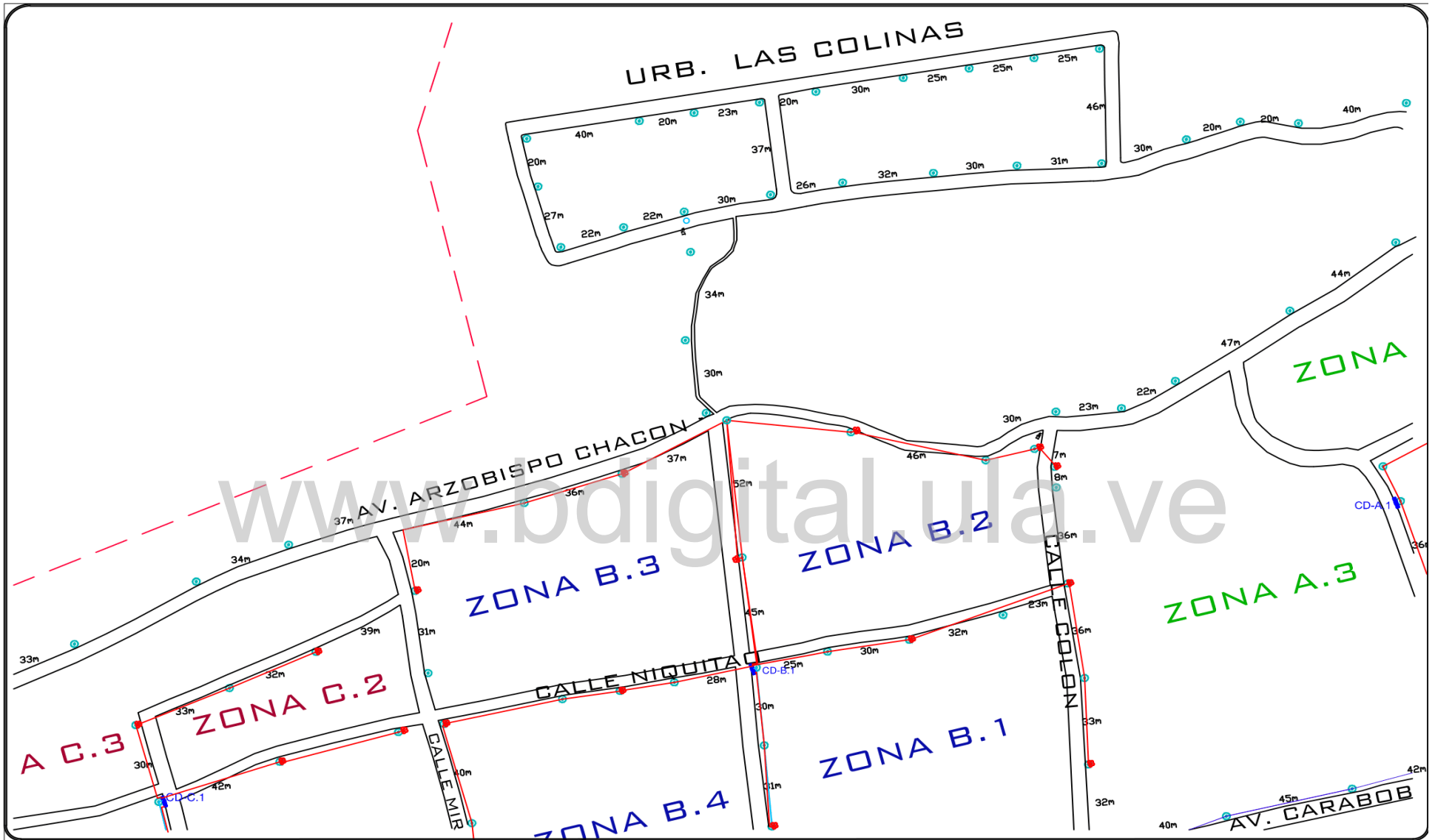
ESCALA (S):
 1:100

ÁREA APROXIMADA:
 812.570.63 M2

FIRMA CONSULTORA:
 -

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p. contiene 2 Div. 1:8, 16 salidas.
	ME ubicada en poste a 4 m.s.n.p. contiene empalmes de fusión.
	Poste propiedad de CORPOELEC, se usa como soporte de F.O.
	Cable Subtronal de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Troncal de Fibra Óptica, 60 hilos, 10 Buffer de 6 hilos c/u.

HOJA N° :
FO-2.8



ULA
 Universidad
 De
 Los Andes

PROYECTO
 RED FTTH MUCUCHIES

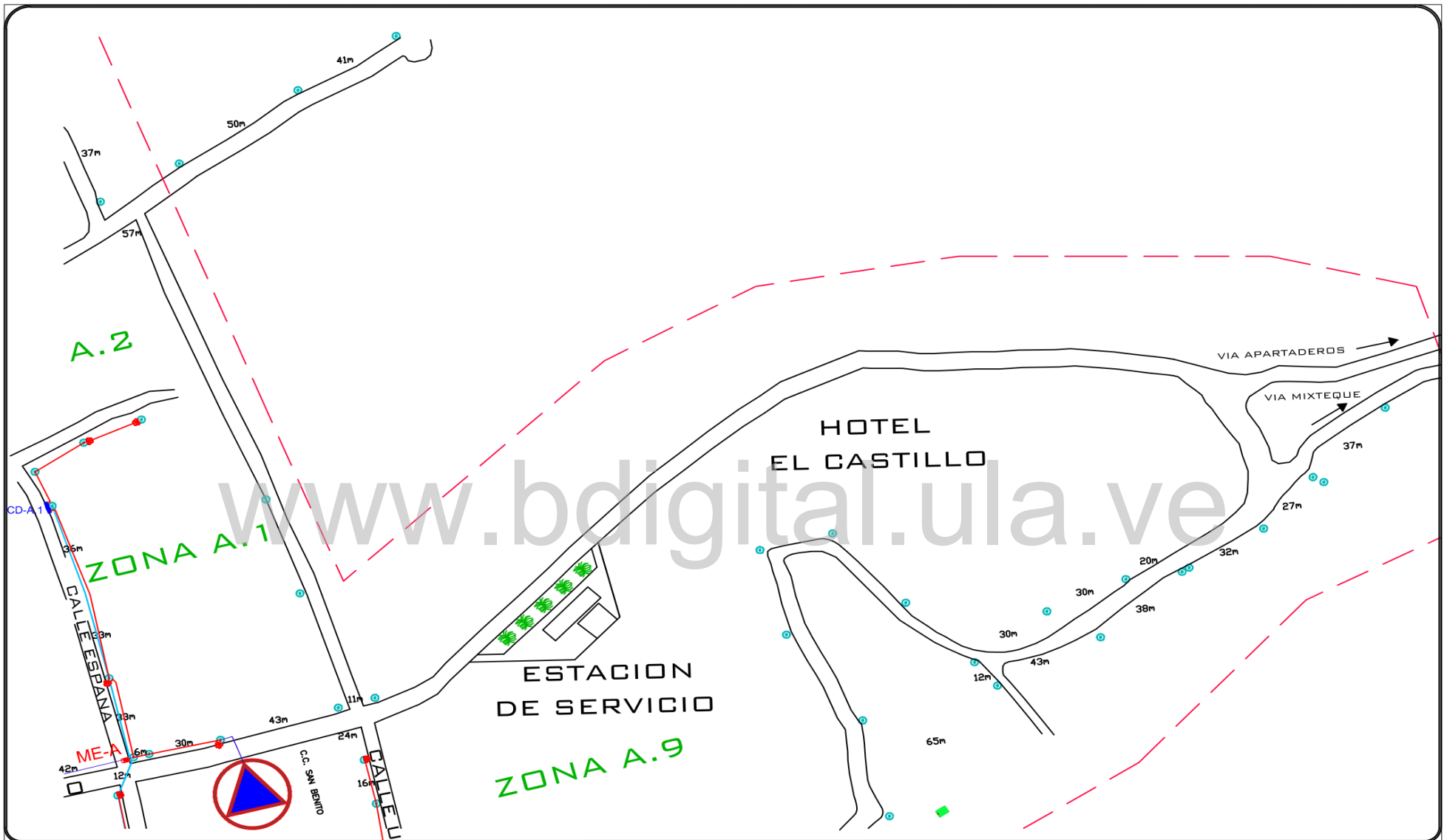
CONTENIDO:
 FIBRA ÓPTICA
 RED DE
 DISTRIBUCIÓN

UBICACIÓN: MUCUCHIES, EDO. MÉRIDA
 PROPIETARIO TERRENO:
 PROMOTOR: FIBER SYSTEMS C.A.
 EDIFICACIÓN:
 URBANISMO:
 CALCULO ESTRUCTURAL:
 DISEÑO DE RED FTTH :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA: 23 FEBRERO DE 2019
 ESCALA (S): 1:100
 AREA APROXIMADA: 812 570.63 M2
 FIRMA CONSULTORA:

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 2 Div. 1:8, 16 salidas.
	ME ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene empalmes de fusión.
	Poste propiedad de CORPOELEC, se usa como soporte de F.O.
	Cable Subtronal de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Troncal de Fibra Óptica, 60 hilos, 10 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Distribución de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 1 Div. 1:8, 8 salidas.

HOJA N° :
FO-3.2



ULA
 Universidad
 De
 Los Andes

PROYECTO
 RED FTTB MUCUCHIES

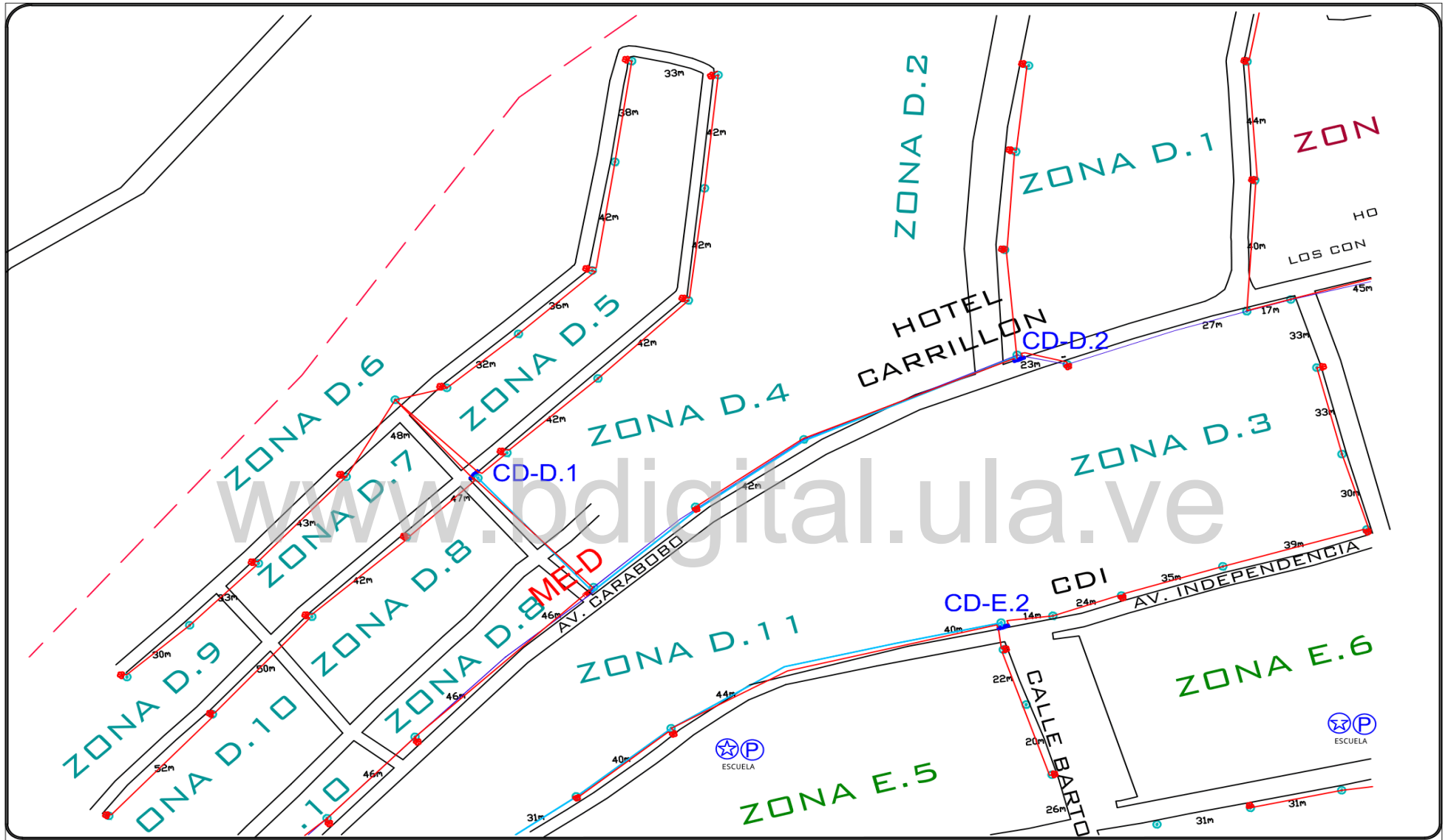
CONTENIDO:
 FIBRA ÓPTICA
 RED DE
 DISTRIBUCIÓN

UBICACIÓN: MUCUCHIES, EDO. MÉRIDA
 PROPIETARIO TERRENO:
 PROMOTOR: FIBER SYSTEMS C.A.
 EDIFICACIÓN:
 URBANISMO:
 CALCULO ESTRUCTURAL:
 DISEÑO DE RED FTTB :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA:
 23 FEBRERO DE 2019
 ESCALA (S):
 1:100
 AREA APROXIMADA:
 812 570.63 M2
 FIRMA CONSULTORA:

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 2 Div. 1:8, 16 salidas.
	ME ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene empalmes de fusión.
	Poste propiedad de CORPOELEC, se usa como soporte de F.O.
	Cable Subtronal de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Troncal de Fibra Óptica, 60 hilos, 10 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Distribución de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 1 Div. 1:8, 8 salidas.

HOJA N° :
FO-3.3



ULA
 Universidad
 De
 Los Andes

PROYECTO
 RED FTTH MUCUCHIES

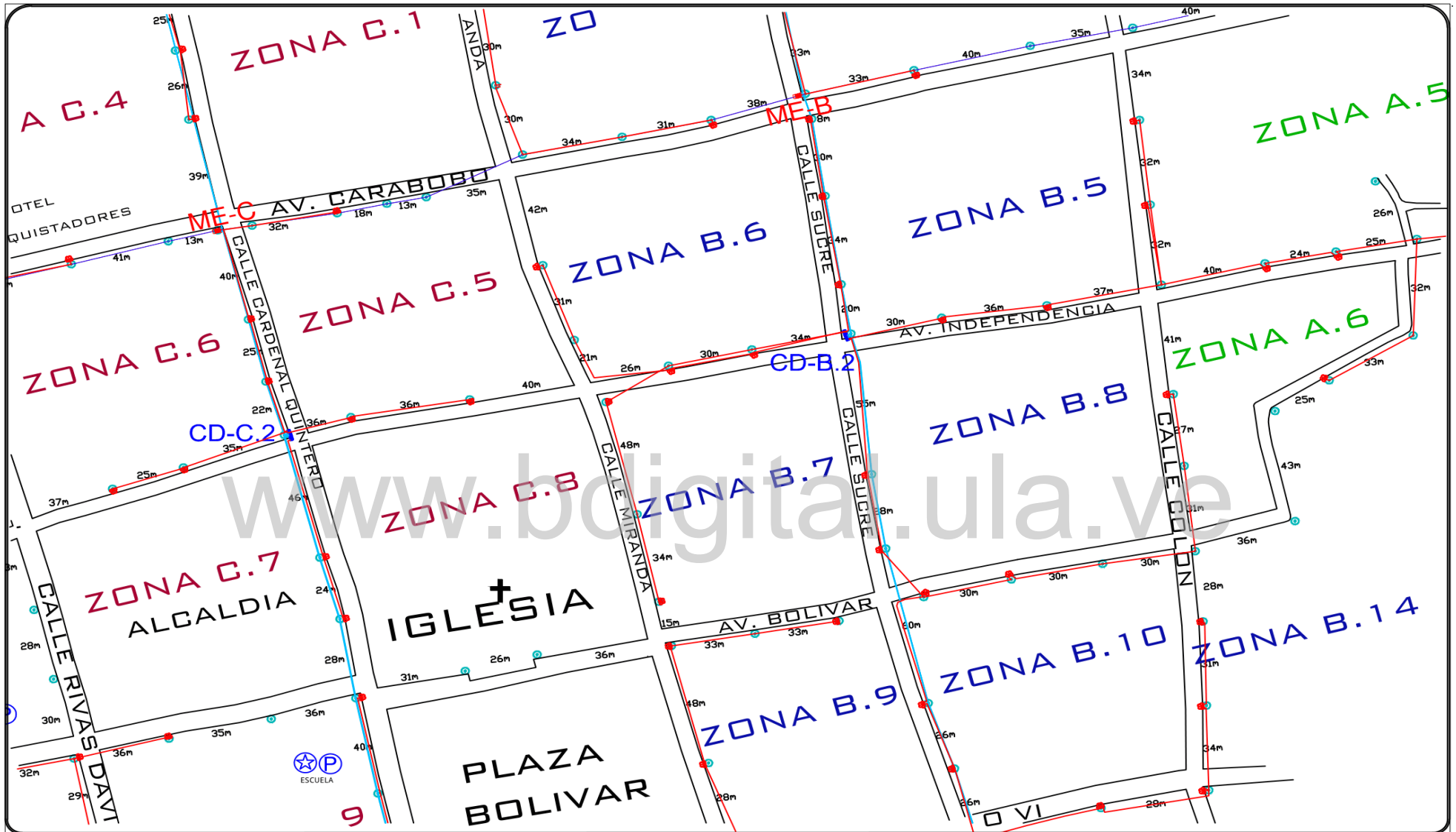
CONTENIDO:
 FIBRA ÓPTICA
 RED DE
 DISTRIBUCIÓN

UBICACIÓN: MUCUCHIES, EDD. MÉRIDA
 PROPIETARIO TERRENO: -
 PROMOTOR: FIBER SYSTEMS C.A.
 EDIFICACIÓN: -
 URBANISMO: -
 CALCULO ESTRUCTURAL: -
 DISEÑO DE RED FTTH :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA: 23 FEBRERO DE 2019
 ESCALA (S): 1:100
 AREA APROXIMADA: 812 570.63 M2
 FIRMA CONSULTORA: -

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 2 Div. 1:8, 16 salidas.
	ME ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene empalmes de fusión.
	Poste propiedad de CORPOELEC, se usa como soporte de F.O.
	Cable Subtronal de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Troncal de Fibra Óptica, 60 hilos, 10 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Distribución de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 1 Div. 1:8, 8 salidas.

HOJA N° :
FO-3.4



ULA
 Universidad
 De
 Los Andes

PROYECTO
 RED FTTH MUCUCHIES

CONTENIDO:
 FIBRA ÓPTICA
 RED DE
 DISTRIBUCIÓN

UBICACIÓN:
 MUCUCHIES, EDO. MÉRIDA

PROPIETARIO TERRENO:
 -

PROMOTOR:
 FIBER SYSTEMS C.A.

EDIFICACIÓN:
 -

URBANISMO:
 -

CÁLCULO ESTRUCTURAL:
 -

DISEÑO DE RED FTTH :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA:
 23 FEBRERO DE 2019

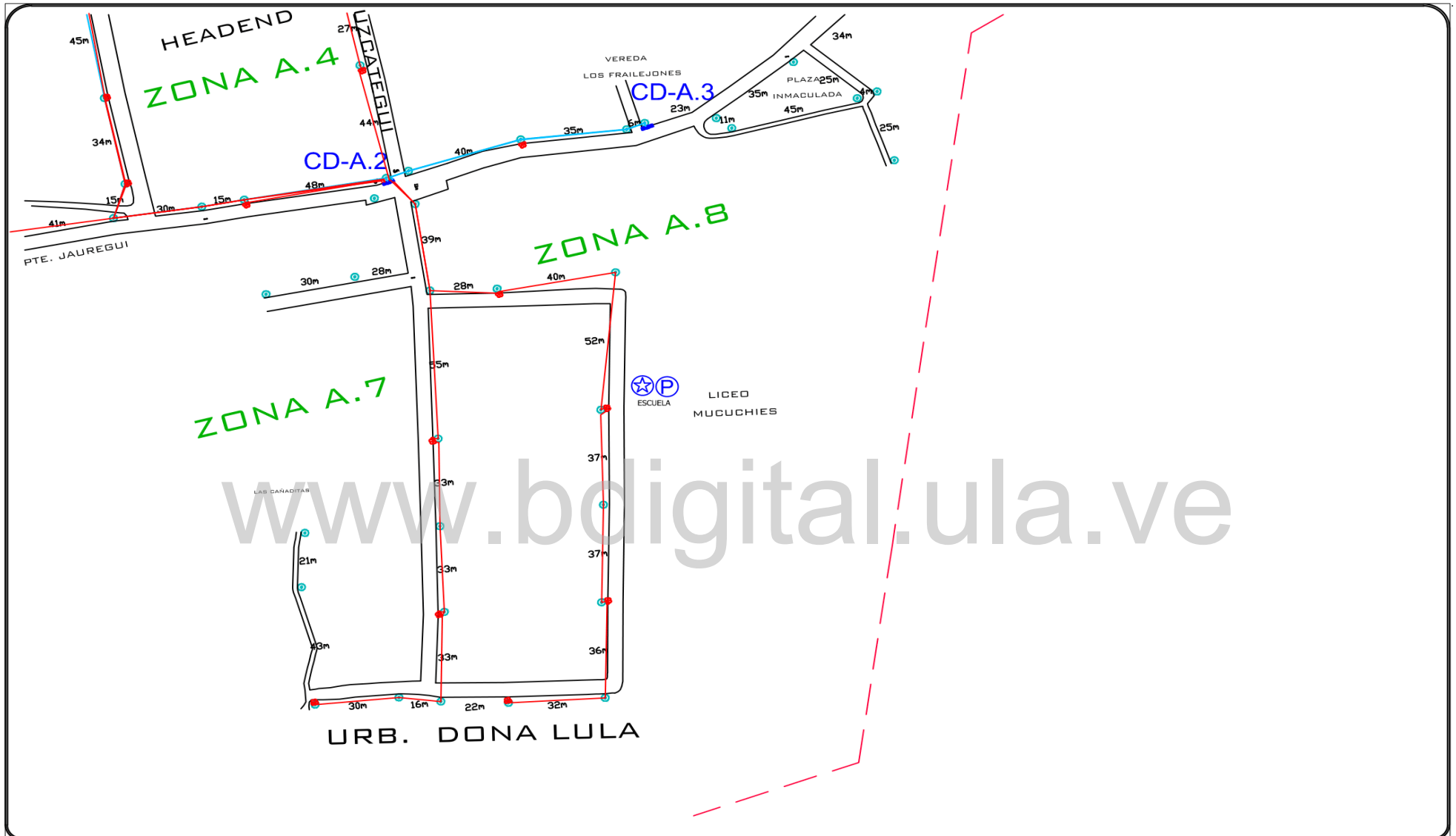
ESCALA (S):
 1:100

AREA APROXIMADA:
 812.570,63 M2

FIRMA CONSULTORA:
 -

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 2 Div. 1:8, 16 salidas.
	ME ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene empalmes de fusión.
	Poste propiedad de CORPOELEC, se usa como soporte de F.O.
	Cable Subtronal de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Troncal de Fibra Óptica, 60 hilos, 10 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Distribución de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 1 Div. 1:8, 8 salidas.

HOJA N° :
FO-3.5



ULA
 Universidad
 De
 Los Andes

PROYECTO
 RED FTTH MUCUCHIES

CONTENIDO:
 FIBRA ÓPTICA
 RED DE
 DISTRIBUCIÓN

UBICACIÓN:
 MUCUCHIES, EDO. MÉRIDA

PROPIETARIO TERRENO:
 -

PROMOTOR:
 FIBER SYSTEMS C.A.

EDIFICACIÓN:
 -

URBANISMO:
 -

CÁLCULO ESTRUCTURAL:
 -

DISEÑO DE RED FTTH :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA:
 23 FEBRERO DE 2019

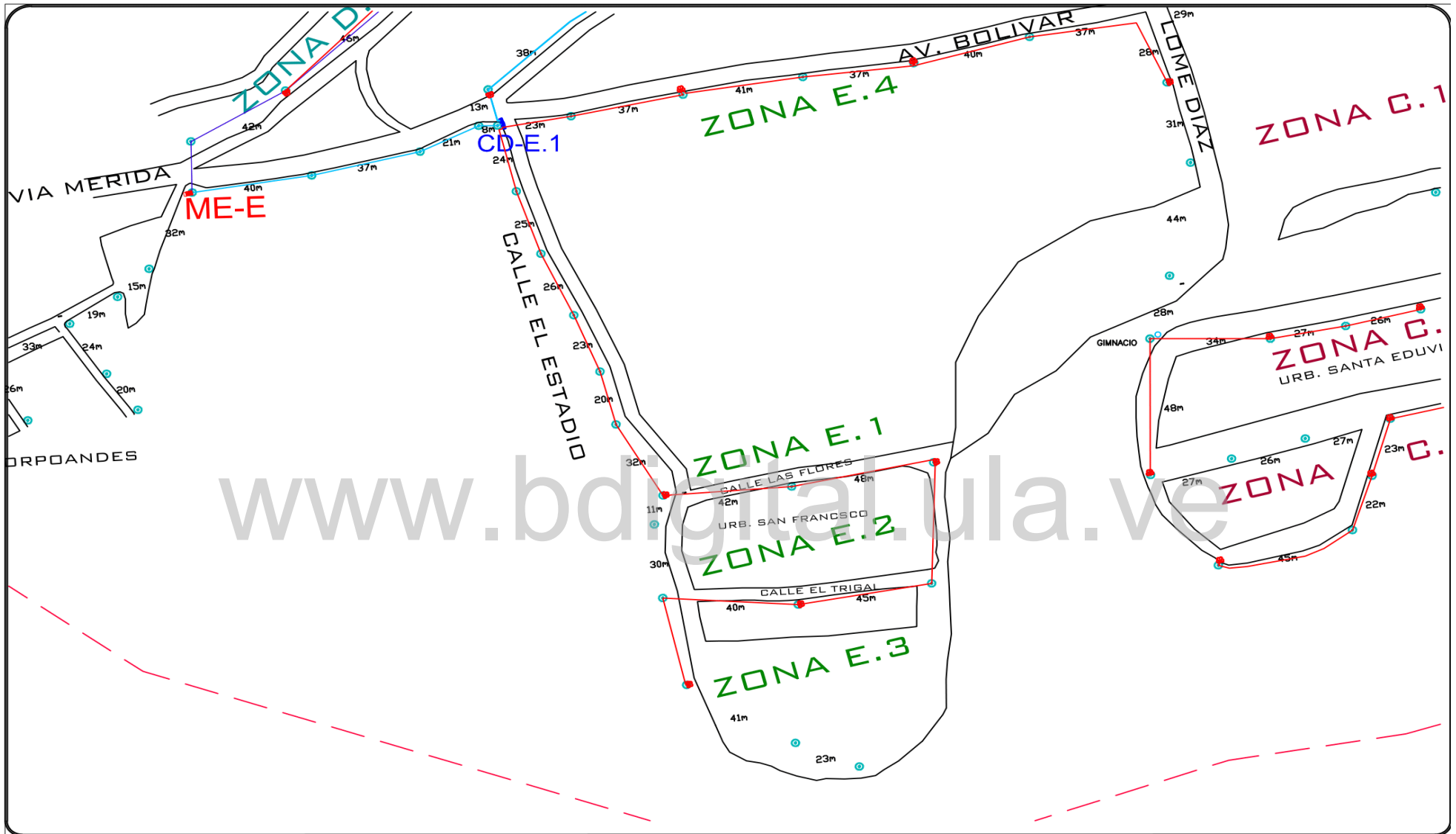
ESCALA (S):
 1:100

AREA APROXIMADA:
 812 570.63 M2

FIRMA CONSULTORA:
 -

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 2 Div. 1:8, 16 salidas.
	ME ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene empalmes de fusión.
	Poste propiedad de CORPOELEC, se usa como soporte de F.O.
	Cable Subtronal de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Troncal de Fibra Óptica, 60 hilos, 10 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Distribución de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p, contiene 1 Div. 1:8, 8 salidas.

HOJA N° :
FO-3.6



ULA
 Universidad
 De
 Los Andes

PROYECTO
 RED FTTH MUCUCHIES

CONTENIDO:
 FIBRA ÓPTICA
 RED DE
 DISTRIBUCIÓN

UBICACIÓN:
 MUCUCHIES, EDO. MÉRIDA

PROPIETARIO TERRENO:
 -

PROMOTOR:
 FIBER SYSTEMS C.A.

EDIFICACIÓN:
 -

URBANISMO:
 -

CALCULO ESTRUCTURAL:
 -

DISEÑO DE RED FTTH :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA:
 23 FEBRERO DE 2019

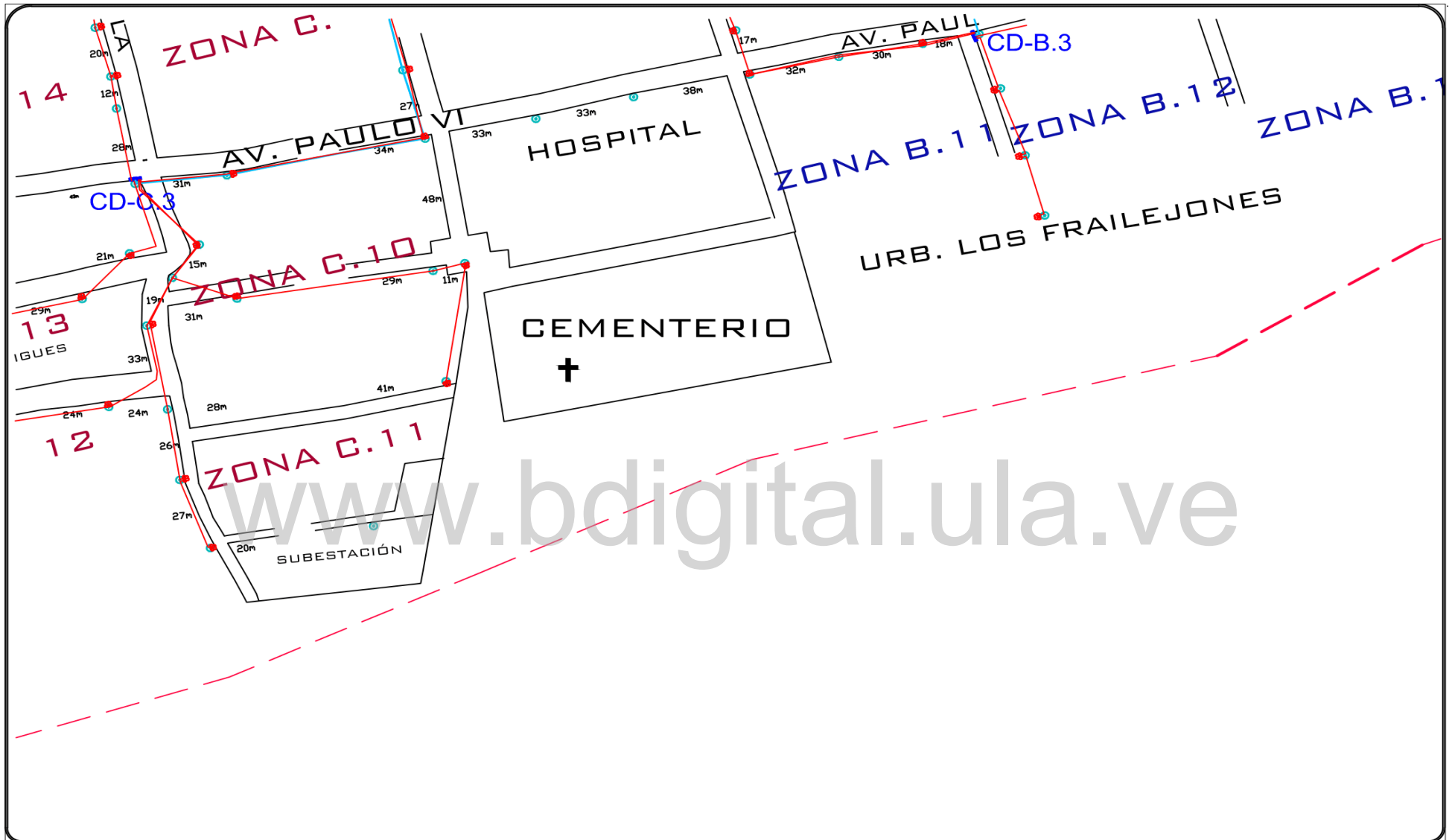
ESCALA (S):
 1:100

AREA APROXIMADA:
 812.579,63 M2

FIRMA CONSULTORA:
 -

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p. contiene 2 Div. 1:8, 16 salidas.
	ME ubicada en poste a 4 m.s.n.p. contiene empalmes de fusión.
	Poste propiedad de CORPOELEC. se usa como soporte de F.O.
	Cable Subtruncal de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Troncal de Fibra Óptica, 60 hilos, 10 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Distribución de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p. contiene 1 Div. 1:8, 8 salidas.

HOJA N° :
FO-3.7



ULA
 Universidad
 De
 Los Andes

PROYECTO
 RED FTTH MUCUCHIES

CONTENIDO:
 FIBRA ÓPTICA
 RED DE
 DISTRIBUCIÓN

UBICACIÓN:
 MUCUCHIES, EDD. MÉRIDA

PROPIETARIO TERRENO:
 -

PROMOTOR:
 FIBER SYSTEMS C.A.

EDIFICACIÓN:
 -

URBANISMO:
 -

CALCULO ESTRUCTURAL:
 -

DISEÑO DE RED FTTH :
 LUIS JOSÉ SISO
 CI 24747589

FECHA DE ENTREGA:
 23 FEBRERO DE 2019

ESCALA (S):
 1:100

AREA APROXIMADA:
 812.570,63 M2

FIRMA CONSULTORA:
 -

LISTA DE SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN Y OBSERVACIONES
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p. contiene 2 Div. 1:8, 16 salidas.
	ME ubicada en poste a 4 m.s.n.p. contiene empalmes de fusión.
	Poste propiedad de CORPOELEC, se usa como soporte de F.O.
	Cable Subtronzal de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Tronzal de Fibra Óptica, 60 hilos, 10 Buffer de 6 hilos c/u.
	Cable Distribución de Fibra Óptica, 6 hilos, 1 Buffer de 6 hilos c/u.
	CD ubicada en poste a 4 m.s.n.p. contiene 1 Div. 1:8, 8 salidas.

HOJA N° :
FO-3.8

CONCLUSIONES

A través del estudio teórico de la tecnología FTTH y el desarrollo de una propuesta de diseño, se plantea como la planificación de redes FTTH, usando tecnología GPON, permite optimizar el rendimiento de una red de fibra óptica para una mejor prestación de servicios.

En cuanto a las conclusiones técnicas, quizás lo primero que puede contemplarse, a pesar de que se ha comentado durante el documento, es que las soluciones FTTH tienen unos costos bastante atractivos en cuanto a CAPEX y OPEX se refiere, sin embargo pueden llegar a ser elevados dependiendo del diseño que se plantee. Este es uno de los factores que ralentiza el despliegue de este tipo de tecnología, sobre todo en pequeños núcleos urbanos, donde los operadores aún no tienen demasiado claro si la explotación de la red compensará el gasto de su despliegue.

Sin embargo, tal y como se ha comentado GPON, es la mejor solución actual desde el punto de vista comercial, en cuanto a velocidad de transmisión y las demás ventajas y posibles mejoras que plantea a medio y largo plazo. Este es el motivo por el que los operadores están haciendo un esfuerzo económico y desplegando este tipo de redes para ofrecer los servicios de Triple Play y video RF en los núcleos urbanos de densidad media y alta, siendo el despliegue de esta tecnología el que más ha crecido en los últimos años.

En cuanto al trabajo realizado, se considera oportuno comentar la gran labor de planificación que hay detrás de este tipo de despliegues. A la hora de realizar el proyecto técnico, se ha podido comprobar la gran cantidad de tiempo que se emplea en la búsqueda de la información relativa a la zona (tipología de los edificios, número de oficinas y viviendas por edificio, existencia de infraestructuras existentes y por donde discurren las mismas, instalaciones existente en cada edificación, etc). Es necesaria una gran labor de investigación y de trabajo de campo para que a la hora de comenzar el diseño, se pueda elegir la mejor opción. Desde el punto de vista técnico se puede apreciar que las distancias, físicas, lógicas y diferenciales que establece el estándar son

variables, pues las mismas cambian en función de la configuración que se adopte en la topología de red, es decir, depende de los niveles de división que se empleen, cabe destacar que a mayor tasa de *splitteo* menor es la distancia a la que puede estar ubicado el usuario más lejano respecto a la cabecera de red.

Así mismo, mediante una investigación de campo para determinar las necesidades y requerimientos para una Red Genérica de FTTH en la localidad de Mucuchies, Municipio Rangel del Estado Mérida, se pudo observar la alta demanda que existe respecto a estos servicios, destacando las exigencias en cuanto al acceso de Internet.

Por otra parte, la descripción procedimental del diseño y planificación de la red FTTH propuesta, permitió establecer un modelo al momento de diseñar este tipo de redes, creando con ello la hoja de ruta a seguir en etapas posteriores, las cuales involucran ingeniería de detalle y labores de implementación. De igual manera, mediante la propuesta de diseño a nivel de ingeniería conceptual y básica, se pudo definir las características técnicas de los elementos involucrados en las distintas etapas de la red, así como también se pudo hacer una estimación de las cantidades necesarias de equipos y sistemas de la misma, lo cual permite al equipo económico respectivo analizar la viabilidad económica del proyecto de acuerdo a los objetivos que persigue la empresa.

Es importante destacar que la red ha sido diseñada conforme a criterios técnicos validados por múltiples profesionales del área, así como también por diversas empresas líderes en el sector, justificando así cada una de las decisiones tomadas, como puede ser el tipo de topología o el nivel de *splitteo*. Finalmente, una vez diseñada la red, se ha comprobado teóricamente que cumple correctamente con los criterios de diseño, entre ellos el más importante, el presupuesto óptico de potencia, lo que demuestra la viabilidad técnica de la propuesta.

RECOMENDACIONES

Para aumentar la profundidad en el tema desarrollado en este trabajo de grado, se recomienda:

- Considerar en posteriores trabajos de grado el desarrollo de herramientas computacionales que permitan llevar a cabo el diseño, la planificación y dimensionamiento de redes FTTH.
- Elaborar un manual técnico de procedimientos para realizar la instalación correcta de los equipos empleados en redes de fibra óptica, especialmente a redes FTTH.
- Considerar el estudio de optimización del diseño de redes FTTH usando métodos de cálculo tales como el modelo geográfico o el modelo geométrico.
- Ampliar la presente investigación hasta el nivel de ingeniería de detalle e implementación.
- Crear un software que permita simular este tipo de redes.
- Estimular la creación de una norma nacional que ayude en la planificación de este tipo de redes.

REFERENCIAS

- [1] FTTH Council Americas, *LATAM CHAPTER 2017*, vol. I, nº 1, pp. 20-50, 2017.
- [2] IDATE, «https://en.idate.org/content/uploads/2018/02/FTTx_Gigabit.pdf,» 02 2018. [En línea]. Available: www.idate.org. [Último acceso: Octubre 2018].
- [3] FTTH Council Europe, «FTTH HANDBOOK 2017,» de *FTTH Handbook 2017*, Bruselas, Connolly Communication AB, 2017, p. 13.
- [4] EXFO Electro-Optical Engineering Inc., «La guía FTTH PON: Realización de pruebas de redes ópticas pasivas,» EXFO, Quebec City, Canada, 2012.
- [5] EXFO Electro-Optical Engineering Inc., «La guía FTTH PON: Realización de pruebas de redes ópticas pasivas,» EXFO, Quebec City, Canada, 2012.
- [6] M. Lattanzi y A. Graf, «Redes FTTx: Conceptos y Aplicaciones,» de *expocomm*, Buenos Aires, 2015.
- [7] Grupo Splittel, *El catálogo de las telecomunicaciones*, Querétaro, 2018.
- [8] fibraopticahoy.com/tipos-conectores-fibra-optica/, «fibraopticahoy,» fibraopticahoy, [En línea]. Available: <https://www.fibraopticahoy.com/tipos-conectores-fibra-optica/>. [Último acceso: Noviembre 2018].
- [9] [atminterserv](http://atminterserv.com), «[atminterserv](http://atminterserv.com),» [atminterserv](http://atminterserv.com), [En línea]. Available: <http://atminterserv.com/fibraoptica/productos/conectores/sc/>. [Último acceso: 10 Octubre 2018].
- [10] [atminterserv](http://atminterserv.com), «[atminterserv](http://atminterserv.com),» [atminterserv](http://atminterserv.com), [En línea]. Available: <http://atminterserv.com/fibraoptica/productos/conectores/lc/>. [Último acceso: 10 Octubre 2018].
- [11] [televes](http://www.televes.com), «[televes](http://www.televes.com),» Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.televes.com/es/infoteleves/infoteleves-163-diciembre2017>. [Último acceso: Octubre 2018].
- [12] [kyoelectric](http://www.kyoelectric.es), «[kyoelectric](http://www.kyoelectric.es),» [kyoelectric](http://www.kyoelectric.es), [En línea]. Available: <https://www.kyoelectric.es/es/modelos-descatalogados/762-fusionadora-de-fibra-ilsintech->

swift-k7-alineacion-por-nucleo-8435480600020.html. [Último acceso: 03 Febero 2019].

- [13] FTTH Council Europe, «FTTH HANDBOOK 2017,» de FTTH HANDBOOK 2017, Bruselas, Connolly Communication AB, 2017, p. 143.
- [14] instaladoresdetelecomhoy, «instaladoresdetelecomhoy,» instaladoresdetelecomhoy, [En línea]. Available: <https://www.instaladoresdetelecomhoy.com/imagenes/2013/07/Divisor-FBT.jpg>. [Último acceso: Enero 2019].
- [15] B. Lee, DIVISORES ÓPTICOS PASIVOS, Japón: Grupo Senko, 2015.
- [16] FTTH Council Europa, «FTTH HANDBOOK 2017,» de FTTH HANDBOOK 2017, Bruselas, Connolly Communication AB, 2017, p. 130.
- [17] FTTH Council Europe, «FTTH HANDBOOK 2017,» de FTTH HANDBOOK 2017, Bruselas, 2017, p. 72.
- [18] Furukawa Electric, «furukawatam,» [En línea]. Available: <https://www.furukawatam.com/es>. [Último acceso: Diciembre 2018].
- [19] telnet, «telnet-ri,» [En línea]. Available: <https://www.telnet-ri.es/ont-gpon-waveaccess-4032/>. [Último acceso: Noviembre 2018].
- [20] keymile, «www.keymile.com,» [En línea]. Available: https://www.keymile.com/en/pon_olt. [Último acceso: Diciembre 2018].
- [21] Furukawa Electric, «www.furukawatam.com,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.furukawatam.com/es/solucion-furukawa-detalles/ftta-fbs>. [Último acceso: Diciembre 2018].
- [22] fiber-optic-equipment, «www.fiber-optic-equipment.com,» [En línea]. Available: <http://www.fiber-optic-equipment.com/tag/dwdm-muxdemux>. [Último acceso: Diciembre 2018].
- [23] *FTTH HANDBOOK*, Edición 8. FTTH Council Europe, 2018, pp 9-164.
- [24] *FTTH Council - Definition of terms*, Versión 5.0. FTTH Council Europe, Julio 2016, pp 9-164.
- [25] A. Girard. *FTTx PON Technology and Testing*. 1ª ed, Canadá: EXFO Electro-Optical Engineering Inc., 2005, pp 21-101.

- [26] D. Stallworth, "Fundamental FTTH Planning and Design: Part 1", www.broadbandproperties.com, vol. Jan./Feb., pp.84-87, 2011.
- [27] D. Stallworth, "Fundamental FTTH Planning and Design: Part 2", www.broadbandproperties.com, vol. Mar./Apr. 2011, pp 114-117.
- [28] A. Barroso, "*Diseño de una red de fibra óptica para la implementación de servicios de una banda ancha en una zona de viviendas en el casco urbano*", Proyecto de fin de carrera, Escuela Universitaria De Ingeniería Técnica Industrial (EUITI), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2012.
- [29] A. Garrote, "*DESPLIEGUE FTTH, Evolución de las redes de banda ancha fijas hacia la fibra óptica*". Proyecto fin de grado. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 2015.
- [30] K. A. Moreno, "*Proyecto de ejecución de una Red FTTH para un municipio*". Proyecto de fin de carrera, Ingeniería de telecomunicaciones. Universidad de Sevilla, Sevilla. 2015.
- [31] M. Cano, "*VALIDACIÓN DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN PARA SU INCORPORACIÓN EN DESPLIEGUES DE FTTH*". Trabajo Especial de Grado. Universidad Católica "Andrés Bello". Caracas. 2012.
- [32] *Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics*, ITU-T
- [33] G.984.1, 03/2008.
- [34] *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos*, ITU-T G.984.2, 03/2003.
- [35] *Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos*, Enmienda 1: Nuevo apéndice III- Prácticas idóneas utilizadas en la industria para redes ópticas pasivas con capacidad de 2,488 Gbit/s en sentido descendente y 1,244 Gbit/s en sentido ascendente, ITU-T G.984.2 Enmienda 1, 02/2006.
- [36] *Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification, Amendment 2*, ITU-T G.984.2 Amendment 2, 03/2008.
- [37] *Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Transmission convergence layer specification (PMD) layer specification*, ITU-T G.984.3, 01/2014.

[38] *Gigabit-capable passive optical networks (GPON): ONT management and control interface specification*, ITU-T G.984.3, 02/2008.

Optical Fiber Cabling Components Standard, TIA/EIA-568-B.3, 04/2000.

Information technology – Generic cabling for customer premises, ISO/IEC 11801, 09/2002.

www.bdigital.ula.ve

ANEXOS

www.bdigital.ula.ve

ANEXO A

EQUIPOS DE LA CENTRAL ÓPTICA

OLT STANDALONE GPON FK-OLT-G8S

OLT Standalone GPON OLT con 8 puertos de servicio y alimentación AC/DC redundante. Capacidad para hasta 1024 ONTs.



TRANSCEIVER
SFP GPON OLT



TRANSCEIVER
SFP GE LX



Características Constructivas

Alimentación	Redundante AC full-range (100-240 V, 50/60 Hz) o -48/60 VDC	
Temperatura de operación	-20 °C a 60 °C	
Dimensiones	Altura	43 mm
	Ancho	432 mm
	Profundidad	320 mm (1 U)
Consumo	70 W	
Fuentes	Hot Swappable	

Características Técnicas

Interfaces	8 interfaces GPON SFP	QoS	Ubicación dinámica de banda por usuario
	8 interfaces de uplink GbE tipo combo (RJ-45 + SFP + 2 interfaces 10 GE SFP+)	Gerencia	Serial/Telnet (CLI)
2 slots para fuentes de alimentación redundantes	RMON		
GPON	Gestión Ethernet y consola	SNMP	Compatibilidad con interfaz gráfica
	Estándar GPON ITU-T G.984	Multicast	GMP v1/v2/v3
	128 usuarios por interfaz PON (hasta 1024 por OLT)		GMP snooping
2.5 Gbps de downstream y 1.25 Gbps de upstream	GMP proxy		
Layer 2	20 km de alcance (60 km de alcance lógico máximo)	Seguridad	Multicast VLAN registration
	Soporte a VLANs		Autenticación basada en MAC
Spanning tree (STP, RSTP, MSTP)	RADIUS y TACACS+		
Link aggregation	Storm control		
Layer 3	Enrutamiento estático	Access control list para L2,	
	RIP v1/v2, OSPF v2, BGP v4		
	VRRP		

OLT STANDALONE GPON FK-OLT-G4S

OLT Standalone GPON OLT con 4 puertos de servicio y alimentación AC/DC redundante. Capacidad para hasta 512 ONTs.

TRANSCEIVER
SFP GPON OLT



TRANSCEIVER
SFP GE LX



Características Constructivas

Alimentación	Redundante AC full-range (100-240 V, 50/60 Hz) o -48/60 VDC	
Temperatura de operación	0 °C a 50 °C	
Dimensiones	Altura	44 mm
	Ancho	440 mm
	Profundidad	300 mm (1 U)
Consumo	50 W	
Fuentes	Hot Swappable	

Características Técnicas

Interfaces	4 interfaces GPON SFP	QoS	Ubicación dinámica de banda por usuario
	8 interfaces de uplink GbE tipo combo (RJ-45 + SFP)		Serial/Telnet (CLI)
	2 slots para Fuentes de alimentación redundantes		RMON
	Gestión Ethernet y consola		SNMP
GPON	Estándar GPON ITU-T G.984	Gerencia	Compatibilidad con interfaz gráfica
	128 usuarios por interfaz PON (hasta 512 por OLT)		IGMP v1/v2/v3
	2.5 Gbps de downstream y 1.25 Gbps de upstream		IGMP snooping
	20 km de alcance (60 km de alcance lógico máximo)		IGMP proxy
Layer 2	Soporte la VLANs	Multicast	Multicast VLAN registration
	Spanning tree (STP, RSTP, MSTP)		Autenticación basada en MAC
	Link aggregation		RADIUS y TACACS+
			Storm control
Layer 3	Enrutamiento estático	Seguridad	Access control list para L2, L3 y L4
	RIP v1 /v2, OSPF v2, BGP v4		
	VRRP		

TRANSCEIVERS EPON, GPON Y DE UPLINK

Transceivers para uso en módulos de servicio EPON y GPON Furukawa, así como para las interfaces de Uplink (SFP, SFP+ y XFP).

**Características Constructivas**

	Mínimo	Típico	Máximo
Tensión	3.135	3.3	3.465
Corriente (mA)	-	-	600
Humedad relativa Operación (%)	0	-	85
Humedad relativa Almacenamiento (%)	0	-	95

DIO BT 72

El DIO BT72 es un distribuidor óptico para rack con capacidad para hasta 72 empalmes en 2U. Tiene función de almacenamiento y gestión de cables (inclusive pre-conectorizados) y cordones ópticos.



Características Constructivas

Dimensiones	Altura	88.9 mm (2U's)
	Ancho	484 mm
	Profundidad	255 mm
Color	Gris claro (RAL 7035)	
Cantidad de posiciones	Hasta 72 fibras	
Material del cuerpo del producto	Acero SAE1020	
Tipo de conector	SC	
Tipo de pulimento	APC o PC (UPC o SPC)	
Tipo de cable	Loose tube	

- **Switch agregación.**

El modelo seleccionado será el **ME-3600X-24TS-M** de la compañía **CISCO**.



Características básicas	
Puertos	24xGbEthernet 2 x 10GbEthernet
Consumo	192 W
Unidades de Rack ocupadas	1 unidad
Memoria RAM	1 GB
Memoria Flash	64MB
Buffer de paquetes	44MB
Capacidad de switching	44 Gbps
Niveles OSI	Layer 2 y Layer 3
Protocolos destacados	EnrutamientoIPv4 e IPv6 estático MPLS, IS-IS,OSPF, BGP, EIGRP, DVMRP, MI-SM, IGMPv3, SSM, GRE. IEEE 802.1Q VLAN SNMP STP (802.1d) y MSTP (802.1w) Agrupación de puertos (802.3ad) Muchos otros.

Seguridad	802.1X, RADIUS, DHCP PPPoE Protocolo Secure Shell (SSH) Protección de raíz de STP Secure Core Technology (SCT) Datos confidenciales seguros (SSD) Seguridad de puertos Control de tormentas Prevención de denegación de servicio (DoS) Prevención de congestión ACL
------------------	--

- **Servidor de gestión.**

El modelo empleado será el DELL PowerEdge R815.



Características básicas	
Procesador	AMD Opteron serie 6100
Memoria	Hasta 1 TB (32 ranuras DIMM): 1, 2, 4, 8, 16 o 32 GB
Almacenamiento interno máximo	Hasta 6 TB
Compartimentos para unidades	Chasis de 6 discos duros
Controlador de red	Dos NIC Gigabit Broadcom 5709C de dos puertos
Comunicaciones	Permite 10GBase-T
Consumo	570W
Tamaño	2 unidades de rack

- **Switch de agregación al servidor de gestión.**

El modelo seleccionado ha sido **SB SG300-24**, del fabricante **CISCO**.



Características básicas	
Puertos	24 Gigabit Ethernet
Consumo	30 W
Unidades de Rack ocupadas	1 unidades
Memoria RAM	128 MB
Memoria Flash	16MB
Puertos PoE	24
Buffer de paquetes	8MB
Capacidad de switching	56 Gbps
Niveles OSI	2 y 3
Protocolos destacados	STP (802.1d) y MSTP (802.1w), Agrupación de puertos (802.3ad)
Seguridad	802.1X: RADIUS, VLAN, Protección de raíz de STP Datos confidenciales seguros (SSD), Seguridad de puertos

- **Softswitch VoIP y servidor IPTV+VoD.**

Se ha seleccionado el **Softswitch Cisco BTS 10200** del fabricante **CISCO**



Permite una gran cantidad de familias de protocolos como:

- SIP
- H.323
- Gateway control
- Enterprise
- SS7
- Other IP Interfaces

Para el servicio de televisión por IP y Video On Demand se ha seleccionado el equipo **IPTV Combine 8x**, del fabricante **NETUP**.



Por indicar alguna característica de los mismos, se citan los servicios que ofrece:

- VoD + nVoD server.
- DVB to IP Gateway: 8 DVB + 8 CI.
- Middleware.
- IP STB firmware update server, DHCP, DNS, IGMP querier.

ANEXO B

EQUIPOS DE LA RED TRONCAL

CABLE ÓPTICO ADSS



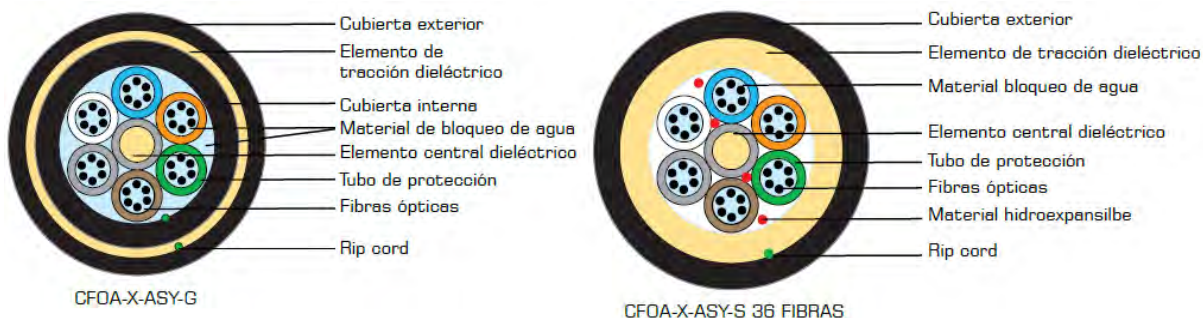
Descripción	Cable óptico dieléctrico con fibras ópticas agrupadas en unidades básicas (tubo loose). Núcleo protegido contra penetración de humedad y revestimiento externo en material termoplástico resistente a intemperies.
Aplicación	Ambiente de instalación: externo Ambiente de operación: aéreo autosoportado.

Características Constructivas

Tipos de fibras	Monomodo (9/125)	G. 652D
	Monomodo NZD (9/125)	G. 655 y G. 656
	Multimodo (50/125)	OM4, OM3 y OM2
	Multimodo (62.5/125)	OM1
Cantidad de fibras	06 hasta 144	
Elemento central	Material no metálico	
Tipo de núcleo	Núcleo relleno (G), seco (S) o totalmente seco (TS)	
Cubierta externa	Poliétileno de color negro con o sin retardo a llama (RC o NR)	

Número de fibras ópticas	Cantidad de fibras por tubo	Coro type	Vano 80 m			Vano 120 m			Vano 200 m		
			Diámetro externo nominal (mm) ±0.2	Masa líquida (kg/km)	Carga máxima de operación (N)	Diámetro externo nominal (mm) ±0.2	Masa líquida (kg/km)	Carga máxima de operación (N)	Diámetro externo nominal (mm) ±0.2	Masa líquida (kg/km)	Carga máxima de operación (N)
6 a 36	6	G	11.4	100	2100	11.4	102	2950	12.2	109	5000
		S	11.5	95	2050	11.5	96	2850	11.9	102	5000
		TS	10.0	71	1065	10.0	72	1440	10.4	75	2250
48	12	G	12.8	128	2400	13.2	130	3450	13.6	140	6050
		S	11.9	117	2500	11.9	120	3400	12.3	125	5900
		TS	11.2	92	1380	11.2	93	1860	11.6	98	2940
60 a 72	12	G	12.8	128	2400	13.2	130	3450	13.6	140	6050
		S	12.9	119	2500	12.9	122	3400	13.3	127	5900
		TS	11.2	92	1380	11.2	93	1860	11.6	98	2940
96	12	G	14.8	169	3050	14.8	172	4350	15.6	180	7250
		S	14.0	139	3000	14.2	141	3800	14.6	147	6300
		TS	13.0	120	1800	13.0	121	2420	13.4	130	3900
144	12	G	18.2	255	3950	18.4	260	5800	19.0	274	9950
		S	18.2	230	3650	18.2	232	5150	18.8	242	9000
		TS	16.6	190	2850	16.6	192	3840	17.0	199	5970

Fuerza de tracción sin aumento de atenuación (N)		Carga de compresión (N/10 cm)	Radio mínimo de curvatura	
Vano (m)	Carga máxima de operación		Durante la instalación	Después de instalado
80	1.5 x peso/km	1 x peso/km (Mínimo 1000)	20 x diámetro del cable	10 x diámetro del cable
120	2 x peso/km			
200	3 x peso/km			



Especificación

ET 1105 (seco y relleno) y ET 3189 (totalmente seco)

Embalaje

Carrete de madera | Tramo estándar 4000 m

CABLE ÓPTICO ADSS PARA LARGOS VANOS



Descripción

Cable óptico dieléctrico con fibras ópticas agrupadas en unidades básicas (tubo loose). Núcleo protegido contra penetración de humedad y revestimiento externo en material termoplástico resistente a la intemperie.

Aplicación

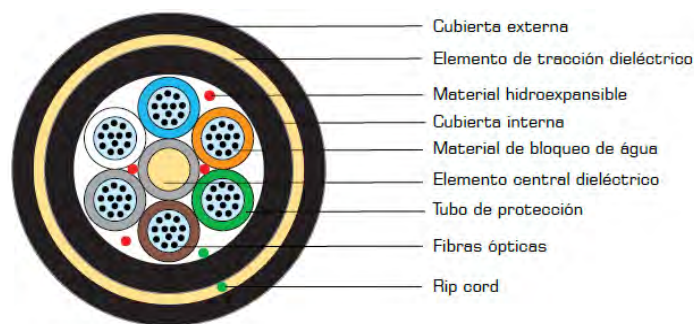
Ambiente de instalación: externo.

Ambiente de operación: aéreo autoportado en largos vanos.

Características Constructivas

Tipos de fibras	Monomodo (9/125)	G.652D
Cantidad de fibras	06 hasta 72	
Tipo de núcleo	Seco	
Cubierta externa	Poliétileno de color negro no retardante a la llama (NR), retardante a la llama (RC), o resistente al tracking (RT)	
Resistencia al efecto tracking	Para instalaciones en locales de campo eléctrico ≤ 12 KV, cubierta NR y RC Para instalaciones en locales de campo eléctrico > 12 KV/m y ≤ 25 KV/m, cubierta RT	

Número de fibras ópticas	Número de fibras ópticas	Cantidad de fibras por tubo	Diámetro externo nominal (mm) ± 0.2	Masa líquida nominal (kg/km)		Carga de compresión (N/10cm)	Radio mínimo de curvatura (mm)	
				Carga máxima de operación CMO (N)	RC		Durante la instalación	Después de instalado
5 kN	6 a 36	6	13.6	120	132	2200	20 x diámetro externo del cable	10 x diámetro externo del cable
	48 a 72	12	14.8	146	158			
10 kN	6 a 36	6	13.6	130	142			
	48 a 72	12	14.8	158	170			
15 kN	6 a 36	6	14.6	145	157			
	48 a 72	12	15.6	171	185			
20 kN	6 a 36	6	15.0	160	162			
	48 a 72	12	16.4	187	201			



CFOA-X-LVY-S 36 FIBRAS

Recomendación para Accesorios

Utilice solamente accesorios pre-formados en el anclaje de los cables. Furukawa no recomienda otros tipos de accesorios para este fin. Para mayores informaciones, favor contactar a Furukawa.

Especificación

ET 1204

Embalaje

Carrete de madera

Tramo estándar 4000 m

CONJUNTO DE EMPALME ÓPTICO AÉREO/SUBTERRÁNEO FK-CEO-4M-144F

Conjunto de empalme óptico con sistema de sellado mecánico con capacidad para hasta 144 empalmes en 6 bandejas. Aplicable a redes aéreas y subterráneas.



Características Constructivas

Dimensiones	Altura	435 mm
	Diámetro	230 mm
Color	Negro	
Diámetro del cable de entrada	10 hasta 17.5 mm	
Diámetro de los cables de derivación	5 hasta 17.5 mm	
Cantidad de puerto oval	01	
Cantidad de puerto de derivación	04	
Instalación	Aérea o subterránea	
Tipo de sellado	Mecánica	
Cantidad de grommets	Para el puerto principal	01 para cables con diámetros de 10 hasta 13 mm
		01 para cables con diámetros de 13 hasta 17.5 mm
	Para los puertos de derivación	04 con 4 agujeros para cables con diámetros de 5 hasta 7 mm
		04 con 1 agujero para cables con diámetros de 8 hasta 12 mm
		04 con 1 agujero para cables con diámetros de 12 hasta 17.5 mm

SPLITTER ÓPTICO 1XN

Divisor óptico pasivo con razón de 1xN, tecnología PLC/FBT con fibra G.657A.



Características Constructivas

Tipo de splitter		1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
Tecnología de fabricación		FBT			PLC		
Largo	No conectorizado	50 mm	40 mm			50 mm	60 mm
	Conectorizado		55 mm	60 mm	80 mm	-	
Ancho	No conectorizado	n/a	4 mm			7 mm	12 mm
	Conectorizado		7 mm	12 mm	20 mm	-	
Altura	No conectorizado	n/a	4 mm			4 mm	-
	Conectorizado		4 mm	6 mm	-	-	
Diámetro nominal		3 mm	N/A				
Diámetro de la fibra desnuda		0.25 mm					
Diámetro del pigtail		0.9 mm					

Desempeño

Tipo de splitter		1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
Pérdida de inserción máxima (dB)		3.7	7.1	10.5	13.7	17.1	20.5
Uniformidad		0.5	0.6	1	1.3	1.5	1.7
Sensibilidad a la polarización máxima (PDL) (dB)		0.2	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5
Banda óptica pasante		PLC: 1260~1650 nm FBT: 1260~1360 nm y 1480~1650 nm					
Tipo de conector		SC-APC			SC-UPC		
Atenuación óptica por conexión (dB)		0.15 (típica)		0.3 (máxima)		0.3 (máxima)	
Pérdida de retorno por conexión		>60			>50		
35500100	FBT	No conectorizado	1x2	2m / 2m			
35500185			1x2				
35500104			1x4				
35500099			1x8				
35500108	PLC		1x16				
35500112			1x32				
35500109			1x64				

35500188	PLC	Conectorizado	1x2	SC-APC / SC-APC	60 cm / 60 cm
35500173			1x4		
35500177			1x8		
35500195			1x16		
35500199			1x32		
35500202	FBT		1x2	SC-UPC / SC-UPC	
35500190	PLC		1x2		
35500176			1x4		
35500172			1x8		
35500194			1x16		
35500198			1x32		
35500200	FBT		1x2	NC/SC-APC	1.5 m / 60 cm
35500191	PLC		1x2		
35500174			1x4		
35500178			1x8		
35500192			1x16		
35500196		1x32			
35500201	FBT	1x2	NC/SC-UPC		
35500189	PLC	1x2			
35500175		1x4			
35500179		1x8			
35500193		1x16			
35500197		1x32			

www.bdigital.ula.ve

ANEXO C

EQUIPOS DE LA RED SUBTRONCAL Y RED DE DISTRIBUCIÓN

CAJA DE TERMINACIÓN ÓPTICA FK-CTO-16MC

Caja de terminación óptica conectorizada, para redes de acceso y terminación. Aplicación aérea.



Características Constructivas

Dimensiones	Altura	300 mm
	Ancho	220 mm
	Profundidad	100 mm
Material del cuerpo	Termoplástico reforzado	
Color	Negro	
Diámetro del cable de entrada	8 hasta 11.5 mm	
Diámetro del cable de derivación	6 hasta 8 mm (2 derivaciones)	
Diámetro de los cables de salida	Circulares: 16 cables de 4.5 hasta 5.3 mm	
	Flat: 16 cables de 2.0 x 3.0 mm	

CAJA DE TERMINACIÓN ÓPTICA PRE-CONECTORIZADA FK-CTOP-16P

Caja de terminación óptica pre-conectorizada, para redes de acceso y terminación, para uso con adaptadores externos reforzados. Aplicación aérea.



Características Constructivas

Dimensiones	Altura	380 mm
	Ancho	240 mm
	Profundidad	140 mm
Material del cuerpo	Termoplástico reforzado	
Color	Negro	
Diámetro de los cables de entrada	6.5 hasta 16.5 mm	
Diámetros de los cables de derivación	6.5 hasta 11 mm	
Cantidad máxima de cables drop	Hasta 16 adaptadores reforzados (drop slimconnector)	
Cantidad máxima de empalmes	Hasta 96 empalmes (hasta 6 bandejas de empalme)	
Aplicación	Aérea	

CAJA DE TERMINACIÓN ÓPTICA PRE-CONECTORIZADA FK-CTOP-L

Conjunto de empalme óptico sellado y pre-conectorizado con 8 Slimconnector para uso en redes de acceso y terminación.

Características Constructivas

Dimensiones	Altura	117 mm
	Ancho	146 mm
	Profundidad	64 mm
Color	Negro	
Instalación	Aérea	
Cable de entrada	Incluso en la caja (para algunos modelos)	
Número de salidas	8 adaptadores para Slimconnector	
Protección IP	IP67	



SLIMCONNECTOR

El conector óptico reforzado fue desarrollado para la conexión en cajas de terminación óptica pre-conectorizada. Este módulo es fácilmente conectado sin la necesidad de abrir la caja para activación de clientes.



Características Constructivas

Diámetro	19 mm
Profundidad	120 mm
Temperatura de operación	-30°/+70°
Temperatura de almacenamiento	-30°/+70°
Carga de tracción	Tracción axial 45.4 kg/m
	Tracción axial en el adaptador 22.7 kg
Grado de protección	IP67
Tipo del conector	SC
Tipo del pulimento	APC
Tipo del cable	Drop Compacto Fig. 8 Low Friction
Protección de la capa	LSZH
Tipo de la fibra	G657 BLI
Pérdida de inserción	≤0.15 dB - Típica / ≤0.30 dB - Máxima
Pérdida de retorno	≥ 60 dB

Codificación

33900957	Cable Óptico Drop Slimconnector Fig.8 Low Friction 01F GRIS - Rollo 50 m
33900958	Cable Óptico Drop Slimconnector Fig.8 Low Friction 01F GRIS - Rollo 100 m
33900959	Cable Óptico Drop Slimconnector Fig.8 Low Friction 01F GRIS - Rollo 150 m
33900960	Cable Óptico Drop Slimconnector Fig.8 Low Friction 01F GRIS - Rollo 220 m
33900961	Cable Óptico Drop Slimconnector Fig.8 Low Friction 01F GRIS - Rollo 300 m

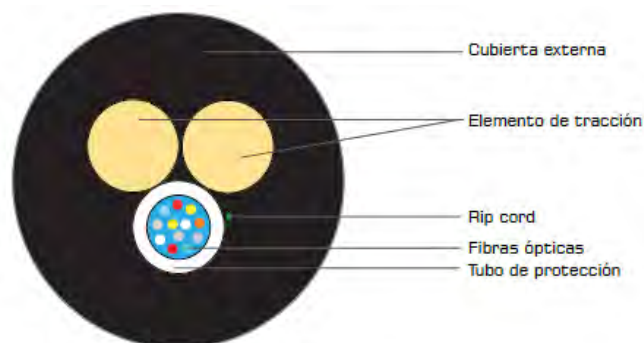
CABLE ÓPTICO ADSS MINI-RA



Descripción	Cable óptico dieléctrico con fibras ópticas agrupadas en una unidad básica (tubo loose) protegida contra penetración de humedad y revestimiento externo en material termoplástico resistente a intemperies.
Aplicación	Ambiente de instalación: externo.
	Ambiente de operación: aéreo autosoportado o subterráneo en ductos.

Características Constructivas

Tipos de fibras	Monomodo (9/125)	G.652D y G.657 (BLI)				
Vano máximo	80 o 120 m					
Tipo de núcleo	Seco					
Cubierta externa	Polietileno de color negro					
Vano	Número de fibras ópticas	Diámetro externo nominal (mm)	Masa líquida nominal (kg/km)	Carga máxima durante la instalación (N)	Radio mínimo de curvatura (mm)	
					Durante la instalación	Después de instalado
80 m	02 a 12	6.8	42	1.5 x peso/km	20 x diámetro externo	10 x diámetro del cable
120 m		7.2	47	2.0 x peso/km		



CFOA-X-AS120-RA 12 FIBRAS

Recomendación para Accesorios

Utilice solamente accesorios pre-formados en el anclaje de los cables. Furukawa no recomienda otros tipos de accesorios para este fin. Para mayores informaciones, favor contactar a Furukawa.

Especificación

ET 2116

Embalaje

Carrete de madera

Tramo estándar 2000 o 3000 m

www.bdigital.ula.ve

ANEXO D

EQUIPOS DE LA RED DE DISPERSIÓN Y EQUIPOS DE USUARIO

CABLE ÓPTICO DROP LOW FRICTION METÁLICO

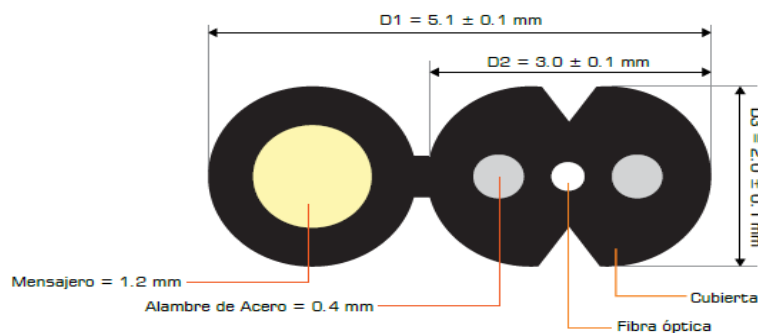


Descripción	Cable drop plano tipo figura 8 de dimensiones compactas con cubierta no propagante a la llama y con característica de baja fricción (low friction). Especialmente desarrollado para instalaciones de acceso final al abonado en redes FTTH y FTTA, los elementos de tracción metálicos posibilitan que el cable sea instalado en ductos ya congestionados con cables existentes, evitando así el uso de un cable guía durante la instalación.
Aplicación	Ambiente de instalación: interno/externo. Ambiente de operación: aéreo autosoportado o subterráneo en ductos (empujado o jalado). Recomendado para vanos continuos máximos de 400 m.

Características Constructivas

Tipos de fibras	Monomodo (9/125)	G.657 (BLI)
Cantidad de fibras	01 o 02	
Elemento de sustentación	Alambre de acero: \varnothing 1.2 mm	
Elemento de tracción	Alambre de acero: \varnothing 0.4 mm	
Clase de inflamabilidad	LSZH	
Color	Negro o gris	

Dimensión nominal (mm)	Masa lineal nominal (kg/km)	Vano máximo para flecha 1% (m)	Carga máxima durante la instalación (N)		Radio mínimo de curvatura (mm)	
			Solamente mensajero	Solamente unidad óptica	Durante la instalación	Después de instalado
5,0 \pm 0.1 x 2,0 \pm 0.1	20	80	660	148	30	15



Especificación

ET 3312

Embalaje

Carrete de madera	1000 m
RIB (Reel-in-the-Box)	500 m

ROSETA ÓPTICA - PUNTO DE TERMINACIÓN

Punto de terminación de la red óptica (4x2 pulgadas) utilizado para hacer la transición entre el cable de fibra óptica del ambiente externo para el cordón óptico que llevará la señal hasta el equipo final a ser utilizado en el ambiente interno. Capacidad de terminación de hasta 2 fibras y compatible con conector de campo. Hecho en plástico de alta resistencia.



Características Constructivas

Dimensiones	Altura	114.9 mm
	Ancho	79.8 mm
	Profundidad	22.5 mm
Color	Blanco	
Tipo de conector	SC	
Tipo de pulimento	APC o PC (UPC o SPC)	
Tipo de cable	Tight buffer, loose tube y micromódulo	
Tipo de fibra	Monomodo G-652B, G-652D o G-657A	
Cantidad de posiciones	2 posiciones para empalmes ópticos por fusión o mecánicas	
	2 posiciones para adaptador óptico SC simplex o LC dúplex	
Material del cuerpo del producto	Plástico ABS	

GPON FK-ONT-G400R

Modem óptico GPON modelo FK-ONT-G400R (4 puertos Gigabit Ethernet).

Características Constructivas

Alimentación	12 VDC con adaptador AC/DC full-range incluido	
Temperatura de operación	0 °C hasta 50 °C	
Dimensiones	Altura	40 mm
	Ancho	160 mm
	Profundidad	125 mm



Características Técnicas

Interfaces	1 interfaz óptica GPON SC-APC
	4 interfaces metálicas Gigabit Ethernet RJ-45
GPON	Estándar GPON ITU-T G.984
	2.5 Gbps de downstream y 1.25 Gbps de upstream
	20 km de alcance (60 km de alcance lógico máximo)
	Múltiplos T-CONTs y GEM Ports
Layer 2	Hasta 128 direcciones MAC
	Hasta 16 grupos VLAN
Layer 3	Cliente PPPoE
	NAT y NATP
	Servidor DHCP
QoS	Ancho de banda configurable por la OLT
	8 filas de prioridad por puerto
Gerencia	Gerencia y provisionamiento a través de la OLT
	Descubrimiento automático
	Provisionamiento vía RADIUS
	Actualización remota de firmware
Multicast	IGMP snooping
Longitud de onda de transmisión	1310 nm
Longitud de onda de recepción	1490 nm
Potencia óptica de transmisión	0.5 dBm~+5 dBm
Potencia óptica de recepción	-8 dBm~-27 dBm

GPON FK-ONT-G420W

Modem óptico GPON modelo FK-ONT-G420W (4 puertos Gigabit Ethernet + 2 puertos pots + Wi-Fi).

Características Constructivas

Alimentación	12 VDC con adaptador AC/DC full-range incluido	
Temperatura de operación	0 °C hasta 40 °C	
Dimensiones	Altura	62 mm
	Ancho	190 mm
	Profundidad	150 mm



Características Técnicas

Interfaces	1 interfaz óptica GPON SC-APC
	4 interfaces metálicas Gigabit Ethernet RJ-45
	2 interfaces metálicas FxS RJ-11
	Antena WiFi
GPON	Estándar GPON ITU-T G.984
	2.5 Gbps de downstream y 1.25 Gbps de upstream
	Múltiplos T-CONTs y GEM Ports
Layer 2	Hasta 128 direcciones MAC
	Hasta 16 grupos VLAN
Layer 3	Cliente PPPoE
	NAT y NAPT
	Servidor DHCP
QoS	Ancho de banda configurable por la OLT
	8 filas de prioridad por puerto
Voz	Soporte a sistemas de telefonía IP
	Caller ID, Call Hood, Call Transfer, etc.
	Configuración de cliente DHCP o IP estático
Multicast	IGMP snooping
WiFi	Compatible con IEEE 802.11b/g/n
	Múltiplos SSIDs
	Seguridad: WEP, WPA y WPA2
Gerencia	Gerencia y provisionamiento a través de la OLT
	Descubrimiento automático
	Provisionamiento vía RADIUS
	Actualización remota de firmware
Longitud de onda de transmisión	1310 nm
Longitud de onda de recepción	1490 nm
Potencia óptica de transmisión	0.5 dBm ~ +5 dBm
Potencia óptica de recepción	-8 dBm ~ -27 dBm

GLOSARIO

A

ADSL: acrónimo en inglés de *Asymmetric Digital Subscriber Line*, es un tipo de tecnología de línea de abonado digital DSL. Consiste en la transmisión de datos digitales apoyada en el cable de pares simétricos de cobre que lleva la línea telefónica.

ADSL2+: ADSL2+ es una evolución del sistema ADSL y ADSL2 que se basa en un aumento del espectro frecuencial. La principal diferencia es que duplica el ancho de banda utilizado de 1,1 MHz a 2,2 MHz lo que le permite alcanzar una velocidad teórica de 24 Mbps.

APON: *ATM Passive Optical Network* ó Red Óptica Pasiva ATM, fue la primera red que definió la FSAN, un grupo formado por operadores de telecomunicaciones con el objetivo de unificar las especificaciones para el acceso de banda ancha a las viviendas.

ATM: El modo de transferencia asíncrona ó *Asynchronous Transfer Mode*, es, un concepto de telecomunicaciones definido por las normas de las organizaciones ANSI y UIT para el transporte de una gama completa de tráfico de usuarios, incluidas las señales de voz, datos y video.

AES: se conoce como *Advanced Encryption Standard* ó Estándar de Cifrado Avanzado, es un esquema de cifrado por bloques adoptado como un estándar de cifrado por el gobierno de los Estados Unidos.

B

BPON: *Broadband PON* ó Red Óptica Pasiva de Banda Ancha, Se basan en las redes APON pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha.

BEP: El *Building Entry Point* ó El punto de entrada al edificio permite una conexión entre los cables externos (cables del alimentador y / o de entrada de la casa) y los cables del edificio. La conexión puede consistir en un empalme de fusión u otra conexión óptica. Es una caja de conexión de servicio.

C

CA: Caja de Abonado, es una caja que permite la conexión entre la red de distribución y los usuarios finales.

CAPEX: *Capital Expenditure*, tiene que ver con las inversiones en bienes de capital, gastos en capital o se puede definir como inversiones de capital que crean beneficios.

CD: Caja de Distribución, es un elemento que permite la derivación de la F.O a las distintas CA, puede contener divisores ópticos y albergar fusiones de fibra y/o empalmes mecánicos.

CDH: Cajetín de Distribución Horizontal, el CDH distribuirá la F.O hasta las unidades individuales de vivienda ó locales comerciales en edificios.

CDV: Cajetín de Distribución Vertical, en este cajetín se deberán realizar los empalmes entre el cable de distribución y el cable saliente del divisor óptico que alimentará a las CDH.

CE: Caja de Empalme, es un elemento cuya función es proteger los empalmes de fibra en la planta externa. Las cajas de empalmes de fibra se usan en toda la red, incluso en el cableado troncal de fibra, el alimentador, la distribución y los segmentos de la última milla.

CO: Centra Óptica ó Central de Operaciones, se refiere al espacio que alberga a los equipos de cabecera.

COE: Cajetín Óptico Externo, es el cajetín en el cual se alberga el terminal de F.O en Propiedades Individuales.

CTO: Caja Terminal Óptica, son el punto terminal de los cables multifibra en una red FTTH, en aquellos despliegues donde los edificios no constan de ICT

D

DOCSIS: son las siglas de *Data Over Cable Service Interface Specification*, ó Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable, Se trata de un estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable, lo que permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema de televisión por cable (CATV) existente.

DSLAM: Siglas de *Digital Subscriber Line Access Multiplexer* ó Multiplexor de acceso de línea de abonado digital, el cual es un multiplexor localizado dentro o fuera de la central telefónica que proporciona a los abonados o suscriptores el acceso a los servicios DSL sobre cable de par trenzado de cobre, separando la voz y los datos de las líneas de abonado.

DBA: La asignación dinámica de ancho de banda ó DBA, *Dynamic Bandwidth Assignment* atribuye eficazmente los recursos para la transferencia de tráfico a velocidades binarias variables por redes ópticas pasivas.

DFP: Distribuidor de Fibra Primario, es uno de los elementos principales de la red de distribución.

E

EDFA: El Amplificador de fibra dopado de erbio ó *Erbium Doped Fiber Amplifier* es el equipo no solo encargado de amplificar la señal, sino también de combinar las señales provenientes de la OLT.

EPON: *Ethernet Passive Optical Network* ó Red Óptica Pasiva de Gigabit Ethernet, es el estándar definido por el IEEE para el despliegue de redes PON.

F

FBT: *Fused Biconical Taper* ó Divisor Bicónico Fundido.

FSAN: *Full Services Access Network*, siglas que definen al grupo formado por operadores de telecomunicaciones con el objetivo de unificar las especificaciones para el acceso de banda ancha a las viviendas.

FTTB: *Fiber To The Building* ó Fibra hasta el edificio, se define como una arquitectura de red de acceso de fibra a una unidad de vivienda múltiple.

FTTC: *Fiber To The Curb* ó Fibra hasta la esquina, Se trata de una tecnología activa, bastante similar a FTTCab.

FTTCab: *Fiber To The Cabinet* ó Fibra hasta el armario, es una tecnología activa caracterizada por tener un despliegue de fibra desde la OLT o central hasta un nodo de fibra.

FTTH: *Fiber To The Home* ó Fibra hasta el hogar, se define como una arquitectura de red de acceso en la que la conexión a las instalaciones del suscriptor es fibra óptica

FTTN: *Fiber To The Node* ó Fibra hasta el nodo, es un nombre alternativo a FTTCab.

FTTx: *Fiber To The x* ó Fibra hasta la x, donde la x indica la terminación de la fibra; es decir si es H, llegaría hasta el hogar del abonado.

G

GPON: *Gigabit Passive Optical Network* ó Red Óptica Pasiva de Gigabit, es el estándar definido por ITU-T para redes de Banda Ancha.

GEAPON: Siglas que definen de forma alternativa a EPON, la G, indica Gigabit.

GFP: *Generic Framing Procedure*, estándar bajo el cual se basa el método GEM.

GTC: *GPON Transmission Convergence* ó Convergencia de Transmisión GPON, representa la capa de convergencia de la tecnología GPON

GDP: Gabinete de Distribución Primario, se ubican en la red de distribución de fibra.

GC: Grandes Condominios, clasificación de unidades residenciales de gran envergadura.

GEM: *GPON Encapsulation Method* ó Método de encapsulación de GPON.

H

HFC: *Hybrid Fiber Cooper* ó Híbrido Fibra Cobre, es una tecnología de acceso usada por cable operadores.

HDTV: *High Definition Television* ó Televisión de alta definición.

I

IEEE: *Institute of Electrical and Electronics Engineers* ó Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, es una asociación mundial de ingenieros dedicada a la normalización y el desarrollo en áreas técnicas.

ITU-T: Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

IPTV: *Internet Protocol Television* ó Televisión por Protocolo de Internet, denominación más común para los sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión de pago usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP.

ICT: Siglas de Infraestructura Común de Telecomunicaciones.

ISP: *Internet Service Provider* ó proveedor de servicios de Internet es la empresa que brinda conexión a Internet a sus clientes. Un ISP conecta a sus usuarios a Internet a través de diferentes tecnologías.

M

ME: Manga de empalme, es un elemento que usa en las diferentes etapas de la red de fibra óptica, con el fin de realizar derivaciones de la misma, y su función es

proteger a los hilos de F.O y a las respectivas fusiones.

N

NG-PON2: *Next-Generation Passive Optical Network 2* ó Red óptica pasiva de próxima generación 2, es un estándar de la red de telecomunicaciones 2015 para una red óptica pasiva (PON).

O

ONT: *Optical Network Termination* ó Punto de terminación Óptico, es un dispositivo situado en casa del usuario en instalaciones FTTH/GPON

OLT: *Optical Line Termination* ó Línea de Terminación Óptica, es el elemento del que parte el cable de fibra óptica con dirección hacia los usuarios y el que se encarga de gestionar el tráfico ascendente y descendente, pudiendo proporcionar servicio a una enorme cantidad de abonados.

OPEX: *Operating Expense* ó Costos operativos.

OAM: *Operation Administration and Maintenance* u Operación, Administración y Mantenimiento.

OMCI: *ONT Management And Control Interface*, Interface de Control y Administración de ONT, es un protocolo que permite la configuración remota de las ONTs.

ODF: *Optical Distribution Frame* ó Distribuidor de F.O facilita la centralización, interconexión y derivaciones de cables de F.O. en un rack normalizado.

ODN: *Optical Distribution Network* ó Red de distribución óptica.

P

P2P: *Point to Point* ó Punto a Punto, es una topología de Red para FTTH.

POP: *Point of Presence* ó Punto de Presencia, es un punto de interconexión entre las instalaciones de comunicación suministradas por la empresa telefónica y la instalación de distribución principal del edificio.

P2MP: *Pont to Multipoint* ó Punto a Multipunto, es una topología de Red para FTTH.

PON: *Passive Optical Network* ó Red Óptica Pasiva.

PLOAM: *Physical Layer Operation Administration and Maintenance* u Capa Física de Operación, Administración y Mantenimiento.

PC: Pequeños Condominios, hace referencia a unidades de vivienda multifamiliares de baja envergadura.

PI: Propiedades Individuales, hace referencia a unidades de vivienda unifamiliares.

Q

QoS: *Quality of Service* ó Calidad de servicio.

R

RITI: Recinto de Infraestructura de Telecomunicaciones de Interior.

T

TDMA: *Time Division Multiple Access* ó División de tiempo de acceso múltiple, modelo utilizado para enviar información en el canal de subida de GPON.

TDM: *Time Division Multiplexing* ó Multiplexación por división de tiempo, modelo utilizado para enviar información en el canal de bajada de GPON.

T-CONT: *Transmission Containers* ó Contenedores de Transmisión, se utilizan para transmitir información.

V

VDSL: *Very high bit rate Digital Subscriber Line* ó línea de abonado digital de muy alta tasa de transferencia.

VoD: *Video on Demand* ó Video bajo demanda, es un sistema de televisión que permite a los usuarios el acceso a contenidos multimedia de forma personalizada en tiempo real.

VoIP: *Voice on IP* ó Voz sobre protocolo IP.

W

WDM: *Wavelength Division Multiplexing* ó Multiplexación por División de Longitud de Onda

www.bdigital.ula.ve