



**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE MODELOS DE DESPLIEGUE  
DE UNA RED FTTx CON TECNOLOGÍA GPON PARA  
SOLUCIÓN CON SPLITTER BALANCEADO VS. SOLUCIÓN  
PRECONECTORIZADA CON SPLITTER DESBALANCEADO**

**Daniela Acevedo Zuluaga**

**Informe final para optar al título de Ingeniera de Telecomunicaciones**

**Asesora Interna:**

**Ana María Cárdenas Soto. PhD.**

**Docente Universidad de Antioquia**

**Asesor Externo:**

**Marco Terán**

**Technical Integrator Leader**

**Fyco**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento de Ingeniería Electrónica**

**Ingeniería de Telecomunicaciones**

**Medellín, Colombia 2023**

<b>Cita</b>	Acevedo Zuluaga Daniela
<b>Referencia</b>	D.Acevedo Zuluaga.,”ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE MODELOS DE DESPLIEGUE DE UNA RED FTTx CON TECNOLOGÍA GPON PARA SOLUCIÓN CON SPLITTER BALANCEADO VS. SOLUCIÓN PRECONECTORIZADA CON SPLITTER DESBALANCEADO”, Semestre de industria, ingeniería de telecomunicaciones, <i>Universidad de Antioquia, Medellín, 2023</i>
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	



**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** Jhon Jairo Arboleda Céspedes

**Decano/Director:** Julio Cesar Saldarriaga Molina .

**Jefe departamento:** Augusto Enrique Salazar Jiménez

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexo



## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN	10
2. PRESENTACIÓN DE FYCO	10
2.1 OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA	10
3. OBJETIVOS	11
3.1 Objetivo general	11
3.2 Objetivos específicos	11
4. MARCO TEÓRICO	12
4.1 Introducción al Sistema FTTH	12
4.2 Tecnologías xPON	14
4.3 Elementos de la red FTTH	15
4.3.1 Elementos activos y parámetros relevantes	16
4.3.2 Los elementos pasivos	16
4.4 Tipos de cables de la ODN	19
4.5 CUBIERTAS Y EMPALMES	20
4.6 GPON (Gigabit Passive Optical Network)	20
4.7 VISIÓN GENERAL DE LAS REDES FTTH (Topología)	20
4.8 LÍMITES SUGERIDOS POR EL ESTÁNDAR ITU T G.984	21
4.9 PLANEACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA	23
4.10 PRONÓSTICO	24
4.11 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	24
4.12 WALKOUT o relevamiento	24
4.13 ANÁLISIS DE DEMANDA	24
4.14 CONFORMACIÓN DE CUADRANTES Y ESTIMACIÓN DE ELEMENTOS DE LA RED	24
4.15 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA	25
4.16 REDES BALANCEADAS	25
4.17 REDES DESBALANCEADAS	26

4.18 SOLUCIONES PRECONECTORIZADAS	26
4.19 Presupuesto Óptico	26
4.20 CAPEX	27
4.21 OPEX	27
5. Metodología	28
5.1 Descripción del proyecto	28
5.2 Escenario del despliegue	28
5.3 Estudio de la zona	28
6. PROPUESTA 1	29
6.1 Red feeder	30
6.2 Red de distribución	32
6.3 PRESUPUESTO ÓPTICO	38
6.4 ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE DESPLIEGUE	39
6.5 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE MANO DE OBRA	40
6.5.1 COSTOS DE TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA	40
6.5.2 COSTOS DE EMPALMES DE FIBRA ÓPTICA	40
6.5.3 COSTOS DE PRUEBAS ÓPTICAS	41
6.6 COSTOS DE MATERIALES	41
6.7 COSTOS TOTALES DEL DESPLIEGUE DE LA RED	43
6.8 DATOS TOTALES DEL PROYECTO	44

7. PROPUESTA 2	44
7.1 Red feeder	44
7.2 Red de distribución	45
7.3 PRESUPUESTO ÓPTICO	55
7.4 ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE DESPLIEGUE	57
7.5 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE MANO DE OBRA	57
7.5.1 COSTOS DE TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA	57
7.5.2 COSTOS DE EMPALMES DE FIBRA ÓPTICA	57
7.5.3 COSTOS DE PRUEBAS ÓPTICAS	58
7.6 COSTOS DE MATERIALES	58
7.7 COSTOS TOTALES DEL DESPLIEGUE DE LA RED	61
7.8 DATOS TOTALES DEL PROYECTO	61
8. CUADRO COMPARATIVO	61
8.1 DATOS TOTALES DEL PROYECTO	62
9. CONCLUSIONES	64
10. RECOMENDACIONES	65
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen con las características de las tecnologías FTTx	12
Tabla 2 Características de Splitter balanceado y desbalanceado	17
Tabla 3 Especificaciones técnicas de las diferentes divisiones de splitters	17
Tabla 4 Especificaciones técnicas de splitters desbalanceados	18
Tabla 5 Tipos de cables de la ODN	19
Tabla 6 Características de tipos de cubiertas ópticas	20
Tabla 7 Límites estándar de ITU-T G.984	21
Tabla 8 Parámetros aplicables a los diseños de redes pasivas	22
Tabla 9 Tipos de estrategias aplicables a los diseños de red	23
Tabla 10 Detalle de la red troncal propuesta 1	31
Tabla 11 Detalle de la red de distribución (FDT1)	33
Tabla 12 Detalle de la red de distribución (FDT2)	34
Tabla 13 Detalle de la red de distribución (FDT3)	35
Tabla 14 Detalle de la red de distribución (FDT4)	35
Tabla 15 Detalle de la red de distribución (FDT5)	36
Tabla 16 Detalle de la red de distribución (FDT6)	37
Tabla 17 Detalle de la red de distribución (FDT7)	37
Tabla 18 Cronograma de actividades en el despliegue de la red	39
Tabla 19 Costos de tendido de fibra óptica propuesta 1	40
Tabla 20 Costos de empalme de fibra óptica propuesta 1	40
Tabla 21 Costos de fusiones en closure	41
Tabla 22 Costos de instalación de cajas NAP tradicionales	41
Tabla 23 Costos de pruebas ópticas propuesta 1	41
Tabla 24 Costos de materiales de la red propuesta 1	41
Tabla 25 Costos de materiales de última milla	42
Tabla 26 Costos de materiales en PoP	43
Tabla 27 Costos totales del despliegue de la red propuesta 1	43
Tabla 28 Resumen de datos de la propuesta 1	44

Tabla 29 Detalle de la red troncal propuesta 2	45
Tabla 30 Detalle de la red de distribución (HUB1)	47
Tabla 31 Detalle de la red de distribución (HUB2)	48
Tabla 32 Detalle de la red de distribución (HUB3)	49
Tabla 33 Detalle de la red de distribución (HUB4)	50
Tabla 34 Detalle de la red de distribución (HUB5)	51
Tabla 35 Detalle de la red de distribución (HUB6)	51
Tabla 36 Detalle de la red de distribución (HUB7)	53
Tabla 37 Cronograma de actividades para el despliegue de la red propuesta 2	57
Tabla 38 Costos de tendido de fibra óptica propuesta 2	57
Tabla 39 Costos de empalmes de fibra óptica propuesta 2	57
Tabla 40 Costos de fusiones en closure	58
Tabla 41 Costos de instalación de cajas NAP preconectorizadas	58
Tabla 42 Costos de pruebas ópticas propuesta 2	58
Tabla 43 Costos de materiales de la red propuesta 2	58
Tabla 44 Costos de materiales de última milla	60
Tabla 45 Costos de materiales para construcción en PoP	60
Tabla 46 Costos totales de la propuesta 2	61
Tabla 47 Resumen de datos de la propuesta 2	61
Tabla 48 Comparativo de costos generales de ambas propuestas	61
Tabla 49 Comparativo de datos generales de ambas propuestas	62
Tabla 50 Cuadro comparativo de solución tradicional vs preconectorizada	62
Tabla 51 Ventajas y desventajas de la red tradicional	63
Tabla 52 Ventajas y desventajas de la red preconectorizado	63



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Arquitectura general de las tecnologías FTTx	13
Figura 2 Transporte en una red PON	15
Figura 3 Esquema general de una red FTTH	21
Figura 4 Red balanceada	25
Figura 5 Red desbalanceada	26
Figura 6 Zona de estudio	29
Figura 7 Esquema de red FTTx propuesto	30
Figura 8 Esquema de red Feeder propuesta 1	31
Figura 9 Zonas Homepassed	32
Figura 10 Esquema de red de distribución (FDT1)	33
Figura 11 Esquema de red de distribución (FDT2)	34
Figura 12 Esquema de red de distribución (FDT3)	34
Figura 13 Esquema de red de distribución (FDT4)	35
Figura 14 Esquema de red de distribución (FDT5)	36
Figura 15 Esquema de red de distribución (FDT6)	36
Figura 16 Esquema de red de distribución (FDT7)	37
Figura 17 Esquema de niveles de división de la propuesta 1	38
Figura 18 Ubicación de fusiones y conectores en la red	38
Figura 19 Esquema de red Feeder propuesta 2	45
Figura 20 Zonas Homepassed	46
Figura 21 Esquema de red de distribución (HUB1)	46
Figura 22 Esquema de red de distribución (HUB2)	47
Figura 23 Esquema de red de distribución (HUB3)	48
Figura 24 Esquema de red de distribución (HUB4)	49
Figura 25 Esquema de red de distribución (HUB5)	51
Figura 26 Esquema de red de distribución (HUB6)	52
Figura 27 Esquema de red de distribución (HUB7)	53

Figura 28 Esquema de división de la propuesta 2	54
Figura 29 Ubicación de fusiones y conectores en la red	55

## 1. RESUMEN

El presente proyecto tiene como fin detallar de forma minuciosa, la planeación y diseño de una red óptica FTTH, para dar una cobertura de servicio a aproximadamente 5000 usuarios en un barrio de la capital de Colombia, Bosa, con el fin de decidir el tipo de red balanceada o desbalanceada que conviene utilizar. El desarrollo del documento consta de varios capítulos que se detallan a continuación:

- **Planteamiento y objetivos.** Breve introducción en la que se exponen tanto la motivación del proyecto como los objetivos del mismo. Se propone una comparativa entre modelos de diseño, construcción y despliegue
- **Introducción a los sistemas FTTx.** A lo largo de este capítulo se realiza una descripción detallada sobre este tipo de redes ópticas, analizando todos los niveles: nivel físico, nivel de enlace y nivel de red. Con ello se pretende explicar y dar a conocer este tipo de redes que configuran la solución final del proyecto.
- **Fundamentos de transmisión en fibra óptica.** En este capítulo se tratan de forma minuciosa los fundamentos de transmisión a través de sistemas ópticos, en los que se basan las redes FTTx. Se realiza una exposición sobre la teoría física que permite la transmisión, y una descripción detallada de todos los elementos intervinientes en el proceso de comunicación basado en esta infraestructura física.
- **Procedimiento y recomendaciones de diseño de una red FTTx.** A la hora de realizar un diseño y una instalación de una red de este tipo, es necesario tener en cuenta los procedimientos para ello conforme a la normativa vigente. En este capítulo se desarrollan los más importantes y necesarios para poder diseñar e instalar una red óptica pasiva de forma óptima.
- **Diseño de la red FTTx.** Se proponen dos diseños donde se utilizaran dos métodos de construcción diferentes para una red de fibra óptica. El capítulo se encuentra dividido en dos grandes bloques: la parte de diseño, donde se explican y analizan de forma detallada todos y cada uno de los pasos llevados a cabo en el diseño de la red; y la parte de recomendaciones donde se hace un comparativo de ambos modelos en cuanto a tiempos de despliegue, presupuestos de inversión y costos de Operación y mantenimiento.
- **Conclusiones.** En este capítulo se extraen las consideraciones finales y las conclusiones una vez realizado el diseño, analizando el resultado final y destacando las particularidades más relevantes del proyecto, generando así un marco referencial para un operador que requiera decidir la forma constructiva que más se adapte a su necesidad. Además, se adjuntan diversos apéndices que complementan la información de los distintos capítulos del proyecto, así como anexos con planos o imágenes referenciales que ayudan a que el proyecto sea más ilustrativo.

## 2. PRESENTACIÓN DE FYCO

Fyco es una organización global con profesionales de diferentes nacionalidades preparados para encontrar o diseñar soluciones flexibles que permitan enfrentar los nuevos retos de la cuarta revolución industrial. Ofrece servicios que permiten un despliegue rápido y rentable de soluciones tecnológicas a todos los operadores de las telecomunicaciones y sectores industriales.

### 2.1 OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Desarrollar actitudes y aptitudes en una empresa determinada que permita al estudiante ser a corto o mediano plazo un desempeño profesional idóneo.
- Poner en práctica los conocimientos adquiridos a nivel teórico en la universidad para afianzar las bases y fortalecer la formación académica.
- Entender las estructuras y procesos que están involucrados en el día a día de una empresa

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Desarrollar un esquema de planeación y diseño de una red FTTx con una solución de divisores ópticos balanceados y desbalanceados con sistemas preconectorizados, mediante estudio de caso en un área geográfica seleccionada, como insumo a la toma de decisiones de despliegue de red para un ISP.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Sintetizar información básica que dé luces en la planeación y diseño de redes tradicionales FTTH con divisores balanceados y redes con sistemas preconectorizados y divisores desbalanceados.
- Definir un mapa de procesos de planeación, que permita proponer unas recomendaciones para llevar a cabo la fase de diseño, con base en la información recopilada.
- Evaluar la viabilidad técnico-económica de cada tecnología, basado en el diseño de una red FTTH con ambos modelos.
- Realizar un documento final con las recomendaciones del uso de uno u otro tipo de divisor.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Introducción al Sistema FTTH [1]

Las redes FTTH pertenecen a la familia de redes de acceso fijas FTTx dentro del mundo de las telecomunicaciones. Estas redes, consideradas de banda ancha, tienen la capacidad de transportar gran cantidad de datos e información a velocidades binarias muy elevadas, hasta un punto próximo al usuario final. La familia FTTx, comprende un conjunto de tecnologías basadas en el transporte de señales digitales a través de fibra óptica como medio de transmisión.

Existen diferentes niveles de alcance, en función del grado de acercamiento de la fibra óptica hasta el usuario final, que surgen como consecuencia de un mayor o menor abaratamiento de estos sistemas. Todas las redes FTTx, admiten una configuración lógica de red en árbol o estrella, en bus, y en anillo, y en todas ellas con la posibilidad siempre de utilizar componentes activos dependiendo de la localización de los usuarios o clientes finales.

Las denominaciones y características, según el grado de penetración de FTTx, se recogen en la tabla 1 .

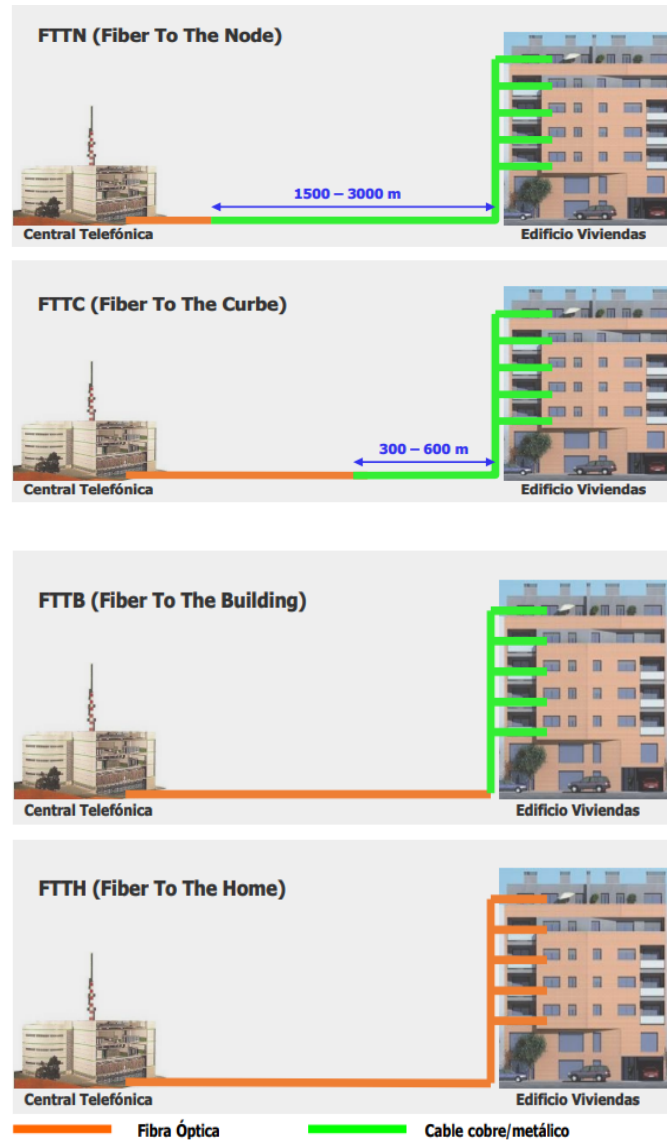
*Tabla 1 Resumen con las características de las tecnologías FTTx. Fuente PROYECTO FIN DE CARRERA, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA RED FTTH - JESÚS GALEANO CORCHERO – Diciembre 2009*

Denominación	Alcance	Distancia métrica
FTTN	Fiber To The Node (fibra hasta el nodo)	Fibra óptica desde la central hasta una distancia del edificio entre 1.5 – 3 km
FTTC	Fiber To The Curb (fibra hasta la acera)	Fibra óptica desde la central hasta una distancia del edificio entre 300 – 600 m
FTTB	Fiber To The Building or Bussiness (fibra hasta el edificio o negocio)	Fibra óptica desde la central hasta el cuarto de telecomunicaciones del edificio, sin incluir tendido hasta el hogar
FTTH	Fiber To The Home (fibra hasta el hogar)	Fibra óptica desde la central hasta el hogar

Existen otras denominaciones que, de forma paralela, fueron surgiendo según fue avanzando esta tecnología, y sin embargo, no se consideran estandarizadas. No obstante, es conveniente nombrarlas, debido a que, en muchos ambientes, utilizan esta nomenclatura [2]:

- FTTCab: Fiber To The Cabinet (fibra hasta el armario, a la intemperie)
- FTTP: Fiber To The Premises (fibra hasta las instalaciones)
- FTTO: Fiber To The Office (fibra hasta la oficina)
- FTTU: Fiber To The User (fibra hasta el usuario)
- FTTA: Fiber to Antenna (fibra óptica que alimenta las radio bases para telefonía y acceso móvil)

La Figura 1 muestra el esquema de las diferentes tecnologías FTTx, según su alcance.



*Figura 1 Arquitectura general de las tecnologías FTTx. Tomado de PROYECTO FIN DE CARRERA, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UNA RED FTTH - JESÚS GALEANO CORCHERO – Diciembre 2009*

La utilización de fibra óptica como medio de transmisión hasta los hogares, y por tanto, hasta los usuarios finales, garantiza una red completamente adaptada tanto a las necesidades actuales, como futuras. La reutilización de esta infraestructura física supone un ahorro económico a lo largo del tiempo, a pesar de su fuerte desembolso inicial en la fase de despliegue, amortizándolo en muy poco tiempo. La demanda exponencial de aumento de ancho de banda y velocidad de transmisión es superior al que estas tecnologías son capaces de ofrecer, y en línea evolutiva, están llegando a la limitación más importante e insalvable: el medio físico no soporta tanto caudal de datos a tales velocidades. De ahí que sea necesario un cambio drástico del canal, que permita establecer un conducto de banda ancha, mucho mayor a las vistas hasta día de hoy: **la fibra óptica**.

Para responder a la pregunta de ¿Porqué FTTx? Se presentan a continuación una serie de ventajas que son fundamentales a la hora de que un proveedor de servicios de internet tome la decisión de implementar un diseño sobre otro.

Los proveedores de servicios de internet buscan crear o expandir redes utilizando una infraestructura concisa y capaz de contemplar múltiples servicios. Las principales ventajas de una red FTTx que se pueden destacar son [3] :

- Menor pérdida de señal: a diferencia de lo que sucede con otras tecnologías, las redes ópticas pasivas no están sujetas a interferencias electromagnéticas. En la práctica, esto significa que la interferencia de motores, transformadores, líneas de transmisión no influyen en la señal, haciendo que las conexiones sean más estables.
- Menor uso de fibras: las redes de punto-multipunto se pueden optimizar para que la división sea realizada más próxima al cliente final, lo que representa múltiples ventajas para los administradores. Con menos uso de fibras, los costos de mantenimiento caen, lo que facilita el control y el monitoreo.
- Mayor capacidad y alcance: las redes asimétricas GPON pueden entregar una velocidad de hasta 2,5 Gbps. En términos de alcance, hablamos de hasta 20 kilómetros entre OLT y ONT. Estas condiciones reducen inestabilidades, los períodos de time out y latencia.

#### 4.2 Tecnologías xPON [4]

Cuando hacemos referencia a tecnología xPON estamos hablando de una red óptica pasiva (Passive Optical Network). La implementación de estas tecnologías implica la utilización de elementos pasivos con una reducción elevada de costos y se emplean para el diseño de redes FTTx. Se trata de una arquitectura de acceso en la que la distribución de red es de tipo broadcast y donde se comparte el ancho de banda total entre todos los usuarios. Los nodos remotos son de tipo pasivos por lo que no necesitan alimentación, cosa que facilita su mantenimiento. Los elementos básicos utilizados en las redes xPON, como se observa en la Figura 2 son:

- Módulo de unidad óptica terminal de línea (OLT) ubicado en el nodo central.
- Divisor óptico ó splitter.
- Unidades ópticas de red (ONU's) instaladas en el domicilio del usuario.
- ODN

La señal se transmite entre la unidad óptica terminal de línea (OLT) y la unidad óptica de red (ONU) a través de los divisores ópticos o splitters. Esta transmisión se podrá realizar a través del canal ascendente (UP) o descendente (DOWN). Para evitar interferencias entre ambos canales se utilizan dos longitudes de onda diferentes en superposición por medio de la Multiplexación por división de ancho de onda (WDM). El splitter se encargará de separar después las dos señales.

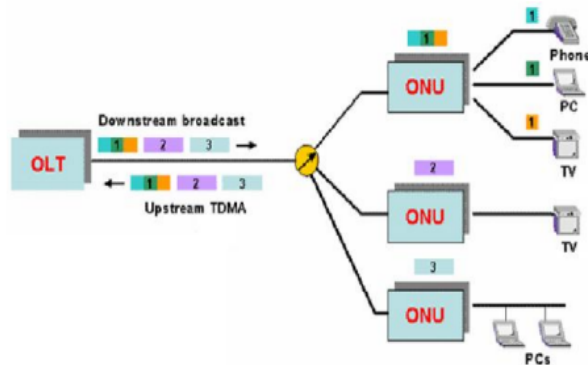


Figura 2 Transporte en una red PON. Tomado de *Implantación de la red FTTH como alternativa a la red de cobre-* Antonio Miguel Pérez Cuenca. (2012)

Canal ascendente (ONU → OLT) Se trata de una red punto a punto en la que las ONU's de los usuarios transmiten información a la OLT común. Se realiza la multiplexación en el tiempo (TDMA) que permite compartir un canal de transmisión entre varios usuarios. Se asigna a cada usuario todo el ancho de banda durante pequeños periodos de tiempo de forma alternada. Cada usuario podrá transmitir su información por medio de la ONU en diferentes instantes de tiempo que serán controlados por la OLT. Es necesaria una señal de referencia de sincronismo para determinar los tiempos asignados a cada usuario.

El canal descendente está configurado como una red punto-multipunto en la que la OLT envía un bloque de información que el divisor se encarga de realizar el reparto entre las ONU's enviando a cada usuario la parte de información que va dirigida a él. Se utiliza la multiplexación en el tiempo (TDMA) para repartir la información en diferentes intervalos de tiempo asignados a cada usuario. Se organiza el mensaje en tramas asignándose intervalos de tiempo fijos dentro de la trama a cada canal de entrada. En el momento de recibir los datos estos solo serán capturados por el usuario que tenga la dirección indicada en la cabecera de la trama. Cuando todos los usuarios han recibido su primera trama de información se inicia de nuevo el ciclo con la siguiente trama para el usuario que ocupa el primer canal. En el momento de transmitir datos se tendrán que coordinar las ONU's de todos para evitar colisiones entre ellos. Al tener un canal común de comunicaciones se tendrán que aplicar algoritmos de acceso y de encriptación.

Los documentos ITU-T que recogen estándares agrupados bajo denominación G.984 estandarizan las redes GPON

- Tratamiento diferenciado entre diferentes tipos de tráfico (voz, datos, video )
- Alcance físico hasta 20 km y soporte de alcance lógico hasta 60 km
- Altas capacidades de operación, administración, mantenimiento y provisión.
- Seguridad

En este proyecto se hará una planeación y diseño de una red bajo la tecnología GPON la cual se describe a continuación.

### 4.3 Elementos de la red FTTH [5]

Los elementos de la red se clasifican en varios tipos, elementos activos, elementos pasivos y elementos de soporte de red, aunque solo dos de ellos intervienen en los cálculos de presupuesto de potencia (activos y pasivos).



### 4.3.1 Elementos activos y parámetros relevantes

#### Los elementos activos de la red son:

**OLT:** La función principal del OLT es controlar desde una oficina central la información transmitida en ambas direcciones a través de la ODN . La distancia máxima admitida de transmisión a través de la ODN es de 20 km. La OLT controla dos sentidos de la transmisión de información: sentido ascendente (obteniendo una clase diferente de distribución del tráfico de información y voz de los usuarios); y sentido descendente (obteniendo tráfico de datos, voz y vídeo desde una red metro o una red de larga distancia y enviándolos a todos los módulos ONT en la ODN).[5] Es también el punto de conexión de la red ODN con internet.

**ONT:** O también llamada ONU, convierte las señales ópticas transmitidas a través de la fibra en señales eléctricas. Estas señales eléctricas son enviadas a los suscriptores individuales. En general, existe cierta distancia u otra red de acceso entre la ONU y las instalaciones donde se encuentra el usuario final. Además, la ONU puede enviar, agregar y gestionar diferentes tipos de datos provenientes del cliente y enviarlos en sentido ascendente a la OLT. Grooming es un proceso de gestión de la ONU que optimiza y reorganiza el flujo de datos para que estos sean transportados más eficazmente. La OLT admite la asignación de ancho de banda para permitir así una entrega de datos a la OLT fluida y sin problemas, ya que está generalmente llega en ráfagas desde cliente. Se puede conectar la ONU mediante varios métodos y tipos de cable, como por ejemplo el cable de par trenzado de cobre, el cable coaxial; con fibra óptica o con Wi-Fi.[5]

Ambos equipos son transceivers, es decir transmiten señales ópticas y reciben señales ópticas. Los parámetros principales son:

- Longitud de onda de emisión y recepción
- Potencia óptica transmitida
- Sensibilidad o potencia mínima recibida
- Overload o potencia máxima recibida

### 4.3.2 Los elementos pasivos

Existen dos elementos de la red que tienen parámetros relevantes a la hora de hacer el presupuesto óptico, que son la pérdida de inserción y la pérdida de retorno, estos componentes son:

**SPLITTER o divisor óptico:** Conocido como divisor de fibra o divisor de haz, es un dispositivo de distribución de energía óptica y de guía de onda integrado que puede que contiene múltiples extremos de entrada y salida. La función de splitter fibra óptica es dividir un haz luminoso incidente en dos o más haces luminosos y viceversa. El splitter fibra óptica ha desempeñado un papel importante en las redes ópticas pasivas (como EPON, GPON, BPON, FTTX, FTTH, etc.) al permitir que una sola interfaz PON sea compartida por muchos abonados.[6]

Existen dos tipos de splitters según su fabricación [7]:

- Splitter FBT (Fused Biconical Taper): Dos o más fibras se colocan muy juntas, típicamente entorchadas una alrededor de otra, fusionadas mediante la aplicación de calor mientras el conjunto se alarga y estrecha (Longitud de onda: 850 nm, 1310 nm, 1550 nm)
- Splitter PLC: Un PLC (Planar Lightwave Circuit) se arica utilizando circuitos de guía de ondas de vidrio de sílice que están alineados con un chip de matriz de fibras con ranura en V que utiliza fibra tipo ribbon (cinta). Una vez todo está alineado y unido, se empaqueta dentro de una carcasa en miniatura. (Longitud de onda 1260 nm a 1650 nm).

La tabla 2 resume las principales características de los splitters por tipo de tecnología, es decir que los PLC para potencias desbalanceadas y los FBT para potencias balanceadas. Por su parte la tabla 3 muestra la especificaciones técnicas de los splitters FBT según el número de divisiones de potencia. Análogamente en la tabla 4 se tiene las especificaciones técnicas de los splitters PLC de diferentes distribuciones de potencia (las más usadas).

Tabla 2 Características de Splitter balanceado y desbalanceado. Fuente, Fyco Learning (2022), Módulo 3, Instalación de la red de distribución óptica, unidad (diseño).

Especificaciones	Splitter FBT	Splitter PLC
Entrada/Salida	Una o dos entradas con una salida de máximo 32 fibras	Una o dos entradas con una salida de máximo 64 fibras
Cable entrada/salida	Fibra óptica desnuda, 0.9 mm, 2.0 mm, 3.0 mm	Fibra óptica desnuda, 0.9 mm, 2.0 mm, 3.0 mm
Temperatura	-5 °C a 75 °C	-40 °C a 85 °C
Divisiones realizadas	Hasta 1:8 divisiones	Hasta 1:64 divisiones
Costo	Más bajo costo	Más alto costo

Tabla 3 Especificaciones técnicas de las diferentes divisiones de splitters Fuente, Fyco Learning (2022), Módulo 3, Instalación de la red de distribución óptica, unidad (diseño).

Parámetro	Condición	Unidad	Especificaciones									
			1x2	1x3	1x4	1x6	1x8	1x12	1x16	1x24	1x32	1x64
Pérdida de inserción	Todos los puertos @1.31, 1.55µm	dB	≤ 0.38	≤6.6	≤7.2	≤ 10.0	≤ 10.7	≤ 13.0	≤ 13.9	≤ 16.2	≤ 17.2	≤ 22.0
Uniformidad de IL	@1.31, 1.55µm	dB	≤0.6	≤0.8	≤0.8	≤0.8	≤1.0	≤1.0	≤1.4	≤1.5	≤1.6	≤2.5
PDL	Todos los puertos @1.31, 1.55µm	dB	≤0.2	≤0.2	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.3
Pérdida de retorno	Todos los puertos @1.31, 1.55µm	dB	≥ 55									
Longitud de ondas de operación		nm	1260 ≈ 1640									

Temperatura de operación	°C	-40 °C - 85°C		
Temperatura de estabilidad	dB	± 0.5		
Dimensiones (L)x(W)x(H)	nm	40x4x4	55x7x4	55x12x4

Tabla 4 Especificaciones técnicas de splitters desbalanceados Fuente, Fyco Learning (2022), Módulo 3, Instalación de la red de distribución óptica, unidad (diseño).

Splitters PLC asimétricos	Radio (%)	Pérdida de inserción (Máx)	Pérdida de polarización dependiente (dB)	Pérdida de retorno (dB)	Directividad (dB)	Rango de longitud de onda (nm)
Splitter PLC 1x2	60/40	3.5/4-6	≤0.2	≥55	≥55	1260-1650
Splitter PLC 1x2	70/30	3.0/5-7	≤0.2	≥55	≥55	1260-1650
Splitter PLC 1x2	80/20	2.6/7-9	≤0.2	≥55	≥55	1260-1650
Splitter PLC 1x2	85/15	2.1/8-10	≤0.2	≥55	≥55	1260-1650
Splitter PLC 1x2	90/10	1.8/9-12	≤0.2	≥55	≥55	1260-1650
Splitter PLC 1x2	95/5	1.2/12-15	≤0.2	≥55	≥55	1260-1650
Splitter PLC 1x2	98/2	1.0/15-18	≤0.2	≥55	≥55	1260-1650

**CONECTORES:** Es un encapsulado de precisión que sujeta una fibra o varias, con el propósito de manipularlas y alinearlas perfectamente con otras fibras. Solo cuando dos o más fibras son confrontadas en estas condiciones, es posible el paso de señales de una fibra a otra. Los núcleos de las fibras deben estar completamente alineados para que la luz pueda pasar de una fibra a otra. El acabado (pulido) y la limpieza en el extremo de cada conector son esenciales para una mínima pérdida de la señal. [8]

La fibra óptica es otro elemento pasivo de suma importancia, cuyo parámetro relevante es la pérdida en (dB/km) a una longitud de onda determinada. En el caso de estas redes que son relativamente de corto alcance la dispersión cromática y PMD no son irrelevantes.

**FIBRA ÓPTICA:** La fibra óptica es un medio físico de transmisión de información, usual en redes de datos y telecomunicaciones, que consiste en un filamento delgado de vidrio o de plástico, a través del cual viajan pulsos de luz láser o led, en la cual se contienen los datos a transmitir.

A través de la transmisión de estos impulsos de luz se puede enviar y recibir información a importantes velocidades a través de un tendido de cable, a salvo de interferencias electromagnéticas y con velocidades similares a las de la radio. Esto hace de la fibra óptica el medio de transmisión por cable más avanzado que existe.[9] La tabla 5 muestra los cables más comúnmente utilizados incluyendo la especificación de la fibra óptica correspondiente. Adicionalmente se sintetizan los segmentos de una red pasiva, con unas pequeñas sugerencias de las propiedades que deben tener dichos cables.

#### 4.4 Tipos de cables de la ODN

*Tabla 5 Tipos de cables de la ODN Fuente, Fyco Learning (2022), Módulo 3, Instalación de la red de distribución óptica, unidad (diseño).*

CABLES PAR LA RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA (ODN)				
Segmento de red	# de hilos	Norma	Uso	SPAN
Feeder (Alimentador o troncal)	144,288	ITU-T G.652D (armado, figura 8, cosido, OPGW)	Aéreo, canalizado, enterrado	80, 100, 120 y 200
Distribución	12,24,48,72,96	ITU-T G.652D (autosoportado -ADSS, figura 8, cosido, armado)	Aéreo, canalizado, enterrado	80, 100, 120 y 200
DROP (riser, distribución interna)	12,24,48	ITU-T G.657 A1/A2/B2/B3 LSZH: Bajo en humo, cero halógenos	Canalizado	Según disposición del terreno
DROP (red de abonado o dispersión)	1,2	ITU-T G.657 A1/A2 LSZH: Bajo en humo, cero halógenos	Aéreo o canalizado	80, 100, 120 y 200

**Los elementos de soporte de red:** Estos no hacen parte del cálculo de potencia pero son de suma importancia para definir el mecanismo de instalación del diseño. Estos se dividen en dos partes:

-Elementos de la red como cubiertas, cassettes para enrolamiento de fibras, tubos termocontraíbles para la empalmería.

- Herrajes para soporte de la red .

La tabla 5 muestra las principales características de las cubiertas tipo domo y lineal, que son de gran utilidad a la hora de tomar decisiones en las distribuciones de la red que se está diseñando.

## 4.5 CUBIERTAS Y EMPALMES

Tabla 6 Características de tipos de cubiertas ópticas Fuente, Fyco Learning (2022), Módulo 3, Instalación de la red de distribución óptica, unidad (diseño).

Modelo de la cubierta óptica	Tipo de cubierta óptica	Máxima capacidad de empalmes	Capacidad de puerto		Capacidad para alojar splitters ópticos
			Principal	Derivación	
Domo	0	144	2	2	No
	1	96	2	4	No
	2	72	2	6	Si (Máx. 6)
	3	24	2	6	No
Lineal	4	24	2	6	No
	5	48	2	6	No
	6	144	2	2	No

## 4.6 GPON (Gigabit Passive Optical Network) [10]

Sigue la especificación ITU-T G.984.1 y se trata de una evolución del estándar BPON. En esta evolución se incrementa la velocidad de transmisión y el número máximo de usuarios que pueden repartirse el ancho de banda. Parámetros característicos:

- Máxima distancia según usuarios: 16 → 30 km. / 32 → 20 km. / 64 → 15 km.
- Frecuencia de la banda de subida (upload): 1260-1360 nm
- Frecuencia de la banda de bajada (download): 1480-1580 nm
- Incluye seguridad a nivel de protocolo
- Se puede trabajar tanto en transferencia simétrica como asimétrica
- Transferencia asimétrica: upload 1.25 Gbps / download 2.5 Gbps
- Transferencia simétrica: upload & download 155 Mbps, 622 Mbps ó 1.25 Gbps

## 4.7 VISIÓN GENERAL DE LAS REDES FTTH (Topología) [11]

Para poder entender el funcionamiento de una red FTTH es importante partir de el esquema de la topología de esta, como se puede observar en la Figura 3 en la parte derecha se parte de una OLT, que está dentro de la oficina central, dicha OLT, entrega la potencia óptica a través de pigtaills en una red interna hasta terminar en un distribuidor óptico, el cual hace una partición de la red interna y la red externa, el CEO es el que hace esa partición. Una vez se sale de allí entramos a la red feeder, es la que se encarga de llevar la información a través de distintos hilos de cada una de las OLTs, ese hilo llega al primer splitter que divide la potencia y luego aparece entre el splitter de primer y segundo nivel una red de distribución que lleva la potencia dividida, y después del segundo splitter es la red de abonado que está dentro de los predios de los clientes.

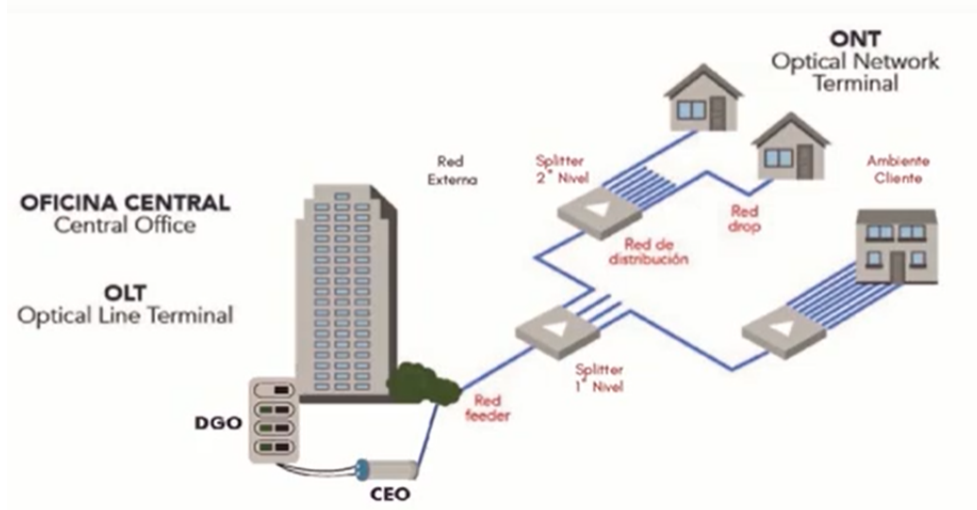


Figura 3 Esquema general de una red FTTH Fuente, Fyco Learning (2022), Módulo 3, Instalación de la red de distribución óptica, unidad (planeación).

Se tienen la ONT y la OLT como equipos activos

Los elementos pasivos presentan pérdida de inserción que se restan a la potencia de salida al OLT, y se debe validar que la potencia que arriba al receptor es superior a la potencia de sensibilidad de la ONT

#### 4.8 LÍMITES SUGERIDOS POR EL ESTÁNDAR ITU T G.984 [12]

En la tabla 7 se exponen las principales recomendaciones de la extensa norma ITU-T G.984, las cuales ayudan a tomar bases en el diseño y la certificación de topologías GPON, también proporciona un criterio amplio que busca optimizar los recursos como elementos pasivos, además de proyectar diseños ideales para evitar trabajos después de la construcción.

Tabla 7 Límites estándar de ITU-T G.984 Fuente, N. Certificación de redes GPON, normativa ITU G. 984. x (GPON networks certification, standard ITU G. 984. x), Quisnancela, E., & Espinosa.

Parámetro	Valor de referencia	Observaciones aplicables al diseño
Ancho de banda OLT/ONT	Tasa de transmisión de bajada/ subida por puerto GPON 2.5Gbps/1.25Gbps	La capacidad del puerto se reparte entre los clientes que se conecten a una fibra. La capacidad ofrecida por usuario se multiplica por el # de usuarios a ser atendidos por una fibra, y debe ser menor a esta capacidad total por puerto OLT. La capacidad por usuario debe considerar que a futuro se incrementa la tasa de transmisión ofrecida a cada cliente.
Topología para el despliegue de red	Splitter distribuidos con 2 niveles de división	Para mayor flexibilidad y optimización de costos en fibra óptica, el primer nivel de división debería

		<p>ser menor que el segundo nivel que está más cerca de los usuarios.</p> <p>La red de acceso después del segundo nivel de división no debería extenderse mucho, siendo recomendados el orden de 100 m.</p>
Relación de división de potencia	1:32, 1:64, 1:128	<p>Es importante considerar que al emplear el número más alto de división se limita mucho el crecimiento futuro en capacidad.</p> <p>2.5 Gbps/32 usuarios=78.12 Mbps  2.5 Gbps/64 usuarios= 39.02 Mbps  2.5 Gbps/128 usuarios=19.53 Mbps</p>

Adicional a las recomendaciones que proponen los estándares, en la tabla 8 se exponen varios criterios a tener en cuenta a la hora de realizar un diseño con el objetivo de proveer una red lo más confiable y óptima posible.

*Tabla 8 Parámetros aplicables a los diseños de redes pasivas Fuente . FTTH council Europe-panorama. FTTH Council Europe Webinar-Apr. (2020)*

Parámetro	Valor de referencia	Observaciones aplicables al diseño
Escalamiento	Fibras de reserva	A la hora de definir los hilos por cable, siempre considerar que habrá crecimiento en usuarios y capacidad, por lo cual dejar en reserva hilos en los cables alimentador y en los splitters de segundo nivel.
Respaldo	En el primer splitter	La definición del respaldo en el primer nivel de división permite que ante algún daño o contingencia, se pueda contar con una ruta alterna. Todo respaldo significará un mayor uso de elementos de red, pero flexibilidad en la operación
Alcance	20 km	
Pérdida óptica diferencial	15 dB	Esto significa que la diferencia máxima en dB entre ONT conectadas a la misma OLT no deberá exceder los 15 dB

#### 4.9 PLANEACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA [13]

Este es el primer momento en el que se toman decisiones y se tiene información relevante para el diseño. Planificar permite analizar la información actual para proyectar la red en un horizonte de tiempo[1]. En esta fase se hace la definición de la estrategia como criterios para seleccionar un sector, visualización de la evolución de la demanda y de los servicios y la optimización de los recursos que es un tema que es esencial para que los ISP estén o no de acuerdo con el desarrollo de un proyecto.

La planeación requiere de varias entradas:

- Servicios que se ofrecen
- Información de campo que se recupere con herramientas tecnológicas que dispongan las planeaciones urbanas o las autoridades
- Pronóstico de crecimiento de viviendas y de velocidad a ofrecer a los clientes en el tiempo
- Penetración deseada de clientes, esto varía dependiendo de la competencia que se presente en la zona

Finalmente se entrega a la etapa de diseño:

- Estimación de home pass en el tiempo y su distribución en planos del área a atender
- Selección de la tecnología de red a usar
- Predefinición de algunos elementos de red

¿Qué sector se va a atender?

En la tabla 9 se presentan los diferentes tipos de estrategias comerciales que se pueden implementar en la industrial dependiendo de los intereses y estructuración de los ISP.

*Tabla 9 Tipos de estrategias aplicables a los diseños de red Fuente . FTTH council Europe-panorama. FTTH Council Europe Webinar-Apr. (2020)*

<b>Estrategia económica:</b>	<b>Estrategia visionaria:</b>	<b>Estrategia pragmática:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- ¿ Atenderemos primero las áreas con mayor potencial de generación de ingresos?</li><li>- ¿ Conectaremos primero a los usuarios empresariales, institucionales educativas, etc.?</li><li>- ¿ A qué proporción del mercado estamos aspirando, dado que se tendría presencia de empresas competidoras?</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- ¿ Atenderemos primero las áreas con mayor potencial de crecimiento, con menos competidores en el sector?</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- ¿ Atenderemos primero las áreas más fáciles de desplegar, donde se planean otras zonas de extensión?</li><li>- ¿ Tenemos ya permisos y negociaciones cuando se usa infraestructura de terceros?</li></ul>



#### 4.10 PRONÓSTICO

Se debe hacer la pregunta de cuántos usuarios se deben atender en un tiempo determinado. Se debe distinguir dos conceptos:

Home Passed: Hace referencia al potencial de usuarios que tiene el sector elegido

Penetración: El % de home passed que se aspira a tener. Del orden del 70% cuando no hay competencia. Del orden del 30% cuando haya competencia. Esta es la decisión más relevante que se toma con el inversionista.

#### 4.11 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Para extraer la información del terreno que se va a trabajar es importante documentarse de manera híbrida, por una lado está el walkout que es ir al sector específico, y se pueden analizar los posibles crecimientos urbanísticos de primera mano. Por otro lado está Google Earth que da una información bastante aproximada de cómo está el lugar.

**4.12 WALKOUT o relevamiento:** Debe ser una tarea multipropósito, con el objetivo de sacar la mayor información posible para un buen diseño del proyecto a desarrollar, además de la demanda potencial de clientes (Casas pasadas / Home passed HP), se aprovecha el recorrido para:

- Ubicar las barreras o posibles contingencias: Vías de ferrocarril, puentes, ríos y autopistas, áreas con restricción de instalación de red aérea, entre otros.
- Identificar la estructura de terceros que podría ser usada, como la postería o ductería
- Tomar medidas para el presupuesto de cables
- Ubicación de splitters y NAP en donde mejor convenga para una distribución adecuada respecto a la ubicación de clientes

#### 4.13 ANÁLISIS DE DEMANDA [14]

El análisis de demanda se hace contemplando el crecimiento a futuro, para calcular esto se debe tener en cuenta la siguiente ecuación:

$$D_F = D_0(1 + i)^n$$

Donde:

$D_F$  = Demanda final

$D_0$  = Demanda inicial que sale de la cantidad de abonados del conteo realizado en el walkout

$i$  = Índice de crecimiento del sector donde se hará el despliegue

$n$  = Número de años al que se proyecta la red

#### 4.14 CONFORMACIÓN DE CUADRANTES Y ESTIMACIÓN DE ELEMENTOS DE LA RED

Para hacer el esquema de las subdivisiones de la zona (cuadrantes) para establecer el número de OLTs, estas zonas se denominan nodos, se requiere tres definiciones para esto:

- Estimación del número de puertos OLT de acuerdo con el nivel de splitting
- Ajuste del número de puertos OLT de acuerdo con el tipo de respaldo de red
- Ajuste del número de usuarios a conectar al puerto OLT de acuerdo con el plan de servicios a ofrecer

#### 4.15 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA

Con la información que se tuvo en la etapa de planeación se debe plasmar con mucho detalle en esta etapa. En esta etapa se garantizan los siguientes lineamientos:

- Se propone planos de tendido de red de tal manera que se cumpla con la atención potencial de clientes establecidos previamente en la planeación
- Con base en la especificaciones de los distintos elementos de la red, se realizan cálculos de potencia para garantizar el desempeño adecuado de la red y el presupuesto de materiales requeridos.
- Se determina también la infraestructura civil y postería que se requerirá para el tendido de la red

#### 4.16 REDES BALANCEADAS [15]

Como se puede observar en la figura 4, se puede ver lo que es una instalación de una reserva para la posterior instalación de la caja NAP y por el costado izquierdo viene la potencia óptica, lo que se hace entonces es fracturar un hilo para fusionarlo a un pigtail y ahí a un splitter balanceada preconectorizado que va instalado en la NAP, lo que se puede observar es que los hilos fracturados pierden continuidad.

Las redes que usan splitters simétricos, son divisores que tienen 1 entrada de potencia óptica y 2 o más salidas con potencias de la misma proporción. Por ejemplo, el splitter más básico puede tener 1 entrada y 2 salidas (1:2), por ser simétrico, cada salida representa 50% de la potencia; en el caso de 1 splitter de 1 entrada y 4 salidas (1:4), cada salida será de un 25% de la potencia, todas las salidas tendrán la misma proporción, así mismo con cada configuración en adelante. También puede tener dos entradas, cuando se requiere respaldar un enlace hasta el splitter.

Con la explicación anterior se puede observar que los fabricantes y las normas para splitters simétricos o balanceados de redes PON, tengan como estándar las siguientes configuraciones: 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32 y 1:64, de esta manera pueden seguir dividiéndose ópticamente pero a mayor número de salidas, mayor atenuación, de manera que si un splitter 1:2 representa una pérdida de 3 dB, ésta va aumentando en proporción con el número de salidas o divisiones, (la pérdida nominal corresponde al resultado de la fórmula logarítmica de pérdidas de potencia).

Los splitters simétricos PLC tienen una longitud de onda de operación que va de 1260 a 1650 nm, por este motivo este tipo de redes sí soporta CATV, ya que esta aplicación trabaja en una longitud de onda de 1550 nm.

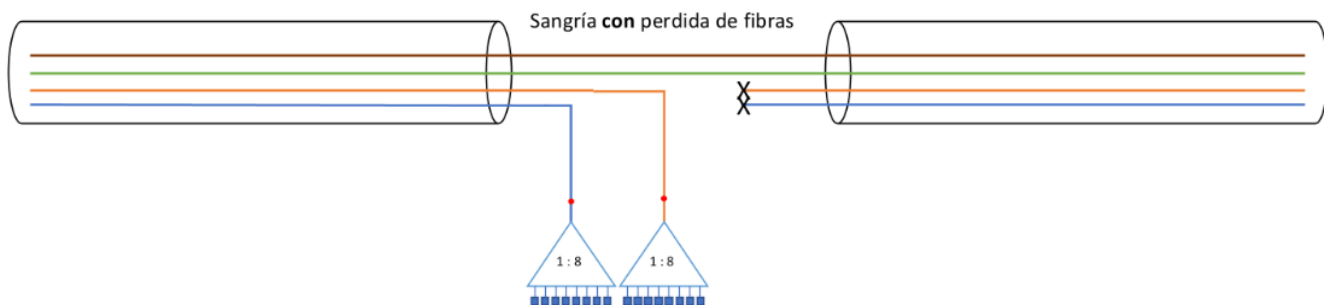


Figura 4 Red balanceada

#### 4.17 REDES DESBALANCEADAS

En este modelo se utiliza el concepto de TERMINAL ACCESS POINT (TAP) que es la llegada de una potencia, y la salida de alimentación a X cantidad de usuarios con un splitter FBT y de este a un splitter PLC y por el costado derecho se continúa por el mismo medio con el excedente de la potencia, en la figura 5 se puede observar lo mencionado anteriormente. Las redes que usan splitters asimétricos o desbalanceados, mantienen los mismos elementos en la red, criterios de uso e incluso el uso de splitters simétricos, en algunos puntos de la red, pero en otros puntos se utilizan los splitters desbalanceados, divisores de potencia óptica que reciben 100% de potencia y entregan distinto porcentaje de ésta en cada una de las salidas.

El splitter desbalanceado más común es el de 1 entrada y 2 salidas (1:2), el cual por ser desbalanceado no es como el splitter simétrico 50% de la potencia en cada salida, sino que por su fabricación puede entregar una serie de combinaciones de porcentajes de salida como 10/90, 15/85, 20/80, 30/70, 40/60, 45/55, estos dos números sumados siempre deben dar el 100% de la potencia en ambas salidas.

A la hora de realizar un diseño de una red, se puede escoger en un punto una de esas combinaciones, con un 100% de potencia de entrada y dos salidas de distinto porcentaje de potencia, para utilizar el menor porcentaje de potencia en la fibra troncal y de esta manera reutilizar el hilo, donde se coloca el primer splitter desbalanceado y el mayor porcentaje de salida del splitter para el punto de distribución (NAP) en el que también se encuentra un splitter desbalanceado o también balanceado para distribución a clientes.

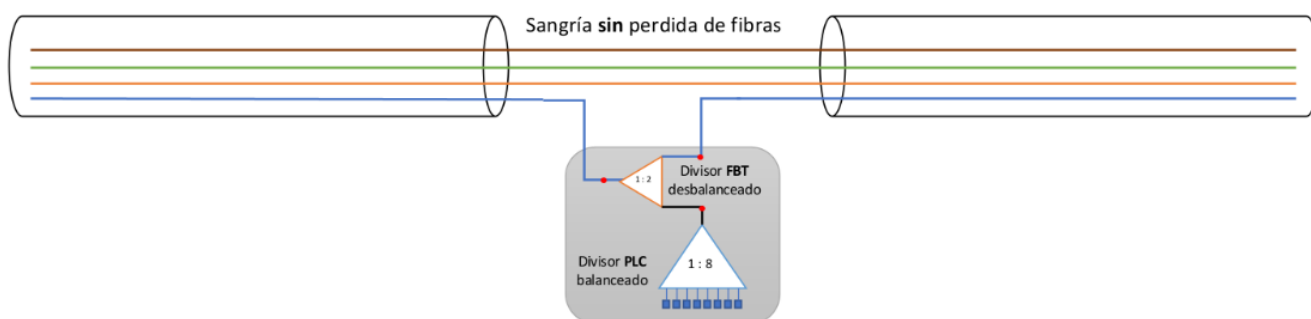


Figura 5 Red desbalanceada

#### 4.18 SOLUCIONES PRECONECTORIZADAS

A raíz de la pandemia se presentó un crecimiento exponencial en la adquisición de fibra óptica, debido a la demanda de servicios de streaming y video para interconectar a empresas, instituciones y particulares. Este crecimiento acelerado de redes de fibra óptica crea la necesidad de implementar soluciones más sofisticadas que optimicen los tiempos de instalación y mantenimiento de las mismas. Es en este escenario donde se destacan las soluciones preconectorizadas ya que estas son más confiables, rápidas de instalar y permiten la mejor distribución de redes de una manera económica y segura.

Adicionalmente el uso de esta tecnología trae la disminución en el costo de ampliación de la red. Esto se debe al hecho de que cuando la fibra sale del edificio del operador se puede dividir en varios puntos, disminuyendo los errores técnicos y haciendo que la mano de obra sea más accesible (todos estos aspectos se estudiarán en este proyecto con su respectiva comparativa con sistemas tradicionales). [16]

#### 4.19 Presupuesto Óptico

El análisis del presupuesto de pérdida óptica es el cálculo y la verificación de las características operativas de un sistema de fibra óptica. Se utiliza para calcular la pérdida de una red de cables en proceso de instalación,

determinar si la red de cables funcionará con determinados presupuestos de potencia óptica en sistemas de transmisión y aportar una estimación para compararla con los resultados concretos de comprobación.

El presupuesto de pérdida óptica de un enlace incluye elementos tales como la longitud del enlace, el tipo de fibra, las longitudes de onda, los conectores y los empalmes, así como cualquier otra fuente de pérdida del enlace. La atenuación y el ancho de banda son los parámetros esenciales para el análisis del presupuesto de pérdida óptica, pero dado que no podemos comprobar la atenuación, generalmente utilizamos los límites de pérdida establecidos por las normas para los sistemas o redes que utilizaremos en el enlace.[17]

En el cálculo presupuesto de pérdida óptica pueden incluirse tanto los componentes pasivos como los activos del circuito. La pérdida pasiva está compuesta por la pérdida de fibra, de conectores y de empalmes. Se deben incluir los acopladores y divisores (splitters) del enlace, por ejemplo aquellos utilizados en sistemas PON FTTH.

El propósito del presupuesto de pérdida óptica es garantizar que el equipo de red funcione en el enlace de fibra óptica instalado. Un asunto importante es los valores que deberían utilizarse para las pérdidas de los componentes al realizar los cálculos. Se pueden utilizar los valores indicados en las normas del sector, como los de la norma TIA 568, que son considerados muy conservadores (pérdidas altas) para la mayoría de los componentes; se pueden utilizar valores estándar, valores indicados por los fabricantes de los componentes, que posiblemente sean más cercanos a los valores estándar o bien el usuario puede pedir que se utilicen valores específicos, lo que es habitual en usuarios sofisticados como las empresas de telecomunicaciones. Es normal ser un poco conservador con las especificaciones, por lo que probablemente no se desee utilizar las mejores especificaciones posibles para la atenuación de la fibra o las pérdidas por conexión, para así permitir cierto margen en lo que respecta a modificaciones en la instalación o deterioro de los componentes por el paso del tiempo.

Teniendo en cuenta que este proyecto está enfocado en un modelo de negocio que sirva como elemento de ayuda para establecer criterios en la toma de decisiones de un diseño de red para cualquier empresa, es necesario abordar dos conceptos fundamentales a la hora de hacer una inversión de una magnitud tan grande como lo es en este caso.

**4.20 CAPEX:** La financiación que utilizan las empresas para adquirir activos físicos (nuevos o actualizar los existentes) se conocen como gastos de capital o Capex. Se suelen dividir en dos tipos:

**Gastos de expansión:** aquellos que invierten en nuevos activos que amplían los que dispone la empresa.

**Gastos de mantenimiento:** destinados a mejorar o ampliar la vida útil de los activos que ya se poseen. Estos gastos de capital no se cuentan como gastos de forma inmediata, sino que se amortizan los mismos durante un periodo de tiempo, ofreciendo diversas ventajas a las empresas (fiscales, contables...).

**4.21 OPEX:** Los gastos operativos o de explotación son conocidos como Opex, y son gastos que se realizan de forma continuada y están relacionados con las operaciones de la empresa. Podemos definir Opex como los gastos fluctuantes que realiza una empresa. [18]

## **5. Metodología**

Se proponen dos diseños de red, una con divisores ópticos balanceados y otra con divisores ópticos desbalanceados con sistemas preconectorizados, en una infraestructura óptica pasiva. Las soluciones finales consistirán en un proyecto clave para futuros despliegues de red constituido por el diseño técnico y planificación de la red, así como un análisis comparativo de los resultados obtenidos. El proyecto contempla la siguiente información:

- Diseño y planificación de la arquitectura de red escogida para el despliegue de la red FTTx a partir de redes GPON, así como el estudio de viabilidad del sistema.

- Suministro de información de todo el material y componentes necesarios para desplegar la infraestructura óptica pasiva de una red FTTH, que engloba desde el repartidor óptico en cabecera al cual se conectará el puerto de la OLT hasta la roseta óptica (ONT) dentro de la vivienda.

- Valoración económica del proyecto completo, en función de las pautas de diseño y arquitectura de red planteadas

### **5.1 Descripción del proyecto**

Una vez definidos los objetivos generales del despliegue de la red FTTx, es necesario conocer en profundidad el escenario de despliegue, así como las consideraciones generales de diseño previas a la realización del proyecto, que condicionan y limitan algunos aspectos importantes de la red. Estos aspectos se han de tomar como medida de referencia y punto de partida para el inicio del diseño del proyecto. Una vez valorados y estudiados estos datos, se procederá a plantear ambas soluciones que permitan un análisis bajo criterios apoyados en las normas que permitan un correcto análisis de estas y una conclusión que de información de valor para futuros despliegues de red bajo las condiciones que requiere un ISP en particular.

### **5.2 Escenario del despliegue**

Para poder realizar un despliegue de infraestructura óptica de la mejor forma posible, es imprescindible conocer el escenario del despliegue, sus particularidades, destacar las características más importantes, etc.

La zona objeto se trata de Bosa, es la localidad número 7 del Distrito Capital de Bogotá. Se encuentra ubicada en el suroccidente de la ciudad. Fue un antiguo municipio del Departamento de Cundinamarca.

### **5.3 Estudio de la zona**

- El área tiene 15.275 mts<sup>2</sup> y es de tipo urbana
- 6000 homepass potenciales estimados
- 630 postes
- Distancia entre postes 25-30 mts
- 8 puertos de red subterráneos (aprox)
- 20 km de fibra a desplegar
- 4560 homepassed en diseño propuesto
- <6000 capacidad para más homepassed potenciales
- 7 terrenos (crecimiento futuro)

En la Figura 4 se observa la delimitación del área de estudio con la respectiva ubicación de la OLT



Figura 6 Zona de estudio

## 6. PROPUESTA 1

### Diseño BALANCEADO propuesto

Se propone la utilización de topología punto a multipunto con 2 niveles de divisores ópticos (Splitters) en el primer nivel de 1:4 y en el segundo de 1:16 completando así una relación de 1:64, es decir por cada hilo que llega al PoP (Point of presence) tendremos 64 suscriptores, de esta manera tendremos la red de planta externa definida en dos secciones red troncal Feeder (feeder) y red de distribución o de distribución.

A continuación, se hace un zoom del esquema de red FTTx, inicialmente se parte de una **OLT (Optical Line Termination)**, que es el elemento activo situado en la oficina central. De él parten las fibras ópticas hacia los usuarios (cada OLT suele tener capacidad para dar servicio a varios miles de usuarios). Agrega el tráfico proveniente de los clientes y lo encamina hacia la red de agregación. Realiza funciones de router para poder ofrecer todos los servicios demandados por los usuarios, este se conecta por medio de un **hilo de fibra** al **ODF** el cual es un distribuidor que se utiliza para proporcionar interconexiones de cables entre las instalaciones de comunicación, que pueden integrar empalmes de fibra, terminación de fibra, adaptadores y conectores de fibra óptica y conexiones de cables en una sola unidad, esta fibra que sale del ODF, se empalma con el cable de fibra troncal (144 hilos) según lo propuesto, este cable que alberga en una cubierta de empalme o caja de derivación, que es donde se hace el respectivo sangrado o derivación de la red Feeder en el cable troncal, de este se sacan (24 hilos) que van a alimentar la caja de distribución o FDT, en donde se posicionan los splitters de primer nivel, que como se había mencionado anteriormente son de distribución 1:4, quiere decir que se pueden alimentar 96 NAPS o cajas de distribución de segundo nivel, las cuales tienen un nivel de división de 1:16, finalmente de esta

derivación se conecta el respectivo cable drop Este tipo de cable permite la instalación del punto de conexión de la calle al interior de la casa, pasando por curvas cerradas en diámetro hasta 10mm sin que el enlace óptico sufra grandes pérdidas. La figura 5 muestra el bosquejo de las divisiones de la red, con sus respectivos elementos pasivos que la conforman.

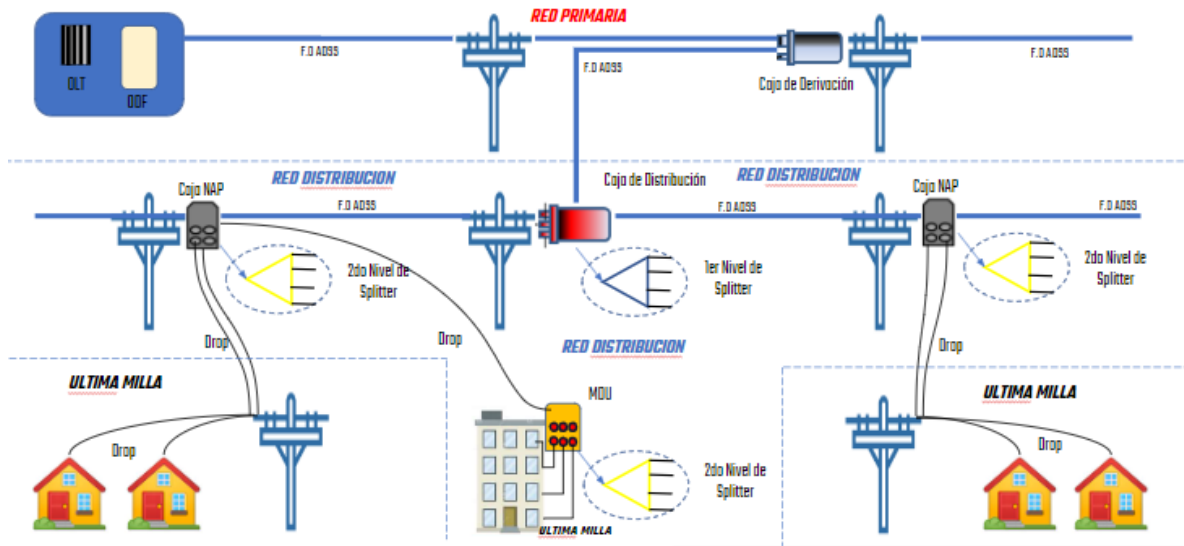


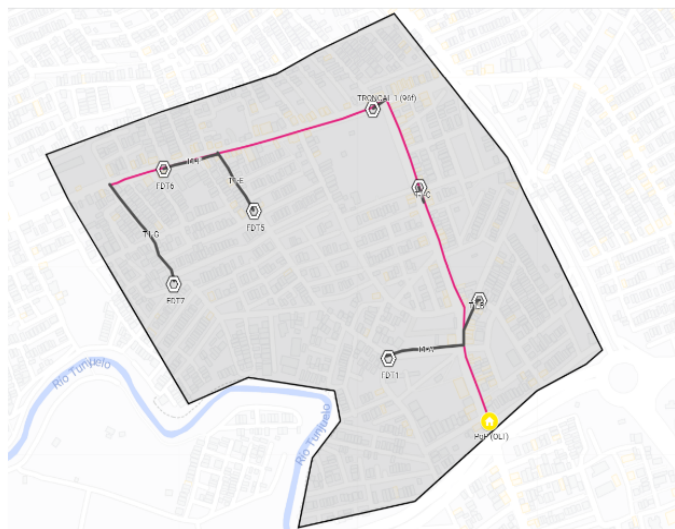
Figura 7 Esquema de red FTTx propuesto

## 6.1 Red Feeder

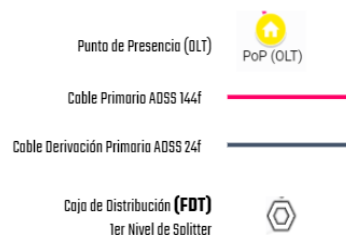
La cantidad total de fibras ópticas necesarias para la red Feeder se calculará con base en la demanda estimada, es decir, el potencial actual del cliente. Como se mencionó anteriormente, la red Feeder está compuesta por un cable primario ADSS de 144f, que se descompone en varios brazos que se empalman con cables primarios de 24f, este segundo cable va directo a una FDT (representado por un hexágono) que es donde se albergan los splitters de primer nivel, como se muestra en la Figura 6. EN LA FIGURA USAR RED FEEDER



**Red Primaria:**



**Zona de Influencia de Red:**



*Figura 8 Esquema de red Feeder propuesta 1*

Como se puede observar la red Feeder se descompone en varios sub troncales (T1-A, T1-B, T1-C, T1-D, T1-F, T1-G).

A continuación, en la tabla 10 se hace un detalle de las características de esta red Feeder

*Tabla 10 Detalle de la red Feeder propuesta 1*

CP	Cable	Cable Cores	Postes	Mts (lineal)	Mts (Lineal + Reserva NAPs)	CL	TOTAL Mts
1	1	144	43	1042	1274	5	1274
1-A	1	24	6	156	164		708
1-B	1	24	5	59	62		
1-C	1	24	2	25	26		
1-D	1	24	2	28	29		
1-E	1	24	5	111	117		
1-F	1	24	6	95	100		
1-G	1	24	9	200	210		

Donde:

CP: Cables Primarios o alimentadores

Cable: número de cables ADSS

Cable cores: número de hilos del cable troncal y de los cables de derivación primario, respectivamente

Postes: número de postes según el mapa de postes de bosa

Mts (lineal): cantidad de metros de cable

Mts (lineal con reserva): cantidad de metros de cable con reserva en las cajas de empalme.

CL: número de cubiertas de empalme

Total en Mts: sumatoria de los metros de cables estimados en la red de alimentación



## 6.2 Red de distribución

En el diseño la zona de cobertura se subdivide en 7 zonas de atención de red, con sus respectivas cantidades de casas pasadas (Home Passed HP), cada sub zona tendrá un punto de distribución de red de distribución llamada FDT, que en esta propuesta contendrá el primer nivel de división óptica, a partir de este punto se desplegará cables de distribución de distribución que alimentarán a las cajas de terminación acceso para clientes, como se puede observar en la Figura 7.

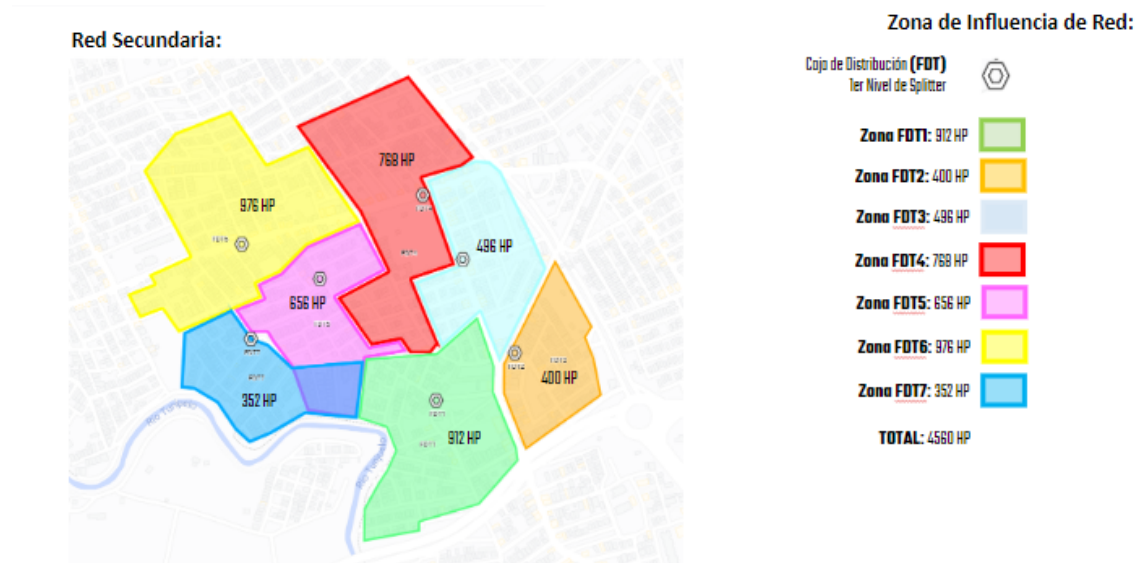


Figura 9 Zonas Homepassed

A continuación se puede observar un bosquejo de las diferentes zonas de estudio (7 zonas) las cuales van a ser distribuidas por medio de un FDT, el cual va directamente empalmado al cable troncal, con un sangrado, para hacer las distintas distribuciones de derivación de la red, como se menciona anteriormente, el cable de derivación primario tiene 24 hilos, el cual se va empalmado a un splitter de primer nivel 1:4, las salidas de este splitter se fusionan con los diferentes cables de distribución, que para el caso de la red de distribución se tuvieron en cuenta dos tipos de cable: cable distribución de derivación ADSS (48F) y cable distribución de derivación ADSS (12F). Los cables de derivación son los que alimentan las cajas NAP o MDU, que es donde se albergan los splitters de segundo nivel con una división de 1:16 y estos a su vez van conectados a cables drop que son los que llegan a los predios de los clientes finales.



Figura 10 Esquema de red de distribución (FDT1)

En la tabla 11 se expone a detalle las especificaciones de la zona que cubre el FDT, como lo es la distribución del cable, el número de hilos que tiene el cable de derivación, la cantidad de postes por los que pasa el cable, los metros lineales que cubre el cable, los metros lineales con la reserva que se debe añadir para el montaje y mantenimiento de las cajas NAP, el número de cajas nap que aborda cada distribución y la cantidad de homepass que atiende cada caja.

Tabla 11 Detalle de la red de distribución (FDT1)

FDT/CL	Cable Distribucion	Cable Cores	Postes	Mts (lineal)	Mts (Lineal + Reserva NAPs)	NAPs	HP x NAPs
1	D1A	48	24	674	873	11	176
1	D1B	12	3	50	68	1	16
1	D1C	12	5	121	157	2	32
1	D1D	12	8	178	247	4	64
1	D1E	12	4	98	118	1	16
1	D1F	12	4	95	130	2	32
1	D2A	48	15	451	564	6	96
1	D3A	48	12	304	424	7	112
1	D3B	12	3	87	121	2	32
1	D3C	12	2	70	89	1	16
1	D4A	12	5	92	127	2	32
1	D5A	12	4	292	577	18	288

**Donde:**

**FDT:** número del FDT (Fiber Distribution Terminal - Terminal de Distribución de Fibra)

**Cable distribución:** Especificaciones de las diferentes distribuciones

**Cable cores:**

**Postes:** número de postes por los que se despliega la distribución de la red

**Mts (lineal):** metros de cables del recorrido de la red

**Mts (lineal + reserva NAPs):** metros de cables del recorrido de la red más los metros de reserva en las cajas nap

**NAPs:** número de cajas de distribución de segundo nivel

**HP x NAPs:** número de homepassed por cada NAP, cada una de estas tiene una salida de 1:16

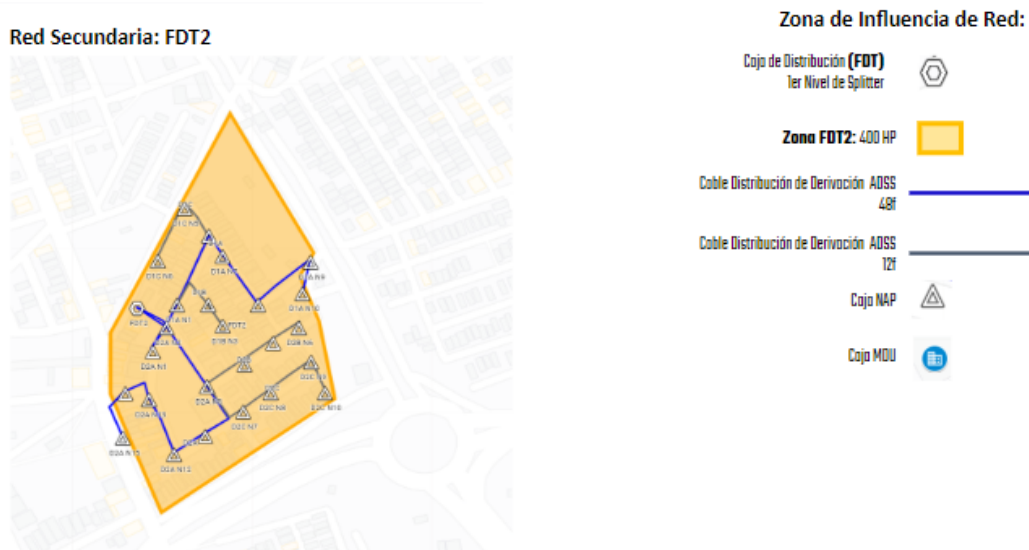


Figura 11 Esquema de red de distribución (FDT2)

Tabla 12 Detalle de la red de distribución (FDT2)

FDT/CL	Cable Distribucion	Cable Cores	Postes	Mts (lineal)	Mts (Lineal + Reserva NAPs)	NAPs	HP x NAPs
2	D1A	48	12	285	389	6	96
2	D1B	12	2	71	105	2	32
2	D1C	12	5	92	127	2	32
2	D2A	48	13	371	510	8	128
2	D2B	12	4	99	149	3	48
2	D2C	12	5	152	220	4	64



Figura 12 Esquema de red de distribución (FDT3)

Tabla 13 Detalle de la red de distribución (FDT3)

FDT/CL	Cable Distribucion	Cable Cores	Postes	Mts (lineal)	Mts (Lineal + Reserva NAPs)	NAPs	HP x NAPs
3	D1A	48	15	354	462	6	96
3	D1B	12	7	167	220	3	48
3	D1C	12	4	121	157	2	32
3	D2A	48	13	296	401	6	96
3	D2B	12	4	90	125	2	32
3	D2C	12	6	175	244	4	64
3	D2D	12	3	81	115	2	32
3	D2E	12	3	88	122	2	32
3	D2F	12	8	300	375	4	64

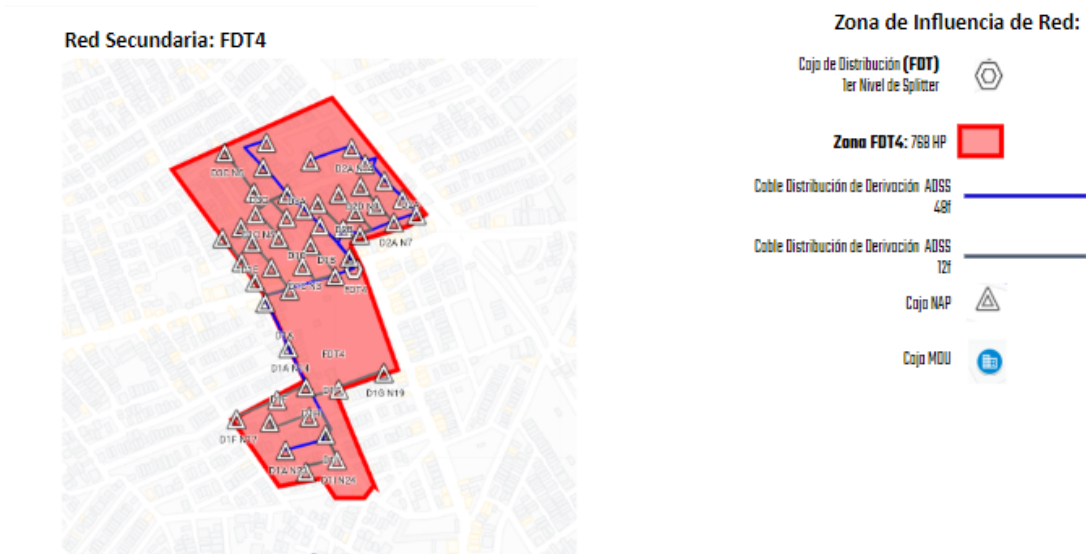


Figura 13 Esquema de red de distribución (FDT4)

Tabla 14 Detalle de la red de distribución (FDT4)

FDT/CL	Cable Distribucion	Cable Cores	Postes	Mts (lineal)	Mts (Lineal + Reserva NAPs)	NAPs	HP x NAPs
4	D1A	48	17	394	519	7	112
4	D1B	12	2	54	72	1	16
4	D1C	12	5	150	203	3	48
4	D1D	12	5	106	156	3	48
4	D1E	12	4	131	183	3	48
4	D1F	12	4	106	141	2	32
4	D1G	12	4	118	154	2	32
4	D1H	12	6	117	153	2	32
4	D1I	12	3	80	114	2	32
4	D2A	48	15	366	519	9	144
4	D2B	12	4	79	113	2	32
4	D2C	12	4	81	115	2	32
4	D2D	12	3	64	97	2	32
4	D3A	48	10	249	336	5	80
4	D3B	12	22	56	74	1	16
4	D3C	12	6	135	172	2	32



Figura 14 Esquema de red de distribución (FDT5)

Tabla 15 Detalle de la red de distribución (FDT5)

FDT/CL	Cable Distribucion	Cable Cores	Postes	Mts (lineal)	Mts (Lineal + Reserva NAPs)	NAPs	HP x NAPs
5	D1A	48	23	649	891	14	224
5	D1B	12	4	150	203	3	48
5	D1C	12	5	115	166	3	48
5	D1D	12	4	51	84	2	32
5	D1E	12	3	61	79	1	16
5	D1F	12	4	77	111	2	32
5	D1G	12	4	53	71	1	16
5	D1H	12	3	37	54	1	16
5	D2A	48	18	376	485	6	96
5	D3A	48	7	153	221	4	64
5	D3B	12	4	88	122	2	32
5	D4A	12	7	148	185	2	32



Figura 15 Esquema de red de distribución (FDT6)

Tabla 16 Detalle de la red de distribución (FDT6)

FDT/CL	Cable Distribucion	Cable Cores	Postes	Mts (lineal)	Mts (Lineal + Reserva NAPs)	NAPs	HP x NAPs
6	D1A	48	18	424	595	10	160
6	D1B	12	4	86	120	2	32
6	D1C	12	5	98	133	2	32
6	D1D	12	4	107	142	2	32
6	D1E	12	9	171	225	3	48
6	D1F	12	4	79	113	2	32
6	D2A	48	16	348	500	9	144
6	D2B	12	5	99	134	2	32
6	D2C	12	11	260	363	6	96
6	D2D	12	2	32	49	1	16
6	D2E	12	3	52	70	1	16
6	D3A	48	21	438	640	12	192
6	D3B	12	6	141	223	5	80
6	D3C	12	6	117	168	3	48
6	D3D	12	4	65	83	1	16



Figura 16 Esquema de red de distribución (FDT7)

Tabla 17 Detalle de la red de distribución (FDT7)

FDT/CL	Cable Distribucion	Cable Cores	Postes	Mts (lineal)	Mts (Lineal + Reserva NAPs)	NAPs	HP x NAPs
7	D1A	48	10	245	347	6	96
7	D1B	12	5	125	161	2	32
7	D1C	12	6	116	167	3	48
7	D1D	12	5	94	129	2	32
7	D2A	48	7	151	219	4	64
7	D2B	12	5	151	204	3	48
7	D2C	12	3	51	84	2	32

De esta manera se tiene entonces que para un escenario de 1:64, se tiene que :

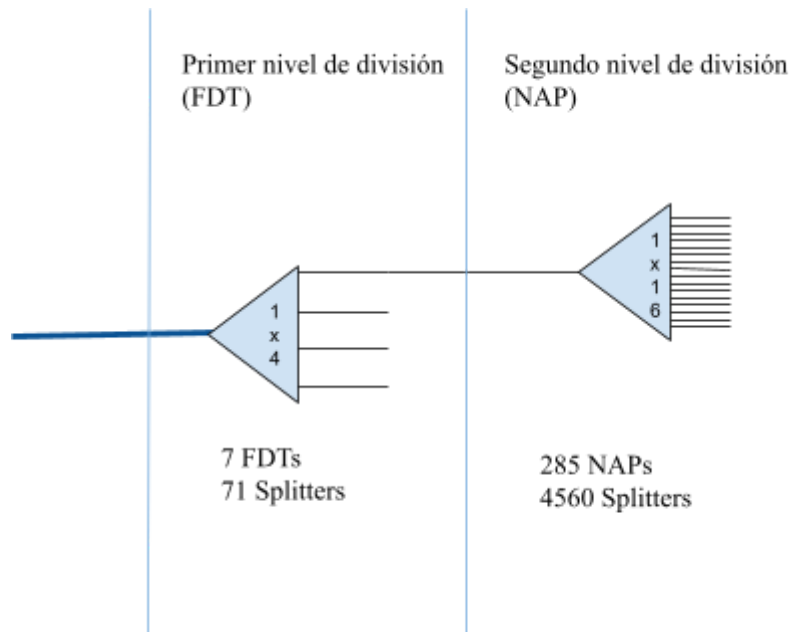


Figura 17 Esquema de niveles de división de la propuesta 1

FDT: número de hilos que entran a la caja de derivación de primer nivel

I nivel : número de splitters de primer nivel por FDT

II nivel: número de divisores ópticos de segundo nivel

### 6.3 PRESUPUESTO ÓPTICO

Inicialmente se muestra un esquema de la red diseñada en este caso para ilustrar un poco el proceso de cálculo del presupuesto óptico que se hará para el peor de los casos, quiere decir que se hará con el cliente más lejano, esto se debe a que, si se garantiza condiciones para este, se da para cualquier otro.

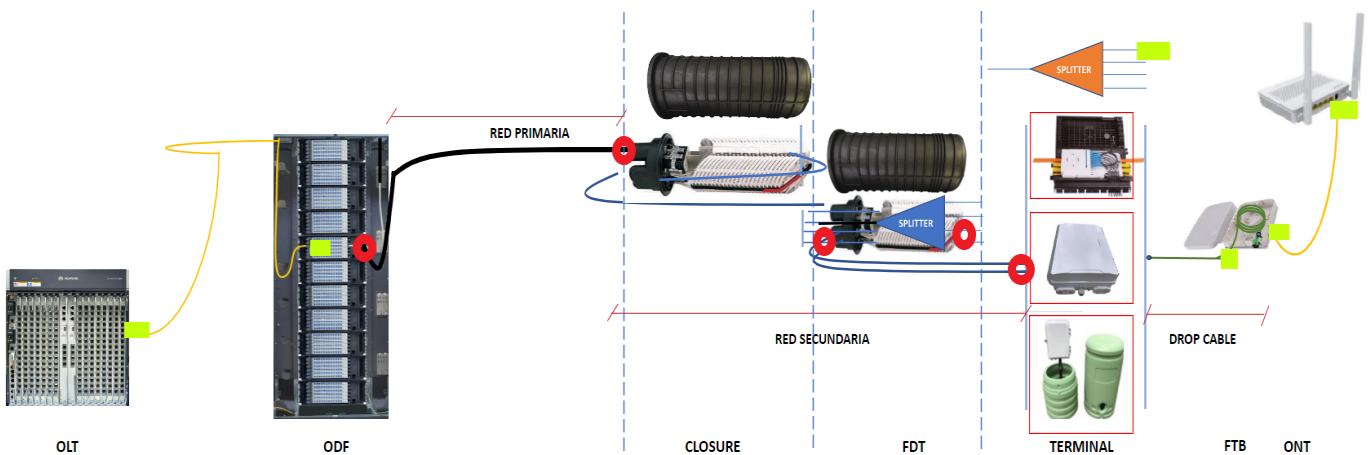


Figura 18 Ubicación de fusiones y conectores en la red



Donde:

 Fusiones

 Conectores

**@1550 nm - 0.35 dB/km**

Cantidad en metros de cable primario hasta el cliente más lejano: 1300

Cantidad en metros de cable secundario hasta el cliente más lejano: 260

Cantidad total en km de Fibra óptica: 1.560

**Pérdida por Fibra óptica:  $1.560 \text{ km} * 0.35 \text{ dB/km} = 0.546 \text{ dB}$**

Cantidad de fusiones: 5

**Pérdida por fusión:  $5 * 0.15 \text{ dB} = 0.75 \text{ dB}$**

Cantidad de conectores: 6

**Pérdida por conectores:  $6 * 0.2 \text{ dB} = 1.2 \text{ dB}$**

Cantidad de Splitter de primer nivel 1:4: 1

**Pérdida de Splitter de primer nivel 1:4:  $1 * 7.3 \text{ dB} = 7.3 \text{ dB}$**

Cantidad de Splitter de segundo nivel 1:16: 1

**Pérdida de Splitter de segundo nivel 1:16:  $1 * 13.7 \text{ dB} = 13.7 \text{ dB}$**

**Pérdida total:  $0.546 \text{ dB} + 0.75 \text{ dB} + 1.2 \text{ dB} + 7.3 \text{ dB} + 13.7 \text{ dB} = -23.496 \text{ dB}$**

**Esta pérdida se le resta a la potencia que sale de la OLT:  $1.5 \text{ dB} - 23.496 \text{ dB} = -21.996 \text{ dB}$**

Quiere decir entonces que para el cliente más lejano se cumple completamente con los requisitos de la potencia ya que el límite es -28 dB, si se garantiza potencia para el cliente más lejano simultáneamente lo hacemos para todos los clientes de la red pasiva.

#### 6.4 ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE DESPLIEGUE

En la tabla 18 se observa el cronograma de actividades del despliegue de la red estimado, en base a el rendimiento de una cuadrilla, con el fin de tener una variable adicional a la hora de comparar las dos propuestas de proyectos.

*Tabla 18 Cronograma de actividades en el despliegue de la red*

Actividad/Semanas	1	2	3	4	5	6	7
1. Instalación de herrajes	■	■					
2. Instalación de cables		■	■	■			
3. Construcción de empalmes (Closure/FDT)			■	■			



4. Construcción de cajas NAP							
5. Certificación de la red							

*Nota: Para la construcción de esta red se estima:*

- 2 cuadrillas para construcción de cajas NAP
- 1 cuadrilla para la construcción de closure/ FDT ( 1 Closure diarios/ 1 FDT diario)

## 6.5 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE MANO DE OBRA

### 6.5.1 COSTOS DE TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA

Los costos de tendido de fibra óptica son en base a un despliegue de red aéreo, es decir, tendidos de fibra óptica en postes, esto se debe principalmente a que propone hacer un transición de red en HFC a fibra óptica, por lo que se tiene la ventaja de tener la infraestructura a disposición de una actualización sin necesidad de implementar nuevas propuestas que generen un costo adicional. Las tablas de la 19 a 23 especifican las diferentes instalaciones de los elementos de la red, tanto troncal como de distribución.

*Tabla 19 Costos de tendido de fibra óptica propuesta 1*

Tendido de fibra	Cantidad de metros lineales	Valor (COP)
<b>Tendido de cable aéreo ADSS 144 hilos</b>	1,029.89	3,284,319.21
<b>Tendido de cable aéreo ADSS 24 hilos</b>	647.87	1,937,779.17
<b>Tendido de cable aéreo ADSS 48 hilos</b>	6528	20,419,584
<b>Tendido de cable aéreo ADSS 12 hilos</b>	6420	19,189,380

*Tabla 20 Costos de empalme de fibra óptica propuesta 1*

### 6.5.2 COSTOS DE EMPALMES DE FIBRA ÓPTICA

FDT	Fusiones de entrada	Fusiones de salida	Valor (COP)
<b>1</b>	14	57	<b>6,892,466</b>
<b>2</b>	6	25	<b>3,181,426</b>
<b>3</b>	8	31	<b>3,923,634</b>
<b>4</b>	12	48	<b>5,871,930</b>
<b>5</b>	10	41	<b>5,036,946</b>

<b>6</b>	15	61	<b>7,356,346</b>
<b>7</b>	6	22	<b>2,903,098</b>

*Tabla 21 Costos de fusiones en closure*

<b>Cantidad de Closure</b>	<b>Fusiones</b>	<b>Valor (COP)</b>
5	24	4,126,970

*Tabla 22 Costos de instalación de cajas NAP tradicionales*

<b>Cantidad de cajas NAP</b>	<b>Valor (COP)</b>
285	43,040,415

### **6.5.3 COSTOS DE PRUEBAS ÓPTICAS**

*Tabla 23 Costos de pruebas ópticas propuesta 1*

<b>Cantidad de cajas NAP</b>	<b>Valor (COP)</b>
285	14,250,000

### **6.6 COSTOS DE MATERIALES**

Anteriormente se hizo un detalle de las cantidades de elementos que se requieren para la instalación de la red en base en el análisis de penetración que se propuso al inicio de la propuesta, considerando los desperdicios que eventualmente se pueden generar en un despliegue de red. La cantidad de materiales se establece desde el punto de presencia del proveedor de servicios hasta el clientes, a continuación las tablas de la 24 a la 26 explican las sumas de dichos elementos, con sus respectivos costos de venta totalizados en peso colombianos, radicados en el año 2022 por la empresa FYCO S.A.S.

*Tabla 24 Costos de materiales de la red propuesta 1*

<b>Clasificación</b>	<b>Elemento de la red</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor (COP)</b>
FIBRAS	CABLE ADSS 144f	1274 mts	14,449,920
	CABLE ADSS 48f	8972 mts	39,370,095
	CABLE ADSS 24F	9684 mts	28,725,336
EMPALMES	CAJAS O CIERRES DE EMPALMES (con bandejas para 144f)	6 pza	1,130,660

	CAJAS O CIERRES DE EMPALME PARA DISTRIBUCIÓN Y ALOJAMIENTO DE SPLITTERS DE 1ER NIVEL (con bandejas para 144f)	7 pza	1,926,623
	SPLITTERS PARA PRIMER NIVEL TIPO PLC (1:4) para Escenario de 1:64	71 pza	987,766
	CAJAS TERMINALES NAPs DE 1 SPL (1:16)	285 pza	60,091,989
HERRAJES	Herrajes de Tensión Tipo D	1134 pza	8,027,195
	Herrajes de Suspensión Tipo J (o similar)	63 pza	1,279,679
	Flejes (RL 30 mts)	21 Rl	1,948,630
	Hebillas	630 pza	426,565
	Preformado o Remate de Tensión para cable ADSS 12f (span 100)	578 pza	11,090,713
	Preformado o Remate de Tensión para cable ADSS 24f/48f (span 100)	479 pza	9,190,556
	Preformado o Remate de Tensión para cable ADSS 144f (span 100)	77 pza	1,585,080
	Cruceta o Herraje de almacenamiento de Reserva para cable ADSS	4 pza	315,077

### Material para Entrega de Servicio o Última Milla

*Tabla 25 Costos de materiales de última milla*

Elemento de la red	Cantidad	Valor (COP)
Cable Drop (1 f / 2 f)	<b>7200 mts</b>	<b>25,966,230</b>
Conector Rápidos para Cable DROP SC/APC o SC/UPC	<b>3600 pza</b>	<b>10,470,254</b>
Caja Terminal de cliente (Roseta)	<b>1800 pza</b>	<b>34,377,335</b>
Tensor para cable Drop	<b>4320 pza</b>	<b>79,573,393</b>
Grapa para fijar Tension para	<b>4320 pza</b>	<b>5,444,532</b>

cable DROP		
S para Tensor de Cable Drop	<b>4320 pza</b>	<b>5,444,532</b>
Fleje (RL de 30 MTS)	<b>96 pza</b>	<b>7,036,010</b>
<b>Hebillas</b>	<b>2880 pza</b>	<b>1,954,447</b>
Cable PatchCord SM con conector SC/APC o SC/UPC	<b>1800 pza</b>	<b>14,309,347</b>
ONT (Equipo Terminal de Cliente)	<b>1800 pza</b>	<b>602,650,392</b>

### Material para construcción de ODF en PoP (OLT)

*Tabla 26 Costos de materiales en PoP*

<b>Elemento de la red</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor (COP)</b>
Rack para ODF	<b>1 pza</b>	<b>5,360,382</b>
ODF hasta 96 / 144 / 288 FO	<b>1 pza</b>	<b>1,592,884</b>

### 6.7 COSTOS TOTALES DEL DESPLIEGUE DE LA RED

En la tabla 27 se puede observar el total de los costos de mano de obra vigentes por una empresa proveedora de servicios de instalación, el costo de materiales con la depreciación vinculada a cada uno de ellos, quiere decir que los equipos tienen una estimación de vida útil de 10 años, que se tomó en cuenta para el análisis de este diseño, para finalmente tener un costo por homepassed en el cual se retribuye la inversión con el número de clientes que se aspira a tener.

*Tabla 27 Costos totales del despliegue de la red propuesta 1*

<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>	<b>141,417,293 \$</b>
<b>COSTO DE MATERIALES</b>	<b>969,281,090 \$</b>
<b>COSTO TOTAL (COP)</b>	<b>1,110,698,383 \$</b>
<b>COSTO POR HOMEPASSED</b>	<b>243,600 (COP) 52 (USD)</b>

## 6.8 DATOS TOTALES DEL PROYECTO

Tabla 28 Resumen de datos de la propuesta 1

<b>KILÓMETROS DE FIBRA</b>	<b>14,625</b>
<b>CANTIDAD DE HOMEPASSED A CONSTRUIR</b>	<b>4560</b>
<b>PRESUPUESTO ÓPTICO DEL PEOR CASO</b>	<b>-21.996 dB</b>
<b>TIEMPO ESTIMADO</b>	<b>7 SEMANAS</b>

## 7. PROPUESTA 2 PARA RED DESBALANCEADA

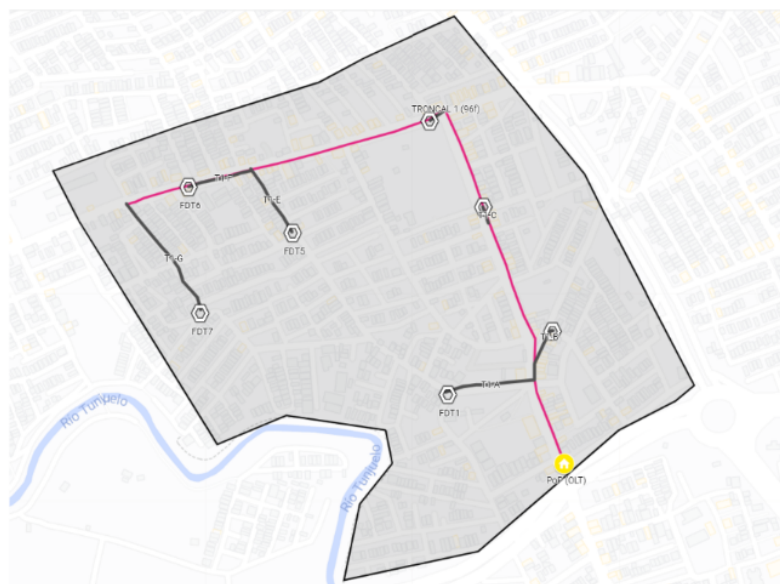
### Diseño propuesto

Para el diseño de la red desbalanceada a diferencia de la propuesta 1, no se tienen splitters de primer nivel, y en lugar de eso se tiene una caja de distribución (HUB) y de allí se desprenden ramificaciones de red de distribución de una solo núcleo que alimentarán una cadena de cajas terminales (conjunto de splitter FBT y PLC), en el cual se hace una distribución de la potencia así: los 4 primeros TAPS tienen una potencia de 90/10, los 3 TAPS siguientes tienen una potencia de 80/20 y el último tiene únicamente un splitter PLC. Hay que tener en cuenta que no todos los TAPS van a ser de 8, sino que se distribuyen según como se encuentren los Homepassed. Cada TAP tiene una división de 1:16.

### 7.1 Red Feeder

La cantidad total de fibras ópticas necesarias para la red Feeder se calculará con base en la demanda estimada, es decir, el potencial actual del cliente. Como se mencionó anteriormente, la red Feeder está compuesta por un cable primario ADSS de 144f, que se descompone en varios brazos que se empalman con cables primarios de 12f, este segundo cable va directo a una HUB.

**Red Primaria:**



**Zona de Influencia de Red:**



Figura 19 Esquema de red Feeder propuesta 2

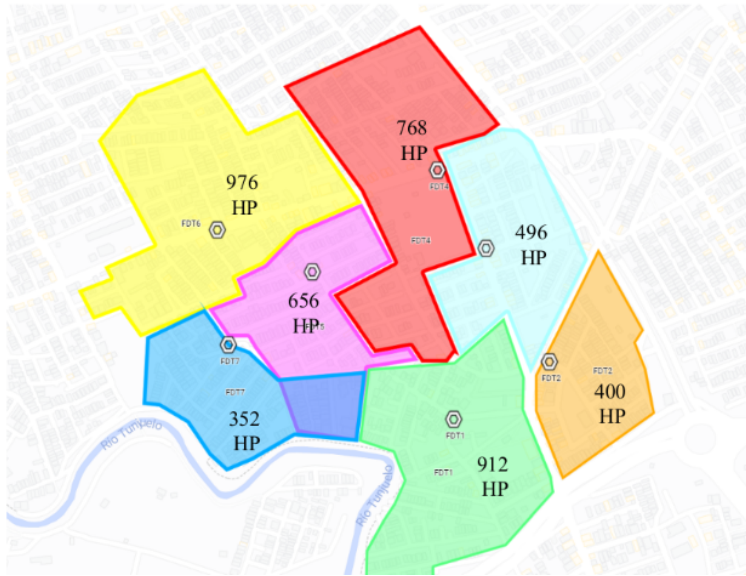
Tabla 29 Detalle de la red troncal propuesta 2

CP	Cable	Cable Cores	Postes	Mts (lineal)	Mts (Lineal	CL	TOTAL Mts
1	1	144	43	1042	1274	5	1274
1-A	1	12	6	156	164		708
1-B	1	12	5	59	62		
1-C	1	12	2	25	26		
1-D	1	12	2	28	29		
1-E	1	12	5	111	117		
1-F	1	12	6	95	100		
1-G	1	12	9	200	210		
			78				

**7.2 Red de distribución**

En el diseño de esta segunda propuesta la zona de cobertura se mantiene con la misma cantidad de homepassed, cada sub zona tendrá un punto de distribución de red de distribución llamada HUB, el cual es el punto de inicio de la red de distribución, es decir, de allí se desprenden las NAP 1:16 que van unidas con un mismo hilo, haciendo una administración de la potencia de manera desbalanceada.

**Red Secundaria:**

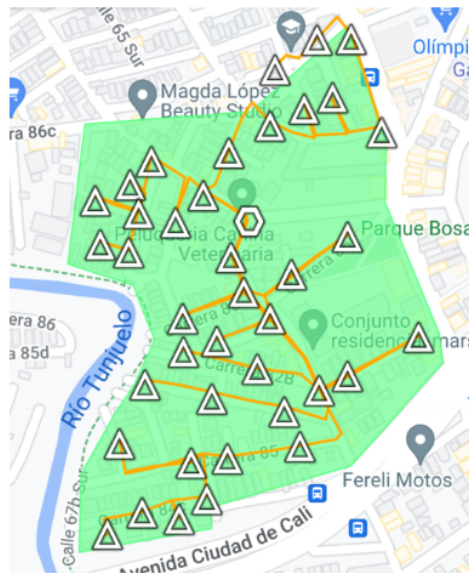


**Zona de Influencia de Red:**



Figura 20 Zonas Homepassed

**Red Secundaria: HUB1**



**Zona de Influencia de Red:**

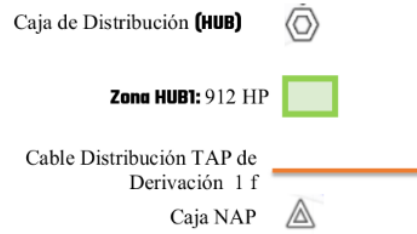


Figura 21 Esquema de red de distribución (HUB1)

Tabla 30 Detalle de la red de distribución (HUB1)

TAP	Número de NAP	Postes	Mts (Lineal)	Mts (Lineal + Reserva NAPs)	Tramos sugeridos drop conectorizado NAP a NAP	Tipo de NAPs	HP x NAPs
1	8	19	496.49	695.086	820	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
2	8	35	643.87	901.418	990	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
3	7	32	686.52	961.128	1040	4: 90/10 2: 80/20 1: PLC	16
4	8	29	523.66	733.124	780	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
5	8	21	329.84	461.776	500	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16

**Red Secundaria: HUB2**



**Zona de Influencia de Red:**





- Caja de Distribución (HUB2) 
- Zona HUB2: 400 HP** 
- Cable Distribución TAP de Derivación 1 f 
- Caja NAP 

Figura 22 Esquema de red de distribución (HUB2)



Tabla 31 Detalle de la red de distribución (HUB2)

TAP	Número de NAP	Postes	Mts (Lineal)	Mts (Lineal + Reserva NAPs)	Tramos sugeridos drop conectorizado NAP a NAP	Tipo de NAPs	HP x NAPs
1	8	23	359.49	503.286	490	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
2	8	21	378.66	530.124	460	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
3	8	22	378.1	529.34	580	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16

**Red Secundaria: HUB3**



**Zona de Influencia de Red:**

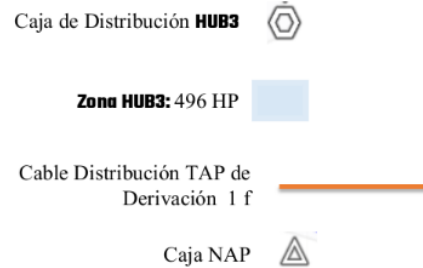


Figura 23 Esquema de red de distribución (HUB3)

Tabla 32 Detalle de la red de distribución (HUB3)

TAP	Número de NAP	Postes	Mts (Lineal)	Mts (Lineal + Reserva NAPs)	Tramos sugeridos drop conectorizado NAP a NAP	Tipo de NAPs	HP x NAPs
1	8	25	469.43	657.202	680	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
2	8	19	277.66	388.724	460	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
3	8	25	493.78	691.292	660	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
4	8	26	514.8	720.72	600	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16

**Red Secundaria: HUB4**



**Zona de Influencia de Red:**


- Caja de Distribución **HUB4** 
- Zona FDT4: 768 HP** 
- Cable Distribución TAP de Derivación 1 f 
- Caja NAP 

Figura 24 Esquema de red de distribución (HUB4)

Tabla 33 Detalle de la red de distribución (HUB4)

TAP	Número de NAP	Postes	Mts (Lineal)	Mts (Lineal + Reserva NAPs)	Tramos sugeridos drop conectorizado NAP a NAP	Tipo de NAPs	HP x NAPs
1	8	26	451.43	632.002	610	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
2	8	32	569.21	796.894	770	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
3	8	21	360.45	504.63	570	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
4	8	19	329.52	461.328	500	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
5	8	22	363.96	509.544	500	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
6	8	23	355.09	497.126	500	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
7	8	24	410.26	574.364	540	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16

### Red Secundaria: HUB5



### Zona de Influencia de Red:

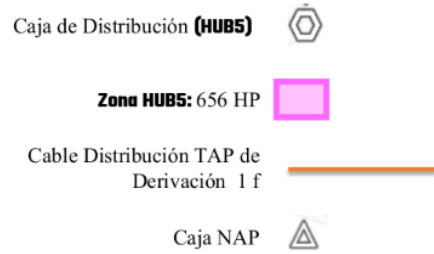


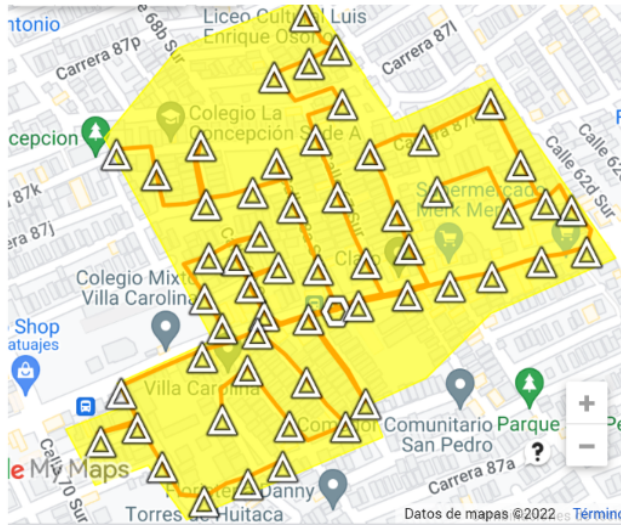
Figura 25 Esquema de red de distribución (HUB5)

Tabla 34 Detalle de la red de distribución (HUB5)

TAP	Número de NAP	Postes	Mts (Lineal)	Mts (Lineal + Reserva NAPs)	Tramos sugeridos drop conectorizado NAP a NAP	Tipo de NAPs	HP x NAPs
1	8	20	335.95	470.33	470	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
2	8	29	532.72	745.808	670	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
3	8	28	444.01	621.614	600	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
4	8	30	455.53	637.742	650	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
5	7	17	254.23	355.922	410	4: 90/10 2: 80/20 1: PLC	16
6	6	16	259.81	363.734	370	4: 90/10	16

						1: 80/20 1: PLC	
--	--	--	--	--	--	--------------------	--

**Red Secundaria: HUB6**



**Zona de Influencia de Red:**

- Caja de Distribución **(HUB6)** 
- Zona HUB6: 976 HP** 
- Cable Distribución TAP de Derivación 1 f 
- Caja NAP 

Figura 26 Esquema de red de distribución (HUB6)

Tabla 35 Detalle de la red de distribución (HUB6)

TAP	Número de NAP	Postes	Mts (Lineal)	Mts (Lineal + Reserva NAPs)	Tramos sugeridos drop conectorizado NAP a NAP	Tipo de NAPs	HP x NAPs
1	8	27	503.03	704.242	610	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
2	8	25	433.9	607.46	590	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
3	8	22	287.7	402.78	450	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
4	8	30	507.8	710.92	630	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
5	8	26	395	553	570	4: 90/10	16

						3: 80/20 1: PLC	
6	8	25	410.68	574.952	540	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
7	8	22	319.86	447.804	460	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16

**Red Secundaria: HUB7**



**Zona de Influencia de Red:**

- Caja de Distribución (**HUB**) 
- Zona HUB7:** 352 HP 
- Cable Distribución TAP de Derivación 1 f 
- Caja NAP 

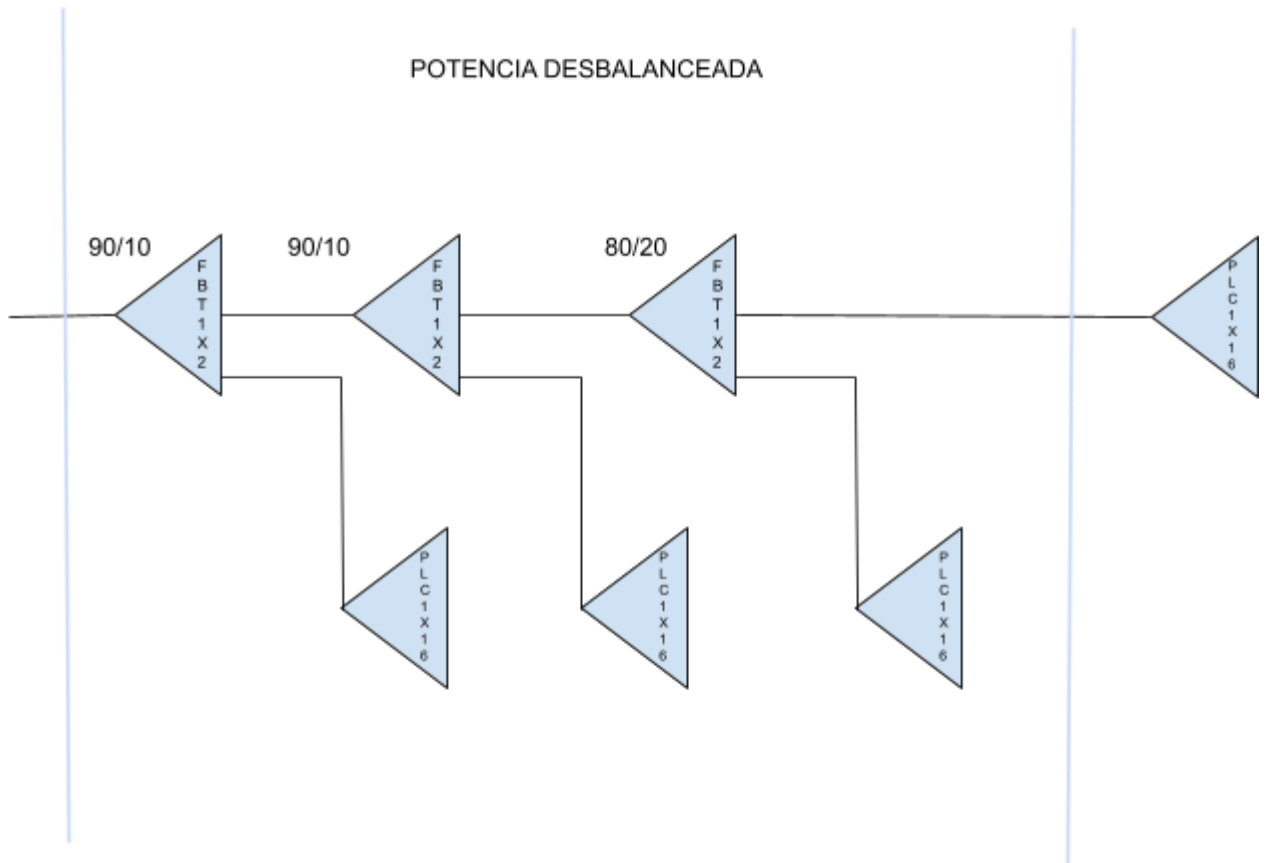
Figura 27 Esquema de red de distribución (HUB7)

Tabla 36 Detalle de la red de distribución (HUB7)

TAP	Número de NAP	Postes	Mts (Lineal)	Mts (Lineal + Reserva NAPs)	Tramos sugeridos drop conectorizado NAP a NAP	Tipo de NAPs	HP x NAPs
1	7	21	347.58	486.612	500	4: 90/10 2: 80/20 1: PLC	16
2	8	25	453.85	645.39	560	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16

3	8	21	261.95	366.73	420	4: 90/10 3: 80/20 1: PLC	16
---	---	----	--------	--------	-----	--------------------------------	----

**ESQUEMA DE LA RED DESBALANCEADA**



*Figura 28 Esquema de división de la propuesta 2*

### 7.3 PRESUPUESTO ÓPTICO

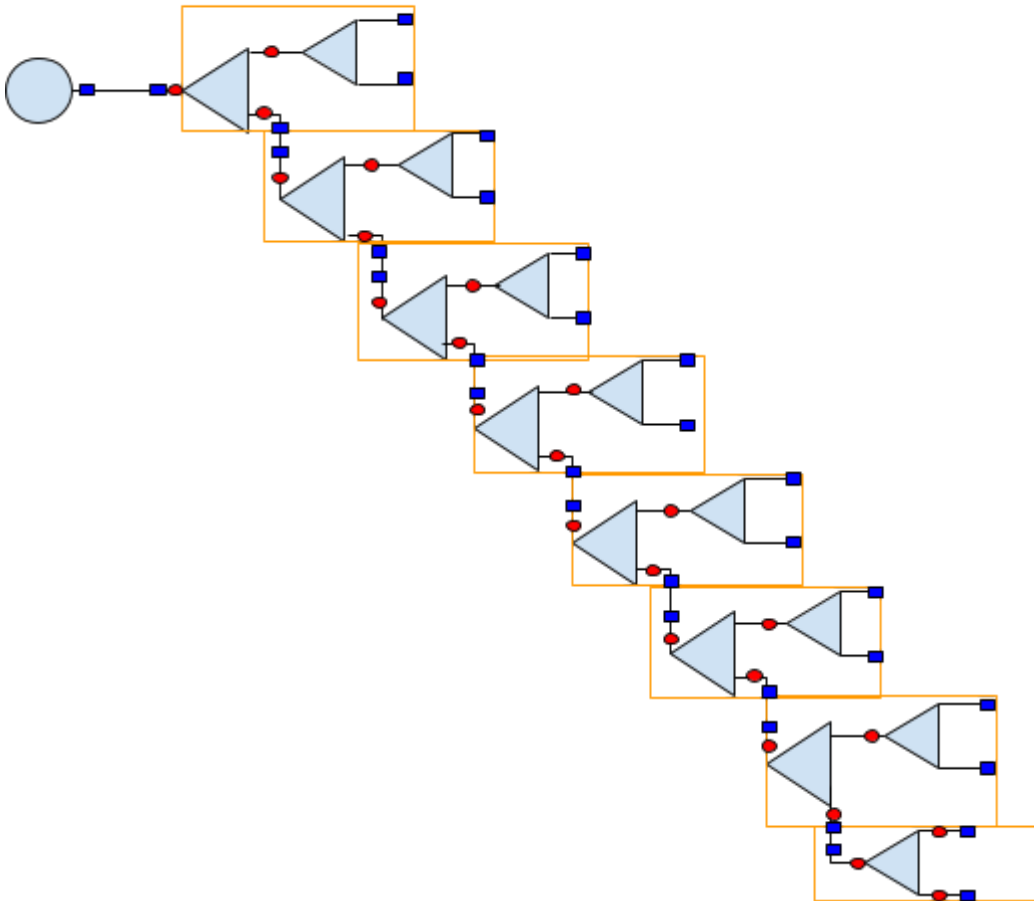


Figura 29 Ubicación de fusiones y conectores en la red

Donde:

● Fusiones

■ Conectores

**@1550 nm - 0.35 dB/km**

Cantidad en metro de cable primario hasta el cliente más lejano: 1300

Cantidad en metro de cable secundario hasta el cliente más lejano: 464.60

Cantidad total en km de Fibra óptica: 1.76460

#### **Cálculo de presupuesto de potencia (Loss Budget) (NAP 01)**

LB 1550 nm = (ncon x L con) + (nfus x L fus) + L spl1 + L spl2 + (dred x L fibra-15500 nm)

LB 1550 nm = (5 x 0.3 dB) + (4 x 0.05dB) + 11 dB + 13.7 dB + (1.577 km x 0.35 dB/km) = 26.942 dB

Cálculo del nivel óptico en la entrada de la ONT B+ de datos con módulo SFP C+ en OLT (NAP 01)



$P_{in-ont-d} = P_{out-olt} - LB_{1550nm}$   
 $P_{in-ont-d} = +4,0 \text{ dBm} - 26.942 \text{ dbm}$   
 $P_{in-ont-d} = -22.942 \text{ dBm}$  OK (Ref: -8 dBm a -28 dbm)

Margen (NAP 01)

$M_{1490nm} = P_{in-ont-d} - P_{in-ont-d} (\text{mín})$   
 $M_{1490nm} = -22.942 \text{ dBm} - (-28 \text{ dBm})$   
 $M_{1490nm} = 5.058 \text{ dBm}$

### **Cálculo de presupuesto de potencia (Loss Budget) (NAP 02)**

$LB_{1550 \text{ nm}} = (n_{con} \times L_{con}) + (n_{fus} \times L_{fus}) + L_{spl1} + L_{spl2} + L_{spl3} + (d_{red} \times L_{fibra-15500 \text{ nm}})$   
 $LB_{1550 \text{ nm}} = (7 \times 0.3 \text{ dB}) + (5 \times 0.05 \text{ dB}) + 0.7 \text{ dB} + 11 \text{ dB} + 13.7 \text{ dB} + (1.629 \text{ km} \times 0.35 \text{ dB/km}) = 28.320 \text{ dB}$

Cálculo del nivel óptico en la entrada de la ONT B+ de datos con módulo SFP C+ en OLT (NAP 02)

$P_{in-ont-d} = P_{out-olt} - LB_{1550nm}$   
 $P_{in-ont-d} = +4,0 \text{ dBm} - 28.320 \text{ dbm}$   
 $P_{in-ont-d} = -24.32 \text{ dBm}$  OK (Ref: -8 dBm a -28 dbm)

Margen (NAP 02)

$M_{1490nm} = P_{in-ont-d} - P_{in-ont-d} (\text{mín})$   
 $M_{1490nm} = -24.32 \text{ dBm} - (-28 \text{ dBm})$   
 $M_{1490nm} = 3.68 \text{ dBm}$

### **Cálculo de presupuesto de potencia (Loss Budget) (NAP 03)**

$LB_{1550 \text{ nm}} = (n_{con} \times L_{con}) + (n_{fus} \times L_{fus}) + L_{spl1} + L_{spl2} + L_{spl3} + L_{spl4} + (d_{red} \times L_{fibra-15500 \text{ nm}})$   
 $LB_{1550 \text{ nm}} = (9 \times 0.3 \text{ dB}) + (6 \times 0.05 \text{ dB}) + 0.7 \text{ dB} + 0.7 \text{ dB} + 11 \text{ dB} + 13.7 \text{ dB} + (1.727 \text{ km} \times 0.35 \text{ dB/km}) = 29.704 \text{ dB}$

Cálculo del nivel óptico en la entrada de la ONT B+ de datos con módulo SFP C+ en OLT (NAP 03)

$P_{in-ont-d} = P_{out-olt} - LB_{1550nm}$   
 $P_{in-ont-d} = +4,0 \text{ dBm} - 29.704 \text{ dBm}$   
 $P_{in-ont-d} = -25.704 \text{ dBm}$  OK (Ref: -8 dBm a -28 dbm)

Margen (NAP 03)

$M_{1490nm} = P_{in-ont-d} - P_{in-ont-d} (\text{mín})$   
 $M_{1490nm} = -25.704 \text{ dB} - (-28 \text{ dBm})$   
 $M_{1490nm} = 2.30 \text{ dBm}$

## 7.4 ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE DESPLIEGUE

Tabla 37 Cronograma de actividades para el despliegue de la red propuesta 2

Actividad/Semanas	1	2	3	4	5	6	7
6. Instalación de herrajes							
7. Instalación de cables red Feeder							
8. Construcción de empalmes (Closure/HUB)							
9. Instalacion y construccion de cajas NAP							
10. Certificación de la red							

Nota: Para la construcción de esta red se estima:

- 2 cuadrillas para construcción de cajas NAP (16 cajas por cuadrilla)
- 1 cuadrilla para la construcción de closure/ HUB ( 1 Closure diarios/ 2 HUBs diario)

## 7.5 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE MANO DE OBRA

### 7.5.1 COSTOS DE TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA

Tabla 38 Costos de tendido de fibra óptica propuesta 2

Tendido de fibra	Cantidad de metros lineales	Valor (COP)
Tendido de cable aéreo ADSS 144 hilos	1029.89	3,284,319.21
Tendido de cable aéreo ADSS 12 hilos	647.87	1,936,483.43
Tendido de cable drop	20550	20,550,000

### 7.5.2 COSTOS DE EMPALMES DE FIBRA ÓPTICA

Tabla 39 Costos de empalmes de fibra óptica propuesta 2

FDT	Fusiones	Valor (COP)
1	5	463,880
2	3	278,328

3	4	371,104
4	7	649,432
5	6	556,656
6	7	649,432
7	3	278,328

*Tabla 40 Costos de fusiones en closure*

Cantidad de Closure	Fusiones	Valor (COP)
5	12	2,070,875

*Tabla 41 Costos de instalación de cajas NAP*

Cantidad de cajas NAP	Valor (COP)
274	41,379,206

*Tabla 42 Costos de pruebas ópticas propuesta 2*

### 7.5.3 COSTOS DE PRUEBAS ÓPTICAS

Cantidad de cajas NAP	Valor (COP)
274	13,700,000

### 7.6 COSTOS DE MATERIALES

*Tabla 43 Costos de materiales de la red propuesta 2*

Clasificación	Elemento de la red	Cantidad	Valor (COP)
FIBRAS	CABLE ADSS 144f	1274 mts	14,449,920
	CABLE ADSS 12f	707,7 mts	1,486,170
	CABLE DROP PRECONECTORIZADO 30 MTS	44 pza	501,600

	CABLE DROP PRECONECTORIZADO 60 MTS	140 pza	23,800,000
	CABLE DROP PRECONECTORIZADO 100 MTS	65 pza	16,055,000
	CABLE DROP PRECONECTORIZADO 120 MTS	12 pza	3,426,720
	CABLE DROP PRECONECTORIZADO 180 MTS	7 pza	2,802,100
	CABLE DROP PRECONECTORIZADO 200 MTS	3 pza	1,315,686
	CABLE DROP PRECONECTORIZADO 300 MTS	1 pza	629,827
	CABLE DROP PRECONECTORIZADO 350 MTS	2 pza	1,451,000
EMPALMES	CAJAS O CIERRES DE EMPALMES (con bandejas para 144f)	6 pza	1,130,660
	CAJAS NAP DE DISTRIBUCIÓN	7 pza	795.200
	CAJAS NAP MINIBOX	276 pza	15,344,000
HERRAJES DE RED Feeder	Herrajes de Tensión Tipo D	124 pza	1,108,466
	Herrajes de Suspensión Tipo J (o similar)	16 pza	317,083
	Flejes (RL 30 mts) 3/4"	3 Rl	321,670
	Hebillas	78 pza	66,405
	Preformado o Remate de Tensión para cable ADSS 12f (span 100)	14 pza	262,217
	Preformado o Remate de Tensión para cable ADSS 144f (span 100)	124 pza	2,480,853
	Cruceta o Herraje de almacenamiento de Reserva para cable ADSS	4 pza	305,353
HERRAJES DE RED de distribución	Flejes (RL 30 mts) 3/4"	29 Rl	3,109,486
	Hebillas	848 pza	721,950

	Tensores	1696 pza	3,048,235
--	----------	----------	-----------

### Material para Entrega de Servicio o Última Milla

Tabla 44 Costos de materiales de última milla

Elemento de la red	Cantidad	Valor (COP)
Cable Drop (1 f / 2 f)	7200 mts	25,966,230
Conectores Rápidos para Cable DROP SC/APC o SC/UPC	3600 pza	10,470,254
Caja Terminal de cliente (Roseta)	1800 pza	34,377,335
Tensor para cable Drop	4320 pza	79,573,393
Grapa para fijar tensión para cable DROP	4320 pza	5,444,532
S para Tensor de Cable Drop	4320 pza	5,444,532
Fleje (RL de 30 MTS)	96 pza	7,036,010
Hebillas	2880 pza	1,954,447
Cable PatchCord SM con conector SC/APC o SC/UPC	1800 pza	14,309,347
ONT (Equipo Terminal de Cliente)	1800 pza	602,650,392

### Material para construcción de ODF en PoP (OLT)

Tabla 45 Costos de materiales para construcción en PoP

Elemento de la red	Cantidad	Valor (COP)
Rack para ODF	1 pza	5,360,382
ODF hasta 96 / 144 / 288 FO	1 pza	1,592,884

## 7.7 COSTOS TOTALES DEL DESPLIEGUE DE LA RED

Tabla 46 Costos totales de la propuesta 2

<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>	<b>86,168,044\$</b>
<b>COSTO DE MATERIALES</b>	<b>889,109,319 \$</b>
<b>COSTO TOTAL (COP)</b>	<b>975,277,363\$</b>
<b>COSTO POR HOMEPASSED</b>	<b>45 (USD)</b>

## 7.8 DATOS TOTALES DEL PROYECTO

Tabla 47 Resumen de datos de la propuesta 2

<b>KILÓMETROS DE FIBRA</b>	<b>22,42</b>
<b>CANTIDAD DE HOMEPASSED A CONSTRUIR</b>	<b>4560</b>
<b>PRESUPUESTO ÓPTICO</b>	<b>-25.704 dB</b>
<b>TIEMPO ESTIMADO</b>	<b>4 SEMANAS</b>

## 8. CUADRO COMPARATIVO

Hasta este punto se ha visto cómo se realizar los dos diseños, en la primera propuesta se tiene un sistema balanceado con construcción tradicional, fusiones, cables ADSS desde la red Feeder hasta la red de distribución con cajas NAP tradicionales sin preconectorización y en la segunda propuesta la red Feeder queda igual que en la primera pero a partir de cierto punto de la red de distribución se empieza a utilizar un sistema preconectorizado con splitter desbalanceado, en donde el proceso de construcción se simplifica ya que no requiere intervención de hilos en cables multifibra ni tampoco requiere fusiones.

A continuación en las tablas 48 y 49 se pueden ver algunos números donde se ven los porcentajes de diferencia entre una propuesta y otra, donde el porcentaje más importante se va a ver reflejado en el costo de mano de obra y la reducción del tiempo de despliegue

Tabla 48 Comparativo de costos generales de ambas propuestas

	<b>PROPUESTA 1 BALANCEADO</b>	<b>PROPUESTA 2 DESBALANCEADO</b>	<b>PORCENTAJES DIFERENCIALES</b>
<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>	<b>141,417,293 \$</b>	<b>86,168,044\$</b>	<b>39%</b>
<b>COSTO DE MATERIALES</b>	<b>969,281,090 \$</b>	<b>888,940,752 \$</b>	<b>8,3%</b>
<b>COSTO TOTAL (COP)</b>	<b>1,110,698,383 \$</b>	<b>975,108,796\$</b>	<b>12,2%</b>

<b>COSTO POR HOMEPASSED</b>	<b>52 (USD)</b>	<b>45 (USD)</b>	<b>13,5%</b>
-----------------------------	-----------------	-----------------	--------------

## 8.1 DATOS TOTALES DEL PROYECTO

*Tabla 49 Comparativo de datos generales de ambas propuestas*

	<b>PROPUESTA 1</b>	<b>PROPUESTA 2</b>	<b>PORCENTAJES DIFERENCIALES</b>
<b>KILÓMETROS DE FIBRA</b>	<b>14,625</b>	<b>22,42</b>	<b>34,8%</b>
<b>CANTIDAD DE HOMEPASSED A CONSTRUIR</b>	<b>4560</b>	<b>4560</b>	<b>0%</b>
<b>PRESUPUESTO ÓPTICO</b>	<b>-21.996 dB</b>	<b>-25.704 dB</b>	<b>14,4%</b>
<b>TIEMPO ESTIMADO</b>	<b>7 SEMANAS</b>	<b>4 SEMANAS</b>	<b>43%</b>

A continuación de las tablas 50 a 52 se puede observar un conjunto de criterios importantes a tener en cuenta a la hora de planear, diseñar y desplegar una solución de red, haciendo el comparativo entre los diseños propuestos en este proyecto (fusionado vs desbalanceado), con el objetivo de que el operador o el prestador servicios evalúe en base a sus necesidades e intereses, cuál es la mejor opción para que su capital y su permanencia en el mercado no se vea afectada.

*Tabla 50 Cuadro comparativo de solución tradicional vs preconectorizada*

<b>CRITERIOS A EVALUAR</b>	<b>SOLUCIÓN TRADICIONAL CON FUSIONES</b>	<b>SOLUCIÓN PRECONECTORIZADA</b>
Tiempo de implementación	Alto	Bajo
Flexibilidad	Baja	Alta
Seguridad	Baja	Alta
Activación de servicio	Baja	Alta
Simplicidad en el despliegue	Baja	Alta
Simplicidad en el diseño	Baja	Alta
Confiablez	Mediana	Alta
Versatilidad	Baja	Alta

Reducción de costos de mano de obra	Baja	Alta
Reducción de costos de materiales	Alta	Baja
Nueva tecnología en tendencia	Baja	Alta

*Tabla 51 Ventajas y desventajas de la red tradicional*

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Simplicidad en el diseño de la red	Alto costo de mano de obra
Mejor manejo de los materiales, ya que no se requieren de longitudes específicas	Necesidad de un técnico entrenado para el despliegue de la red
Menor costo de materiales	Más tiempo de instalación
	Re Trabajo en empalmes en caso de daños

*Tabla 52 Ventajas y desventajas de la red preconectorizado*

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fácil despliegue de la red	Propenso a monopolizar la solución por fabricante
No se necesitan equipos especializados para la instalación de la red	Inversión en material alta
No se necesita mano de obra con mucha preparación	Se desperdicia cable drop, debido a que tiene unas longitudes establecidas previamente en el diseño
Menos propenso a errores humanos	Diseño de la red con un grado de complejidad más alto
Los costos de mano de obra se reducen en gran medida respecto a la solución tradicional	



## 9. CONCLUSIONES

La preconnectorización busca reducir tiempos de despliegue y diferimiento, es decir que los operadores no necesariamente tienen que construir toda la red proyectada, porque conjugan con la intención de venta se construye una parte de la red hasta que se haga la venta del puerto en la caja terminal, o TAPs que no están vendidos no se construyen en un inicio

La distribución de la potencia de manera desbalanceada es de gran utilidad en entornos rurales también, ya que a diferencia de una red urbana estas presentan mayores distancias de la OLT, por lo que se puede hacer una administración de la potencia de tal manera que se inyecte menos potencia en aquellas NAPS que están más cerca

La principal reducción de inversión se puede evidenciar en el costo de mano de obra de la segunda propuesta con un 39%, cuando este porcentaje se extrapola a proyectos más grandes es decir de proyectos por ejemplo de más de 5000 homepassed se está hablando de una gran suma de dinero que es una gran opción para las compañías

Las redes preconnectorizadas presentan una gran ventaja respecto al tema de mantenimiento donde si hay algún daño en algunos de los drops de preconnectorización en un TAP solo se cambia ese drop y no se necesita hacer una reparación extensa como lo es en un cable ADSS donde se tiene que reparar hilos para dar continuidad

En el costo de materiales hay un ahorro del 8.3% que no deja de ser importante cuando se habla de volúmenes de homepassed muy grandes

El costo por homepassed se reduce en un 13.5% en el mercado colombiano, dado que este análisis de propuesta se hace bajo precios referenciales de mano de obra de contratistas colombianos, para zonas urbanas como es la zona de Bosa, Bogotá.

La propuesta dos tiene más kilómetros de fibra y esto va directamente relacionado a la utilización del drop, aunque son más kilómetros de fibra son menos núcleos, ya que es un solo hilo el que va en la red de distribución a diferencia de la primera propuesta que son núcleos por distribución

El presupuesto óptico de la segunda propuesta aunque tiene mayor pérdida está dentro de los parámetros de recepción de la ONT dentro de los límites de la ITU-T G.983.3 que indica que se debe dejar 3 dB como mínimo, a pesar de esto la potencia óptica es optimizada, ya que se inyecta menos potencia para las NAPS que están más cercanas a la OLT y más potencia a las NAPS más lejanas

El control de inventario de la red tradicional presenta superioridad en cuanto al manejo respecto a la red preconnectorizada ya que para la segunda se debe tener sumo cuidado ya que todos los materiales en la red son diferentes, más adelante en la parte de recomendaciones se hace un detalle de esto.

Se pudo observar que en tiempos de despliegue existe una gran reducción de tiempos, con un 43% que para el momento dan una gran ventaja a los operadores que quieren desplegar sus proyectos más rápido, ya que el modelo de preconnectorización es de fácil armado, sin herramientas

## 10. RECOMENDACIONES

En este proyecto se exponen dos diseños y formas constructivas, uno con base en las características con las que se están manejando tradicionalmente el despliegue de FTTx, y otro bajo la nueva tendencia de preconectorizados, con base en cifras se presentan porcentajes de interés que servirán de referencia para las empresas proveedoras de servicios de manera tal que se puedan tomar decisiones estratégicas para orientar la planeación, diseño y construcción de redes FTTH, estas decisiones también afectarán el presupuesto de inversión (CAPEX) que se tenga y el presupuesto de operación y mantenimiento (OPEX).

- Existe un caso particular donde no se recomienda el uso de una **red desbalanceada** y es cuando se van a prestar servicios de RF overlay, es decir, proveer un servicio de internet sobre datos IP, junto con señales que se transmiten en la banda de CATV, tanto los canales analógicos como digitales, esto debido a que el splitter FBT trabaja en la longitud de onda de 850 nm a 1500 nm, no trabaja en 1550 nm, quiere decir que no se puede prestar el servicio de overlay.
- La interacción entre oferta y demanda determina un nivel de competencia entre los proveedores de servicios por lo que para tener una ventaja en costos de servicios y tiempos de despliegue la mejor opción es una red desbalanceada con solución preconectorizada, el inconveniente principal de esta solución es lo compleja que puede llegar a ser la documentación, pero esto se puede resolver con las recomendaciones que se presentan a continuación:
  1. Documentación con la ubicación geográfica de las cajas NAP con el tipo de distribución óptica que tiene
  2. Listado de las diferentes cajas NAPs que se van a utilizar en el despliegue de la red
  3. Marcaje de cajas NAP para ser fácilmente distinguibles

### RECOMENDACIÓN DE SOLUCIÓN HÍBRIDA

Se recomienda también un tercer escenario donde la red puede ser híbrida, es decir una solución balanceada y desbalanceada, en este caso se re utilizan las troncales, sin embargo esto trae un desafío para el operador, ya que este debería tener duplicidad de inventario, es decir inventario para red balanceada e inventario de red desbalanceada, sin embargo no es descartable que esto pueda ocurrir, porque hoy en día puede existir operadores de redes balanceadas y están incursionando en desbalance y como se mencionó anteriormente se puede aprovechar las troncales bajado hilos de red troncal hacia puntos específicos donde se quieran implementar HUBs y a partir de allí hacer pre conectorización en síntesis se tiene entonces que:

1. Se deben tener dos inventarios
2. Utilizar troncales como métodos de alimentación de nuevos HUBs
3. Utilizar hilos sobrantes de la red tradicional para alimentar la red desbalanceada
4. Hacer uso de un hilo de TAP, para alimentar un MDU (caja NAP en edificio) en una zona donde se tenga una masa concentrada de homepassed

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Rodríguez Zambrano, C.R, DISEÑO DE UNA RED FTTH PARA LA RENOVACIÓN DE LOS SERVICIOS DE LAS OPERADORAS TELEFÓNICAS DE GUAYAQUIL, Tesis final de maestría en telecomunicaciones, Universidad catolica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2012.
- [2] POMA CÉSPEDES, O.A, Análisis y diseño de una red de fibra al hogar FTTH (Fiber To The Home), a la Zona Cusicancha, Proyecto de Aplicación para la obtención del título de Licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés, La paz, Bolivia, 2018
- [3] Carmona A.y S. Villanueva. Estudio sociocultural estadístico sobre el sistema FTTH , Vicálvaro. Random, Madrid, 2008.
- [4] Pérez Cuenca, M.A, Implantación de la red FTTH como alternativa a la red de cobre, Tesis final de pregrado en telecomunicaciones, Escola Politècnica superior, Cataluña, 2012.
- [5] DRAKA Cables y sistemas. (2008)” Guía de referencia de elementos ópticos pasivos, cables y fibras ópticas. Disponible en World Wide Web: [www.draka.com](http://www.draka.com), 2008
- [6] Autor desconocido, 2022, ¿Qué es fibra hasta el hogar, o FTTH?, Ufinet, Tomado de <https://www.ufinet.com/es/servicios/ftth/>
- [7] Encalada Andrade, M. D. (2018). Caracterización de un splitter óptico Planar Lightware Circuits (PLC) en un banco de pruebas monomodo (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Quito.
- [8] CHAPMAN, F. A. D., & BINUÉ, M. Á. L. ANÁLISIS DE PÉRDIDAS EN CONECTORES PARA FIBRAS DE PLÁSTICO.
- [9] Sotelo Sepúlveda, H. Y. (2018). Desarrollo de un algoritmo para la detección de impurezas en conectores de fibra óptica por medio de visión artificial.
- [10] Cale, I., Salihovic, A., & Ivekovic, M. (2007, June). Gigabit passive optical network-GPON. In 2007 29th International Conference on Information Technology Interfaces (pp. 679-684). IEEE.
- [11] Sahbudin, R. K. Z., Chun, T. T. K., Anas, S. B. A., Hitam, S., & Mokhtar, M. (2015). SAC-OCDMA over hybrid FTTx free space optical communication networks. *Journal of Telecommunications and Information Technology*, (2), 52-58.
- [12] Gorshe, S., Raghavan, A., Starr, T., & Galli, S. (2014). ITU-T/FSAN PON Protocols.
- [13] Montagne, R. (2020). FTTH council Europe-panorama. FTTH Council Europe Webinar-Apr.
- [14] Bolaños Erazo, H. D. (2017). *Análisis de la demanda actual y futura de acceso a banda ancha en el cantón Antonio Ante y propuesta de diseño de una red óptica pasiva (pon) para la empresa CNT EP como solución a futuras demandas* (Bachelor's thesis).
- [15] Soares, P. A. (2020). Proposta metodológica para projetos em redes ópticas passivas (PON). *Engenharia Elétrica-Pedra Branca*.
- [16] Durand Garcia, G. M. (2020). Propuesta De Implementación Mediante El Uso De La Fibra Óptica Preconectorizada De Una Red FttH Ubicada En El Distrito De Imperial Provincia De Cañete Lima 2020.
- [17] Vergel Cazorla, F. E., & Acosta Mejía, A. F. (2022). *Estudio y análisis de las atenuaciones y potencias ópticas para la optimización del presupuesto óptico mediante pruebas en una RED FTTH en el Cantón Durán sector Los Helechos* (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones).
- [18] Goderis, D., & Director, A. M. A. L. (2007). Flexible GPON Architectures for Mass Market FTTH. *FTTH Council*.