



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA TELECOMUNICACIONES

“DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA RED FTTH BASADA EN LA NORMATIVA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA (CNT) EN COTALO-PELILEO”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

AUTOR: MARLON ALEXANDER GUAMÁN AGUILAR

DIRECTOR: Ing. OSWALDO GEOVANNY MARTÍNEZ GUASHIMA MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Marlon Alexander Guamán Aguilar

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Marlon Alexander Guamán Aguilar, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de junio de 2022






Marlon Alexander Guamán Aguilar
180443414-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA TELECOMUNICACIONES

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA RED FTTH BASADA EN LA NORMATIVA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA (CNT) EN COTALÓ-PELILEO**, realizado por el señor: **MARLON ALEXANDER GUAMÁN AGUILAR**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. EDWIN ALTAMIRANO MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-06-15
Ing. OSWALDO MARTÍNEZ MSc. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-06-15
Ing. DIEGO VELOZ MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-06-15

DEDICATORIA

A Dios, por haberme regalado cada instante de fuerza, sabiduría y nunca dejarme solo en este largo camino, a mis amados padres Abraham y Dora por ser el motor y motivo, por el infinito e incomparable apoyo que me supieron brindar siempre, a mis queridas hermanas Erika y Kerly por enseñarme que cada detalle es importante y jamás dejarme solo. A mi más que tía mi gran amiga y confidente Cristina por abrirme sus brazos y saber llegar con cada palabra oportuna, y en especial a quien me regaló cada palabra de impulso, sus grandes consejos en aquellas largas conversaciones, para llegar hoy hasta aquí y me acompaña hoy espiritualmente; papá Medardo. Es para ustedes.

Marlon

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mis padres, por haberme dado la fuerza necesaria para poder vencer todas las pruebas que se presentaron en mi camino, por darme los motivos y la fe para poder lograr este gran triunfo. A mi mami Dora y mi papi Abrahan, quienes han sabido guiarme, educarme y apoyarme tanto económica como emocionalmente durante todos los instantes de mi vida estudiantil, y haber estado a mi lado los momentos más difíciles y complicados, para hacerme ver que juntos somos invencibles.

A quien más extraño con profundo cariño, papá Medardo por haberme compartido su sabiduría, por empujarme siempre a buscar algo más, y siempre esperar lo mejor de mí; jamás olvidare todas esas largas noches frías que pasamos acompañándonos.

A mi querida tía y gran amiga Cristina, por llegar a ser la amiga que siempre esta con los brazos abiertos, por ser mi confidente de vida, y permanecer a mi lado a pesar de lo difícil que se ponga el camino.

A mi compañera de vida Erika, por ser la persona en quien me refugio, mi fortaleza, mi ejemplo y mi motivo de continuar siempre, gracias por las largas conversaciones que me ayudaron a comprender que no me podía rendir jamás.

A mi pequeña compañera de juegos, Kerly quien llego a ser un motivo más para seguir, ayudándome con sus juegos, ocurrencias, cuidados y mucho amor.

A mis compañer@s, de manera muy especial a Gaby y Mirian, quienes a más de la catedra compartida, se ha formado una buena amistad incondicional y por ser parte de los grandes tropiezos de mi vida.

A la ESPOCH, en especial a la FIE por haberme formado académicamente, brindándome las herramientas del conocimiento para poder desempeñarme en mi vida profesional. Y de manera muy especial a los ingenieros Oswaldo Martínez MSc. y Diego Veloz MSc. quienes supieron compartir conmigo su conocimiento y así poder desarrollar el presente proyecto de titulación.

Marlon

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	5
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1. Ubicación geográfica de la parroquia Cotaló.....	5
1.2. Dispersión de la población en la parroquia Cotaló.....	6
1.3. Distribución de viviendas en la parroquia Cotaló.....	7
1.4. Servicios de telecomunicaciones en Cotaló.....	7
1.5. Sistemas de comunicaciones digitales.....	8
1.6. Comunicaciones por fibra óptica.....	9
1.6.1. <i>Fibra óptica</i>	10
1.6.2. <i>Clasificación de la fibra óptica</i>	11
1.6.2.1. <i>Según su construcción</i>	12
1.6.2.2. <i>Según el modo de propagación</i>	13
1.6.2.3. <i>Según el índice de refracción</i>	14
1.6.3. <i>Topologías de red</i>	16
1.6.3.1. <i>Redes en bus</i>	17
1.6.3.2. <i>Redes en anillo</i>	17
1.6.3.3. <i>Redes en estrella</i>	17
1.6.3.4. <i>Redes en árbol</i>	18
1.6.3.5. <i>Redes en malla</i>	18
1.7. Red Óptica pasiva – PON	18
1.8. Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit – GPON	19
1.8.1. <i>Principales componentes de redes GPON</i>	20
1.8.1.1. <i>OLT (Optical Line Terminal)</i>	20
1.8.1.2. <i>Splitters</i>	20

1.8.1.3.	<i>ONT/ONU (Optical Network Terminal/ Optical Network Unit)</i>	20
1.9.	Redes FTTx (Fiber to the x)	20
1.9.1.	Arquitectura FTTx	21
1.9.1.1.	<i>FTTN (Fibra hasta el Nodo)</i>	21
1.9.1.2.	<i>FTTC (Fibra hasta la Cabina)</i>	21
1.9.1.3.	<i>FTTB (Fibra hasta el Edificio)</i>	22
1.9.1.4.	<i>FTTH (Fibra hasta el Hogar)</i>	22
1.10.	Empalmes de fibra óptica	22
1.10.1.	<i>Empalme por fusión</i>	23
1.10.2.	<i>Empalme mecánico</i>	23
1.11.	Conectores ópticos	23
1.11.1.	<i>Conector SC</i>	25
1.11.2.	<i>Conector LC</i>	25
1.11.3.	<i>Conector FC</i>	25
1.11.4.	<i>Conector ST</i>	25
1.12.	Tipos de pulido	25
1.13.	Recomendaciones ITU	26
1.13.1.	<i>Normativa CNT-EP</i>	28
1.13.1.1.	<i>Consideraciones para el diseño del enlace</i>	29
1.13.1.2.	<i>Estudio previo de demanda del servicio</i>	29
1.13.1.3.	<i>Configuración para redes de fibra óptica</i>	30
1.13.1.4.	<i>Determinación de fibra óptica</i>	30
1.13.1.5.	<i>Factores que intervienen en un enlace</i>	31
1.13.1.6.	<i>Cuantificación de las pérdidas</i>	31
1.13.1.7.	<i>Consideración de la atenuación en un enlace de fibra óptica</i>	32
1.13.1.8.	<i>Calculo de la atenuación</i>	32
1.13.1.9.	<i>Determinación de parámetros constructivos de diseño</i>	32
1.13.1.10.	<i>Características técnicas de la normativa CNT-EP</i>	33
1.14.	Servicios Triple Play	34
1.14.1.	<i>Perturbaciones en el servicio Triple Play</i>	35
1.14.2.	<i>Servicio que forman el paquete Triple Play</i>	36
1.14.2.1.	<i>Datos</i>	36
1.14.2.2.	<i>Voz</i>	37
1.14.2.3.	<i>Televisión HD</i>	37
1.15.	Balance de potencias	37
1.16.	Diagrama de ojo en las comunicaciones ópticas	38
1.16.1.	<i>Análisis del BER</i>	39

CAPÍTULO II	40
2. MARCO METODOLÓGICO	40
2.1. Metodología de la investigación.....	40
2.1.1. <i>Tipos de investigación.....</i>	40
2.2. Requerimientos técnicos de diseño	41
2.2.1. <i>Descripción de la zona (parroquia Cotaló).....</i>	41
2.2.2. <i>Análisis de demanda poblacional.....</i>	42
2.2.2.1. <i>Tamaño de la muestra.....</i>	42
2.2.2.2. <i>Validación de la encuesta.....</i>	43
2.2.2.3. <i>Análisis de resultados obtenidos.....</i>	44
2.2.3. <i>Selección de la arquitectura</i>	49
2.2.4. <i>Arquitectura de la red</i>	50
2.2.4.1. <i>Transmisor del Servicio Triple Play.....</i>	51
2.2.5. <i>Selección de elementos activos y pasivos de la red</i>	52
2.2.5.1. <i>Selección de la OLT.....</i>	53
2.2.5.2. <i>Selección de la ONT</i>	56
2.2.5.3. <i>Selección de Splitters</i>	57
2.2.5.4. <i>Selección de pigtails</i>	58
2.2.5.5. <i>Selección de patch cords.....</i>	59
2.2.5.6. <i>Selección del tipo de fibra.....</i>	59
2.2.5.7. <i>Selección de mangas troncales</i>	60
2.2.5.8. <i>Selección de las NAP´s</i>	60
2.2.5.9. <i>Selección de roseta óptica</i>	61
2.2.6. <i>Determinación del ancho de banda.....</i>	61
2.3. Diseño de la red	62
2.3.1. <i>Red Feeder</i>	64
2.3.1.1. <i>Red Feeder zona 1</i>	66
2.3.1.2. <i>Red Feeder zona 2</i>	67
2.3.1.3. <i>Red Feeder zona 3</i>	67
2.3.1.4. <i>Red Feeder zona 4</i>	68
2.3.1.5. <i>Red Feeder zona 5</i>	69
2.3.2. <i>Red de Distribución.....</i>	70
2.3.2.1. <i>Red de distribución zona 1.....</i>	71
2.3.2.2. <i>Red de distribución zona 2.....</i>	72
2.3.2.3. <i>Red de distribución zona 3.....</i>	73
2.3.2.4. <i>Red de distribución zona 4.....</i>	74

2.3.2.5.	<i>Red de distribución zona 5</i>	75
2.3.3.	Red de Dispersión	76
2.4.	Evaluación de la red FTTH	77
2.4.1.	Presupuesto óptico de la red	77
2.4.2.	Balance de Potencias	78
2.4.2.1.	<i>Balance de potencias usuario más cercano – zona 1</i>	79
2.4.2.2.	<i>Balance de potencias usuario más lejano – zona 1</i>	79
2.4.2.3.	<i>Balance de potencias usuario más cercano – zona 2</i>	80
2.4.2.4.	<i>Balance de potencias usuario más lejano – zona 2</i>	81
2.4.2.5.	<i>Balance de potencias usuario más cercano – zona 3</i>	81
2.4.2.6.	<i>Balance de potencias usuario más lejano – zona3</i>	82
2.4.2.7.	<i>Balance de potencias usuario más cercano – zona 4</i>	83
2.4.2.8.	<i>Balance de potencias usuario más lejano – zona 4</i>	83
2.4.2.9.	<i>Balance de potencias usuario más cercano – zona 5</i>	84
2.4.2.10.	<i>Balance de potencias usuario más lejano – zona5</i>	84
2.5.	Levantamiento rural de Cotaló con la red FTTH	85
 CAPÍTULO III		88
3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	88
3.1.	Análisis del balance de potencias	88
3.2.	Simulación de la red FTTH	89
3.2.1.	Características de simulación de la OLT	90
3.2.2.	Simulación usuario más cercano	90
3.2.2.1.	<i>Atenuación de la fibra en la simulación-usuario más cercano</i>	91
3.2.2.2.	<i>Simulación de la atenuación por fusión-usuario más cercano</i>	92
3.2.2.3.	<i>Simulación de atenuación por Pigtailes-usuario más cercano</i>	92
3.2.2.4.	<i>Simulación atenuación por Patch cords-usuario más cercano</i>	92
3.2.2.5.	<i>Atenuación de Splitters en la simulación-usuario más cercano</i>	93
3.2.3.	Simulación usuario más lejano	93
3.2.3.1.	<i>Atenuación de la fibra en la simulación- usuario más lejano</i>	93
3.2.3.2.	<i>Simulación atenuación por fusiones-usuario más lejano</i>	94
3.2.3.3.	<i>Simulación de las perdidas por Pigtail-usuario más lejano</i>	94
3.2.3.4.	<i>Simulación de las perdidas por Patch cord-usuario más lejano</i>	95
3.2.3.5.	<i>Atenuación de Splitters en la simulación-usuario más lejano</i>	95
3.2.4.	Características de simulación de la ONT	95
3.3.	Análisis de resultados de simulación	96

3.3.1.	<i>Análisis de Potencia Óptica</i>	96
3.3.1.1.	<i>Potencia obtenida para el usuario más cercano</i>	97
3.3.1.2.	<i>Potencia obtenida para el usuario más lejano</i>	97
3.3.2.	<i>Análisis en el dominio del tiempo</i>	98
3.3.2.1.	<i>Análisis en el dominio del tiempo del usuario más cercano</i>	98
3.3.2.2.	<i>Análisis en el dominio del tiempo del usuario más lejano</i>	99
3.3.3.	<i>Análisis del ancho de banda</i>	99
3.3.4.	<i>Análisis del BER</i>	100
3.3.4.1.	<i>Análisis del BER para el usuario más cercano</i>	101
3.3.4.2.	<i>Análisis del BER para el usuario más lejano</i>	101
3.4.	Comparación de resultados	102
 CAPÍTULO IV		103
4.	ANÁLISIS ECONÓMICO	103
4.1.	Presupuesto requerido	103
4.1.1.	<i>Equipos</i>	103
4.1.2.	<i>Presupuesto económico zona 1</i>	104
4.1.3.	<i>Presupuesto económico zona 2</i>	104
4.1.4.	<i>Presupuesto económico zona 3</i>	105
4.1.5.	<i>Presupuesto económico zona 4</i>	106
4.1.6.	<i>Presupuesto económico zona 5</i>	106
4.1.7.	<i>Implementación y mantenimiento de la red</i>	107
4.1.8.	<i>Adquisición de servicios</i>	108
4.1.9.	<i>Costos de operación</i>	108
4.2.	Presupuesto total de inversión	109
4.3.	Beneficio de la implementación de la red	109
 CONCLUSIONES		111
RECOMENDACIONES		112
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Distribución de viviendas por caserío	7
Tabla 2-1: Acceso a los servicios de telecomunicaciones en Cotaló	7
Tabla 3-1: Tipos de fibra según su construcción	12
Tabla 4-1: Características de las fibras por su material	13
Tabla 5-1: Estándar de las diferentes redes PON	19
Tabla 6-1: Colores de actuación estándar de los conectores	24
Tabla 7-1: Tipo de pulido de fibra óptica	26
Tabla 8-1: Recomendaciones ITU-T de fibra óptica.....	27
Tabla 9-1: Recomendaciones ITU-T G.984x.....	28
Tabla 10-1: Parámetros técnicos de las redes GPON de la CNT-EP	29
Tabla 11-1: Características para seleccionar el tipo de fibra	30
Tabla 12-1: Atenuaciones comunes dentro de CNT-EP	31
Tabla 13-1: Características técnicas de la normativa CNT-EP	33
Tabla 1-2: Número de encuestas por caserío de Cotaló	43
Tabla 2-2: Necesidad del servicio de internet	44
Tabla 3-2: Cantidad de usuarios por cada vivienda	45
Tabla 4-2: Viviendas que cuentan con el servicio de internet	45
Tabla 5-2: Medios de acceso para el servicio utilizado	46
Tabla 6-2: Cantidad de usuarios conformes con el servicio actual	47
Tabla 7-2: Requerimiento del nuevo servicio	47
Tabla 8-2: Usuarios dispuestos a un aumento de costo por mejor servicio	48
Tabla 9-2: Aceptación del servicio Triple Play.....	49
Tabla 10-2: Comparativo de OLT en el mercado	54
Tabla 11-2: OLT para el diseño	56
Tabla 12-2: Comparativa características ONT.....	57
Tabla 13-2: Características Splitters SC/APC G657A1	58
Tabla 14-2: Características Pigtail	58
Tabla 15-2: Características técnicas patch cord	59
Tabla 16-2: Fibra óptica seleccionada para el despliegue de la red	60
Tabla 17-2: Características de la manga troncal	60
Tabla 18-2: Características de las cajas NAP	61
Tabla 19-2: Características roseta óptica	61
Tabla 20-2: Demanda de ancho de banda para servicios Triple Play	62
Tabla 21-2: Máxima velocidad bajada/subida de cada usuario	62

Tabla 22-2: Detalles redes Feeder.....	65
Tabla 23-2: Numero de NAP´s utilizadas en cada zona	70
Tabla 24-2: Detalles de la red de Distribución de la zona 1	71
Tabla 25-2: Detalles de la red de Distribución de la zona 2	72
Tabla 26-2: Detalles de la red de Distribución de la zona 3	73
Tabla 27-2: Detalles de la red de Distribución de la zona 4	74
Tabla 28-2: Detalles de la red de Distribución de la zona 5	75
Tabla 29-2: Detalle red de dispersión por zona	76
Tabla 30-2: Descripción de elementos por zona utilizados en la red FTTH según diseño	76
Tabla 31-2: Valor de atenuación en la red	78
Tabla 32-2: Valor de potencia recibida-usuario más cercano zona 1	79
Tabla 33-2: Valor de potencia recibida-usuario más lejano zona 1	80
Tabla 34-2: Valor de potencia recibida-usuario más cercano zona 2	80
Tabla 35-2: Valor de potencia recibida-usuario más lejano zona 2	81
Tabla 36-2: Valor de potencia recibida-usuario más cercano zona 3	82
Tabla 37-2: Valor de potencia recibida-usuario más lejano zona 3	82
Tabla 38-2: Valor de potencia recibida-usuario más cercano zona 4	83
Tabla 39-2: Valor de potencia recibida-usuario más lejano zona 4	83
Tabla 40-2: Valor de potencia recibida-usuario más cercano zona 5	84
Tabla 41-2: Valor de potencia recibida-usuario más lejano zona 5	85
Tabla 1-3: Potencias de receptor de enlaces por zona.....	88
Tabla 2-3: Comparación de los valores de la normativa y obtenidos	102
Tabla 1-4: Presupuesto de inversión de los equipos	103
Tabla 2-4: Presupuesto de elementos pasivos para la zona 1.....	104
Tabla 3-4: Presupuesto de elementos pasivos para la zona 2.....	104
Tabla 4-4: Presupuesto de elementos pasivos para la zona 3.....	105
Tabla 5-4: Presupuesto de elementos pasivos para la zona 4.....	106
Tabla 6-4: Presupuesto de elementos pasivos para la zona 5.....	106
Tabla 7-4: Detalle presupuesto implementacion y manteniemiendo de la red	107
Tabla 8-4: Detalle presupuesto de adquisición de servicios	108
Tabla 9-4: Detalles costo de operación	108
Tabla 10-4: Detalle del presupuesto de inversión total de la red	109
Tabla 11-4: Paquetes de venta al público y su costo.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-0: Diagrama esquemático de la red FTTH.....	4
Figura 1-1: División política del cantón San Pedro de Pelileo	5
Figura 2-1: Mapa base de la parroquia Cotaló.....	6
Figura 3-1: Un sistema de comunicación	8
Figura 4-1: Sistema de comunicación óptico.....	9
Figura 5-1: Partes componentes de la fibra óptica.....	11
Figura 6-1: Composición de una fibra óptica	12
Figura 7-1: Fibra óptica según el modo de propagación.....	13
Figura 8-1: Fibra Multimodo de índice escalonado.....	15
Figura 9-1: Perfil de la fibra Multimodo de índice gradual	16
Figura 10-1: Tipos de topologías de red	16
Figura 11-1: Arquitectura de red PON	18
Figura 12-1: Arquitectura y componentes GPON	19
Figura 13-1: FTTx - Fibra hasta la X.....	21
Figura 14-1: Empales de fibra óptica.....	23
Figura 15-1: Tipos de conectores de fibra óptica.....	24
Figura 16-1: Convergencia del servicio Triple Play	34
Figura 17-1: Modelo conceptual de la red FTTH-GPON Triple Play	35
Figura 18-1: Diagrama de ojo.....	39
Figura 19-1: Degradación del BER en el canal de comunicación	39
Figura 1-2: Mapa geográfico parroquia Cotaló	42
Figura 2-2: Arquitectura de la red.....	50
Figura 3-2: Equipos del transmisor servicio Triple Play	51
Figura 4-2: Multiplexación WDM para el servicio Triple Play.....	52
Figura 5-2: Diseño de la red FTTH	63
Figura 6-2: Red troncal desde CNT Pelileo hasta Cotaló.....	63
Figura 7-2: Zonas de la parroquia Cotaló	64
Figura 8-2: Descripción de la red Feeder.....	66
Figura 9-2: Ubicación y distancia de la red Feeder de la zona 1	66
Figura 10-2: Ubicación y distancia de la red Feeder de la zona 2	67
Figura 11-2: Ubicación y distancia de la red Feeder de la zona 3	68
Figura 12-2: Ubicación y distancia de la red Feeder de la zona 4	68
Figura 13-2: Ubicación y distancia de la red Feeder de la zona 5	69
Figura 14-2: Ubicación geográfica de las NAP's (Red de distribución)	70

Figura 15-2: Red de Distribución-ubicación NAP's zona 1	71
Figura 16-2: Red de Distribución-ubicación NAP's zona 2	72
Figura 17-2: Red de Distribución-ubicación NAP's zona 3	73
Figura 18-2: Red de Distribución-ubicación NAP's zona 4	74
Figura 19-2: Red de Distribución-ubicación NAP's zona 5	75
Figura 20-2: Diagrama del presupuesto óptico de la red	78
Figura 21-2: Generar el mapa de la red en Google Earth Pro.....	85
Figura 22-2: Selección de formato de archivo en GPSVisualizer	86
Figura 23-2: Guardado del archivo en MapSource.....	86
Figura 24-2: Selección de coordenadas UTM en MapSource	87
Figura 25-2: Mapa de la red FTTH en el software AutoCAD 2016.....	87
Figura 1-3: Simulación OLT.....	90
Figura 2-3: Simulación de elementos pasivos para el usuario más cercano	91
Figura 3-3: Simulación atenuación por fibra-usuario más cercano	91
Figura 4-3: Simulación atenuación por fusión-usuario más cercano.....	92
Figura 5-3: Simulación atenuación por Pigtailes-usuario más cercano.....	92
Figura 6-3: Simulación de atenuación por patch cord-usuario más cercano	92
Figura 7-3: Configuración de la atenuación de Splitters en la simulación	93
Figura 8-3: Simulación del enlace del usuario más cercano de la red	93
Figura 9-3: Simulación atenuación por fibra-usuario más lejano	94
Figura 10-3: Simulación atenuación por fusión-usuario más lejano.....	94
Figura 11-3: Simulación atenuación por Pigtailes-usuario más lejano.....	95
Figura 12-3: Simulación de atenuación por patch cord-usuario más lejano	95
Figura 13-3: Simulación atenuación de Splitters-usuario más lejano.....	95
Figura 14-2: Simulación ONT	96
Figura 15-3: Potencia de ingreso al enlace (salida de la OLT).....	97
Figura 16-3: Potencia resultante de la simulación-usuario más cercano	97
Figura 17-3: Potencia resultante de la simulación-usuario más lejano.....	97
Figura 18-3: Señal de salida en la OLT	98
Figura 19-3: Señal en la entrada de la ONT-usuario más cercano.....	98
Figura 20-3: Señal en la entrada de la ONT-usuario más lejano	99
Figura 21-3: Diagrama de ojo, análisis BER-en la OLT	100
Figura 22-3: Diagrama de ojo, análisis del BER en la ONT del usuario más cercano	101
Figura 23-3: Diagrama de ojo, análisis del BER en la ONT del usuario más lejano.....	102

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Porcentaje de utilización de internet en hogares	44
Gráfico 2-2:	Porcentaje de usuarios que hacen uso de internet.....	45
Gráfico 3-2:	Porcentaje de viviendas con servicio de internet.....	46
Gráfico 4-2:	Porcentaje de medios de acceso del servicio	46
Gráfico 5-2:	Porcentaje de viviendas conformes con el servicio actual	47
Gráfico 6-2:	Porcentaje de los requerimientos del nuevo servicio.....	48
Gráfico 7-2:	Porcentaje de encuestados dispuestos a aumentar el costo del servicio	48
Gráfico 8-2:	Porcentaje de aceptación del servicio Triple Play en la parroquia	49
Gráfico 1-3:	Potencias de enlaces de usuarios más cercano y lejano por zonas	89

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: APARTADO 2.5.1 DEL PDOT COTALÓ 2019-2023

ANEXO B: NORMATIVA DE LA CNT-EP

ANEXO C: SOLICITUD AL MUNICIPIO DEL CANTÓN PELILEO

ANEXO D: RESPUESTA DE MAPA SOLICITADO AL MUNICIPIO DEL CANTÓN

ANEXO E: MAPA CON LOS LÍMITES DE LA PARROQUIA COTALÓ

ANEXO F: SOLICITUD DEL PDOT ACTUALIZADO AL SEÑOR PRESIDENTE DEL GAD
COTALÓ

ANEXO G: ENCUESTA REALIZADA EN LA PARROQUIA COTALÓ

ANEXO H: VALIDACIÓN DE LA ENCUESTA SOCIALIZADA

ANEXO I: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE ENCUESTADOS

ANEXO J: PARÁMETROS TÉCNICOS DE LA OLT MA5600T

ANEXO K: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA ONT

ANEXO L: PARÁMETROS TÉCNICOS DE LOS SPLITTERS UTILIZADOS

ANEXO M: ESPECIFICACIONES PIGTAIL SC

ANEXO N: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PATCH CORD SC

ANEXO O: PROPIEDADES ÓPTICAS, GEOMÉTRICAS Y OTRAS DE LAS FIBRAS
MONOMODO G652D

ANEXO P: DOCUMENTO TÉCNICO DE CABLE AÉREO ADSS

ANEXO Q: IDENTIFICACIÓN DE LA POSTERÍA DE LA PARROQUIA DE NORTE A SUR

ANEXO R: LEVANTAMIENTO RURAL DE COTALÓ CON LA RED FTTH

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular tuvo como objetivo diseñar y evaluar una red Fiber To The Home (FTTH) basada en la normativa de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica (CNT) en Cotaló-Pelileo. Con este diseño se dotó del servicio Triple Play a la parroquia rural Cotaló. Mediante la cual se definió que la mejor arquitectura de red es la topología en árbol haciendo uso del Spliteo en cascada con dos niveles máximo permitido por la normativa y recomendaciones de las redes GPON de la ITU-T del grupo G. Mediante la realización de encuestas en la parroquia se determinó el 88% de la aceptación del nuevo servicio en el sector. Así también fue necesario emitir documentación a las autoridades tanto de la parroquia como del cantón para poder determinar la situación actual de la población y de las telecomunicaciones antes de realizar el diseño de la red. Finalmente se evaluó a la red diseñada mediante el balance de potencias para poder asegurar la calidad de servicio que se prestara a los 2048 habitantes de la parroquia, distribuidas en 512 viviendas con alto índice de dispersión en los diferentes caseríos que conforman Cotaló, pudiendo adquirir cada abonado un ancho de banda de 116.563Mbps. Por último, se realizó el estudio económico para determinar la inversión total de \$153,674.01 que representa la implementación de toda la red y con planificación de recuperación en un período de 12 meses. Se recomienda tener presente el crecimiento del tráfico en las redes y así poder determinar el tiempo de vida de la red.

Palabras clave: <RED FTTH>, <REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA>, <TRIPLE PLAY>, <PERTURBACIONES>, <DISPERSIÓN DE POBLACIÓN RURAL>, <BALANCE DE POTENCIAS>, <PRESUPUESTO ÓPTICO>, <LEVANTAMIENTO RURAL>.



24-05-2022
1020-DBRA-UTP-2022

SUMMARY

The objective of this curricular integration work was to design and evaluate a Fiber To The Home (FTTH) network based on the regulations for the design and construction of fiber optic telecommunications networks (CNT) in Cotaló-Pelileo. Con este diseño se dotó del servicio Triple Play a la parroquia rural Cotaló. It was defined that the best network architecture is the tree topology using cascade splitting with two maximum levels allowed by the regulations and recommendations of the GPON networks of the ITU-T group G. Through surveys in the parish, 88% of the acceptance of the new service in the sector was determined. Besides, it was also necessary to give documentation to the authorities of both the parish and the canton in order to determine the current situation of the population and telecommunications before designing the network. Finally, the designed network was evaluated through the balance of powers in order to ensure the quality of service provided to the 2048 inhabitants of the parish, distributed in 512 homes with a high rate of dispersion in the different hamlets that belong to Cotaló, being able to acquire each subscribed a bandwidth of 116.563Mbps. Finally, the economic study was carried out to determine the total investment of \$138,642.43, which represents the implementation of the entire network and with the recovery planning in a period of 12 months. It is recommended to keep in mind the growth of network traffic and thus be able to determine the lifetime of the network.

Keywords: <FTTH NETWORK>, <FIBER OPTIC TELECOMMUNICATIONS NETWORKS>, <TRIPLE PLAY>, <DISTURBANCE>, <RURAL POPULATION DISPERSION>, <POWER BALANCE>, <OPTIC BUDGET>, <RURAL SURVEY>.



MSc. Wilson G. Rojas

NOMBRE Y FIRMA PROFESOR

C.I 0602361842

INTRODUCCIÓN

Debido a las diferentes ventajas que presentan las comunicaciones que usan como canal, medio de transmisión, la fibra óptica se han logrado diseñar redes GPON a nivel mundial. Debido a que las redes con fibra óptica cuentan con características técnicas como: mayor ancho de banda, velocidad, alcance, fiabilidad, escalabilidad de la red, entre otras. (Barroso, 2012, pp. 12 -13) Además, este tipo de redes permiten la convergencia de diferentes servicios para el usuario haciendo uso de la misma infraestructura física, es decir el mismo sistema de comunicación digital para recibir voz, datos y televisión digital. (Mandal, 2018, pp. 138 - 142)

El tendido de las redes FTTH con características de red GPON han demostrado tener un muy buen desempeño en el momento del despliegue y análisis de calidad de comunicación entre los diferentes abonados que pueden acceder al servicio de muy alta velocidad y de mayor ancho de banda en comparación a tecnologías utilizadas previa la llegada de las fibras ópticas. Se han logrado diseñar e implementar redes para 1536 abonados a los cuales se brindó servicio Triple Play cumpliendo con las distancias para ocasionar las pérdidas máximas del enlace. (Contreras, et al., 2018, pp. 6-12)

La Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT) presenta en su registro oficial N° 439 del año 2015, (LOT, 2015, pp. 3-4) que se encuentra vigente hasta la actualidad, dentro de sus objetivos 5 y 6 básicamente el de promover que el país cuente con la infraestructura de redes de telecomunicaciones de alta velocidad y capacidad que permitan a la población entre otros servicios, el acceso a los servicios de audio y video por suscripción, así como al servicio de internet de banda ancha. (ARCOTEL, 2015, pp. 2-4)

Al notar la creciente demanda de velocidad y mayor ancho de banda en las comunicaciones en el país, las entidades gubernamentales como el MINTEL están pendientes de que el país cuente con este tipo de redes. Ecuador ya cuenta con 45000 Km de fibra óptica, con cobertura en todo el país, respecto al 2006 en el que contaba con solo 3500 Km, ya la infraestructura de telecomunicaciones con fibra óptica estaba presente en parte de solo 17 cantones del país a nivel de la red troncal. (MINTEL, 2019). Por lo que la empresa prestadora de servicios de telecomunicaciones y telefonía pública CNT EP emite la normativa técnica para el diseño e implementación de estas redes, denominada **NORMATIVA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA**. (CNT, 2012, pp. 20-27)

Por lo tanto, al cumplir con los objetivos de la LOT y el MINTEL al realizar el diseño de la red FTTH basada en la normativa de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica de la empresa CNT EP para los pobladores de la parroquia rural Cotaló para brindar el servicio Triple Play, permitirá cubrir el déficit de telecomunicaciones que presenta dicha parroquia.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es factible planificar una red FTTH mediante la normativa de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica de CNT en la parroquia Cotaló-Pelileo?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El presente proyecto surge de la necesidad que representan hoy en día la migración de las telecomunicaciones para poder brindar a los usuarios mayor velocidad y ancho de banda, es decir, una mejor experiencia de la transmisión de voz, datos y tv. Dado que al mantener una comunicación mediante líneas de cobre que es la infraestructura vigente en la parroquia Cotaló no les ha permitido a los pobladores consumir servicios Triple Play por medio de comunicaciones con fibra óptica.

El principal problema, tecnológicamente hablando, de la población de la parroquia Cotaló se encuentra en su geografía, se encuentra cubierta zonas montañosas. Este motivo no ha permitido acceder a diferentes servicios de las telecomunicaciones que ya se encuentran a la vanguardia en las ciudades e incluso en otras parroquias más planas. Cotaló no cuenta con gran cantidad de infraestructura tecnológica, es decir tiene acceso muy limitado a servicios de televisión abierta, radio FM, e incluso cuenta con un único ISP para la transmisión de datos.

Según los datos obtenidos por el INEC existían 1852 habitantes en la parroquia para el año 2010, mismos que tienen un déficit en las telecomunicaciones. (INEC, 2010) Para el año 2020 la población ascendería a un total de 2188 habitantes, mismos que siguen contando con una infraestructura deficiente de telecomunicaciones (GAD Parroquial Cotaló, 2019, p. 51). Aunque actualmente es necesario establecer comunicaciones que permitan mayor velocidad de transmisión de datos, así como un ancho de banda significativamente alto, y con ello el usuario pueda tener un servicio satisfactorio, necesario para el ámbito de la educación, trabajo e incluso entretenimiento; y más aún en los requerimientos en tiempos de pandemia mundial.

La gran desventaja que surge al momento de diseñar una red de fibra óptica para las parroquias rurales del Ecuador es la distancia que se encuentra separando a estas de la urbanización. Además, según el estudio de área rural realizado en la parroquia detalla que la mayor parte de la población se encuentra distribuida en los diferentes caseríos de la parroquia correspondiéndole una totalidad del 82.34%, mientras que tan solo el 17.66% se encuentra ubicada en la cabecera parroquial de Cotaló. (Saguay & Marcelo, 2015), (GAD Parroquial Cotaló, 2019)

Es por ello que se propone diseñar una red FTTH con las características de las Redes Ópticas Pasivas (*PON- Pasive Optical Network*) de tal manera que al evaluar mediante el balance de potencias se pueda garantizar la calidad de servicio entre la estación transmisora y los receptores de la comunicación adjudicados a la prestación del servicio Triple Play.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

Debido a la demanda de mayor ancho de banda y gran velocidad a la que necesitan los usuarios acceder y para realizar sus comunicaciones a cortas y largas distancias, se requiere de nuevas tecnologías, básicamente la infraestructura de las telecomunicaciones. Al analizar este crecimiento significativo no se puede dejar de lado a una parroquia que requiere estar comunicada para continuar en el desarrollo. Por esto surge la necesidad de migración a redes de telecomunicaciones con fibra óptica hasta el hogar (FTTH).

Para presentar una propuesta para la parroquia Cotaló que permita emigrar la infraestructura de red de telecomunicaciones es necesario que se fundamente en la **NORMATIVA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA** por parte de la CNT-EP, misma empresa que es la que hasta la actualidad mediante la tecnología xDSL brinda servicios de voz y datos en el sector. Al aplicar ésta norma en el diseño de la red se pretende garantizar la calidad del servicio Triple Play a los usuarios de la parroquia.

Previo a dar la validez al diseño realizado, esta será evaluada mediante balance de potencias de tal manera que sea eficiente la comunicación usando esta infraestructura de red. De igual manera se realizará el análisis de costo beneficio para poder concluir si es factible llevar a cabo la implementación de la red diseñada, tomando en consideración cada parámetro, tanto de diseño como de soporte y esquemático dictado por la misma norma.

El presente proyecto, por lo tanto, está destinado a cubrir la creciente necesidad analizada preliminarmente, cubriendo todos y cada uno de los caseríos de la parroquia rural Cotaló. Se

puede visualizar en el diagrama esquemático de la red que se propone en la figura 1-0 a continuación.

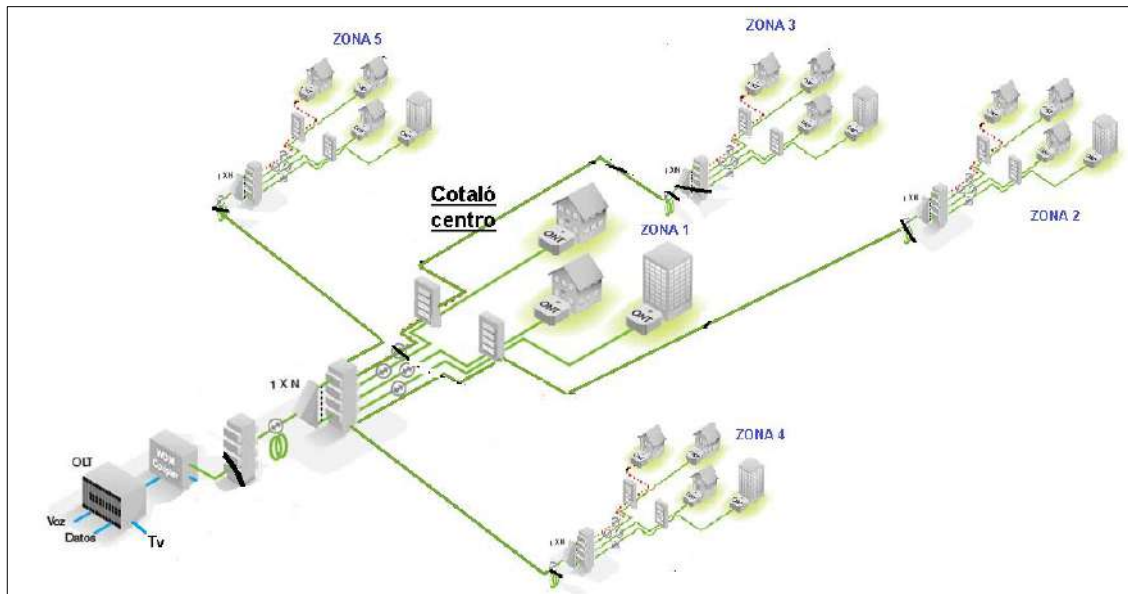


Figura 1-0. Diagrama esquemático de la red FTTH

Realizado por: GUAMÁN, M, 2021

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y evaluar una red FTTH basada en la normativa de diseño y construcción de telecomunicaciones con fibra óptica (CNT) en Cotaló-Pelileo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la normativa de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica de CNT de tal manera que permita determinar la mejor arquitectura de red FTTH.
- Diseñar la red FTTH cumpliendo con la normativa de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica de CNT para brindar el servicio Triple Play a los abonados de la parroquia Cotaló.
- Evaluar mediante balance de potencias la red de acceso para garantizar calidad de servicio Triple Play a los abonados.
- Realizar el levantamiento rural de la parroquia Cotaló con sus diferentes puntos referenciales para el despliegue de la red de distribución.
- Analizar el costo beneficio de la red FTTH en la parroquia Cotaló del cantón Pelileo.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se lleva a cabo el desarrollo teórico/conceptual de todo el fundamento de redes de fibra óptica, así como, de los estándares bajo los cuales están dispuestos tanto los diseños como la construcción de estas redes de comunicaciones ópticas. Además, se realiza el análisis de la ubicación de la parroquia rural Cotaló del cantón San Pedro de Pelileo, perteneciente a la provincia de Tungurahua.

1.1 Ubicación geográfica de la parroquia Cotaló

La parroquia rural Cotaló se encuentra ubicada a 10 Km al sur de la cabecera cantonal, San Pedro de Pelileo, siendo parte del territorio correspondiente a la provincia de Tungurahua. Cotaló se encuentra aproximadamente a 2500 m.s.n.m. y cuenta con una superficie total de 43.9 Km². En la figura 1-1 se puede ver la ubicación de la parroquia Cotaló, en relación a las parroquias que forman el cantón, así como sus límites. (GAD Parroquial Cotaló, 2019, p. 17)

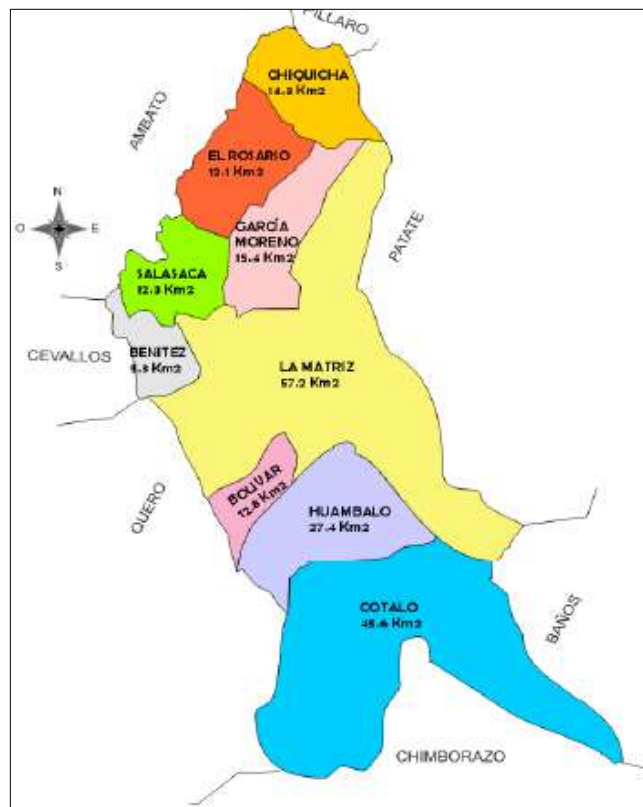


Figura 1-1. División política del cantón San Pedro de Pelileo

Fuente: (Tintin, 2019)

Según el PDOT del GAD Parroquial, actualizado en el año 2019, Cotaló cuenta con un total de nueve comunidades, mismas que están demográficamente ubicadas como muestra la figura 2-1. En cada una de las comunidades se encuentra distribuida la población de manera dispersa y la gran mayoría de extensión territorial no se encuentra habitada, sin construcción, pero los pobladores hacen uso de mencionadas extensiones de tierra para desarrollar sus actividades económicas, tales como ganadería, agricultura, avicultura, entre otras (GAD Parroquial Cotaló, 2019, pp. 17-18).

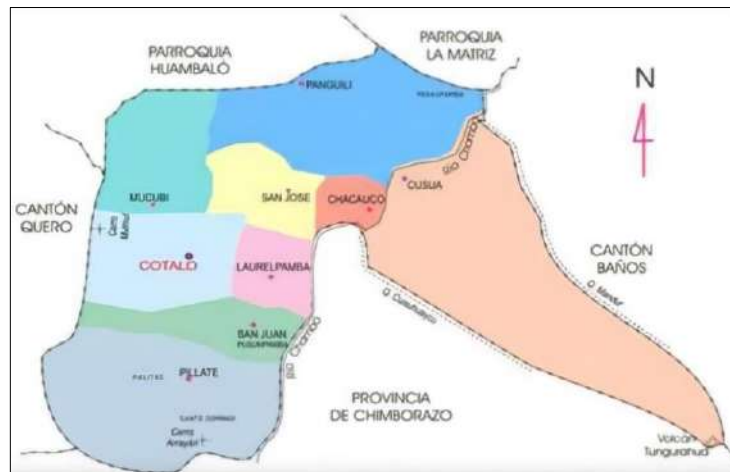


Figura 2-1. Mapa base de la parroquia Cotaló

Fuente: (GAD Parroquial Cotaló, 2019, p. 18)

1.2 Dispersión de la población en la parroquia Cotaló

Es necesario realizar el estudio de la población de la parroquia a la cual se pretende brindar el nuevo servicio, además se requiere el análisis de la dispersión de la misma, es por ello que en los datos oficiales y más actualizados se presenta lo siguiente.

Según el censo de población y vivienda realizado por (INEC, 2010), la parroquia rural Cotaló contaba con un total de 1852 habitantes, aunque por parte del equipo técnico de la actualización del PDOT, dan a conocer las proyección de población por parte del INEC llegando al año 2019 con una totalidad de población de 2162, esta proyección también presenta que para el año 2020 se pensaba llegar a la cantidad de 2188 habitantes en la parroquia (GAD Parroquial Cotaló, 2019, pp. 49-51).

El análisis de dispersión de población realizada en el año 2019 demuestra el gran índice de población que se encuentra dispersa en los diferentes caseríos de la parroquia de 82.34%, es decir, 1780 habitantes; mientras que tan solo el 17.66% que representan a los escasos 382 personas se encuentran se encuentran habitando la cabecera parroquial (GAD Parroquial Cotaló, 2019, pp. 51-52).

1.3 Distribución de viviendas en la parroquia Cotaló

En el análisis del censo de vivienda realizado en los diferentes caseríos de la parroquia Cotaló, tanto en la cabecera parroquial como en la parte más alejada del mismo, se encontró la totalidad de 539 viviendas, mismas que están distribuidas como muestra la tabla 1-1.

Tabla 1-1: Distribución de viviendas por caserío

Caserío	N° viviendas
Centro	109
Chacauco	50
Cusua	104
Las queseras	53
Laurelpamba	62
San Juan	48
Pillate	58
Panguili	25
Mucubi	30
TOTAL	539

Fuente: (GAD Parroquial Cotaló, 2019, pp. 56-57)

Realizado por: GUAMÁN, M, 2021

En la tabla anteriormente expuesta se puede determinar que la mayor cantidad de viviendas se encuentran en caserío Cusua y en el casco central, sin embargo, el 49.04 de las viviendas de Cusua se encuentran no habitadas, por lo que el casco central es el que cuenta con la mayor cantidad de viviendas (GAD Parroquial Cotaló, 2019, pp. 56-57).

1.4 Servicios de telecomunicaciones en Cotaló

Los servicios de telecomunicaciones disponibles en la parroquia Cotaló se encuentra como un déficit, puesto que para el año 2019 muestra los siguientes valores detallados en la tabla 2-1 a continuación.

Tabla 2-1: Acceso a los servicios de telecomunicaciones en Cotaló

Servicio	Disponibilidad	No disponibilidad	Operadoras
Telefonía fija	4.89%	95.11%	CNT
Telefonía móvil	62.83%	37.17%	Claro, Movistar, CNT
Acceso a internet	2.27%	97.73%	CNT
Acceso a televisión por cable	6.46%	93.54%	TvCable, DirecTV

Fuente: (GAD Parroquial Cotaló, 2019, p. 140)

Realizado por: GUAMÁN, M, 2021

Como se puede evidenciar para el año 2019 se contaba únicamente con un porcentaje aceptable de acceso a telefonía móvil con el 62.83%, sin embargo, servicios que están a la vanguardia y son de carácter necesario para la población en la actualidad se encuentran por mucho más abajo de la mitad de la población es así, el acceso a internet, el más crítico, con tan solo el 2.27% de todas las viviendas de la parroquia cuentan con tal servicio de telecomunicaciones (GAD Parroquial Cotaló, 2019, pp. 140-142). Datos que se encuentran establecidos en el apartado 2.5.1 del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Cotaló, mismo que se puede visualizar en el **anexo A**.

1.5 Sistemas de comunicaciones digitales

Para comprender las telecomunicaciones guiadas que transmiten la información por medios ópticos es necesario comprender los fundamentos teóricos que están involucrados en este tipo de comunicación.

Partiendo del análisis de un sistema de comunicación digital en el que (Couch, 2008, p. 5) define como: “Un sistema de comunicación digital transfiere información de una fuente digital al receptor”, mencionado autor diferencia las señales analógicas de las digitales. Siendo las señales digitales binarias aquellas que permitirán únicamente dos valores (0 y 1), con base en ello, es necesario equipos para poder codificar en presencia o ausencia de la luz. En conclusión, al definir un sistema de comunicación digital se habla de poder transmitir ceros y unos por un medio de transmisión.

(Couch, 2008, p. 8) también identifica un diagrama de bloques para los sistemas de comunicación en general, mismos que a su vez constan de tres claros subsistemas que son: el transmisor, medio de transmisión o el canal y el receptor como se muestra en la figura 3-1 se puede ver el diagrama de bloques de cualquier sistema de comunicación. Para este caso particular sin detalle de los componentes dentro del transmisor y del receptor y como medio de transmisión la fibra óptica.

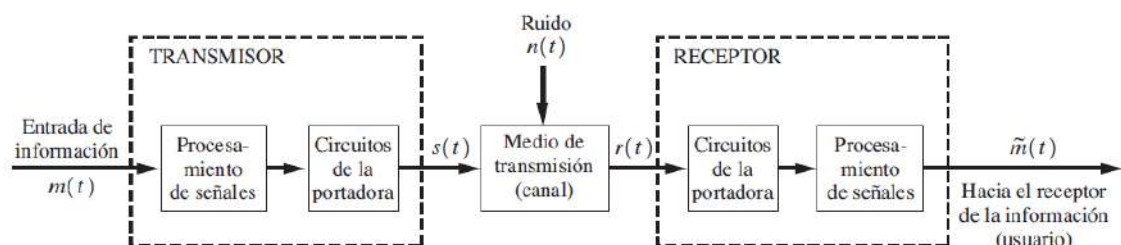


Figura 3-1. Un sistema de comunicación

Fuente: (Couch, 2008, p. 8)

1.6 Comunicaciones por fibra óptica

Se entiende como sistemas de comunicaciones ópticas a todos aquellos sistemas de telecomunicaciones que impliquen la comunicación por medio de haces de luz, sin embargo, diferentes autores mencionan las comunicaciones ópticas y en especial las comunicaciones que hacen uso de la fibra óptica para la transmisión de la información.

“Un sistema óptico de comunicaciones es un sistema electrónico de comunicaciones que usa la luz como portadora de información... los sistemas de comunicaciones con fibra óptica usan fibra de vidrio o de plástico para contener las ondas luminosas y guiarlas” (Tomasi, 2003, p. 422). Basada en esta definición se comprende la gran ventaja de utilización la fibra óptica como medio para poder transmitir los haces de luz que contengan información desde el transmisor al receptor.

Otros autores acordes a la definición realizada anteriormente como (Pinto & Cabezas, 2014, p. 11) definen el mismo concepto de los sistemas de comunicaciones en los cuales se usa la fibra óptica como medio de transmisión. Además, destacan los rangos de frecuencias luminosas que se usan para estos materiales y de uso en las telecomunicaciones que va desde los 100.000 hasta 400.000 GHz, lo que quiere decir que equivale a longitudes de onda desde los $3\mu\text{m}$ hasta los 750nm teóricamente, siendo el ancho de banda posible del 10% de esta frecuencia portadora, es decir, se puede obtener anchos de banda de entre 10.000 y 40.000 GHz. (Tomasi, 2003, pp. 422-423).

En la figura 4-1 se muestra el diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones óptico, en el cual se puede distinguir como único medio físico de transmisión la fibra óptica, y además se detallan los procesos que se realizan tanto en el transmisor como en el receptor para intercambiar la información requerida.

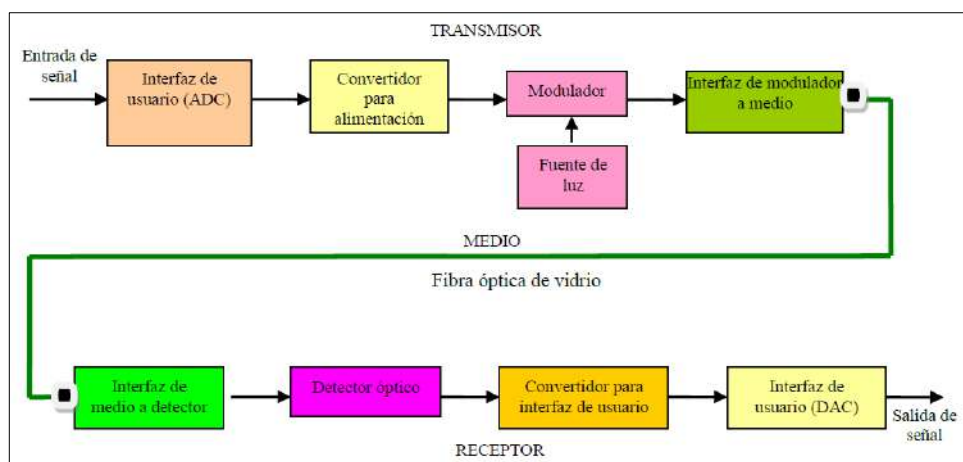


Figura 4-1. Sistema de comunicación óptico

Fuente: (Pinto & Cabezas, 2014, p. 15)

1.6.1 Fibra óptica

(Rodríguez, 2009, p. 7) define a las fibras ópticas como: es un filamento de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del espesor de un cabello humano (de 10 a 300 μm). Estos filamentos llevan los mensajes de la comunicación en forma de haces de luz. Teniendo como ventaja, por su forma de constitución y la pureza en la construcción, el conducir la luz por la cavidad interna aun cuando el material tenga curvas, no tan pronunciadas.

De la misma manera otros autores como (Pichal, 2018, p. 8), menciona que la fibra óptica es un “medio físico que transporta señales sobre la base de la transmisión de la luz”, además que se requiere la presencia de dispositivos electrónicos a los extremos para el intercambio de la información en forma de rayos de luz. El medio físico frecuentemente es fabricado con filamentos de vidrio de alta pureza (arena silica, básicamente silicio).

La estructura de la fibra óptica se compone de tres partes fundamentales que son: núcleo, revestimiento y recubrimiento, mismas en las que se basa su desarrollo, y dependiendo del grado de pureza de cada uno de estos será de mejor rendimiento el producto final.

- Núcleo (*core*): Formado por un hilo de vidrio de óxido de silicio (SiO_2), lo más puro posible, por el cual se reflejara la luz al punto de quedar totalmente contenida en su interior. Su diámetro oscila de entre 8 y 62.5 μm .
- Revestimiento (*cladding*): Es un tubo de vidrio fabricado con óxido de silicio con diferente nivel de dopaje que el núcleo. El dopaje de este material permite que la luz sea siempre reflejada hacia el interior del núcleo las veces que sean necesarias para que esta llegue al receptor. Tiene 125 μm de diámetro aproximadamente.
- Recubrimiento(*coating*): Constituido básicamente de plástico, también denominado color de la fibra, destinado a proteger el núcleo y revestimiento de algún daño. Su diámetro es de aproximadamente 245 μm (Pichal, 2018, p. 8).

En la figura 5-1 se puede ver en dos planos como está constituida la fibra óptica constando con las tres partes anteriormente descritas.

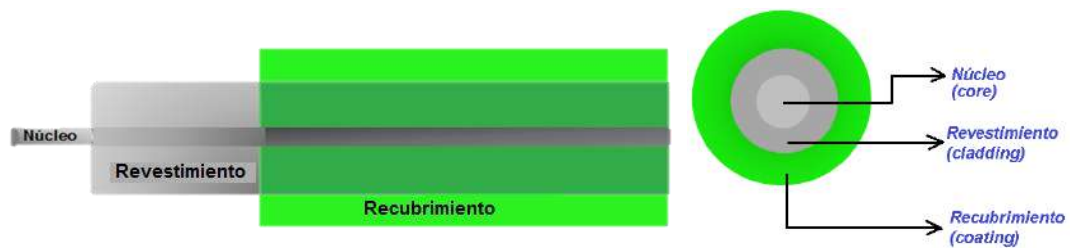


Figura 5-1. Partes componentes de la fibra óptica

Fuente: (Pichal, 2018, p. 10)

Realizado por: Guamán, M, 2022

En el año de 1966 nace la propuesta de utilizar un medio óptico para la comunicación, basándose en los dos principios fundamentales que se cumplen para que la información llegue desde el transmisor óptico hacia el receptor óptico, siendo las mismas ondas de las radiofrecuencias que contienen información, pero en una porción más elevada, ubicándonos en el rango del espectro electromagnético. Estos principios son denominados la refracción de la luz y su reflexión. (Rodríguez, 2009, pp. 5-8).

En el año 1977 en Inglaterra se logró finalmente una implementación, aunque en la década de los 40 se empezó con sus estudios, utilizando como medio de transmisión de información la fibra óptica y tan solo dos años más tarde, es decir, en 1979 ya se realizaron pedidos de este material para la utilización en infraestructura de las telecomunicaciones. De la misma manera para hacer posible esto, en años posteriores (1959), es decir dos décadas antes se logró una mejor utilización de la luz por medio de láser. Este conjunto de antecedentes permitió que las telecomunicaciones por fibra óptica se manejen a gran escala y contando con grandes beneficios (Castellanos, 2020, pp. 53-56).

Según la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones la fibra óptica es un conductor que se encarga de atrapar la luz en su interior y está por ende se propagara a la mayor velocidad posible, dependiendo del tipo de material empleado en la construcción de la misma. La luz puede viajar a 3×10^8 m/s aproximadamente pero en el vacío, es decir dependerá del índice de refracción del material que esté constituido el núcleo de la fibra óptica (CITEL, 2010).

1.6.2 Clasificación de la fibra óptica

Se puede llegar a clasificar a las fibras ópticas dependiendo de varios factores, mismos que cuentan con características para cubrir las necesidades del enlace en el cual vayan a ser utilizadas, siendo así se pueden tener la clasificación por:

- Material de construcción

- Modo de propagación

1.6.2.1 Según su construcción

Como ya se especificó previamente la fibra óptica es fabricada en base a la pureza de un elemento químico abundante en la naturaleza, de esta pureza depende si el contenido de la fibra es de consistencia plástica o de vidrio. Escénicamente existen tres variedades de fibra óptica, que pueden ser de vidrio, plástico o la combinación de estas. Como se puede observar en la tabla 3-1 desplegada a continuación (Pichal, 2018, pp. 9-12). El material de construcción de la fibra puede ser como se observa en la Figura 6-1 a continuación.

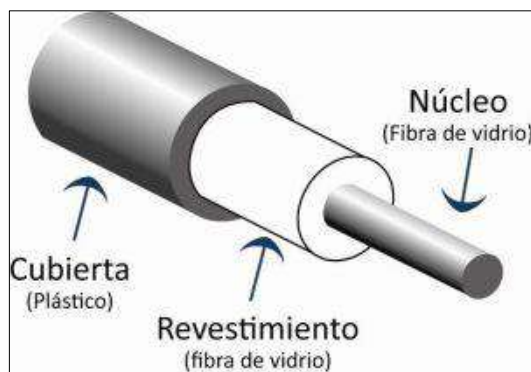


Figura 6-1. Composición de una fibra óptica

Fuente: (Ordoñez, 2015)

Tabla 3-1: Tipos de fibra según su construcción

Núcleo	Plástico	Vidrio	Vidrio
Revestimiento	Plástico	Plástico	Vidrio
Denominación	POF	PCS	SCS

Fuente: (Pichal, 2018, p. 11)

Realizado por: Guamán, M, 2022

La construcción de contra de un núcleo de plástico y el revestimiento de vidrio no cumple con el principio físico de la reflexión total en el interior del material que comprende el núcleo de la fibra por ende no es un medio de elaboración (Pichal, 2018, pp. 10-12). Dependerá de los requisitos de red, demanda de usuarios, servicios a brindar, entre otros, la selección del tipo de fibra basada en los parámetros que cuenta cada uno de los métodos de construcción anteriormente mencionados.

Además de la diferencia económica que presentan los diferentes tipos de fibra presentes en el mercado existen características bajo las cuales se deberá tomar en consideración para la selección. En la tabla 4-1 se puede visualizar las características de cada tipo de fibra dependiendo del material que esta esté construida.

Tabla 4-1: Características de las fibras por su material

Tipo de fibra	Características
POF	<ul style="list-style-type: none">• Mayor flexibilidad• Alta atenuación• Distancias cortas• Bajo costo económico• Peso 60% menor que el vidrio• Velocidad máxima 2.5 Gbps• Atenuación 200 dB/Km
PCS	<ul style="list-style-type: none">• Atenuación moderada• Distancias medias• Costo económico moderado• No son susceptibles a radiaciones
SCS	<ul style="list-style-type: none">• Menor atenuación• Alto costo económico• Menos robustas• Susceptibles a radiaciones

Fuente: (Pichal, 2018, p. 11)

Realizado por: Guamán, M, 2022

1.6.2.2 Según el modo de propagación

Los tipos de fibra óptica que se basan en el modo de transmisión de la luz básicamente son obtenidos al variar determinadas características, mismas que ayudaran a optimizar la utilización de estos cables ópticos como también la inversión del enlace en el cual se vaya a utilizar. Estas fibras ópticas por lo tanto pueden ser Monomodo (*SM – Single Mode*) o Multimodo (*MM – Multimode*) (COFITEL, 2014). La diferencia de la propagación de la luz en los dos tipos de fibras se puede ver en la figura 7-1 a continuación.

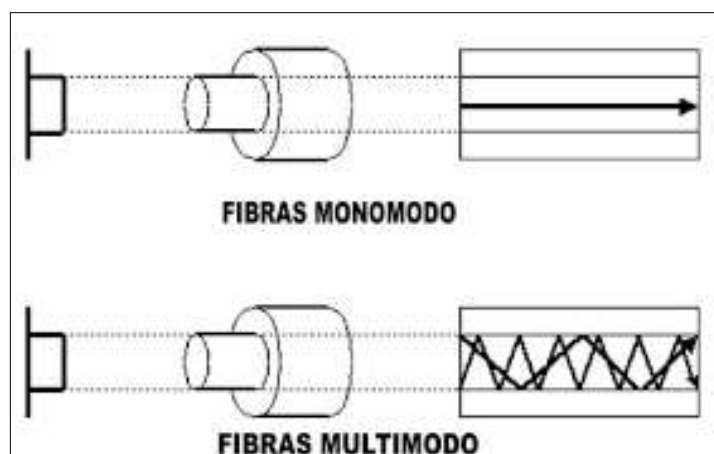


Figura 7-1. Fibra óptica según el modo de propagación

Fuente: (Ordoñez, 2015)

Los modos de propagación son esencialmente los caminos que puede seguir la luz en el centro del núcleo de una fibra óptica, mismas que se determinan de acuerdo a las frecuencias (longitud

de onda) de operación (Pichal, 2018, pp. 36-39). Y en base a esta categorización se presentan los siguientes tipos:

- Fibra óptica Multimodo
- Fibra óptica Monomodo

Fibra óptica Multimodo

Este tipo de fibra permite básicamente transmitir información a varias frecuencias de operación, varios modos. El diámetro del núcleo suele ser de entre $50\mu\text{m}$ y $62.5\mu\text{m}$ (Ordoñez, 2015). Esta fibra se utiliza en distancias cortas de red, siendo el caso de las fibras siguientes:

- $50/125\ \mu\text{m}$ permite alcanzar de 2 a 3 Km
- $62.5/125\ \mu\text{m}$ alcanza hasta 4 Km a $850\ \text{nm}$ o hasta 10 Km en el caso de $1300\ \text{nm}$

Fibra óptica Monomodo

Este tipo de fibras permiten obtener un mayor ancho de banda, bajo nivel de atenuación y es aplicable en redes a larga distancia, mismas que cumplen con las características mencionadas en la recomendación de la ITU-T G652 B y la ITU-T G6522 D, puesto que estas permiten transmitir hasta XGPON, operando en las ventanas de $1310\ \text{nm}$, $1550\ \text{nm}$ y $1383\ \text{nm}$ con multiplexación CWDM. En el estándar ITU-T G655 también menciona las bondades de utilización de este tipo de fibras para las ventanas de $1550\ \text{nm}$ y $1625\ \text{nm}$ siendo capaz de adoptar la multiplexación DWDM. Las características de ventana de 1460 y 1625 se encuentran estipuladas en la ITU-T G656 mencionando la multiplexación CWDM y DWDM. Y finalmente en la recomendación ITU-T G657 se encuentran las características especiales para la aplicación de redes FTTx debido a su alta resistencia a la humedad y a las macrocurvaturas para la transmisión en las ventanas de $1310\ \text{nm}$, $1490\ \text{nm}$ y $1550\ \text{nm}$ (COFITEL, 2014).

1.6.2.3 Según el índice de refracción

Se puede subcategorizar las fibras Multimodo de tal manera que esta propagación depende del índice de refracción en el núcleo, ya que esto implica principalmente de como viajaran las ondas por la fibra, se describen dos tipos basados en este principio a continuación:

- Fibras Multimodo de índice escalonado
- Fibras Multimodo de índice gradual

Fibras Multimodo de índice escalonado

El principio de propagación de la luz en este tipo de fibras es básicamente hacer que los rayos de luz sigan diferentes caminos, de tal manera que lleguen al receptor óptico en tiempos diferentes, motivo por el cual provocan un ensanchamiento de la señal óptica que se emitió desde el transmisor. Otra desventaja de este tipo de propagación es el fenómeno Fading que afecta a la potencia óptica puesto que se generan diferentes caminos y por ende varios tiempos de tránsito por la fibra. De la misma manera se cuenta con un ancho de banda limitado debido a la distorsión de pulso que se genera por las distintas trayectorias que realicen los haces de luz (Pichal, 2018, pp. 36-37). Para comprender mejor se puede visualizar esto en la figura 8-1 a continuación.

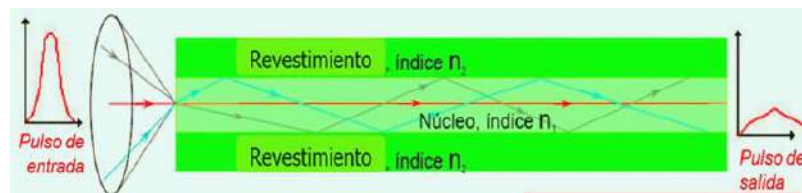


Figura 8-1. Fibra Multimodo de índice escalonado

Fuente: (Pichal, 2018, p. 37)

Como se puede observar en la figura anteriormente expuesta, su naturaleza permite tener parámetros muy precarios necesarios para las redes como son:

- Ancho de banda (100MHz/Km)
- Perdidas (de 5 a 20 dB/Km)
- Diámetro del núcleo (de 200 μ m a 1000 μ m)
- Longitud de onda de operación (660nm – 1060nm)

Fibras Multimodo de índice gradual

Este tipo de fibras ópticas son fabricadas con el índice de refracción no constante por lo que disminuye los efectos de la dispersión modal. Por la composición del núcleo las velocidades cerca del centro son menores a las que se ejercen cerca del límite del núcleo con el revestimiento, por lo tanto es casi ecualizado el tiempo de propagación y se reduce la distorsión de la propagación Multimodo (Pichal, 2018, pp. 37-38). Se puede ver como viaja la luz por este tipo de fibras en la figura 9-1.

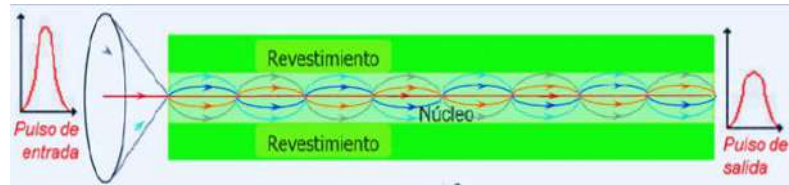


Figura 9-1. Perfil de la fibra Multimodo de índice gradual

Fuente: (Pichal, 2018, p. 38)

De la misma manera se puede visualizar en la figura anterior los parámetros de transmisión bajo este modo de propagación de la luz teniendo las siguientes características:

- Ancho de banda (4 GHz/Km)
- Perdidas (de 0.3 hasta 0.5 dB/Km)
- Diámetro del núcleo (entre 8µm y 10µm)
- Longitud de onda de operación (1330nm – 1550nm)

1.6.3 Topologías de red

La topología de red que sea seleccionada para el despliegue de la infraestructura debe tratar de garantizar la operación eficiente y continua, y tomar en consideración la escalabilidad a futuro. La topología afecta al tráfico y al enrutamiento de los datos que vayan a circular en ella. Por lo tanto, es muy importante tomar en cuenta factores como: la complejidad, el costo, la disponibilidad de equipos, el tipo y la cantidad de datos esperados dentro de la arquitectura denominada topología de la red (Medhi & Ramasamy, 2018, pp. 19-21).

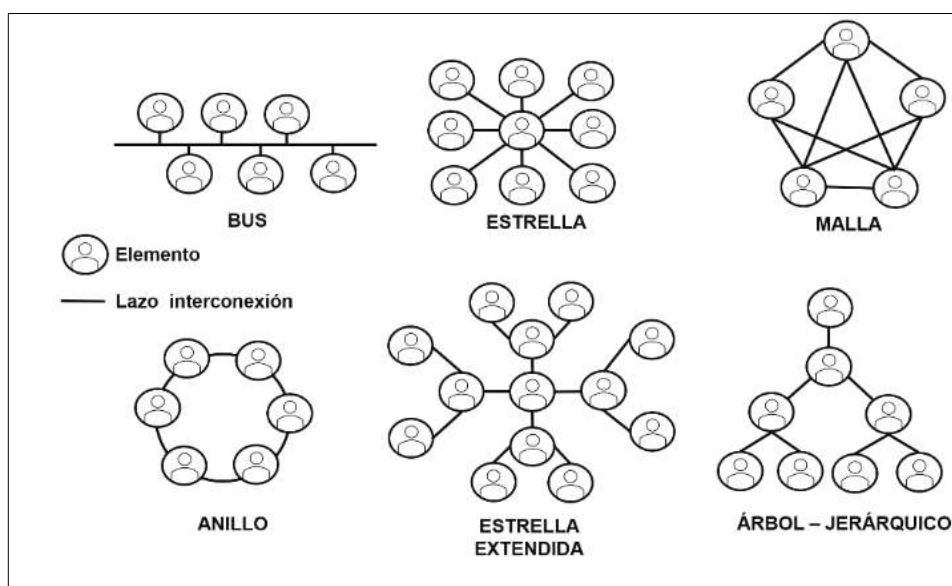


Figura 10-1. Tipos de topologías de red

Fuente: (Arias, et al., 2020, p. 85)

Las topologías o también llamadas arquitecturas de red son básicamente la forma de la estructura física que se encargara de conectar el transmisor con el receptor de la información, por ende, se puede clasificar en: bus, anillo, estrella, estrella extendida, árbol y malla (Arias, et al., 2020, pp. 84-85). Esto se puede ver en la figura 10-1 anteriormente expuesta.

1.6.3.1 Redes en bus

La topología de red en bus o arquitectura de redes en bus, se estructuran en un mismo conjunto de nodos que están conectados todos entre sí, mediante un bus. Los elementos que interconectan cada nodo con el bus son los denominados acopladores (Fabrega & Graells, 2020, p. 5). La información en esta infraestructura se enviará y se reciben las respuestas a través del bus, mientras que los nodos la rechazan o aceptan dependiendo si cumple la petición de dicho nodo (Arias, et al., 2020, p. 85).

1.6.3.2 Redes en anillo

Los nodos en este tipo de topología se conectarán uno a continuación de otro para llegar a formar un lazo cerrado. Cada nodo cuenta con un acoplador o transceiver, mismo que funciona como repetidor y se encarga de enviar la información al nodo siguiente (Yu, et al., 2018, pp. 2-3). Se puede decir que este tipo de red resulta equivalente si se unen los extremos de una red en bus, además que no existe jerarquía alguna entre los nodos y la información deberá recorrer todos los nodos necesarios hasta llegara a su destino, es decir, el control se distribuye para entre todos los nodos. Como desventaja de usar esta topología está básicamente la falta de escalabilidad que presenta y si se encuentra un nodo con fallos toda la red se cae (General, 2018, p. 5).

Este tipo de topologías es una de las más utilizadas en las redes de comunicación ópticas. Habitualmente se utiliza con el tipo de multiplexación WDM que proporciona aún más complejidad que la transmisión mediante *broadcast*. Básicamente, es el direccionamiento y conmutación de las portadoras de luz en función de la longitud de onda con la que ingresaron a la fibra (Fabrega & Graells, 2020, pp. 7-8).

1.6.3.3 Redes en estrella

En este tipo de red se dispone de un conjunto de nodos conectados entre sí mediante un transceiver o acoplador a un nodo central (Fabrega & Graells, 2020, pp. 6-7). El nodo central de la estrella se encarga de recibir, amplificar y enviar la información a los demás nodos. Esta arquitectura de red por lo tanto hace uso siempre del nodo central de la red para poder realizar él envío de la

información en la misma, de modo que se reduce el riesgo de caída de toda la red en el caso que un nodo de la red presente fallos (Arias, et al., 2020, pp. 85-86).

1.6.3.4 Redes en árbol

Esta topología de red ya cuenta con una jerarquía de tal manera que cuenta con nodos principales encargados de transmitir y duplicar la información para llegar a los nodos de donde los extremos de la comunicación (transmisor y receptor) (Arias, et al., 2020, p. 86). Pertenece al encadenamiento de varias estructuras en bus con diferentes longitudes y claramente distinguidas sus características individuales, para formar varias ramas de interconexión (General, 2018, p. 5).

1.6.3.5 Redes en malla

Este tipo de configuración permite que cualquier nodo esté conectado a todos los nodos restantes de la red, lo que hace de la comunicación más segura, puesto que se eliminan las interrupciones al tener la información varios enlaces físicos ,camino, para llegar al nodo de destino (receptor) (Rachman, et al., 2018, pp. 5-6). Se habla de una interconexión total de los nodos cuando estos están conectados de forma directa entre sí, existiendo siempre un enlace punto a punto para su intercomunicación (General, 2018, p. 4).

1.7 Red Óptica pasiva – PON

La Red Óptica Pasiva o denominada red PON (*Passive Optical Network*) está formada por una serie de elementos ópticos pasivos interconectados mediante la fibra óptica. Denominados elementos pasivos al no necesitar de alimentación para su funcionamiento. Generalmente están tendidas en topología de árbol, manteniendo la configuración punto-multipunto de manera que permita distribuir un servicio para múltiples usuarios finales (Tene, 2021, pp. 6-7). Se pueden observar un caso de red PON en la figura 11-1.

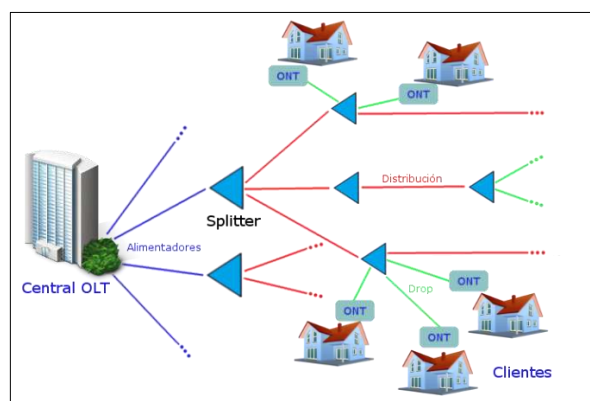


Figura 11-1. Arquitectura de red PON

Fuente: (Viatel, 2012)

Se definen además tres estándares que se han popularizado de este tipo de redes siendo las mostradas en la tabla 5-1 a continuación.

Tabla 5-1: Estándar de las diferentes redes PON

Red	Definición	Estándar
BPON	<i>Broadband Passive Optical Network</i>	ITU-T G..983
GPON	<i>Gigabit-capable Passive Optical Network</i>	ITU-T G.984.1
EPON	<i>Ethernet Passive Optical Network</i>	IEEE802.3ah

Realizado por: Guamán, M, 2021

1.8 Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit – GPON

La tecnología GPON presenta como característica fundamental un mayor número de divisiones de un mismo punto (*Split* 1/128), además permite mayor ancho de banda tanto de bajada como de subida es decir 2.4Gbps/2.4Gbps *downstream/upstream* como valores máximos. Utilizando el método de encapsulamiento denominado GEM, mismo que permite que la infraestructura soporte diferentes servicios entre ellos el servicio *Triple Play*. La comunicación se realizará de manera síncrona con el intercambio de tramas a un periodo de 125µs (Juma & Chacón, 2021, p. 9).

Las redes GPON se emplean tres diferentes longitudes de onda de operación para el intercambio de la información. El canal descendente se emplea la longitud de onda de 1490nm, mientras que para el canal ascendente se emplea la ventana de 1310nm. Finalmente es posible separar la transmisión de video utilizando la ventana de 1550nm (Sangrador, 2021, pp. 7-8). Como se puede observar en la figura 12-1.

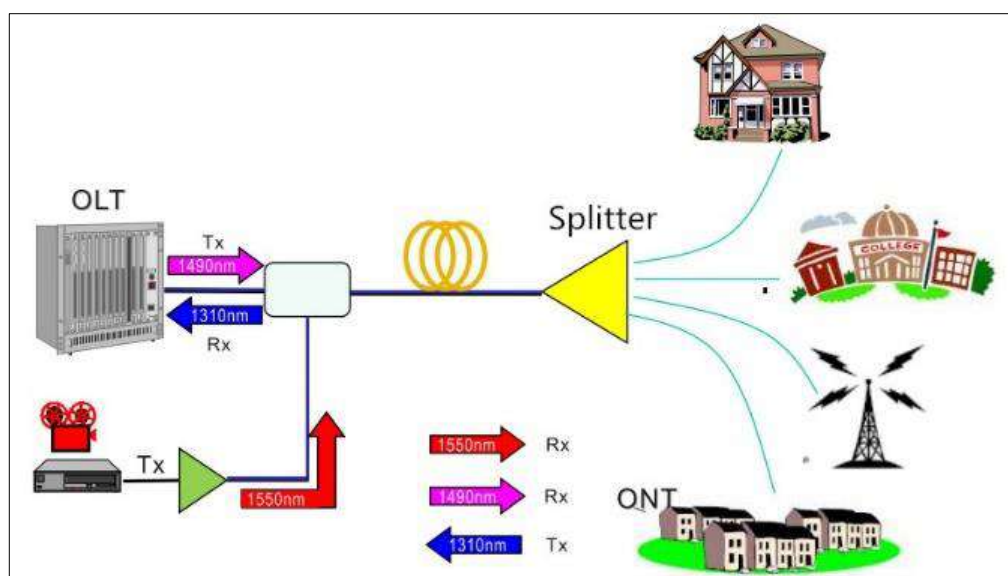


Figura 12-1. Arquitectura y componentes GPON

Fuente: (Medina, 2018)

1.8.1 Principales componentes de redes GPON

Las redes GPON cuentan con la gran bondad de alcanzar grandes distancias únicamente con el despliegue de elementos pasivos y únicamente el transmisor y receptor como elementos activos (Sangrador, 2021, pp. 6-7), por lo tanto, los elementos principales que permiten gestionar una infraestructura pasiva para gozar estas características son:

- OLT
- *Splitters*
- ONT/ONU

1.8.1.1 OLT (Optical Line Terminal)

Es el primer elemento activo de la red, encargado de inyectar potencia a la fibra óptica, por ende, es el punto de partida de la red de acceso, su función es la gestión de los servicios y principalmente la conversión óptico-eléctrica, es decir, convierte las señales eléctricas en haces de luz capaces de llevar la información a los usuarios que se encuentren conectados a la red (Sangrador, 2021, p. 7).

1.8.1.2 Splitters

Son los elementos pasivos más importantes de este tipo de redes ópticas, ya que estos se encargan de dividir la potencia óptica que proviene de la OLT en diferentes direcciones para todas las ramas interconectadas a los usuarios finales, de la misma manera son encargados de combinar las señales en sentido inverso, es decir desde los transmisores hasta la OLT (Tene, 2021, p. 22).

1.8.1.3 ONT/ONU (Optical Network Terminal/ Optical Network Unit)

Es el otro extremo de la comunicación mediante fibra óptica, es un elemento activo que se encarga de la conversión de pulsos de luz al dominio eléctrico. Además, permite enviar la información en sentido ascendente generados por los usuarios hasta la OLT (Sangrador, 2021, p. 7).

1.9 Redes FTTx (Fiber to the x)

Las redes de fibra óptica que llegan hasta “x” ofrecen mejor velocidad frente a las redes de cobre bajo la tecnología xDSL, además de consumir menor energía. Se puede tener diferentes arquitecturas basadas principalmente en los requerimientos del cliente, es decir, el servicio al cual requieran contratar. La “x” se refiere a los diferentes puntos de terminación en la red que forman dichas arquitecturas (Barriga, 2021, pp. 41-42).

Las redes FTTx adoptan esta terminología basada en su traducción *Fiber to the "x"*, esto representa básicamente la definición de redes con elementos pasivos a los cuales le corresponde una asignación de "x", siendo la más utilizada en la actualidad puede ser desplazada la fibra óptica hasta cierta ubicación, así como muestra la Figura 13-1 a continuación.

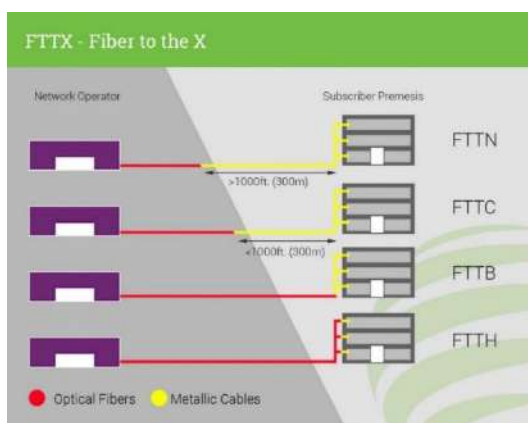


Figura 13-1. FTTx - Fibra hasta la X

Fuente: (ALTADBIR, 2020)

1.9.1 Arquitectura FTTx

La arquitectura de las redes FTTx se refiere básicamente que tanto de la totalidad del enlace está cubierto de fibra óptica para la transmisión de la información, puede llegar hasta el Nodo (FTTN), hasta la Cabina de distribución (FTTC), hasta el Edificio (FTTB), o hasta el hogar del cliente (FTTH) como se detalla a continuación.

1.9.1.1 FTTN (Fibra hasta el Nodo)

También conocida como fibra al vecindario, ayuda a proporcionar una conexión de banda ancha y otros servicios de datos a través de una caja o red común denominada nodo. Su característica principal es la capacidad de entregar datos hasta un nodo común al cual acceden todos los usuarios. La última milla se puede lograr mediante tendidos de cable de cobre u otro tipo (cable coaxial o par trenzado) (Freddy, 2015, p. 22). Tiene una capacidad de 200 a 500 hogares con un ancho de banda de 30 Mbps para cada usuario (Cruz, 2019, pp. 10-11).

1.9.1.2 FTTC (Fibra hasta la Cabina)

En este tipo de arquitectura se prevé el despliegue de la red con fibra óptica hasta llegar a la Cabina, que se encuentra a cientos de metros del hogar del usuario, si se excede de esta locación se pueden tener problemas por no hacer uso correcto de la conversión óptico-eléctrica. La última

conexión que va desde la cabina hasta el usuario se usa cobre para que no se eleven las pérdidas del enlace. Es menos costosa debido a la cantidad de fibra utilizada (Barriga, 2021, pp. 48-49). Puede entregar un ancho de banda de 100 Kbps hasta 100 Mbps (Cruz, 2019, p. 11).

1.9.1.3 FTTB (Fibra hasta el Edificio)

Para que el usuario pueda acceder al servicio brindado por esta infraestructura requiere de un dispositivo colocado cerca de la vivienda del usuario, pero no está aún en el hogar, se utiliza para la telemedicina, teletrabajo, video, entre otras, haciendo usos de los diferentes protocolos de comunicación como son UTO, STP y FTP, también permite la reutilización de infraestructuras ya desplegadas (Barriga, 2021, p. 49). Este tipo de arquitectura permite entregar a cada cliente de entre 50 hasta 100 Mbps (Cruz, 2019, p. 11).

1.9.1.4 FTTH (Fibra hasta el Hogar)

La tecnología FTTH requiere del despliegue de la infraestructura desde las centrales donde se encuentre el transmisor OLT hasta el receptor (diferentes usuarios del servicio) a lo que se denomina el tendido de la fibra hasta la última milla. Debido a las características que brinda a las telecomunicaciones este tipo de redes se incorporan rápidamente, ya que, permiten servicios de mayor velocidad, disponibilidad de contenidos de mejor calidad y aplicaciones de valor agregado, como es el denominado video bajo demanda, canales HD o a su vez el almacenamiento de información en la nube (Salazar & Cunalata, 2021, pp. 28-29).

Las redes FTTH se divide en cuanto a su despliegue, puesto que, puede ser que la red de distribución conste de una arquitectura punto a punto y la red de distribución a fuerza debe ser una red de punto a multipunto para abarcar todos los usuarios. Esta puede utilizar un Modo de Transferencia Asíncrona ATM. Este tipo de red ha tenido aceptación debido a su estabilidad a largas distancias desde la OLT (Salazar & Cunalata, 2021, p. 29). Las arquitecturas FTTH soportan un gran ancho de banda de entre 40 Mbps a 1.25Gbps para la distribución de servicios avanzados como el servicio *Triple Play* (Cruz, 2019, p. 11).

1.10 Empalmes de fibra óptica

Se refiere a la unión de la fibra óptica, ya sea por fracturas en la misma o a su vez la unión con otro carrete para completar la distancia total del enlace, se lo puede realizar mediante empalmes por fusión o mecánicos, como se puede observar en la figura 14-1.

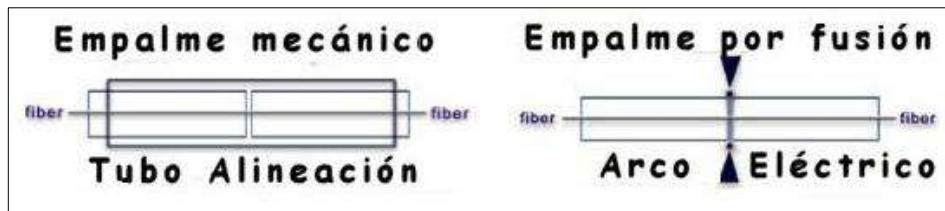


Figura 14-1. Empales de fibra óptica

Fuente: (Tagua, 2011)

1.10.1 Empalme por fusión

Para realizar un empalme por fusión se requiere la alineación manual de la fibra de manera precisa, sin la capa externa o color y previamente cortadas a los 90°. Con la ayuda de la fusionadora de fibra, se calientan los extremos de cristal o plásticos de la fibra para su posterior empalme (Cruz, 2019, p. 38). Con este empalme se llega a juntar los dos extremos de la fibra óptica longitudinalmente de manera que se obtenga un empalme con continuidad geométrica. Alcanzado a obtenerse atenuaciones incluso menores que 0.1 dB, importante para la evaluación de los enlaces (UIT, 2000, pp. 5-6).

1.10.2 Empalme mecánico

Este tipo de empalmes son denominados mecánicos debido a que se alinean los extremos de las fibras en el interior de un conector cilíndrico, asegurando estos extremos de manera mecánica, se puede realizar empalmes de fibra Multimodo (Cruz, 2019, p. 38). Este proceso se lleva a cabo mediante la diferencia dentro de la maquina fusionadora como son: superficie para alinear los extremos, Dispositivo de retención que permite la alineación, y además, material de adaptación de índices como son el gel, grasa, adhesivo (UIT, 2000, p. 6). Un empalme mecánico tiene atenuaciones de entre 0.1 dB y 0.8dB (Tepan, 2016, p. 22).

1.11 Conectores ópticos

Los conectores de fibra óptica según los define (Lopez, 2017), son las terminaciones de la fibra y además presenta como ventaja la conexión y desconexión más rápida que un empalme, sin embargo también tiene más pérdidas que el mismo, sin embargo esto difiere del tipo de conector que se utilice en el enlace, así como se puede ver en la figura 15-1, existen básicamente 4 tipos de conectores ópticos en el mercado.



Figura 15-1. Tipos de conectores de fibra óptica

Fuente: (Lopez, 2017)

Los diferentes tipos de conectores se han desarrollado pensando en las numerosas aplicaciones en las cuales se van a utilizar, es por ello que los requisitos más importantes, en el momento de diseño, por parte de los conectores son: (Tomalá, 2021, p. 34)

- Pérdidas de acoplamiento bajas
- Intercambiabilidad
- Facilidad de montaje
- Baja sensibilidad ambiental
- Construcción confiable y de bajo costo
- Facilidad de conexión

Para fácil identificación del tipo de conector que se debe utilizar en cada caso, se hace necesario la ubicación del conector dependiendo de la fibra que esté usándose en el enlace, así se puede ver en la tabla 6-1 los colores correspondientes.

Tabla 6-1: Colores de actuación estándar de los conectores

Fibra/Categoría	Chaqueta	Conector	Bota
Multimodo/OM1 62.5µm	Naranja	Beige	Beige
Multimodo/OM2 50µm	Naranja	Negro	Negro
Multimodo/OM3 50µm	Celeste	Celeste	Negro
Monomodo/OS1 APC	Amarillo	Verde	Verde
Monomodo/OS1 UPC	Amarillo	Azul	Azul
Multimodo/OM1 62.5µm	Naranja	Beige	Beige
Multimodo/OM2 50µm	Naranja	Negro	Negro
Multimodo/OM3 50µm	Celeste	Celeste	Negro
Monomodo/OS1 APC	Amarillo	Verde	Verde

Fuente: (Solución Telecom, 2017)

Realizado por: Guamán, M, 2022

1.11.1 Conector SC

Este tipo de conector plástico está descrito por sus siglas SC de *Suscriptor Connector*, que traduce como conector de Suscriptor, es también conocido como conector cuadrado con diámetro de 2.5 mm. (Tomalá, 2021, p. 35) Tiene como principales bondades su ajuste rápido, preciso y muy compacto, es utilizado ampliamente tanto en fibra Monomodo como Multimodo con pérdidas de inserción de 0.25 dB aproximadamente (Yquiapaza, 2021, p. 11).

1.11.2 Conector LC

Este tipo de conector plástico LC *Lucent Connector*, o conector pequeño, es un conector similar al RJ45 de tipo push and pull, es más seguro y de mejor compacto que el conector SC, también se lo utiliza en fibras Monomodo y Multimodo, guardando una pérdida de inserción de 0.10 dB aproximadamente (Yquiapaza, 2021, p. 11). La férula de este conector es de 1.25 mm, y con sus características de cierre y de menor tamaño lo hace ideal para conexiones de alta velocidad (Lopez, 2017).

1.11.3 Conector FC

Es un conector metálico FC que significa *Ferrule Connector*, es un conector roscado de fijación por lo tanto es muy resistente a vibraciones, es por ello que se utiliza en aplicaciones asociadas al movimiento, y altamente utilizado en los instrumentos de medida como el OTDR, presente pérdidas de inserción de aproximadamente 0.3 dB. (Yquiapaza, 2021, p. 11)

1.11.4 Conector ST

También es un conector metálico ST que viene de *Straight Tip*, es decir punta recta a diferencia del tipo FC no utiliza rosca, es principalmente usado en fibras Multimodo con aproximadamente 0.25 dB de pérdidas de inserción (Yquiapaza, 2021, p. 11). Debe asegurarse que los conectores ST estén bien asentados debido a su estructura de resorte (Lopez, 2017).





1.12 Tipos de pulido

Los mecanismos físicos bajo los cuales actúan los enlaces de fibra óptica, reflexión y refracción, permiten que haya menor pérdidas de retorno dependiendo de tipo de pulido que presenten los terminales de la fibra, siendo así en la tabla 7-1 se pueden ver los tipos de pulidos (Hite, 2013, p. 8). Es de gran importancia el determinar el tipo de pulido que mantendrá el extremo de fibra, ya que a más de ser el extremo de una fibra dependerá de la compatibilidad de un conector con el equipo OLT o la ONT, puesto que estos ya están predeterminados con el tipo de pulido del conector que

ingresara en cada uno de sus puertos. Es por ello la necesidad de conocer el tipo de pulido en cada uno de los conectores.

El pulido de un conector también es determinado de manera visual, sin embargo, están determinados por las siglas que pueden ser PC, UPC, APC o de tipo plano como se puede apreciar a continuación, siendo la principal característica a considerar el tipo de fibra en el que se puede utilizar, así como las pérdidas de retorno que generan los mismos.

Tabla 7-1: Tipo de pulido de fibra óptica

Pulido	Notación	Tipo de fibra	Perdidas de retorno
 <p>Plano</p>	Flat (Pulido Plano)	Multimodo	-14 dB
 <p>PC</p>	PC – Physical Contact (Contacto Físico)	Multimodo Monomodo	-40 dB
 <p>UPC</p>	UPC – Ultra Polish Connector (Contacto Ultra Físico)	Monomodo	-55 dB
 <p>APC</p>	APC – Angled Polish Connector (Contacto Físico Angular)	Monomodo	-70 dB

Fuente: (Lopez, 2017)

Realizado por: Guamán, M, 2022

1.13 Recomendaciones ITU

Existen recomendaciones por parte de la UIT, Unión Internacional de Telecomunicaciones, tanto para la construcción de los elementos pasivos y activos de una red de fibra óptica, estas recomendaciones pertenecen a la serie G que está enfocado a las características de las fibras principalmente (Cruz, 2019, pp. 14-15). Las recomendaciones bajo las cuales se encuentran normadas las fibras son las que se muestran en la tabla 8-1.

En la tabla descrita a continuación se puede ver la recomendación expedida por la ITU en diferentes años, la descripción que hace referencia al principal objetivo que cubre cada una de estas además la máxima atenuación permitida a los 20 Km de distancia a los que se establecen las mejores condiciones de las redes PON, manteniendo toda la infraestructura con elementos pasivos, y finalmente el tipo de longitud de onda baja la cual se establecen mantener presente las recomendaciones. Las recomendaciones ultimas de la sección G es pues la que permita transmitir la información multiplexada dando paso a la implantación de servicios múltiples como el Triple Play mediante enlaces de fibra óptica.

Tabla 8-1: Recomendaciones ITU-T de fibra óptica

Recomendación	Descripción	Atenuación (dB/Km)	Longitud de onda (nm)
ITU-T G.651	Características de un cable de fibra óptica Multimodo de índice gradual de 50/125µm	0.3 – 1.0	850/1310
ITU-T G.652	Características de fibras y cables ópticos Monomodo	0.5	1310/1550
ITU-T G.653	Características de los cables de fibra óptica Monomodo con dispersión desplazada	0.35	1550
ITU-T G.654	Características de los cables de fibra óptica Monomodo con corte desplazado	0.22	1550
ITU-T G.655	Características de fibras y cables ópticos Monomodo con dispersión desplazada no nula	0.4	1550/1625
ITU-T G.656	Características de una fibra y cable con una dispersión distinta de cero para el transporte óptico de banda ancha	0.35	1550/1625
ITU-T G.657	Características de un cable y fibra óptica Monomodo insensible a la pérdida de reflexión	0.4	1310/1550

Fuente: (Cruz, 2019, p. 15)

Realizado por: Guamán, M, 2022

De la misma manera la norma ITU-T G.984x es una recomendación extensa y compleja que ayuda a las bases de diseño de las topologías GPON, también proporciona un amplio criterio que permite optimizar los recursos, es decir, los elementos pasivos de la red, además de prever redes escalabres (Quisnancela & Espinosa, 2016, pp. 18-19). En la tabla 9-1 se pueden ver las diferentes recomendaciones enfocadas a sistemas y medios de transmisión, así como para sistemas y redes digitales.

Específicamente en las dos últimas recomendaciones se establecen características de las redes que pueden transmitir información multiplexada, así como la demultiplexación por parte de los receptores de la información óptica que son las diferentes Antes en la vivienda de los usuarios.

Es así que en la descripción de la tabla mostrada a continuación se puede determinar su definición, la numeración bajo la cual se establecieron dichas recomendaciones y finalmente las descripciones más importantes que tratan estas, siendo así los cambios principales las velocidades tanto de subida como de bajada y el tipo de uso que se le puede dar a una red basada en cierta recomendación (Cruz, 2019, pp. 21-22).

Tabla 9-1: Recomendaciones ITU-T G.984x

Recomendación	Definición	Descripción
ITU-T G.984.1	Características generales	Generalidades de las arquitecturas de redes PON
ITU-T G.984.2	Especificación de la capa dependiente de los medios físicos	Para empresas y particulares soporta necesidades de anchura de banda de servicio. Las velocidades descendentes (1.24416Gbps, 2.48832Gbps) mientras que ascendente (155.520 Mbps, 622.080 Mbps, 1.24415Gbps y 2.48832Gbps)
ITU-T G.984.3	Especificación de la capa de convergencia de transmisión	Definida para servicios de banda ancha y estrecha, con velocidades descendentes (1.24416Gbps y 2.48832Gbps), mientras que ascendente (0.15552Gbps, 0.62208Gbps, 1.24416Gbps y 2.48832Gbps) y además la seguridad de convergencia de transmisión
ITU-T G.984.4	Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica	Se enfoca en recursos y servicios procesados de una base de información de gestión independiente del protocolo de comunicación entre el transmisor y el receptor ópticos (OLT y ONT)
ITU-T G.984.5	Ampliación de bandas WDM	Define rangos de longitud de onda, reservados para señales de servicio, donde se superpondrán mediante multiplexación WDM en las redes PON con el fin de minimizar ODN's
ITU-T G.984.6	Alcance extendido	La distancia máxima es de hasta 60 Km con pérdidas de -27.5dB total, es decir en los extremos del enlace óptico.

Fuente: (Cruz, 2019, p. 23)

Realizado por: Guamán, M, 2022

1.13.1 Normativa CNT-EP

De la misma manera que las recomendaciones de la ITU, la empresa de telecomunicaciones CNT-EP en el año 2012 emite una normativa definida como: **NORMATIVA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA**, siendo los responsables la gerencia de ingeniería y el departamento de acceso fijo en las cuales destaca los siguientes parámetros técnicos para la red, que se evidencian en la tabla 10-1.

Tabla 10-1: Parámetros técnicos de las redes GPON de la CNT-EP

Potencia OLT (dBm)		Potencia ONT (dBm)		Spliteo		Atenuación (dB)		Nivel Spliteo	Alcance (Km)
Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Max	Max
Tx= +1.5	Tx= +5	Tx= +0.5	Tx= +5	---	1:64	10	25	2	20
Rx= -28	Rx= -8	Rx= -27	Rx= -8						

Fuente: (CNT, 2012)

Realizado por: Guamán, M, 2022

En la normativa mencionada en la sección de DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA, se encuentran los parámetros más importantes a considerarse, detallados en las secciones siguientes.

Antes de realizar el diseño de un proyecto para la CNT-EP se presenta un estudio técnico donde se analiza las necesidades y posibilidades para la particularidad de la población a la que se quiera llegar con las características propias de cada sector como son: la densidad poblacional, la situación geográfica del sector, los requerimientos tecnológicos, el nivel socio-económico. Basado en estos parámetros se establecen las necesidades y capacidades del tráfico requerido por los usuarios de la red (CNT, 2012, p. 20). Datos de la Normativa que se detallan en el **Anexo B**.

1.13.1.1 Consideraciones para el diseño del enlace

La utilización de enlaces con fibra según (CNT, 2012, p. 21), depende de los siguientes factores que están ligados directamente a la capacidad de la arquitectura de la red.

- Capacidad de tráfico que soportara el enlace
- Ubicación geográfica de las localidades a enlazar
- Distancia e infraestructura vial existente entre las localidades
- Costo de implementación de las diferentes alternativas
- Disponibilidad de recursos (espectro radioeléctrico, espacio satelital, red de fibra óptica existente)
- Determinación de proyectos futuros dentro del sector a intervenir mediante la transmisión de permisos municipales, provinciales, gubernamentales, etc.

1.13.1.2 Estudio previo de demanda del servicio

El estudio previo a mantener presente es básicamente considerado la demanda de la población a la cual se va a cubrir con el diseño, siendo así:

- Densidad poblacional
- Situación geográfica
- Requerimientos técnicos

Basándose en el análisis previo del sector se puede dimensionar la necesidad y capacidad de toda la red, para poder seleccionar los elementos tanto activos como pasivos de la red (CNT, 2012, p. 21)

1.13.1.3 Configuración para redes de fibra óptica

La (CNT, 2012, p. 22), menciona los diferentes tipos de redes de fibra óptica para la planta externa que puede ser de configuración como sigue:

- Punto-punto
- Punto-multipunto
- Anillo
- Malla

Además, recomienda que para la red de Dispersión, nivel de acceso o última milla, se utiliza generalmente las dos primeras configuraciones, mientras que para el *Backbone* es decir redes troncales y metropolitanas se utiliza la configuración en anillo, y puede ser mixta (CNT, 2012, p. 22).

1.13.1.4 Determinación de fibra óptica

El mayor componente pasivo de la red es la fibra óptica por ello hay que tener presente las características tanto para la utilización de las fibras Monomodo, como para las fibras Multimodo, estas características se presentan en la tabla 11-1 mostrada a continuación:

Tabla 11-1: Características para seleccionar el tipo de fibra

Monomodo	Multimodo
Mayor ancho de banda	Distancias menores a 2Km
Enlaces de larga distancia	Equipos activos menos costosos
Baja atenuación	Utilizado en el estándar de redes LAN
Opera a 1310nm, 1550nm y 1650nm	Opera a 850nm y 1310nm

Realizado por: Guamán, M, 2022

Para la interconexión de redes de fibra óptica de planta externa la (CNT, 2012, p. 22), recomienda trabajar con fibras Monomodo, mientras que para el dodo de acceso, red de dispersión o la denominada última milla se puede usar tanto Monomodo como Multimodo.

1.13.1.5 Factores que intervienen en un enlace

Principalmente se diferencian dos factores importantes a considerar que son las pérdidas totales del enlace y el ancho de banda del mismo, mismas que están ligadas a las características de la fibra y la longitud que tenga el enlace, ya que a mayor longitud menor será el ancho de banda disponible (CNT, 2012, p. 23), además determina las relaciones entre la normativa de la CNT-EP con las recomendaciones de fabricación de fibra mencionadas anteriormente en la tabla 10-1.

Para la interconexión de la central al nodo se utiliza generalmente cable de fibra Monomodo bajo la recomendación ITU-T G.652-D, con distancias menores a 40Km, mientras que para los enlaces troncales o requerimientos bajo la multiplexación DWDM se requieren las fibras Monomodo bajo las características de la recomendación ITU-T G.655 (CNT, 2012, p. 23).

1.13.1.6 Cuantificación de las perdidas

Para los cálculos en el diseño de redes se deben establecer los elementos que se consideran como puntos de falla en un enlace y que estos generan atenuación de la potencia de transmisión de los datos (CNT, 2012, p. 23). En la tabla 12-1 se pueden ver las atenuaciones de los componentes pasivos de las redes por la CNT-EP.

Tabla 12-1: Atenuaciones comunes dentro de CNT-EP

Elemento de la red	Atenuación típica (dB)	
Conectores	0.50	
Empalmes por fusión	0.10	
Empalmes mecánicos	0.20	
Splitters	1x2	3.25
	1x4	6.50
	1x8	9.75
	1x16	13.00
	1x32	16.25
	1x64	19.50
Fibras (Longitudes de onda)	1310nm	0.35
	1490nm	0.30
	1550nm	0.25

Fuente: (Cedillo & Nieto, 2019, p. 37)

Realizado por: Guamán, M, 2022

Como se puede observar en la tabla anterior, los factores que más afectan a las redes ópticas es la incorporación de *Splitter*, ya que, dependiendo del número de salidas, la atenuación es mayor mientras más salidas tenga este, además de los factores que interfieren en el cálculo del denominado presupuesto óptico (Cedillo & Nieto, 2019, p. 37). Siendo que las redes PON están basadas

en la utilización de elementos de *Spliteo* para hacer de una red punto a punto a una red punto multi-punto haciendo así posible brindar a más usuarios una misma infraestructura.

1.13.1.7 Consideración de la atenuación en un enlace de fibra óptica

Para garantizar la eficiencia de la red y de la calidad del servicio para el cliente la CNT-EP ha establecido un valor de atenuación máxima como 25dB, en todo el trayecto de la red incluyendo todos los segmentos de la misma como son: Feeder, Dispersión y Distribución (Cedillo & Nieto, 2019, p. 38).

La suma de todas las atenuaciones indicará el máximo valor de atenuación permitido en el enlace, por lo tanto, el valor obtenido en el medidor de potencia deberá ser menor al valor máximo calculado (CNT, 2012, p. 24).

1.13.1.8 Calculo de la atenuación

La (CNT, 2012, p. 24), se basa en las normas TIA/EIA 568A y también en la ISO/IEC 11801 para determinar matemáticamente la ecuación con la cual se calcula la máxima atenuación de todo el enlace óptico que es la siguiente:

$$M = C_C \left[\frac{dB}{Km} \right] * L[Km] + N_C * L_C[dB] + N_E * L_E[dB]$$

Donde,

- M es la máxima atenuación del enlace
- $C_C \left[\frac{dB}{Km} \right]$ es el coeficiente de atenuación del cable
- $L[Km]$ es la longitud del enlace
- N_C es el número de conectores
- $L_C[dB]$ son las pérdidas del conector
- N_E es el número de empalmes
- $L_E[dB]$ son las pérdidas por cada empalme

1.13.1.9 Determinación de parámetros constructivos de diseño

Al diseñar enlaces de fibra óptica, principalmente se deberá considerar el cable para mantener en condiciones de mínimo esfuerzo de tensión y curvatura durante el proceso de instalación, considerando todas las etapas de reserva distribuidas a lo largo del enlace. Se debe asegurar a una

esperanza de vida de 20 años de servicio como mínimo para el cable que se utilice. Una vez dimensionada la red se debe tomar en consideración aspectos como los siguientes, esto previa la implementación del diseño (CNT, 2012, pp. 25-26).

- Longitud total del enlace
- Características constructivas del cable a utilizar
- Numero de empalmes necesarios en el enlace y las pérdidas que generan
- Numero de conectores necesarios estableciendo el tipo y perdidas de cada uno
- Margen del diseño
- Evaluación de pérdidas del sistema debido a sus componentes
- Establecimiento de planimetría a construir
- Determinar las unidades de planta requeridas para la construcción de la red de fibra óptica (instalación y acceso)

1.13.1.10 Características técnicas de la normativa CNT-EP

En la tabla 13-1 se detallan las características de diseño de aspecto técnico de la normativa de la empresa pública CNT.

Tabla 13-1: Características técnicas de la normativa CNT-EP

Características	Detalle
Consideraciones para el diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de tráfico que soportara el enlace - Ubicación geográfica de las localidades a enlazar - Distancia e infraestructura vial existente entre las localidades Costo de implementación de las diferentes alternativas - Disponibilidad de recursos (espectro radioeléctrico, espacio satelital, red de fibra óptica existente) - Determinación de proyectos futuros dentro del sector a intervenir mediante la transmisión de permisos municipales, provinciales, gubernamentales, etc.
Estudio previo de la demanda del servicio	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad poblacional - Situación geográfica - Requerimientos técnicos
Configuración para redes de fibra óptica	<ul style="list-style-type: none"> - Punto-punto - Punto-multipunto - Anillo - Malla
Determinación de la fibra óptica	<ul style="list-style-type: none"> - Monomodo - Multimodo
Factores que intervienen en el enlace	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdidas totales del enlace - Ancho de banda

Cuantificación de pérdidas	<ul style="list-style-type: none"> - Conectores = 0.50dB - Empalmes por fusión = 0.10dB - Empalmes mecánicos = 0.20dB - Splitter (1x2) = 3.25dB - Splitter (1x4) = 6.50dB - Splitter (1x8) = 9.75dB - Splitter (1x16) = 13.00dB - Splitter (1x32) = 16.25dB - Splitter (1x64) = 19.50dB Fibras (Longitudes de onda) <ul style="list-style-type: none"> - 1310nm = 0.35dB - 1490nm = 0.30dB - 1550nm = 0.25dB
Consideración de la atenuación	<ul style="list-style-type: none"> - Máxima atenuación según redes GPON clase B - Atenuación red Feeder - Atenuación red Distribución - Atenuación red Dispersión
Calculo de la atenuación	$M = C_C \left[\frac{dB}{Km} \right] * L[Km] + N_C * L_C[dB] + N_E * L_E[dB]$
Parámetros constructivos de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Longitud total del enlace - Características constructivas del cable a utilizar - Numero de empalmes necesarios en el enlace y las pérdidas que generan - Numero de conectores necesarios estableciendo el tipo y perdidas de cada uno - Margen del diseño - Evaluación de pérdidas del sistema debido a sus componentes - Establecimiento de planimetría a construir - Determinar las unidades de planta requeridas para la construcción de la red de fibra óptica (instalación y acceso)

Fuente: (CNT, 2012)

Realizado por: Guamán, M, 2022

1.14 Servicios Triple Play

“En telecomunicaciones el servicio convergente denominado *Triple Play*, es el empaquetamiento de los servicios de telefonía, datos y video mediante un único medio de acceso” (Sabando, 2014, pp. 13-14). Es por ello que el introducirlo en una transmisión mediante fibra óptica es el caso más óptimo se emplea un empaquetamiento de datos correcto. Como se puede observar en la figura 16-1 a continuación la pirámide *Triple Play* formada de los tres servicios.

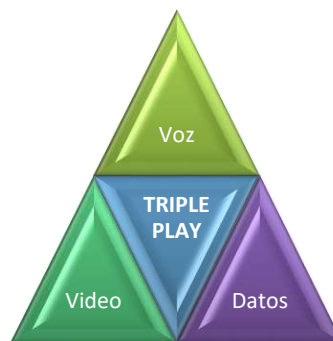


Figura 16-1. Convergencia del servicio Triple Play

Realizado por: Guamán, M, 2022

Con este servicio el usuario tendrá acceso a los servicios de voz, televisión HD e internet de banda ancha gracias a una sola técnica de acceso, permitiendo obtener un servicio de calidad, pero al mismo tiempo haciendo uso del mismo canal de comunicación. Esto implica la reducción de costo de instalación de servicio, frente a la obtención de los tres servicios de forma independiente (Sabando, 2014, p. 37).

El servicio Triple Play está conformado por diferentes nodos: en la OLT se tiene el servicio de datos/voz y el servicio de video, conformando de esta manera el nodo transmisor de la red de fibra óptica, estos tres servicios se combinan y salen al medio de transmisión, fibra óptica, y al otro extremo está el nodo del receptor, ubicado en la ONT del usuario, mismo que debe ser capaz de recibir la información de los tres servicios multiplexados mediante WDM. En la figura 17-1 se puede apreciar el diagrama de bloques necesario para la transmisión de este servicio (Escallón, et al., 2019, p. 32).

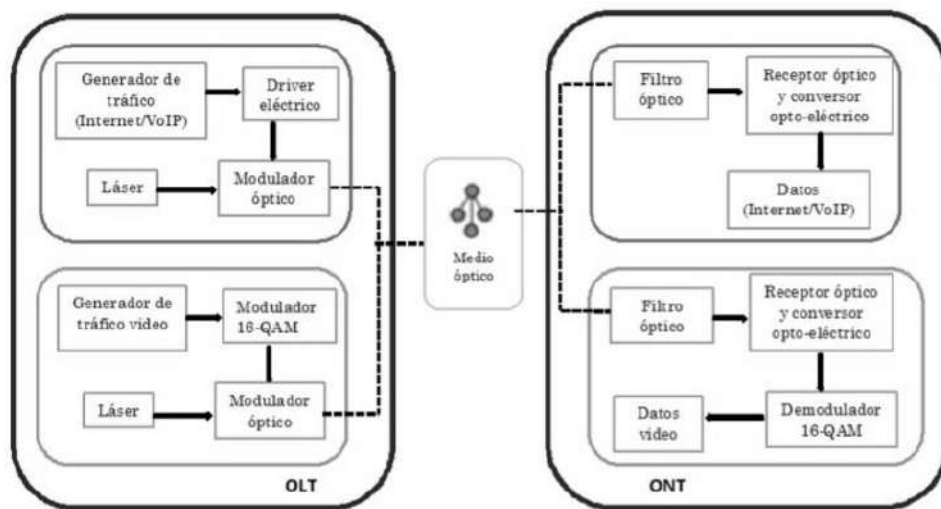


Figura 17-1. Modelo conceptual de la red FTTH-GPON Triple Play

Fuente: (Escallón, et al., 2019, p. 33)

1.14.1 Perturbaciones en el servicio Triple Play

Debido a que se pretende transmitir información multicanal dentro de la fibra, es importante resaltar la posible diafonía óptica (*cross-talk*) en el desempeño del sistema. Al ser un sistema WDM el fenómeno denominado diafonía es la perturbación que puede ocasionar interferencia entre una longitud de onda frente a otra, dependiendo de la separación que exista entre ellas, es decir, la interferencia co-canal. Es posible que existan las perturbaciones debido a la posible variación de las frecuencias centrales o a una anomalía en la demultiplexación (Escallón, et al., 2019, pp. 53-54).

Al contar con la forma de proveer tres servicios en el mismo canal de comunicación y viajando en este al mismo tiempo se requiere anteponer prioridades que permitan mantener una QoS muy buena para el paquete de servicios Triple Play. Se debe considerar los parámetros que llegan a perturbar mucho la calidad como son los retrasos en la comunicación, la pérdida de información y el *jitter* (Sabando, 2014, p. 39).

En lo referente al retraso en el servicio de voz se debe considerar la calidad de una comunicación tipo PSTN (*Public Switched Telephone Network*) en la cual la latencia no debe superar los 150ms para que el usuario no experimente inconsistencias o a su vez finalice con la transmisión, de la misma manera la pérdida de los paquetes al ser en tiempo real no deberá ser mayor al 1% y finalmente un *jitter* menor que 30ms. Para los servidores de video se admite hasta 6s de retraso, sin embargo, técnicas de procesamiento digital permiten alcanzar retrasos de 180ms y la pérdida de paquetes es hasta del 2%. Mientras que el servicio de datos al manejarse con protocolos de seguridad tales como HTTP no hay repercusión en la pérdida de paquetes o el retraso en la llegada de los mismo o en la consideración del *jitter* (Sabando, 2014, pp. 39-42).

1.14.2 Servicio que forman el paquete Triple Play

El poder brindar servicios Triple Play por lo tanto queda separado de la arquitectura tradicional de redes GPON y de la normativa, recordando que el paquete Triple Play es un tipo de servicio que requiere de un medio de transmisión de datos capaz de enviar y recibir video, canales de televisión HD y datos al mismo tiempo (Revelo, 2019, p. 15).

Como lo establece (Ilbay, 2016, p. 27), al ser el empaquetamiento de dos servicio de banda ancha, siendo estos los denominados datos o internet y la televisión HD y un servicio de banda angosta que es la voz, estos sobre una única conexión de banda ancha, se focaliza en ser un modelo de negocio combinado más que una solución técnica o un estándar.

1.14.2.1 Datos

El servicio de datos o también conocido como internet es un sistema de redes informáticas interconectadas a nivel mundial que ofrecen gran cantidad de servicios y recursos, que básicamente se caracteriza por requerir de gran ancho de banda, el acceso al servicio de internet o la obtención de datos es mediante el acceso a servidores conectados a www definido por (*World Wide Web*), el FTP (*File Transfer Protocol*), entre otros (Cruz, 2019, p. 9).

1.14.2.2 Voz

Este servicio es de basta utilización en comunicaciones de larga distancia, puesto que se requiere de telefonía fija, es decir una red física conmutada de telecomunicaciones denominada PSTN. Para lograr que la señal viaje por medio de la red de las redes se utiliza el protocolo IP dando como resultado una comunicación a mucha más larga distancia con el denominada VoiIP, es decir la señal de la voz viaja en forma digital, siendo necesaria la capacidad de 200Kbps para poder transmitir PSTN (Cruz, 2019, p. 9).

1.14.2.3 Televisión HD

El reto que implica transmitir televisión es básicamente los altos volúmenes de datos que son sincronizados al momento de transmitir el audio y el video (Cruz, 2019, pp. 9-10). Las posibilidades de transmisión de televisión HD por medios de comunicación son los siguientes:

- **Televisión Online:** Es el servicio que está disponible en línea, utiliza el protocolo de transmisión de datos seguro TCP/IP, el servicio presenta una programación general para todos los usuarios. Este tipo de servicio hace posible el consumo del mismo contenido televisivo para todos los usuarios que puedan presentar la conexión mediante una red (Ilbay, 2016, p. 29).
- **CA-TV:** Es el sistema tradicional de televisión por paga que está basada en la obtención de la señal de televisión digital a alta definición que se recepta por antena y se retransmite por medio de infraestructura cableada (Ilbay, 2016, p. 29). A la actualidad se pueden tener servicios de interactividad de usuario que se puede acceder por medio de la conectividad colectiva a la antena colectiva.
- **IP-TV:** Es el proceso de emisión de programas de televisión a través de internet utilizando el protocolo IP. A dado lugar a servicios denominados videos bajo demanda (VoD), que presentan programación de televisión tradicional o películas a través de internet, es el servicio dinámico al usuario. Se realiza mediante el empaquetamiento de datos en el protocolo IP. El servicio de televisión por paga se realiza la transmisión por medio de redes de fibra óptica siendo las más comunes las redes FTTH, su gran ventaja en comparación a los servicios de televisión anteriormente no sufre cortes de transmisión (Ilbay, 2016, pp. 28-29).

1.15 Balance de potencias

“El balance de potencia de un enlace de transmisión de fibra óptica es la diferencia aritmética entre la potencia de salida mínima de la fuente óptica, y la potencia de entrada máxima al receptor óptico. Se aconseja que el diseñador del sistema incluya una pérdida para casos imprevistos comprendida entre 3dB y 6dB al determinar el balance de pérdidas de un circuito largo” (UIT-R,

2015, p. 11). Por lo tanto, la ecuación matemática para el cálculo del balance de potencias está dada por:

$$P_{Rx} \leq P_{Tx} - \alpha_T - M_S$$

Donde:

- P_{Rx} : Potencia óptica media del transmisor
- P_{Tx} : Potencia óptica media mínima del receptor (Sensibilidad del receptor)
- α_T : Pérdidas totales en el medio óptico
- M_S : Margen de seguridad

1.16 Diagrama de ojo en las comunicaciones ópticas

El diagrama de ojo es muy utilizado en el análisis de formas de ondas que son originadas por las telecomunicaciones digitales, que según (Dinamarca, 2002, pp. 2-4) corresponde a un diagrama que muestra la superposición de las distintas combinaciones posibles de unos y ceros en un determinado rango de tiempo o de bits. Las señales transmitidas por el enlace, permiten obtener las características de los pulsos que se propagan por el medio de comunicación.

Es posible analizar el diagrama de ojo mediante dos formas, la primera es mediante el análisis fundamental de las características de la forma de onda del pulso como son: *Risetime*, *Falltime*, *Overshoot*, *Undershoot* y el Jitter; estas a su vez se refieren a cuatro propiedades fundamentales del ojo que son:

- Nivel cero
- Nivel uno
- Cruce de amplitud
- Cruce en el tiempo

Mientras que el segundo método de análisis consiste en la comparación de la máscara medida directamente en el patrón de ojo con una máscara preestablecida.

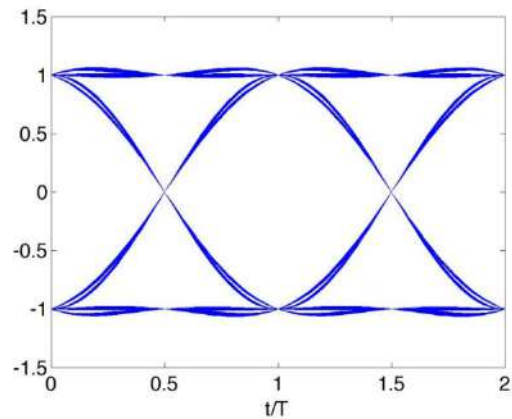


Figura 18-1. Diagrama de ojo

Fuente: (Dinamarca, 2002, p. 4)

1.16.1 Análisis del BER

El *Bit Error Rate* (BER) se produce principalmente por perturbaciones en el canal de comunicación, lo que hace fácilmente observable en el diagrama de ojo, puesto que mediante la aparición del *Jitter*, que es la desviación de la fase respecto a la posición ideal en el tiempo de la señal digital que se propaga en un canal. Este efecto es completamente desfavorable para cualquier sistema de comunicación y por ende introduce una serie de problemas al canal que llegan a degradar el desempeño del enlace, los errores presentados en la recepción de los bits es el considerado, es decir, degradar el BER. (Dinamarca, 2002, pp. 8-12)

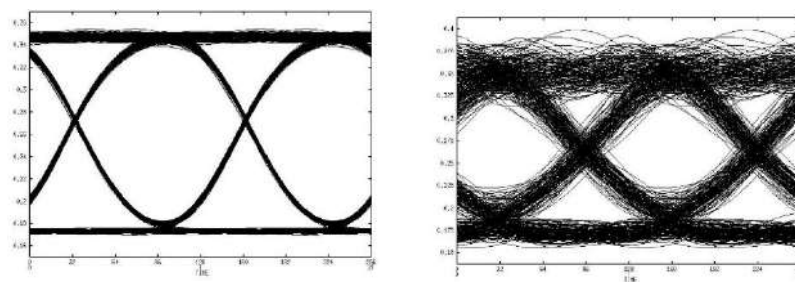


Figura 19-1. Degradación del BER en el canal de comunicación

Fuente: (Dinamarca, 2002, p. 12)

En el caso de que en el canal de comunicación exista un nivel de BER significativo y no es controlado el receptor confundirá el reloj de sincronización, llevando incluso a la aparición de ISI (Interferencia Intersimbólica) entre los bits que se propagan en el canal, mezclando por completo los pulsos de una señal con otra.

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo contiene el desarrollo de tres de los objetivos propuestos en este documento, mismos que hacen referencia a los métodos y técnicas utilizadas para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos. Además, contiene el análisis de aceptación del proyecto, así como también los parámetros técnicos considerados para el diseño de la red y el levantamiento rural de la parroquia en donde conste detalladamente el diseño de la red.

2.1 Metodología de la investigación

La metodología utilizada para el estudio del diseño de la red FTTH en la parroquia rural Cotaló con un alto índice de dispersión de población, se basa en adquirir los sustentos necesarios para que este diseño de red sea viable y favorable a la población.

2.1.1 Tipos de investigación

La metodología investigativa utilizada para el presente desarrollo se determina mediante varios tipos de investigación de fuentes bibliográficas como son:

- Investigación científica
- Investigación gris

Es necesario la adquisición de la información en fuentes directas es por ello que la mayor parte de la investigación realizada es de tipo gris, puesto que se solicitó la información al departamento de catastros del municipio del cantón San Pedro de Pelileo, para la obtención de los mapas y así poder visualizar el despliegue de la red. De la misma manera para poder realizar el análisis de la aceptación la demanda y la cantidad de usuarios beneficiarios de este diseño se solicitó información actualizada hasta el año 2020 por parte del GAD Parroquial de Cotaló, y de esta manera contar con datos estadísticos actuales.

Para establecer los parámetros de diseño de la red mediante la normativa emitida por la empresa CNT-EP se realiza mediante la utilización de investigación científica puesto que la norma mencionada está basada en las recomendaciones de la ITU, para redes de telecomunicaciones con fibra óptica, así también con información que rigen en el país como son el MINTEL, LOT,

ARCOTEL, estas entidades nacionales son encargadas de velar por los consumidores y prestadores de servicios de las telecomunicaciones, sus avances tecnológicos e infraestructura de comunicación.

La investigación de campo también es parte fundamental para el diseño de la red, por lo que se realizó el reconocimiento de la parroquia, así como también la ubicación de cada uno de los caseríos que componen la parroquia, así como también el reconocimiento de la portería en la cual se procederá al tendido aéreo de la fibra óptica. Ya en la localidad también se procedió a la recopilación de información y a la ejecución y validación de encuestas que permitan dimensionar la red.

2.2 Requerimientos técnicos de diseño

Según la norma técnica de la empresa CNT-EP en la cual está basado el diseño de la red FTTH determina los aspectos a tomar en consideración al momento de diseñar la arquitectura de telecomunicaciones con fibra óptica, la misma que menciona aspectos como:

- Descripción de la zona
- Análisis de la demanda poblacional
- Arquitectura de la red
- Topología de la red
- Selección de los elementos activos y pasivos
- Ubicación geográfica de los equipos
- Determinación del ancho de banda según el servicio
- Evaluación mediante Balance de potencias
- Determinación de perturbaciones en la comunicación (Latencia, Jitter, BER)
- Determinación costo beneficio

2.2.1 Descripción de la zona (parroquia Cotaló)

Con base a los documentos solicitados al departamento de avalúos y catastros del cantón San Pedro de Pelileo, mismo al que pertenece la parroquia Cotaló, se determina los límites geográficos de la parroquia. Ver el **Anexo C**, la solicitud al municipio del cantón, y el **Anexo D** contiene la respuesta por parte de la dependencia de avalúos y catastros del municipio. En la figura 1-2 se muestra el mapa geográfico de la parroquia con sus límites (amarillo), tomados del mapa emitido

desde el municipio, ver **Anexo E**. Su vía principal interprovincial entre Tungurahua y Chimborazo (verde) y finalmente la red de vías parroquiales (azul).

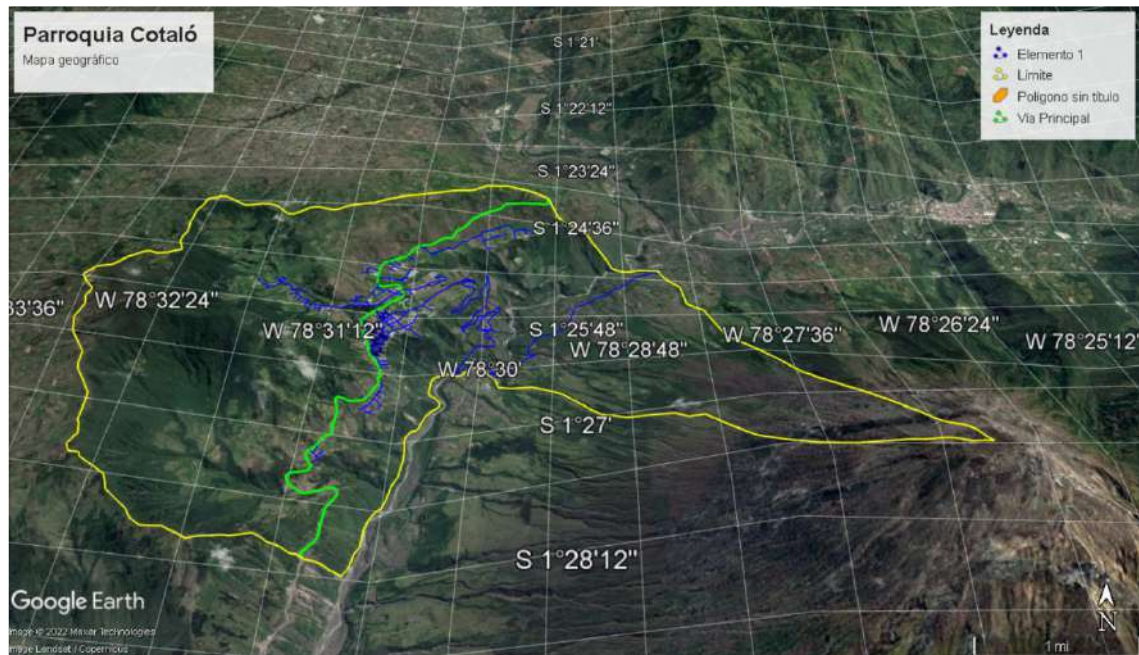


Figura 1-2. Mapa geográfico parroquia Cotaló

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.2.2 Análisis de demanda poblacional

Para determinar la cantidad de usuarios que son los posibles receptores del nuevo servicio Triple Play es necesario determinar por medios de encuestas dirigidas a la cabeza de hogar, es decir, una encuesta por cada vivienda que este dentro del territorio al cual se extenderá la red por lo que con la ayuda de PDOT realizado por el GAD parroquial Cotaló, mismo que basándose en los censos de población y vivienda realizada en el año 2010 por parte del INEC realizaron las proyecciones de población y viviendas en ña parroquia. Es decir que para el año 2020 se esperó contar con la cantidad de 539 viviendas distribuidas en los diferentes caseríos de Cotaló.

2.2.2.1 Tamaño de la muestra

Para poder determinar el tamaño de la muestra, el número de encuestas a realizar en la parroquia se determinan basándose en el número de las viviendas que se pudo obtener mediante la solicitud presente en el **Anexo F** y, además utilizando el método aleatorio simple se puede determinar de forma que sean representativas y muestren la aceptación de la propuesta en todo el pueblo. A continuación, se muestra las ecuaciones del muestreo simple.

$$n = \frac{N}{e^2(N - 1) + 1}$$

En la ecuación se describe por lo tanto así:

- n : Número de encuestas a realizar
- N : Número de viviendas (539)
- e : error muestral al 95% (0.05)

$$n = \frac{539}{(0.05)^2(539 - 1) + 1}$$

$$n = 229.85 \approx 230 \text{ encuestas}$$

El total de las encuestas a realizar es 230 que están distribuidas en los siguientes porcentajes dependiendo de los caseríos de la parroquia Cotaló, como se puede ver en la tabla 1-2 a continuación.

Tabla 1-2: Número de encuestas por caserío de Cotaló

Caserío	N° viviendas	%	N° encuestas
Centro	109	20.22	46
Chacauco	50	9.28	21
Cusua	104	19.29	44
Las queseras	53	9.83	23
Laurelpamba	62	11.50	26
San Juan	48	8.91	20
Pillate	58	10.76	25
Panguili	25	4.64	11
Mucubi	30	5.57	13
TOTAL	539	100	230

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.2.2.2 Validación de la encuesta

Para poder validar la encuesta que se realizó a los moradores de la parroquia rural Cotaló que se puede ver en el **Anexo G**, una vez determinado el tamaño de la muestra se seleccionó aleatoriamente a un total de 12 personas, mismas que debían ser adultas y cabezas de hogar, puesto que la propuesta del presente proyecto está dirigido a la adquisición de un nuevo servicio. A este grupo de personas se socializó las preguntas estipuladas en la encuesta, definiendo de esta manera la claridad y si es de calidad entendible para cada uno de ellos. Al estar de conformidad y entendible la totalidad de la encuesta se procedió a la toma de las firmas con su cedula de identidad y sus nombres. Este documento de respaldo se puede ver en el **Anexo H**. Finalmente se

procedió a realizar las encuestas en los diferentes caseríos de la parroquia, Como se puede ver en el **Anexo I**.

2.2.2.3 Análisis de resultados obtenidos

La encuesta realizada en la parroquia consta de 8 preguntas en total, mismas que están destinadas a determinar la aceptación del presente proyecto de diseño de red. Para lo que es necesario determinar la satisfacción de servicios existentes, la disponibilidad de los mismos. Por lo que a continuación se muestran estadísticamente la respuesta de cada una de las preguntas.

1. ¿Algún miembro de su domicilio requiere del servicio de internet para desarrollar sus actividades (estudio, teletrabajo) y/o entretenimiento?

Tabla 2-2: Necesidad del servicio de internet

Usa Internet	Si	No	total
Nº encuestados	220	10	230
Porcentaje (%)	96	4	100.00

Realizado por: Guamán, M, 2022



Gráfico 1-2. Porcentaje de requerimiento de internet en hogares

Realizado por: Guamán, M, 2022

En el grafico 1-2 anteriormente expuesto se puede ver el gran porcentaje de la población que necesita del servicio de internet en la actualidad, debido a la pandemia mundial COVID-19, requieren el servicio un 96% de los hogares de la parroquia, así como tan solo escasos 4% que representan a 10 hogares encuestados no lo necesitan, puesto que no cuentan con población tecnológicamente actualizada.

2. ¿Cuántas personas de su domicilio hacen uso diariamente del servicio de internet?

Tabla 3-2: Cantidad de usuarios por cada vivienda

N° de usuarios	De 1 a 2	De 3 a 5	6 o más	Total
N° encuestados	25	126	69	220
Porcentaje (%)	11	57	31	100

Realizado por: Guamán, M, 2022



Gráfico 2-2. Porcentaje de usuarios que hacen uso de internet

Realizado por: Guamán, M, 2022

Al analizar el gráfico 2-2 del porcentaje de usuarios que hacen uso del internet dentro de las viviendas, se puede ver que la totalidad de encuestados que respondieron a esta pregunta es de 220, puesto que está ligada a la pregunta anterior. Dentro de las viviendas encuestadas el mayor porcentaje correspondiente al 57% lo usan de entre 3 a 5 personas, esto se debe que está estipulado en el PDOT actualizado que existe una media de 4 personas por cada vivienda en la parroquia.

Siguiendo jerárquicamente se encuentran hogares con más de 6 personas que hacen uso del servicio con el 31%. Además, existe un 12% de los hogares que solo usan el internet entre 1 y 2 usuarios. Finalmente se llega a la conclusión de que cada vez es más demandante el uso de este servicio, mismo que al ser de mayor utilización requiere de mayor ancho de banda.

3. ¿Actualmente cuenta con algún servicio de internet en su domicilio?

Tabla 4-2: Viviendas que cuentan con el servicio de internet

Cuenta con internet	Si	No	Total
N° encuestados	214	16	230
Porcentaje (%)	93	7	100

Realizado por: Guamán, M, 2022

Esta pregunta ayudó a determinar de todos los pobladores cuantos tiene contratado un servicio de internet a la cual el 93% de la población respondió que, si cuenta con un servicio ya que en la actualidad se requiere para acceder a clases, teletrabajo, etc. debido a la pandemia mundial. Al contrario, solamente el 7% de la población no cuenta con el mismo, debido a la falta de

proveedores e infraestructura. Estos datos contrarrestan con datos obtenidos del censo del 2010 puesto que solo el 2.27% tenían la disponibilidad del servicio. Hoy en día pese a la gran demanda de utilización de internet aun el 7% de las viviendas encuestadas no cuentan con este. Como se puede ver en el gráfico 3-2 a continuación.

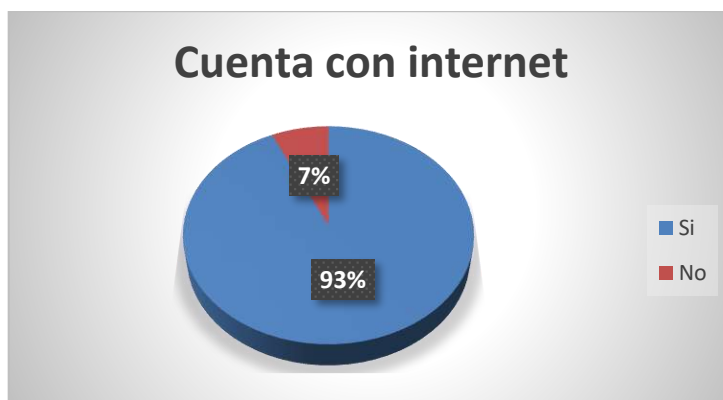


Gráfico 3-2. Porcentaje de viviendas con servicio de internet

Realizado por: Guamán, M, 2022

4. El servicio que recibe actualmente es por:

Tabla 5-2: Medios de acceso para el servicio utilizado

Medio de acceso	Radioenlace	Cable de cobre	Fibra óptica	Desconoce	Total
N° encuestados	16	172	0	26	214
Porcentaje (%)	8	80	0	12	100

Realizado por: Guamán, M, 2022

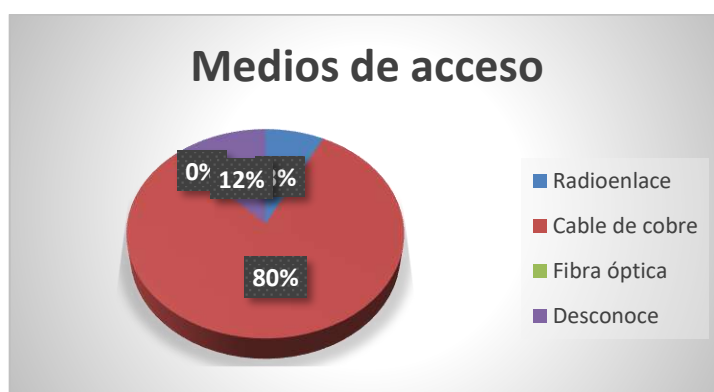


Gráfico 4-2. Porcentaje de medios de acceso del servicio

Realizado por: Guamán, M, 2022

Las arquitecturas utilizadas para la transmisión de datos en la parroquia son principalmente dos de los cuales predomina el servicio mediante la tecnología xDSL que se transmite por cable de cobre con la utilización de la telefonía fija en multiplexación con datos, el 80% de la población encuestada mantiene este tipo de servicio. El 12% de la población desconoce del tipo de

infraestructura y tan solo el 8% recibe el servicio de internet únicamente por radioenlaces, es decir utilizando antenas de propagación. La totalidad de los usuarios que respondieron a esta pregunta son los 214 que respondieron si a la pregunta previa.

5. ¿Es de su conformidad el servicio de internet que usted mantiene actualmente?

Tabla 6-2: Cantidad de usuarios conformes con el servicio actual

Conformidad con el servicio	Si	No	Total
Nº encuestados	37	177	214
Porcentaje (%)	17	83	100

Realizado por: Guamán, M, 2022



Gráfico 5-2. Porcentaje de viviendas conformes con el servicio actual

Realizado por: Guamán, M, 2022

De la totalidad de usuarios que disponen del servicio de internet en sus hogares solo el 17% se encuentra en total conformidad con la calidad de servicio, mientras tanto que el gran numero que representa el 83% pertenece a unos usuarios que no están en conformidad con el prestador de servicios al cual consumen.

6. Usted quisiera que su servicio de internet cumpla con:

Tabla 7-2: Requerimiento del nuevo servicio

Requerimiento de servicio	Mayor velocidad	Menor costo	Total
Nº encuestados	203	27	230
Porcentaje (%)	88	12	100

Realizado por: Guamán, M, 2022

Como se puede ver en la tabla 7-2 del total de encuestados 203 que representa el 88% de la población prefieren que sea un servicio de mayor velocidad frente a un 12% de encuestados que prefieren mantener un servicio menos costoso, debido a la demanda de servicios en línea que

existen es necesario que la velocidad de transmisión o la rapidez con la que se efectúen las comunicaciones sea realmente muy buena. Así se puede ver estos porcentajes en el gráfico 6-2 presentado a continuación.

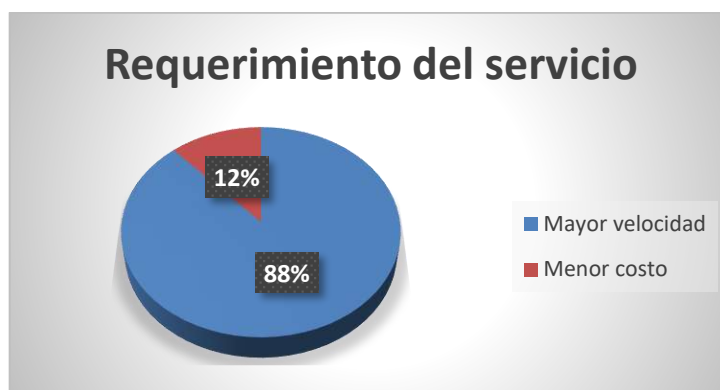


Gráfico 6-2. Porcentaje de los requerimientos del nuevo servicio

Realizado por: Guamán, M, 2022

7. ¿Estaría dispuesto a aumentar el valor de su pago mensual a cambio de obtener un mejor servicio de internet que el dispone actualmente?

Tabla 8-2: Usuarios dispuestos a un aumento de costo por mejor servicio

Aumento de pago mensual	Si	No	Total
Nº encuestados	157	73	230
Porcentaje (%)	68	32	100

Realizado por: Guamán, M, 2022



Gráfico 7-2. Porcentaje de encuestados dispuestos a aumentar el costo del servicio

Realizado por: Guamán, M, 2022

De la totalidad de personas encuestadas se puede ver que el 68% están dispuestas a pagar más por un mejor servicio, mientras tanto que para otros usuarios que representan el 32% de la población

no están de acuerdo en elevar los costos respecto al servicio que poseen en la actualidad. Esta pregunta es necesaria para poder analizar en el capítulo IV del análisis económico del proyecto planteado, puesto que hay que tener en cuenta la viabilidad del proyecto incluso sobre la competencia, es decir la infraestructura que ya existen en la parroquia Cotaló.

8. ¿Le gustaría adquirir un plan que incluya el servicio de internet y televisión digital al mismo tiempo?

Tabla 9-2: Aceptación del servicio Triple Play

Aceptación servicio Triple Play	Si	No	Total
N° encuestados	203	27	230
Porcentaje (%)	88	12	100

Realizado por: Guamán, M, 2022



Gráfico 8-2. Porcentaje de aceptación del servicio Triple Play en la parroquia

Realizado por: Guamán, M, 2022

Como se puede observar tanto en la tabla 9-2 del total de 230 viviendas 203 dijeron que, si están dispuestos a adquirir el servicio Triple Play por la misma infraestructura de telecomunicaciones que representan al 88% de aceptación y tan solo el 12% no están dispuestas a la adquisición de esta propuesta, lo que hace viable en cuanto al costo beneficio que representa el diseño de una red que presente estas características para los moradores de la parroquia.

2.2.3 Selección de la arquitectura

Basándose en los tipos de arquitecturas de redes que se pueden prestar para usuarios descritas en el capítulo anterior es necesaria la utilización de redes GPON considerando las necesidades de un servicio multiplexado de tres servicios, servicio Triple Play, que requiere un gran ancho de banda para brindar los servicios, así como también el tipo de viviendas y como no la dispersión de

población que existen en las parroquias rurales del país en general que se puede visualizar en la geografía de este caso particular de la parroquia Cotaló.

Al hablar de arquitecturas de redes que cuentan como medio de transmisión la fibra óptica es necesario tener presente características como las velocidades de transmisión tanto para *upstream* como *downstream* es por ello las diferentes arquitecturas permiten mantener la comunicación. Finalmente es necesario la utilización de una arquitectura FTTH es decir que el tendido de fibra sea desde la OLT hasta las ONT's ubicadas en la vivienda de cada uno de los usuarios, lo que permitirá garantizar la calidad de servicio.

2.2.4 Arquitectura de la red

La arquitectura de la red es el punto de partida, puesto que permite determinar cómo estará distribuida la fibra óptica en el presente proyecto, es por ello que se utilizará la arquitectura en árbol, misma que permite aprovechar la capacidad de la red de punto a multi-punto, por medio de los dos niveles de *Spliteo* que nos permite utilizar las redes GPON y definido en la normativa de la CNT-EP, permite diseñar redes escalables y de bajo costo. Así se muestra en la figura 2-2.

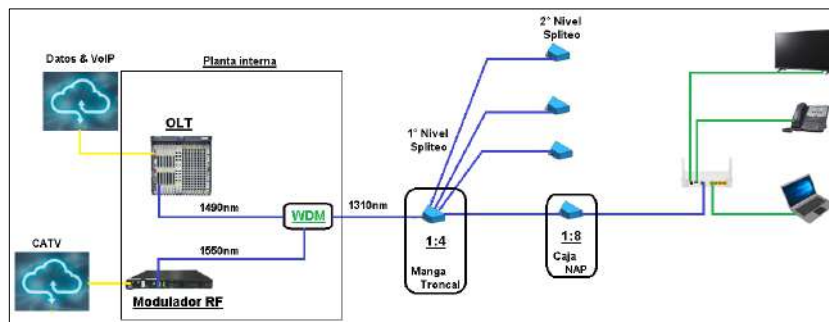


Figura 2-2. Arquitectura de la red

Realizado por: Guamán, M, 2022

Los elementos pasivos que intervienen en la arquitectura de las redes PON, son los que van a desplazarse mediante una arquitectura tipo árbol, misma que tiene como objetivo la comunicación entre la OLT y las diferentes ONT's en los hogares de cada uno de los usuarios. Los *Splitters* tanto de 1:4 y 1:8 permiten dividir a la fibra de la red Feeder en 32 abonados finales para poder obtener así una mejor QoS.

Dentro de la topología de red se encuentran elementos activos de forma que permitan inyectar potencia óptica a todos los elementos pasivos y poder hacer factible la comunicación de la infraestructura de fibra óptica, estos elementos activos se encuentran en el transmisor como también en el receptor.

2.2.4.1 Transmisor del Servicio Triple Play

Para poder transmitir los tres servicios definidos en el apartado 1.14 del capítulo I es necesaria una infraestructura del transmisor, o también denominada la formulación de la cabecera del servicio Triple Play para fibra óptica. La forma de combinar las señales de datos/internet, voz, y televisión digital de alta definición es mediante equipos físicos, los cuales se detallan en la figura 3-2 presentada debajo.

Como se conoce los diferentes servicios de telecomunicaciones se encuentran en una parte del espectro electromagnético, como son las señales de televisión libre y de igual manera el servicio de televisión por paga, mismo que se fusiona para brindar un mejor servicio de televisión digital por medio de la red planteada. El servicio de datos/internet y de voz sobre IP/VoIP; son los que se encuentran asociados a la gran nube del internet, que se encuentra conectado físicamente a un proveedor dentro del país, permitiendo así a los diferentes usuarios hacer uso de los servidores que la gran red los contenga.

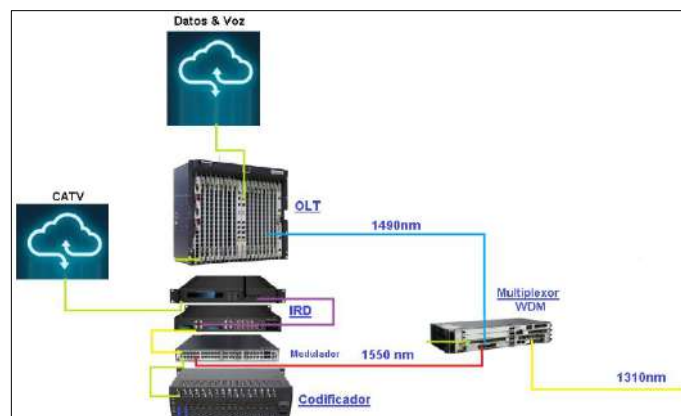


Figura 3-2. Equipos del transmisor servicio Triple Play

Realizado por: Guamán, M, 2022

En la imagen anterior se pueden determinar equipos que se detallan a continuación de izquierda superior a derecha inferior:

- **OLT:** Es el Terminal de Línea Óptica que se encarga de proveer la potencia óptica a los elementos pasivos que formen parte de la red de fibra, hasta llegar a la ONT ubicada en la vivienda del abonado.
- **IRD:** El modelo utilizado es el THR-H-IRD-V3-IP. Este es un sistema electrónico para recoger una radiofrecuencia de señales y convertir la información digital transmitida en el mismo, este equipo que permite recopilar los canales del servidor de Tv por cable, denominado como CATV de alta definición. (MARKERTEK, 2022)

- **Modulador:** Equipo fabricado por FullWell el modelo DFB Laser CATV 1550nm, este equipo receptorá la señal de codificador y la modulará a pulsos con una portadora de luz a una longitud de onda de 1550nm, misma que se multiplexará con el resto de servicios y así formar el paquete Triple Play. (FullWell, 2022)
- **Codificador:** El denominado ADV-4100EC: codificador HD/SD H.264 (MPEG-4 AVC) es el obtiene en un conector de tipo ethernet la dirección IP sobre el protocolo UDP de cada canal que se recibe del proveedor de TV satelital y de los canales de TV libre. Además, se puede utilizar el formato de compresión de imágenes en movimiento MPEG-4 seleccionado para el presente diseño de red. (AdvancedDigital Inc, 2022)
- **Multiplexor WDM:** El divisor de fibra óptica 1x2, divisor WDM, como se analizó en el capítulo I cada servicio que forma el paquete Triple Play se transmite a una longitud de onda diferente, siendo el caso de los datos y la voz a una longitud de onda de 1490nm, el servicio de televisión 1550nm, como lo menciona la recomendación ITU-T G.657. (Alibaba, 2022)

Por lo tanto, se necesita realizar la multiplexación de las longitudes de onda utilizando la técnica WDM ya que permite en este caso multiplexar los espectros de luz diferentes y transmitir a una sola frecuencia que se interpreta como longitud de onda o también denominada color a 1310nm. Como se puede observar en la figura 4-2 a continuación.

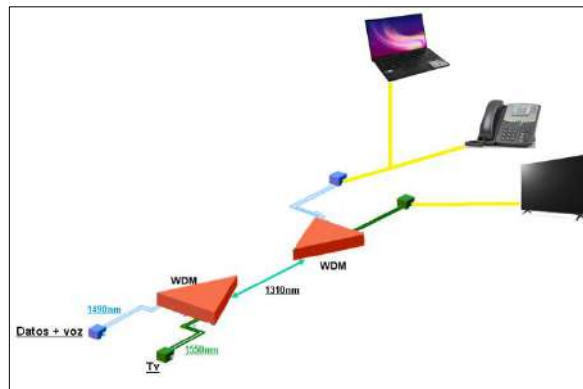


Figura 4-2. Multiplexación WDM para el servicio Triple Play

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.2.5 Selección de elementos activos y pasivos de la red

En esta sección se detallan todos los elementos que harán parte de la red, desplegados en diferentes puntos estratégicos que puedan llegar con el servicio propuesto a todos y cada uno de los caseríos de la parroquia Cotaló, puesto que estos no se encuentran agrupados en la parte céntrica del pueblo, si no, más bien están dispersos en todos los caseríos.








2.2.5.1 Selección de la OLT







Como parte activa de la red se encuentra la OLT misma que es la encargada de brindar potencia para poder llevar la información desde el transmisor hasta el usuario receptor, es por ello que hay que tener muy presente las características de dicho equipo. Para poder determinar de mejor manera se presenta la comparación entre las OLT existentes en el mercado.

Para poder comparar los equipos físicos OLT se hace necesaria la comparación de características técnicas propias del fabricante en muchos casos, es por ello que se consideró las diferentes marcas y modelos, la alimentación, la temperatura de operación y además aspectos que ayuden a transmitir el paquete Triple Play como son la velocidad Upstream/Downstream, la máxima relación de Spliteo, el tipo de conector, la distancia máxima que permite por cada enlace y finalmente el aspecto monetario que representaría cada uno de estos equipos.

En la tabla 10-2 presentada a continuación, se pueden ver las diferencias de características que permiten distinguir el mejor equipo OLT para brindar un servicio de calidad a todos los usuarios que accedan a la red. Las propiedades técnicas presentadas por el fabricante están por encima de las características de carácter económica que representen.

Tabla 10-2: Comparativo de OLT en el mercado

Marca	Modelo	Alimentación	Temperatura	Velocidad		Maxima relación Splitteo	Tipo de conector	Distancia máxima	Costo
				Upstream	Downstream				
HUAWEI	MA5600T 	-38.4V a -72V	-25°C a +55°C	1.25Gbps	2.48Gbps	1:256	SC/APC	60Km	\$3.000
DATA	FD1608S-B0 	220V AC	-15°C a +50°C	1.25Gbps	2.5Gbps	1:128	SC/UPC	20Km	\$1.500
OEM/ODM	ET04P4COMBO 	220V AC	-10°C a +55°C	1.25Gbps	1.25Gbps	1:64	SC/UPC	20Km	\$891,50
ZTE	ZTE-C320 	110, 240V AC	0°C a +40°C	1.25Gbps	1.25Gbps	1:128	SC/UPC	20Km	\$599
SPFTEL/OE M	OLT-G4V 	90, 264V DC	-10°C A +55°C	1.25Gbps	1.25Gbps	1:128	SC/UPC	20Km	\$800
V-Solution	V1600G0-B 	110V AC	-40°C a +85°C	1.25Gbps	1.25Gbps	1:128	SC/UPC	20Km	\$812
HSGQ/OEM	HSGQ-G008 	220V AC	-10°C a +55°C	1.25Gbps	2.48Gbps	1:1280	SC/UPC	20Km	\$1.142,17

CISCO	ME4601-OLT 	-48V CC	-40°C a +65°C	48Gbps		1:256	SC/UPC	60Km	\$1.200
SUPERIOR	RTE08 	240V AC	-10°C A +55°C	1.25Gbps	1.25Gbps	1:64	SC/UPC	20Km	\$750
WSEE	WS-50EYA 	220V AC	-5°C a +42°C	1.25Gbps	1.25Gbps	1:128	SC/UPC	20Km	\$600
NETIXER	ET04P4COMBO 	220V AC	-10°C a +55°C	1.25Gbps	1.25Gbps	1:64	SC/UPC	20Km	\$1.299
ZXA	ZXA10 C320 	100, 240V	-10°C a +55°C	1.25Gbps	2.48Gbps	1:64	SC/APC	20Km	\$3.999
Surpatek	MA5608T 	220V AC	-25°C a +55°C	1.25Gbps	1.25Gbps	1:64	SC/UPC	20Km	\$633

Fuente: (CISCO, 2014) & (Alibaba, 2022)

Realizado por: Guamán, M, 2022

Tabla 11-2: OLT para el diseño

Características/Equipo		HUAWEI
Modelo		 MA5600T
Velocidad	Upstream	1.25Gbps
	Downstream	2.48Gbps
Dimensiones (mm)		490 x 275.8 x 447.2
Longitud de onda	Tx	1490nm
	Rx	1310nm
Potencia de Transmisión		1.5dBm a 5dBm
Potencia de Recepción		-28dBm a -8dBm
Servicios		VLANs Multicast QoS
Protocolos		Telnet, IGMP, DHCP

Realizado por: Guamán, M, 2022







En base a las especificaciones técnicas de las OLT se puede determinar para el presente diseño la utilización de la marca HUAWEI reconocida a nivel mundial el modelo de OLT es el MA5600T que se puede ver sus parámetros técnicos más importantes para el diseño en la tabla 11-2 y el documento técnico del mismo en el **Anexo J**.

2.2.5.2 Selección de la ONT

Debido a la selección previa de la OLT perteneciente al fabricante HUAWEI es recomendable utilizar una ONT del mismo fabricante, de modo que se garantice la compatibilidad entre los equipos activos de la red. Además, este equipo que se busca para el presente proyecto deber tener la capacidad de recibir el paquete de servicios estipulados como Triple Play.

En la tabla 12-2 mostrada a continuación se pueden ver ONT's del mismo fabricante, pero con diferentes características para la aplicación dentro del diseño realizado. Tomando en cuenta que para la selección todos los modelos deben ser del mismo fabricante mencionado anteriormente. Contando como parámetros a evaluar son los más importantes y además de ellos el valor económico, puesto que es el equipo que requiere el usuario en su hogar, para poder así seleccionar aquellos equipos de mejor calidad, y que puedan operar de mejor manera y llegando con el paquete Triple Play.

Tabla 12-2: Comparativa características ONT

Modelo	Alimentación	Conector	Sensibilidad de Rx	Costo
 <p>HG825M</p>	12V – 1.5A	SC/APC	-28dBm	\$35
 <p>HG8045</p>	11 – 14V DC	SC/UPC	-27dBm	\$35
 <p>HG8546M</p>	12V – 1A	SC/UPC	-27dBm	\$16,50
 <p>HG8012H</p>	11 – 14V	SC/UPC	-28dBm	\$15
 <p>EG8145V5</p>	11 – 14V	SC/UPC	-28dBm	\$35
 <p>HG8245Q2</p>	11 – 14V	SC/APC	-28dBm	\$35

Fuente: (Alibaba, 2022)

Realizado por: Guamán, M, 2022


Según los requerimientos de la red, la compatibilidad con la OLT, y el recurso económico; se determinó como mejor opción para el presente diseño de la red la ONT HG8546M. Los atributos relevantes de este equipo según el fabricante son los mostrados en la tabla 12-2 expuesta anteriormente. De la misma manera las especificaciones técnicas del fabricante con más detalle, de cada uno de los parámetros, servicios, número de puertos GPON, compatibilidad de redes inalámbricas, entre otros se muestran en el **Anexo K**.

2.2.5.3 Selección de Splitters

Los *Splitters* son los elementos pasivos más importantes de las redes GPON, debido a su capacidad de dividir la potencia óptica de entrada en varias salidas dependiendo de la necesidad de red, específicamente del número de usuarios. Para este diseño se utilizó el denominado Splitteo

en cascada, donde el primer nivel tiene la división 1:4, mientras que para el segundo nivel la división es 1:8. Además, como ya se detalló en el capítulo anterior es de gran importancia el tipo de conector y pulido de estos conectores, en este caso es SC/APC. Las características se detallan en la tabla 13-2, así como se pueden ver los parámetros técnicos en el **Anexo L**.

Tabla 13-2: Características Splitters SC/APC G657A1

Splitters SC/APC G657A1				
Características		Unidad	1° Nivel	2° Nivel
División		-	1: 4	1: 8
Especificación		-	G657A1	G657A1
Longitud de onda		nm	1260 – 1650	1260 – 1650
Pérdidas de inserción		dB	≤ 7,3	≤ 10,5
Pérdidas de retorno		dB	> 50	> 50
Uniformidad		dB	≤ 0,6	≤ 0,8
Directividad		dB	≥ 55	≥ 55
Sensibilidad a la polarización máxima		dB	≤ 0,2	≤ 0,2
Temperatura de operación		°C	-20 a + 70	-20 a + 70
Temperatura de almacenamiento		°C	-40 a + 85	-40 a + 85
Máxima de potencia		mW	300	300
Tipo de paquete		μm	900	900
Dimensiones	Casete	mm	100x80x10	100x80x10
	Tubo cuadrado	mm	40x4x4	40x4x4
	Tubo plano	mm	50x7x4	50x7x4


Fuente: (Aire.ec, 2021)

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.2.5.4 Selección de pigtails

La selección de estos elementos pasivos de la red son dependientes del tipo de fibra utilizada, puesto que, de un extremo estarán fusionados a la fibra. En este diseño el uso es de fibra Monomodo. Con las siguientes características mostradas en la tabla 14-2 del conector tipo SC/APC G652D, así como en el **Anexo M** se presentan detalles del mismo.

Tabla 14-2: Características Pigtail

Pigtail SC/APC			
Características	Unidad	Valor	
Pérdidas de inserción	dB	≤ 0.3	
Pérdidas de retorno	dB	≥ 60	

Resistencia	dB	$\Delta IL \leq 0.2$
Temperatura de operación	$^{\circ}C$	$-20 \sim +70$
Temperatura de almacenamiento	$^{\circ}C$	$-40 \sim +70$

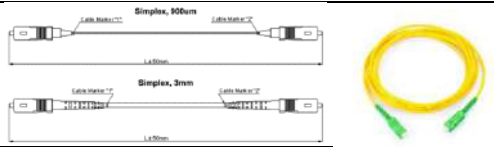
Fuente: (Conection, 2021)

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.2.5.5 Selección de patch cords

De la misma manera los patchords que permite la rápida intersección de dos equipos sin uso de fusiones y cuenta con conector SC/APC en los dos extremos, fue seleccionado el compatible para fibra óptica Monomodo G652D que cuenta con los siguientes detalles técnicos de la tabla 15-2 y su documento técnico se puede ver en el **Anexo N**.

Tabla 15-2: Características técnicas patch cord

Patch Cord SC/APC		
	Características	Unidad
Pérdidas de inserción	dB	≤ 0.3
Pérdidas de retorno	dB	≥ 60
Resistencia	dB	$\Delta IL \leq 0.2$
Temperatura de operación	$^{\circ}C$	$-20 \sim +70$
Temperatura de almacenamiento	$^{\circ}C$	$-40 \sim +70$

Fuente: (Aire.ec, 2021)

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.2.5.6 Selección del tipo de fibra

Como se analizó en el capítulo anterior las características de las fibras ópticas Monomodo para la red *Feeder* son óptimas al hacerlo con las fibras que cuenten con la certificación de la recomendación de la ITU-T G.652.D. Las propiedades de este tipo de fibras se pueden ver en los documentos técnicos que se muestra en el **Anexo O**.

Mientras tanto que para el tendido de cable de fibra óptica en la zona descrita como distribución y dispersión se utiliza el cable aéreo ADSS con las propiedades enunciadas en la tabla 16-2 a continuación. Así también como los parámetros técnicos considerados para el balance del enlace como para el cálculo del balance de potencias y la simulación de la red se encuentran en el presente documento en el **Anexo P**.

Tabla 16-2: Fibra óptica seleccionada para el despliegue de la red

Red	Fabricante	Modelo	Distancia Max	N° de hilos	Costo (\$/m)	Norma
Feeder	Jinlong	Cable de fibra óptica DROP autosoportado GYFTY53	2 Km	96	1.10	G.652.D
Distribución y Dispersión	Changguang	Cable de fibra óptica de alimentación aérea ADSS 8544700000	1 Km	2	0.40	G.657A1


Fuente: (MadeinChina, 2022)

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.2.5.7 Selección de mangas troncales

Las mangas son las encargadas de proteger a la fibra que fue previamente empalmada o a su vez cuenta con el primer nivel de Spliteo para el caso de diseño de esta red. Por lo que en la tabla 17-2 se pueden ver sus características.

Tabla 17-2: Características de la manga troncal

Características	Manga De Empalme Fibra Óptica  FCL-H25
Tipo	Lineal
Temperatura	-40°C a 60°C
Cantidad de empalmes	24, 48, 96
N° de puertos	4 entrada/salida
N° de bandejas	4
Tipo de instalación	Aéreas y subterráneas
Dimensiones (mm)	230 x 390
Costo	\$99,99


Fuente: (Tecnit-Redes, 2021)

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.2.5.8 Selección de las NAP's

Las cajas NAP's son las encargadas de proteger a la fibra sangrada al segundo nivel de *Spliteo* para el caso de diseño de esta red. Por lo que en la tabla 18-2 se pueden ver sus características.

Tabla 18-2: Características de las cajas NAP

Características	<p style="text-align: center;">DANGER</p>  <p style="text-align: center;">IP65</p>
Tipo	NAP de 8 hilos completa IP65
Temperatura	-40°C a 60°C
Cantidad de empalmes	8 piezas de adaptadores SC
N° de puertos	entrada/8 salidas
N° de bandejas	4
Tipo de instalación	diseñada para poste
Dimensiones (mm)	230 x 390
Incluye	Splitter 1:8
Costo	\$26


Fuente: (Tecnit-Redes, 2021)

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.2.5.9 Selección de roseta óptica

En la tabla 19-2 mostrada a continuación se muestran las características de la roseta, misma que se encuentra en la vivienda del usuario previo al ingreso a la ONT, puesto que así se asegura que no existan pérdidas por curvaturas en la fibra.

Tabla 19-2: Características roseta óptica

Característica	
Dimensiones (mm)	120 x 70x 15
Conector/pulido	SC/APC
Material	PC – ABS
Tipo de fibra	SM – MM
Ambiente de instalación	Interior de la vivienda

Fuente: (Electrosón, 2022)

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.2.6 Determinación del ancho de banda

Debido a la prestación de los servicios que se ha planificado prestar por medio de la red diseñada el ancho de banda que se requiere para la prestación de voz, datos (internet) y video. El ancho de banda más significativo lo describe el servicio de video, para el presente proyecto está previsto prestar el servicio de televisión HD, por lo que dependerá principalmente del formato de compresión de las imágenes en movimiento MPEG en su versión 2 y 4, como se detalla a continuación, en la tabla 20-2.

Tabla 20-2: Demanda de ancho de banda para servicios Triple Play

Servicio	MPEG-4 (Mbps)	MPEG-2 (Mbps)
Internet de alta velocidad & VoIP	5	30
Gaming Stream	4	4
VoD stream (HDTV)	2	15
HDTV en tiempo real	9	19
TOTAL	20	68

Fuente: (Chandi, 2008, p. 187)

Realizado por: Guamán, M, 2022

Para la transmisión de televisión de alta definición por la red de fibra, se logra la compresión del video, los datos y la voz en un ancho de banda mínimo de 20Mbps haciendo uso de MPEG-4. Este valor representa el ancho de banda mínimo con el que deberá disponer el usuario para poder hacer uso de los servicios que conforman el paquete Triple Play.

En este apartado se determina el máximo ancho de banda con el que pueden disponer cada uno de los usuarios que cuenten con acceso a la red. Para determinar el ancho de banda se calcula por lo tanto basándose en la máxima capacidad de transmisión de subida y bajada, teniendo en cuenta la capacidad de la OLT. En este caso la relación *downlink/uplink* es de 2.48/1.25Gbps. En la tabla 21-2 a continuación se puede ver la máxima velocidad calculada dependiendo del primer nivel de Spliteo (4) y del segundo nivel de Spliteo (32), ya que es en donde se divide la potencia óptica.

$$\text{máxima velocidad de bajada} = \frac{\text{velocidad de bajada}}{N^{\circ} \text{ usuarios}}$$

Tabla 21-2: Máxima velocidad bajada/subida de cada usuario

Máxima velocidad	1° nivel de Spliteo	2° nivel de Spliteo
Bajada	620Mbps	77.5Mbps
Subida	312.5Mbps	39.063Mbps
TOTAL	932.5Mbps	116.563Mbps

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.3 Diseño de la red

Esta red está fundamentada en la normativa de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica de la CNT, ya que al ser una empresa pública de telecomunicaciones su normativa cumple con los requerimientos necesarios y suficientes para validar un ISP en las entidades encargadas del control de telecomunicaciones en el país como son: ARCOTEL, MINTEL, etc.

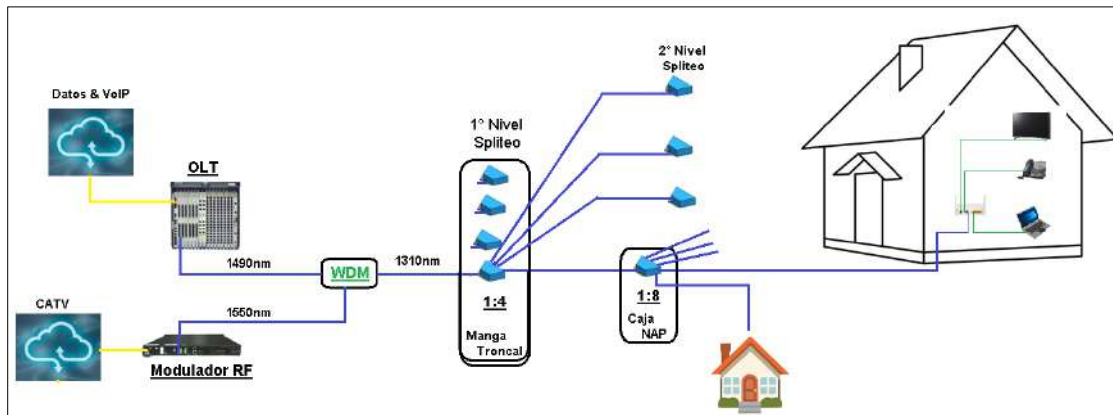


Figura 5-2. Diseño de la red FTTH

Realizado por: Guamán, M, 2022

Para garantizar que la totalidad del enlace este compuesto de fibra óptica se estableció la red troncal desde las instalaciones de CNT ubicada en el cantón San Pedro de Pelileo hasta la OLT de la red FTTH diseñada, esta fibra óptica no está siendo considerada para el diseño de la red, pero es indispensable mantener la distancia del enlace punto a punto que se establece para así poder aseverar la totalidad del enlace por medio de la luz como la portadora de información.



Figura 6-2. Red troncal desde CNT Pelileo hasta Cotaló

Realizado por: Guamán, M, 2022

El enlace que se puede ver en la figura 6-2 se puede ver de color celeste el enlace troncal de fibra que llevara la comunicación del servicio de internet desde la central de CNT-EP hasta la parroquia Cotaló, describiendo así una totalidad de 17.638Km. Esta medida es inferior a la máxima distancia establecida para las redes GPON según la recomendación de la ITU-T G.684.X y que es considerada en la normativa de la CNT-EP.

El diseño de la red se lo realizará en tres etapas, mismas que cuentan con características y parámetros técnicos a considerarse en el momento de implementarla. Estas redes son: Red Feeder, Red de Distribución y Red de Dispersión, entonces para poder diseñar de manera ordenada y siguiendo el patrón de las recomendaciones y de la normativa mencionada se dividió a la parroquia Cotaló en 5 zonas, estas se pueden ver en la figura 7-2 a continuación.

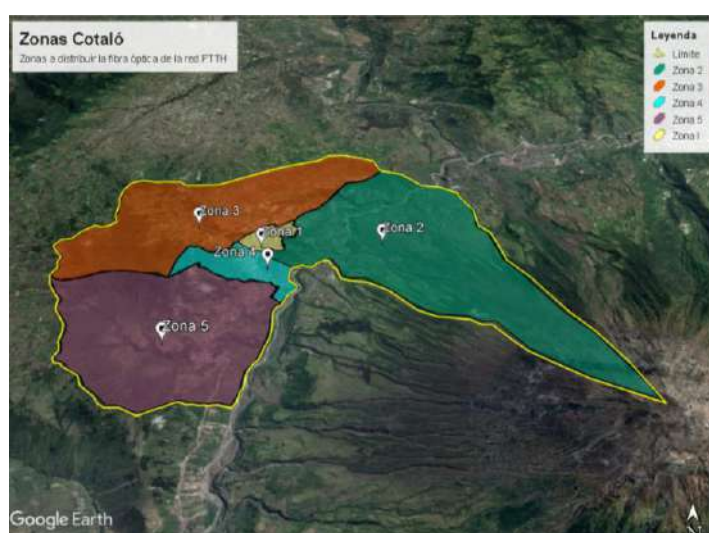


Figura 7-2. Zonas de la parroquia Cotaló

Realizado por: Guamán, M, 2022

Principalmente para poder identificar las zonas de ubicación de los equipos, los diferentes caseríos y viviendas se realizó con la ayuda del software Google Earth Pro, mientras que para la colocación de la fibra y los elementos pasivos de la red se lo realizó con la ayuda del software AutoCAD 2016.

Como se puede ver en la figura anterior toda la parroquia fue dividida en 5 zonas dependiendo de la cantidad de habitantes, así se puede distinguir la mayor cantidad de población en la zona 1, es decir el centro de la parroquia (color amarillo), las zonas 2 (color verde), zona 3 (color rojo) y zona 5 (color lila) tiene más extensión geográfica, sin embargo, no existen gran cantidad de viviendas. En la zona 4 (color celeste) esta presenta viviendas conjuntas de manera similar a la zona 1. Finalmente, se procedió a la identificación de la postería existente en la parroquia evidenciándose 729 postes por las vías que se conducirá la fibra, véase el **Anexo R**.

2.3.1 Red Feeder

La red *Feeder* consiste en el tramo de fibra que lleva potencia luminosa desde la OLT hasta el primer nivel de Spliteo, al ser 5 las zonas a cubrir cada una de estas tiene incorporada redes *Feeder*

desde la OLT hasta la zona, como se detalla a continuación en la tabla 22-2, la zona 1, zona 2, zona 3 y zona 5 con 4 *Splitters*, mientras que la zona 4 tiene 3 *Splitters* todos estos con nivel de *Splitteo* de 1:4.

Tabla 22-2: Detalles redes Feeder

Enlace		Ubicación Splitters		Distancia (m)
		Latitud	Longitud	
OLT	SPTR1 - Z1	1°25'50.44"S	78°30'47.44"O	21.4
	SPTR2 - Z1	1°25'50.44"S	78°30'47.44"O	21.4
	SPTR3 - Z1	1°25'50.44"S	78°30'47.44"O	21.4
	SPTR4 - Z1	1°25'50.44"S	78°30'47.44"O	21.4
OLT	SPTR1 - Z2	1°25'45.37"S	78°30'2.52"O	5047
	SPTR2 - Z2	1°25'45.37"S	78°30'2.52"O	5047
	SPTR3 - Z2	1°25'45.37"S	78°30'2.52"O	5047
	SPTR4 - Z2	1°25'45.37"S	78°30'2.52"O	5047
OLT	SPTR1 - Z3	1°25'25.58"S	78°30'54.13"O	1455
	SPTR2 - Z3	1°25'25.58"S	78°30'54.13"O	1455
	SPTR3 - Z3	1°25'25.58"S	78°30'54.13"O	1455
	SPTR4 - Z3	1°25'25.58"S	78°30'54.13"O	1455
OLT	SPTR1 - Z4	1°25'57.62"S	78°30'52.67"O	300
	SPTR2 - Z4	1°25'57.62"S	78°30'52.67"O	300
	SPTR3 - Z4	1°25'57.62"S	78°30'52.67"O	300
OLT	SPTR1 - Z5	1°26'31.98"S	78°30'44.21"O	1516
	SPTR2 - Z5	1°26'31.98"S	78°30'44.21"O	1516
	SPTR3 - Z5	1°26'31.98"S	78°30'44.21"O	1516
	SPTR4 - Z5	1°26'31.98"S	78°30'44.21"O	1516

Realizado por: Guamán, M, 2022

Mediante el análisis de los parámetros técnicos de la OLT, especialmente del parámetro de accesibilidad se puede ver que permite entregar potencia a un número máximo de usuarios de 128, para el diseño de la red se considerará que el equipo dote de potencia óptica a las ONT's y así garantizar el umbral de potencia en el receptor. Por lo tanto, para conocer el número de puertos que serán utilizados para dotar de potencia a la red completa es mediante la fórmula matemática descrita a continuación.

$$\#Puertos\ OLT = \frac{Total\ usuarios}{máximo\ numero\ de\ ONT's}$$

$$\#Puertos\ OLT = \frac{512}{32}$$

$$\#Puertos\ OLT = 16$$

Con el conocimiento de la cantidad de puerto a utilizar, y los detalles de la red Feeder que se encontrara presente para el presente diseño se puede visualizar la figura 8-2 de la red *Feeder*, es decir desde la OLT hasta las mangas troncales de cada zona.

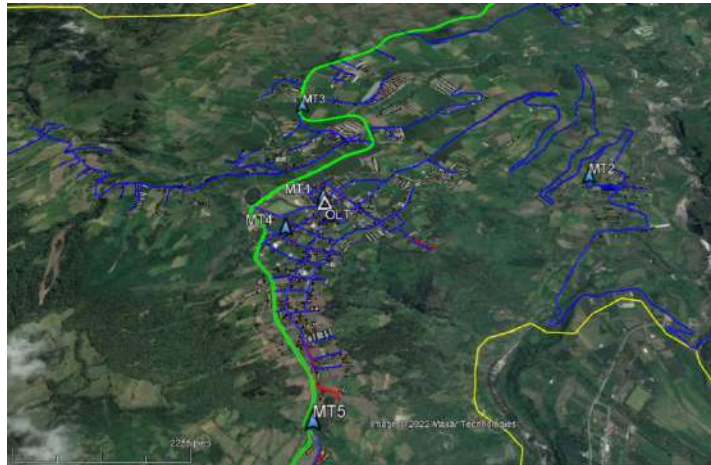


Figura 8-2. Descripción de la red Feeder

Realizado por: Guamán, M, 2022

A continuación, se especifican cada una de las redes descritas, mismas que son claramente identificadas puesto que es el tramo de fibra que existe entre la OLT y las mangas troncales, mismas que incluyen el primer nivel de Spliteo de la red, es decir del hilo de fibra desde el puerto de la OLT ingresa a este y se obtienen 4 salidas para poder continuar la división de la potencia y abastecer de canales de comunicación a todos los usuarios de una zona descrita.

2.3.1.1 Red Feeder zona 1

Debido a que la OLT se encuentra dentro de la zona, la distancia de tendido de la fibra es realmente corta, como se puede ver en la figura tiene los escasos 21,4m puesto que es la distancia desde el lugar donde se encuentra la OLT hasta el primer poste existente, que representado en la postería de la parroquia corresponde el número P349, como se puede ver en la figura 9-2.

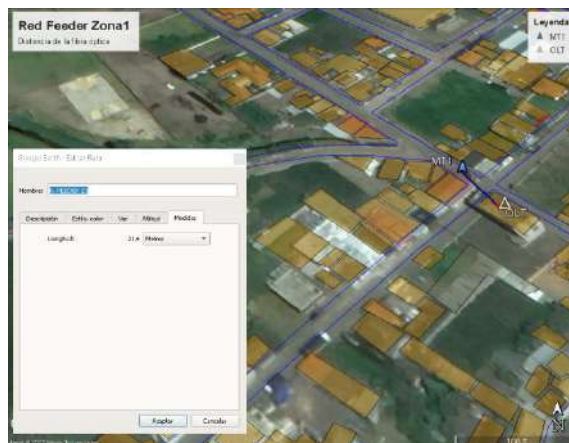


Figura 9-2. Ubicación y distancia de la red Feeder de la zona 1

Realizado por: Guamán, M, 2022

En esta red esta descrito en la primera red *Feeder*, es decir en la primera manga troncal se encuentran 4 *Splitters* de 1:4 cada uno, como se muestra en la tabla 22-2; siendo así posible la división de la potencia óptica de cada uno de los puertos de la OLT, haciendo uso del cable Drop de 4 hilos para poder sangrar a cada uno de los *Splitters*.

2.3.1.2 Red Feeder zona 2

La zona 2 es la más alejada y más extensa en cuanto a territorio se expresa, por lo que también la red *Feeder* cuenta con una totalidad de 5.047Km. La gran distancia de fibra óptica necesaria para llegar a la manga troncal 2 es debido a que se sigue la postería existente, siendo así que se ubica está en el poste número P428, como se puede ver en la figura 10-2. En esta manga troncal 2 se requieren 4 *Splitters* de 1:4 y de la misma manera que en la zona 1, desde la OLT hasta la manga troncal llegara un cable de fibra óptica de 4 hilos.

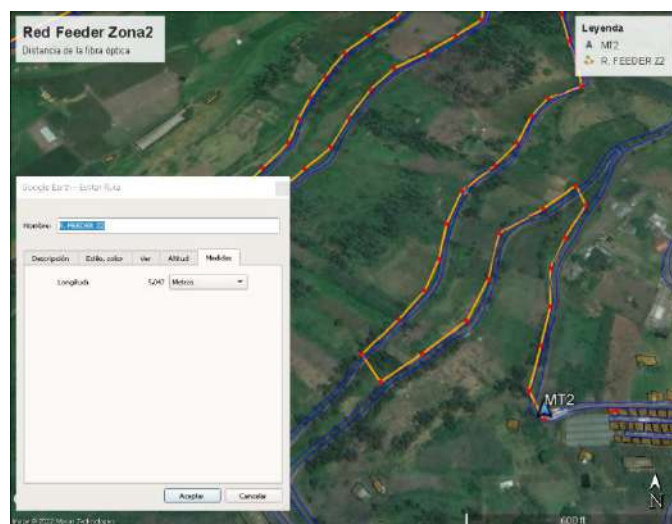


Figura 10-2. Ubicación y distancia de la red Feeder de la zona 2

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.3.1.3 Red Feeder zona 3

La manga troncal que contiene el *Splitter* de 1:4 para la zona 3 se encuentra ubicado en el poste número 148 y la distancia que alcanza la fibra óptica desde la OLT hasta este lugar es de 1.455Km como se puede ver en la figura 11-2.

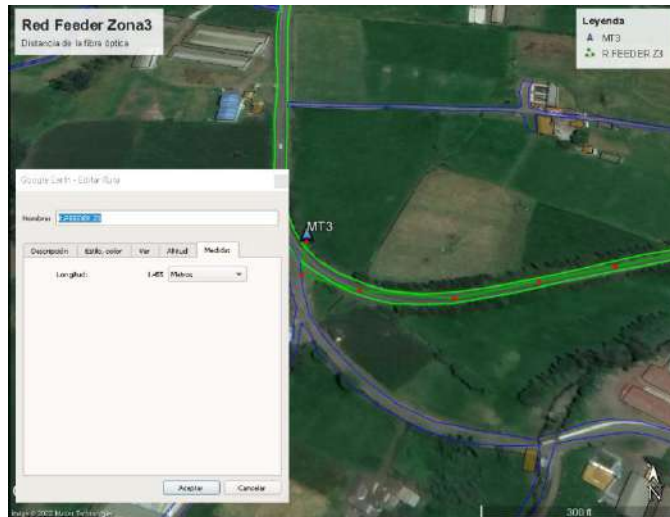


Figura 11-2. Ubicación y distancia de la red Feeder de la zona 3

Realizado por: Guamán, M, 2022

Para la división de potencia óptica de la red Feeder en la zona 3 se requiere utilizar 4 Splitters de 1:4 por lo cual se requiere un cable Drop de 4 hilos que salgan desde la OLT hasta la manga troncal 3, en este lugar se empezará con la red de distribución de fibra para el próximo nivel de Spliteo de la red.

2.3.1.4 Red Feeder zona 4

La zona 4 se encuentra cercana a la OLT como se puede ver en la figura 12-2 cuenta con 300m de fibra óptica ya que hace uso únicamente de 8 postes ubicándose así la manga troncal con 2 *Splitters* de 1:4 en el poste número P483 que se puede observar a continuación.

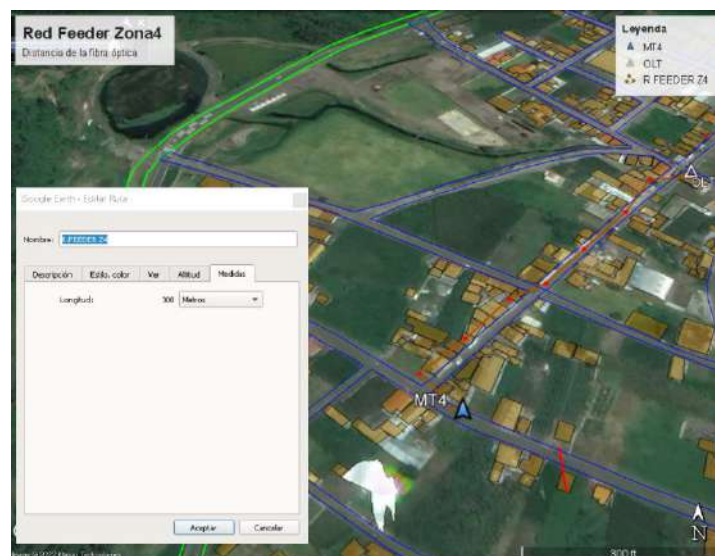


Figura 12-2. Ubicación y distancia de la red Feeder de la zona 4

Realizado por: Guamán, M, 2022

Requiriendo un cable de fibra óptica de 3 hilos que partan desde la OLT hasta la manga troncal 3, de los que se sangraran 2 fibras ópticas para poder obtener potencia en los 2 *Splitters*, que es desde donde parte la división de la potencia óptica en el primer nivel de *Spliteo* de esta zona.

2.3.1.5 Red Feeder zona 5

Finalmente, la zona que está alejada de la OLT y cuenta con una extensión considerable de terreno, está ubicada en la manga troncal que está ubicada en el poste numero 584 por lo que presenta una distancia de 1.516Km de tendido de fibra óptica para este caso de red Feeder. Estos datos se pueden corroborar en la figura 13-2 a continuación mostrada.

LA zona 5 está marcada por la formación de dos de los caseríos de la parroquia que se encuentran alejados geográficamente sin embargo están a disposición de contar con los 4 *Splitters* en el paso de estas para poder obtener potencia a los abonados, siendo usado un cable de 4 hilos de fibra óptica para la red *Feeder* de la zona.

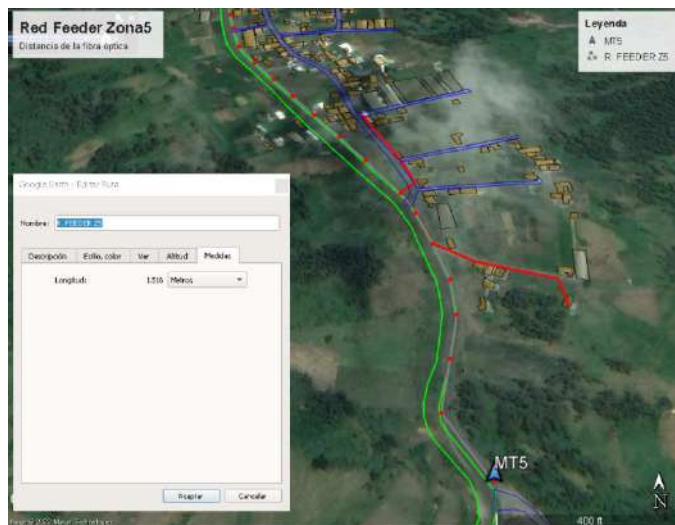


Figura 13-2. Ubicación y distancia de la red Feeder de la zona 5

Realizado por: Guamán, M, 2022

Con el despliegue de las 5 mangas troncales desde la OLT quedan definidas como red Feeder para la posterior distribución y dispersión permitiendo alcanzar la totalidad de la zona a brindar el servicio y contando con fibra de back up se podrá realizar la evaluación de los enlaces.

2.3.2 Red de Distribución

Para diseñar la red de distribución se toma en cuenta como tal a la distancia de fibra que existe desde las mangas troncales o primer nivel de Spliteo hasta el segundo nivel de Spliteo que se encuentra en las cajas de distribución óptica NAP. Es decir, se colocarán en el mapa de la misma manera todas las NAP's identificadas por zonas. En la Figura 14-2 se puede observar la ubicación geográfica de todas las NAP's de la red diseñada.

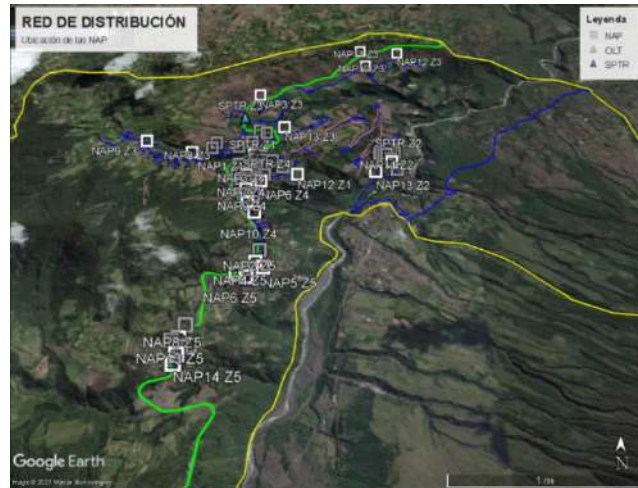


Figura 14-2. Ubicación geográfica de las NAP's (Red de distribución)

Realizado por: Guamán, M, 2022

La red de distribución de toda la parroquia Cotaló cuenta con un total de 64 NAP's mismas que contienen *Splitters* de 1:8 ubicados y numerados dependiendo de la zona en la cual se encuentran. El número de NAP's por cada zona se puede ver en la tabla 23-2 a continuación.

Tabla 23-2: Numero de NAP's utilizadas en cada zona

Zona	Cantidad de NAP's
1	14
2	13
3	13
4	10
5	14

Realizado por: Guamán, M, 2022

A continuación, se detallan los factores que influyen en la red de distribución como son la distancia de la fibra óptica utilizada en cada zona. Asiendo el uso de cables de fibra óptica detallado en el **Anexo P** para la interconexión de los dos niveles de Spliteo máximos que permiten las recomendaciones al realizar el diseño de este tipo de redes. Para el mantenimiento de la red de distribución además se prevé dejar 25m de reserva de fibra para los enlaces antes de las cajas NAP, misma que será sumada a la distancia total que existen en el tramo.

2.3.2.1 Red de distribución zona 1

La red de distribución de la zona 1 consta de 14 NAP's ubicadas en la zona oeste de la misma, puesto que, es en el lugar donde más concentración de viviendas existe. A continuación, se ve la tabla 24-2 con los detalles de cada una de las cajas de distribución óptica que se encuentran dentro de esta zona.

Tabla 24-2: Detalles de la red de Distribución de la zona 1

Enlace		Ubicación Splitters		N° Poste	Distancia (m)
		Latitud	Longitud		
SPTR1 Z1	NAP1 Z1	1°25'46.27"S	78°30'49.12"O	P334	200
SPTR1 Z1	NAP2 Z1	1°25'49.01"S	78°30'48.49"O	P346	84.9
SPTR1 Z1	NAP3 Z1	1°25'46.93"S	78°30'46.28"O	P344	178
SPTR1 Z1	NAP4 Z1	1°25'49.48"S	78°30'46.30"O	P350	72
SPTR2 Z1	NAP5 Z1	1°25'52.16"S	78°30'45.83"O	P261	95.6
SPTR2 Z1	NAP6 Z1	1°25'52.25"S	78°30'48.77"O	P469	94.6
SPTR2 Z1	NAP7 Z1	1°25'54.11"S	78°30'51.74"O	P466	216
SPTR2 Z1	NAP8 Z1	1°25'54.04"S	78°30'47.36"O	P300	201
SPTR3 Z1	NAP9 Z1	1°25'57.94"S	78°30'44.46"O	P296	413
SPTR3 Z1	NAP10 Z1	1°25'49.80"S	78°30'41.83"O	P255	252
SPTR3 Z1	NAP11 Z1	1°25'53.63"S	78°30'37.75"O	P272	425
SPTR3 Z1	NAP12 Z1	1°25'57.82"S	78°30'32.15"O	P284	665
SPTR4 Z1	NAP13 Z1	1°25'56.72"S	78°30'47.71"O	P472	307
SPTR4 Z1	NAP14 Z1	1°25'52.04"S	78°30'54.54"O	P461	271

Realizado por: Guamán, M, 2022

De la misma manera se puede ver en el mapa de la figura 15-2 la ubicación de estas cajas de distribución, así como el primer nivel de *Spliteo* ya que la red de distribución esta descrita desde este hasta las NAP's que se observan.



Figura 15-2. Red de Distribución-ubicación NAP's zona 1

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.3.2.2 Red de distribución zona 2

La zona 2 para poder alcanzar a dar soporte de la infraestructura en el diseño se requiere de un total de 13 cajas NAP, es decir *Splitters* de segundo nivel, mismos que cuentan con los detalles descritos en la tabla 25-2.

Tabla 25-2: Detalles de la red de Distribución de la zona 2

Enlace		Ubicación Splitters		N° Poste	Distancia (m)
		Latitud	Longitud		
SPTR1 Z2	NAP1 Z2	1°25'44.71"S	78°29'59.12"O	P430	136
SPTR1 Z2	NAP2 Z2	1°25'43.36"S	78°29'56.25"O	P438	253
SPTR1 Z2	NAP3 Z2	1°25'45.16"S	78°29'55.02"O	P439	264
SPTR1 Z2	NAP4 Z2	1°25'45.61"S	78°29'57.39"O	P432	222
SPTR2 Z2	NAP5 Z2	1°25'45.22"S	78°29'58.88"O	P433	125
SPTR2 Z2	NAP6 Z2	1°25'45.14"S	78°30'0.56"O	P434	95.3
SPTR2 Z2	NAP7 Z2	1°25'45.73"S	78°30'0.59"O	P437	113.3
SPTR2 Z2	NAP8 Z2	1°25'45.84"S	78°29'59.29"O	P436	155
SPTR3 Z2	NAP9 Z2	1°25'45.89"S	78°29'58.12"O	P435	188
SPTR3 Z2	NAP10 Z2	1°25'49.18"S	78°29'56.61"O	P445	450
SPTR3 Z2	NAP11 Z2	1°25'50.58"S	78°29'56.33"O	P444	468
SPTR3 Z2	NAP12 Z2	1°25'55.19"S	78°29'54.54"O	P448	634
SPTR4 Z2	NAP13 Z2	1°25'56.27"S	78°32'2.67"O	P451	889

Realizado por: Guamán, M, 2022

Con el despliegue de la fibra desde el SPTR Z2 se puede tener la total cobertura de la zona 2 con las NAP's mostradas en el mapa de la figura 16-2 a continuación. Se puede observar la continuidad muy cercana de las mismas, esto se debe al reasentamiento de las viviendas del sector de Cusua en un conjunto habitacional, en el cual viven actualmente, haciendo uso únicamente del sector para las actividades productivas como son cultivos y ganadería principalmente.



Figura 16-2. Red de Distribución-ubicación NAP's zona 2

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.3.2.3 Red de distribución zona 3

La zona 3 es la que cuenta con la mayor cantidad de población dispersa, ya que está integrada de tres caseríos de la parroquia, dando como resultado mayor cantidad de fibra tendida desde el primer nivel de *Spliteo* hasta cada una de las 13 cajas NAP que se requieren.

Tabla 26-2: Detalles de la red de Distribución de la zona 3

Enlace		Ubicación Splitters		N° Poste	Distancia (m)
		Latitud	Longitud		
SPTR1 Z3	NAP1 Z3	1°25'32.69"S	78°30'44.98"O	P207	443
SPTR1 Z3	NAP2 Z3	1°25'31.38"S	78°30'47.91"O	P206	381
SPTR1 Z3	NAP3 Z3	1°25'7.45"S	78°30'49.13"O	P116	669
SPTR1 Z3	NAP4 Z3	1°25'38.53"S	78°30'50.37"O	P213	694
SPTR2 Z3	NAP5 Z3	1°25'41.40"S	78°30'55.40"O	P218	874
SPTR2 Z3	NAP6 Z3	1°25'38.88"S	78°31'4.31"O	P237	1223
SPTR2 Z3	NAP7 Z3	1°25'42.20"S	78°31'5.73"O	P247	1203
SPTR2 Z3	NAP8 Z3	1°25'44.91"S	78°31'13.17"O	P255	1474
SPTR3 Z3	NAP9 Z3	1°25'37.91"S	78°31'31.83"O	P291	2319
SPTR3 Z3	NAP10 Z3	1°24'45.43"S	78°30'4.03"O	P091	2455
SPTR3 Z3	NAP11 Z3	1°24'33.74"S	78°30'6.05"O	P028	2425
SPTR3 Z3	NAP12 Z3	1°24'35.24"S	78°29'49.65"O	P080	2964
SPTR4 Z3	NAP13 Z3	1°25'29.10"S	78°30'38.11"O	P159	632

Realizado por: Guamán, M, 2022

La distribución de las cajas de distribución de la fibra óptica para esta zona esta realizada de tres caseríos conjuntamente, esto se debe a la proximidad y poca afluencia de viviendas en estos sectores, como se puede ver en la figura 17-2 se encuentran ubicadas las cajas NAP en el sector de Las Queseras desde la 1 hasta la 7, la 8 y 9 se encuentran en el barrio Mucubí-Chontapamba y desde la 10 hasta la 13 se encuentran en el sector de Panguilí.



Figura 17-2. Red de Distribución-ubicación NAP's zona 3

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.3.2.4 Red de distribución zona 4

La planificación de la zona 4 esta descrita como la de menor extensión territorial puesto que esta junto a la zona centro y cuenta con la menor cantidad de cajas NAP (10 en total) de todo el diseño. Esto es para garantizar la escalabilidad, puesto que en un futuro se prevé la existencia de más viviendas en el sector centro de la parroquia Cotaló.

Tabla 27-2: Detalles de la red de Distribución de la zona 4

Enlace		Ubicación Splitters		N° Poste	Distancia (m)
		Latitud	Longitud		
SPTR1 Z4	NAP1 Z4	1°25'57.19"S	78°30'54.93"O	P496	112.5
SPTR1 Z4	NAP2 Z4	1°26'0.33"S	78°30'52.86"O	P499	268
SPTR1 Z4	NAP3 Z4	1°25'58.17"S	78°30'51.17"O	P484	77.4
SPTR1 Z4	NAP4 Z4	1°26'1.43"S	78°30'48.81"O	P486	204
SPTR2 Z4	NAP5 Z4	1°25'59.94"S	78°30'47.46"O	P503	227
SPTR2 Z4	NAP6 Z4	1°26'1.52"S	78°30'45.53"O	P508	298
SPTR2 Z4	NAP7 Z4	1°26'5.95"S	78°30'50.67"O	P530	384
SPTR2 Z4	NAP8 Z4	1°26'9.00"S	78°30'47.71"O	P536	508
SPTR3 Z4	NAP9 Z4	1°26'13.06"S	78°30'49.68"O	P551	612
SPTR3 Z4	NAP10 Z4	1°26'17.92"S	78°30'46.91"O	P553	784

Realizado por: Guamán, M, 2022

La zona 4 está identificada como el caserío Laurelpamba su densidad poblacional y de viviendas es similar a la zona centro, sin embargo, es de menor concentración por lo que fue necesario el despliegue de fibra óptica a 10 cajas de distribución óptica que se pueden ver en la figura 18-2 a continuación. Además, se distingue gran parte de esta zona como montañosa en la cual no se puede extender viviendas, por lo que la planificación de intencionalidad está dirigida al centro parroquial, hacia el este de la zona 4.



Figura 18-2. Red de Distribución-ubicación NAP's zona 4

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.3.2.5 Red de distribución zona 5

En la zona 5 también fueron necesarias 14 cajas de distribución óptica que cuentan con el segundo nivel de Spliteo de la red de los cuales al estar compuesta de dos comunidades de aproximadamente el mismo número de viviendas se dividió en 7 cajas NAP para San Juan y 7 para Pillate, llegando así a os usuarios más lejanos de la parroquia por el extremo sur oeste.

Tabla 28-2: Detalles de la red de Distribución de la zona 5

Enlace		Ubicación Splitters		N° Poste	Distancia (m)
		Latitud	Longitud		
SPTR1 Z5	NAP1 Z5	1°26'36.53"S	78°30'43.80"O	P587	187
SPTR1 Z5	NAP2 Z5	1°26'41.99"S	78°30'44.86"O	P598	387
SPTR1 Z5	NAP3 Z5	1°26'44.94"S	78°30'47.49"O	P607	473
SPTR1 Z5	NAP4 Z5	1°26'48.48"S	78°30'47.45"O	P615	655
SPTR2 Z5	NAP5 Z5	1°26'44.30"S	78°30'42.16"O	P601	494
SPTR2 Z5	NAP6 Z5	1°26'47.10"S	78°30'50.88"O	P610	594
SPTR2 Z5	NAP7 Z5	1°27'8.01"S	78°31'4.66"O	P651	1588
SPTR2 Z5	NAP8 Z5	1°27'13.17"S	78°31'6.11"O	P655	1757
SPTR3 Z5	NAP9 Z5	1°27'14.06"S	78°31'8.20"O	P671	1807
SPTR3 Z5	NAP10 Z5	1°27'15.39"S	78°31'6.58"O	P673	1870
SPTR3 Z5	NAP11 Z5	1°27'16.34"S	78°31'5.13"O	P659	1925
SPTR3 Z5	NAP12 Z5	1°27'15.80"S	78°31'2.68"O	P666	2024
SPTR4 Z5	NAP13 Z5	1°27'19.07"S	78°31'5.98"O	P680	2063
SPTR4 Z5	NAP14 Z5	1°27'22.34"S	78°31'6.50"O	P684	2095

Realizado por: Guamán, M, 2022

En el mapa mostrado en la figura 19-2 a continuación se puede ver la dispersión de las cajas NAP tanto en el caserío San Juan como en Pillate siendo divididas en dos grupos para poder alcanzar la distribución de la fibra óptica para todos los pobladores de Cotaló, incluyendo este extremo de la región sur oeste de la parroquia en la cual existen viviendas y por lo tanto potenciales usuarios de la red diseñada.



Figura 19-2. Red de Distribución-ubicación NAP's zona 5

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.3.3 Red de Dispersión

La red de dispersión o también conocida como la última milla para que cumpla con las condiciones y denominarse red FTTH debe ser únicamente cubierta de cables de fibra óptica, hasta llegar a las viviendas de los usuarios. La última etapa de la red es la parte de dispersión es decir la toma de un hilo de fibra desde las cajas NAP, es decir, el segundo nivel de Spliteo hasta el equipo receptor de la potencia óptica. En la tabla 29-2 se puede ver la cantidad de usuarios por cada zona prevista para esta etapa denominada red de dispersión.

Tabla 29-2: Detalle red de dispersión por zona

Zona	N° de viviendas	N° hilos de reserva	TOTAL
Zona 1	109	3	112
Zona 2	100	4	104
Zona 3	102	2	104
Zona 4	62	18	80
Zona 5	106	6	112
TOTAL	479	33	512

Realizado por: Guamán, M, 2022

Con el despliegue de la red de dispersión en el diseño está previsto para brindar el servicio Triple Play a una totalidad de 512 usuarios (2048 habitantes). Es decir, la fibra llegará hasta la roseta óptica y finalmente a la ONT de cada usuario que adquiera este paquete de servicios.

Las características técnicas de la fibra óptica que se extenderá en esta red es de tipo de cable aéreo ADSS que se puede ver en el **Anexo O**. Este cable de la red de dispersión será de únicamente dos hilos de ya que estarán destinados a llevar la potencia óptica directamente del 2 nivel de Spliteo a cada uno de los usuarios. La utilización de dos hilos se debe principalmente a reforzar la disponibilidad de la red, pensando además que en caso de fisuras de fibra se puede utilizar la de respaldo en el enlace.

Finalmente se requiere la utilización de los siguientes materiales y equipos, descritos en la tabla 30-2 se puede ver el detalle de todos los elementos pasivos y activos con su respectiva cantidad para cada una de las zonas de la red diseñada.

Tabla 30-2: Descripción de elementos por zona utilizados en la red FTTH según diseño

Materiales/ Equipos	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total
OLT (unidad)			1			1
Modulador RF (unidad)			1			1
ONT (unidad)	112	104	104	80	112	512
Roseta (unidad)	112	104	104	80	112	512
Patch Cord (unidad)	112	104	104	80	112	512
Pigtail (unidad)	256	238	238	183	256	1,171

Manga (unidad)	1	1	1	1	1	5
Splitter 1:4 (unidad)	4	4	4	3	4	19
Caja NAP + Splitter 1:8 (unidad)	14	13	13	10	14	64
WDM (unidad)	4	4	4	3	4	19
Fibra Drop autosoportada (m)	21.4	5,047	1,455	300	1,516	8,339.4
Fibra ADSS Red de Distribución (m)	3,475.1	3,992.6	17,756	3,474.9	17,919	46,617.6
Fibra ADSS Red de Dispersión (m)	2,116	3,599	6,287.3	2,779.4	4,813.3	34,376.7

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.4 Evaluación de la red FTTH

La evaluación de la red FTTH diseñada se realizó en base al denominado presupuesto óptico que contiene las pérdidas de potencia de los elementos pasivos con los que cuenta una red GPON. Para su posterior evaluación mediante el balance de potencias como se planteó en los objetivos del presente trabajo de titulación.

La metodología utilizada para determinar la eficiencia de la red es mediante el análisis del balance de potencias del usuario más cercano y más alejado de la OLT, ya que, con esto aseguramos que todos los usuarios que están incorporados dentro de estos parámetros se van a encontrar con la potencia óptica necesaria para su correcto funcionamiento, potencia por arriba del umbral o sensibilidad del receptor.

Además, para poder garantizar la QoS del paquete Triple Play, se determinó los umbrales de las perturbaciones que pueden llegar a ocasionar en los canales de comunicación como son: latencia, Jitter y el porcentaje de los paquetes perdidos mediante el diagrama de ojo y el BER, al ser el índice de perturbaciones más sensible el del servicio de la voz se tomó en consideración para la evaluación en la red.

2.4.1 Presupuesto óptico de la red

En la Figura 19-2 mostrada a continuación se puede ver las principales atenuaciones y elementos pasivos a considerarse en el presupuesto óptico de la red. Mismos que permitirán analizar si cuentan los usuarios con el umbral de potencia mínima para poder establecer una óptima comunicación y de la misma manera la máxima pérdida existente en un enlace.

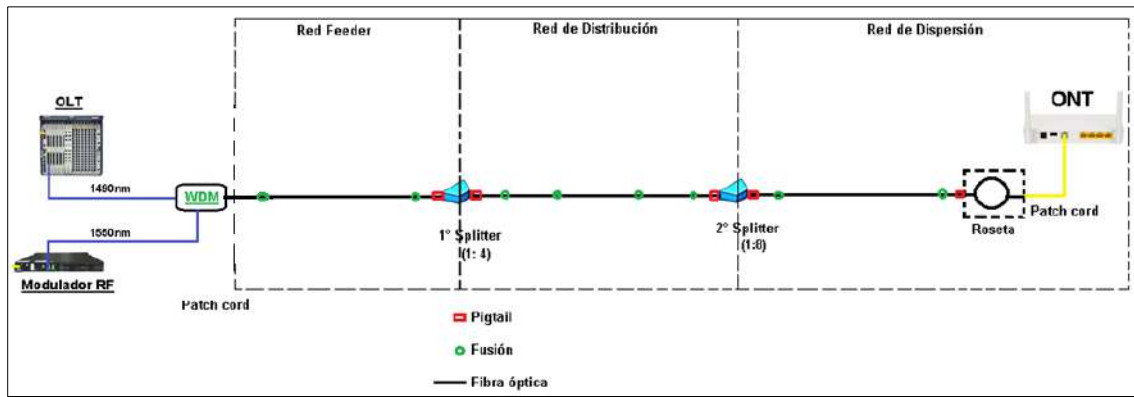


Figura 20-2. Diagrama del presupuesto óptico de la red

Realizado por: Guamán, M, 2022

En base al diagrama que se puede ver en la figura 19-2 se identifican todos los puntos en los cuales la potencia transmitida sufre atenuación, por lo que los valores utilizados para los elementos del diagrama son los que se detallan en la tabla 31-2 a continuación.

Tabla 31-2: Valor de atenuación en la red

Elementos		Atenuación
Fusión		0.1dB
Patch cord		0.3dB
Pigtail		0.3dB
WDM	2:1	0.6 dB
Splitters	1:4	7.3dB
	1:8	10.5dB
Fibra óptica (1310nm)		0.35dB/Km
Margen de seguridad		3dB

Realizado por: Guamán, M, 2022

Con estos valores, se calculó la atenuación total de cada uno de los enlaces utilizando la formula descrita por la normativa CNT que se describe como la máxima atenuación del enlace. Además, se incluyó 3dB como margen de seguridad para el cálculo total, esto se debe a posibles daños o perdidas por las curvaturas que suelen ocasionarse accidentalmente en el momento de implementación de las redes con fibra óptica.

2.4.2 Balance de Potencias

Como se analizó en el primer capítulo, mediante el balance de potencias se puede determinar si la red cuenta con la suficiente potencia óptica para el intercambio de información. La evaluación de los enlaces de cada zona descritas anteriormente se realizó para el usuario más lejano y más cercano de todas las zonas descritas que se analiza a continuación.

2.4.2.1 Balance de potencias usuario más cercano – zona 1

En la tabla 32-2 se describe el cálculo del balance de potencias realizado para el usuario más cercano a la OLT de la zona 1 y de toda la RED FTTH que se diseñó. Esto se debe a que es el usuario privilegiado de contar con el transmisor de potencia óptica a tan solo 99.78 metros, y está ubicada en la caja de distribución identificada como NAP4 Z1, de la cual se despliega el cable de fibra de la red de dispersión.

Tabla 32-2: Valor de potencia recibida-usuario más cercano zona 1

Parámetros		Cantidad	Valores
Potencia OLT			5dBm
WDM		1	0.6dB
Atenuación por fibra	Red Feeder	21.4 m	0.00749dB
	Red de Distribución	72 m	0.0252dB
	Red de Dispersión	6.38m	0.002233dB
Atenuación por fusiones		6	0.6dB
Atenuación por Pigtails		5	1.5dB
Atenuación por Patch cords		1	0.3dB
Splitters	1° Nivel (1:4)	1	7.3dB
	2° Nivel (1:8)	1	10.5dB
Margen de seguridad			3dB
Potencia total recibida			-18.8349dBm

Realizado por: Guamán, M, 2022

Después de realizar el cálculo de la potencia recibida en la ONT del usuario más cercano de la zona 1 se determinó que este contará con una potencia de -18.8349dBm que se encuentra dentro del umbral de potencia de los equipos activos de la red. Entonces, el enlace es totalmente factible según la potencia recibida; considerando la atenuación de todos los elementos pasivos de la red y añadido el margen de seguridad.

2.4.2.2 Balance de potencias usuario más lejano – zona 1

Para el caso del usuario más lejano de la zona 1 se enfoca principalmente en la mayor distancia de fibra tendida en la red de distribución que en este caso es 665 metros de fibra óptica tendida desde el primer *Splitter* SPTR4 Z1 ubicado en la manga troncal MT1 hasta la NAP12 Z1 identificada dentro de esta región. La tabla 33-2 contiene los valores de atenuación de cada uno de los elementos tomados en consideración para realizar el presupuesto óptico, así como también el margen de seguridad para este enlace y posteriormente también el balance de potencias del usuario identificado como el más lejano.

Tabla 33-2: Valor de potencia recibida-usuario más lejano zona 1

Parámetros		Cantidad	Valores
Potencia OLT			5dBm
WDM		1	0.6dB
Atenuación por fibra	Red Feeder	21.4m	0.00749dB
	Red de Distribución	665m	0.23275dB
	Red de Dispersión	128m	0.0448dB
Atenuación por fusiones		6	0.6dB
Atenuación por Pigtails		5	1.5dB
Atenuación por Patch cords		1	0.3dB
Splitters	1° Nivel (1:4)	1	7.3dB
	2° Nivel (1:8)	1	10.5dB
Margen de seguridad			3dB
Potencia total recibida			-19.0850dBm

Realizado por: Guamán, M, 2022

Con los valores de atenuación analizados para el usuario más lejano de la zona 1 se sigue garantizando el umbral de potencia en los receptores ópticos de tal manera que van a poder obtener totalmente el acceso al servicio brindado por este diseño.

2.4.2.3 Balance de potencias usuario más cercano – zona 2

El caso del usuario más cercano de la zona 2 se encuentra ubicado en la NAP6 Z2 con una distancia desde el primer Splitter de 5.047Km de distancia. En la tabla 34-2 se puede ver los valores de la atenuación y el balance de potencia de este usuario.

Tabla 34-2: Valor de potencia recibida-usuario más cercano zona 2

Parámetros		Cantidad	Valores
Potencia OLT			5dBm
WDM		1	0.6dB
Atenuación por fibra	Red Feeder	5,047m	1.76645dB
	Red de Distribución	95.3m	0.033355dB
	Red de Dispersión	10.6m	0.00371dB
Atenuación por fusiones		8	0.8dB
Atenuación por Pigtails		5	1.5dB
Atenuación por Patch cords		1	0.3dB
Splitters	1° Nivel (1:4)	1	7.3dB
	2° Nivel (1:8)	1	10.5dB
Margen de seguridad			3dB
Potencia total recibida			-20.8035dBm

Realizado por: Guamán, M, 2022

Para el caso calculado anteriormente, se puede determinar una distancia bastante significativa en la red de distribución sin embargo la potencia en la ONT del usuario más cercano es superior a la sensibilidad de la ONT seleccionada para el diseño. Por lo que, se concluye con el correcto balance de potencias para este enlace.

2.4.2.4 Balance de potencias usuario más lejano – zona 2

El usuario más alejado de la OLT de la zona 2 también fue seleccionada basándose en la distancia que exista entre la manga troncal 2, identificada como SPTR Z2, hasta la caja de distribución óptica señalada en el mapa de la red diseñada como NAP13 Z2 con una distancia de 889 metros, obteniendo los siguientes valores de la tabla 35-2.

Tabla 35-2: Valor de potencia recibida-usuario más lejano zona 2

Parámetros		Cantidad	Valores
Potencia OLT			5dBm
WDM		1	0.6dB
Atenuación por fibra	Red Feeder	5,047m	1.76645dB
	Red de Distribución	889m	0.31115dB
	Red de Dispersión	26.7m	0.009345dB
Atenuación por fusiones		8	0.8dB
Atenuación por Pigtails		5	1.5dB
Atenuación por Patch cords		1	0.3dB
Splitters	1° Nivel (1:4)	1	7.3dB
	2° Nivel (1:8)	1	10.5dB
Margen de seguridad			3dB
Potencia total recibida			-21.0869dBm

Realizado por: Guamán, M, 2022

Debido al incremento de la distancia existente entre el primer nivel y el segundo *Splitter* se ve afectada la potencia recibida, sin embargo, la distancia que existe entre la NAP13 Z2 y el usuario no es tan alta. Concluyendo con la obtención de una potencia óptica para este enlace por encima del umbral de sensibilidad de la ONT por lo que se obtendrá calidad en la obtención del servicio.

2.4.2.5 Balance de potencias usuario más cercano – zona 3

Para este caso la manga troncal se encuentra a una distancia considerable por lo que se ve un aumento en la atenuación por fibra óptica de la red Feeder, la red de distribución fue seleccionada de la misma manera que considere el tramo más corto de extensión de fibra requerido para llegar a este usuario, es decir la NAP2 Z3. En la tabla 36-2 se puede ver los valores de las atenuaciones y potencia recibida.

Al finalizar el balance de potencias para el usuario más cercano de la zona 3 descrita en el diseño se puede ver una potencia de -19.4477dBm lo que indica que se encuentra dentro del umbral de sensibilidad de los equipos activos encargados de la transmisión de los datos, la voz y la tv.

Tabla 36-2: Valor de potencia recibida-usuario más cercano zona 3

Parámetros		Cantidad	Valores
Potencia OLT			5dBm
WDM		1	0.6dB
Atenuación por fibra	Red Feeder	1,455m	0.50925dB
	Red de Distribución	381m	0.13335dB
	Red de Dispersión	14.5m	0.005075dB
Atenuación por fusiones		6	0.6dB
Atenuación por Pigtailes		5	1.5dB
Atenuación por Patch cords		1	0.3dB
Splitters	1° Nivel (1:4)	1	7.3dB
	2° Nivel (1:8)	1	10.5dB
Margen de seguridad			3dB
Potencia total recibida			-19.4477dBm

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.4.2.6 Balance de potencias usuario más lejano – zona3

Para poder cubrir esta extensa zona y debido a la dispersión total de las viviendas en esta parte de la parroquia se asignó la distancia más larga de la red de distribución a la caja NAP12 Z3 con una distancia de 2964m, a su vez esto implica la necesidad de utilizar un empalme más en este tramo de fibra debido a que los rollos del cable de fibra adquiridos se consideraron de 2Km.

Tabla 37-2: Valor de potencia recibida-usuario más lejano zona 3

Parámetros		Cantidad	Valores
Potencia OLT			5dBm
WDM		1	0.6dB
Atenuación por fibra	Red Feeder	5,047m	0.50925dB
	Red de Distribución	2,964m	1.0374dB
	Red de Dispersión	505m	0.17675dB
Atenuación por fusiones		8	0.8dB
Atenuación por Pigtailes		5	1.5dB
Atenuación por Patch cords		1	0.3dB
Splitters	1° Nivel (1:4)	1	7.3dB
	2° Nivel (1:8)	1	10.5dB
Margen de seguridad			3dB
Potencia total recibida			-20.7234dBm

Realizado por: Guamán, M, 2022

Para el caso del usuario más lejano de la zona 3 se obtuvo una potencia de -20.7234dBm que se encuentra dentro del umbral de sensibilidad, siendo esta la zona que más dispersión tiene de la parroquia, el enlace es totalmente efectivo.

2.4.2.7 Balance de potencias usuario más cercano – zona 4

Dentro de la zona 4 el usuario más cercano se encuentra adjunto a la red mediante la caja de distribución óptica, este enlace, por lo tanto, cuenta con los valores detallados en la tabla 38-2.

Tabla 38-2: Valor de potencia recibida-usuario más cercano zona 4

Parámetros		Cantidad	Valores
Potencia OLT			5dBm
WDM		1	0.6dB
Atenuación por fibra	Red Feeder	300m	0.105dB
	Red de Distribución	77.4m	0.02709dB
	Red de Dispersión	25.3m	0.008855dB
Atenuación por fusiones		6	0.8dB
Atenuación por Pigtails		5	1.5dB
Atenuación por Patch cords		1	0.3dB
Splitters	1° Nivel (1:4)	1	7.3dB
	2° Nivel (1:8)	1	10.5dB
Margen de seguridad			3dB
Potencia total recibida			-18.9409dBm

Realizado por: Guamán, M, 2022

Como se puede analizar de la tabla expuesta anteriormente, la potencia que se alcanzó de extremo a extremo en este enlace es de -18.9409dBm a la salida del enlace.

2.4.2.8 Balance de potencias usuario más lejano – zona 4

Para determinar el usuario más lejano de la zona 4, se observa dentro del mapa la vivienda más alejada y considerando la máxima distancia del tendido de fibra en la red de distribución de 784m desde el SPTR Z4 hasta la NAP10 Z4, estos valores se muestran en la tabla 39-2.

Tabla 39-2: Valor de potencia recibida-usuario más lejano zona 4

Parámetros		Cantidad	Valores
Potencia OLT			5dBm
WDM		1	0.6dB
Atenuación por fibra	Red Feeder	300m	0.105dB
	Red de Distribución	784m	0.2744dB
	Red de Dispersión	369m	0.12915dB
Atenuación por fusiones		6	0.6dB
Atenuación por Pigtails		5	1.5dB
Atenuación por Patch cords		1	0.3dB
Splitters	1° Nivel (1:4)	1	7.3dB
	2° Nivel (1:8)	1	10.5dB
Margen de seguridad			3dB
Potencia total recibida			-19.3086dBm

Realizado por: Guamán, M, 2022

Como resultado del balance de las potencias para el usuario más lejano de la zona 4, por lo tanto, se tiene una potencia de -19.3086dBm al extremo de la fibra. Siendo este uno de los valores más óptimos para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos activos de la red diseñada.

2.4.2.9 Balance de potencias usuario más cercano – zona 5

Para determinar el balance de potencias para el usuario más cercano de la zona 5 se utilizan los valores de la tabla 40-2 de los que la red de dispersión está adjudicada a la NAP1 Z5 con una distancia de fibra utilizada de 187 metros.

Tabla 40-2: Valor de potencia recibida-usuario más cercano zona 5

Parámetros		Cantidad	Valores
Potencia OLT			5dBm
WDM		1	0.6dB
Atenuación por fibra	Red Feeder	1,516m	0.5306dB
	Red de Distribución	187m	0.06545dB
	Red de Dispersión	72.4m	0.02534dB
Atenuación por fusiones		6	0.6dB
Atenuación por Pigtails		5	1.5dB
Atenuación por Patch cords		1	0.3dB
Splitters	1° Nivel (1:4)	1	7.3dB
	2° Nivel (1:8)	1	10.5dB
Margen de seguridad			3dB
Potencia total recibida			-19.4214dBm

Realizado por: Guamán, M, 2022

En el enlace establecido como el usuario más cercano de la zona 5 se cuenta con una potencia total de -19.4214dBm por lo que se puede decir que es un enlace óptimo.

2.4.2.10 Balance de potencias usuario más lejano – zona5

El usuario más lejano de la zona 5 para la red de distribución, es el segmento de fibra que esta desplazado desde el SPTR Z5 hasta la caja NAP14 Z5 identificada dentro de la zona, este tramo de la red cuenta con una distancia de 2.095Km de fibra por lo que es necesario incluir una fusión más en el cálculo del balance de potencias, puesto que la fibra es de una extensión máxima de 2Km.

El usuario más lejano de la zona 5 cuenta con una potencia de -20.2961dBm con lo que el enlace para este usuario de la NAP14 Z5 se mantiene dentro del umbral de sensibilidad de potencia óptica que requieren los elementos activos de la red FTTH diseñada.

Tabla 41-2: Valor de potencia recibida-usuario más lejano zona 5

Parámetros		Cantidad	Valores
Potencia OLT			5dBm
WDM		1	0.6dB
Atenuación por fibra	Red Feeder	1,516m	0.5306dB
	Red de Distribución	2,095m	0.73325dB
	Red de Dispersión	92m	0.0322dB
Atenuación por fusiones		8	0.8dB
Atenuación por Pigtailes		5	1.5dB
Atenuación por Patch cords		1	0.3dB
Splitters	1° Nivel (1:4)	1	7.3dB
	2° Nivel (1:8)	1	10.5dB
Margen de seguridad			3dB
Potencia total recibida			-20.2961dBm

Realizado por: Guamán, M, 2022

2.5 Levantamiento rural de Cotaló con la red FTTH

El levantamiento de rural de la parroquia en mapas es necesario para poder identificar el lugar exacto de cada uno de los equipos que se utilizaron en el diseño, siguiendo con el requerimiento de las planimetrías para tendido aéreo establecido en la Normativa de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica por parte de la CNT-EP. Así con la ayuda del software AutoCAD 2016 se pudo modificar la red FTTH que se diseñó en Google Earth Pro permitiendo mantener las distancias exactas con la precisión que cuenta dicho software, esto siguiendo los siguientes pasos.

- La obtención del diseño de la red en Google Earth Pro

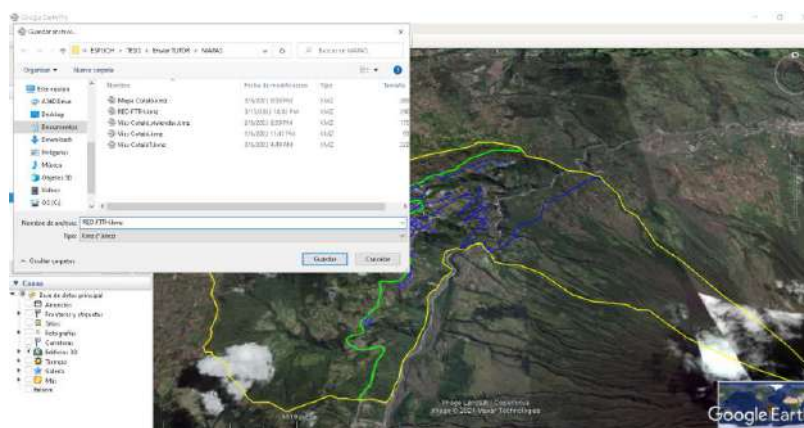


Figura 21-2. Generar el mapa de la red en Google Earth Pro

Realizado por: Guamán, M, 2022

Como se puede observar en la Figura 20-2 al guardar el documento se requiere que este se encuentre con la extensión KMZ para poder continuar con el siguiente punto.

- Conversión de la extensión del documento a GPX, este proceso se lo realizó mediante un software en línea denominado GPSVisualizer



Figura 22-2. Selección de formato de archivo en GPSVisualizer

Realizado por: Guamán, M, 2022

En la ventana del software en línea que se puede ver en la figura 21-2 permite seleccionar múltiples extensiones de mapas dependiendo de la compatibilidad de las herramientas con las que se cuente, para lo que se requiere utilizar la extensión de archivo GPX, en mismo programa nos brinda el enlace de descarga del archivo que es compatible con el siguiente apartado.

- Recuperación del archivo en formato dxf con la ayuda del software MapSource

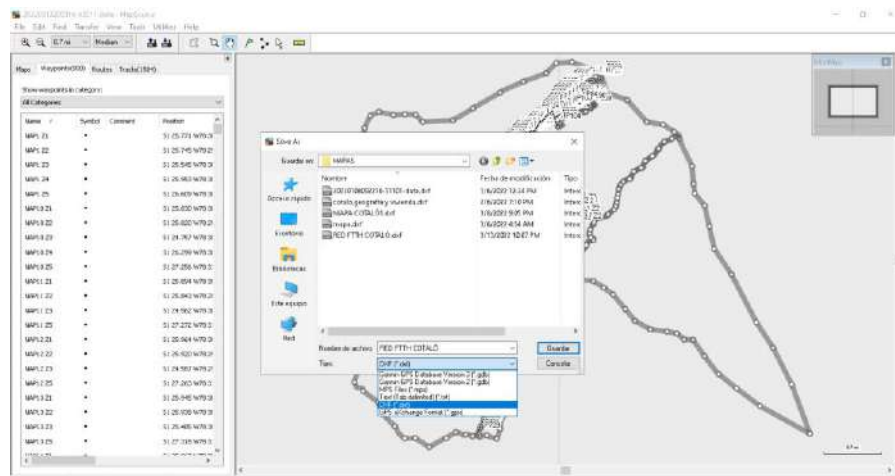


Figura 23-2. Guardado del archivo en MapSource

Realizado por: Guamán, M, 2022

Con la ayuda del software que se muestra en la figura 21-2 que se puede decir que es un instrumento únicamente de transición se puede guardar el mapa realizado en coordenadas UTM como se muestra en la figura 22-2, para mantener así la misma región con sus dimensiones y posicionamiento establecido de los equipos de la red.

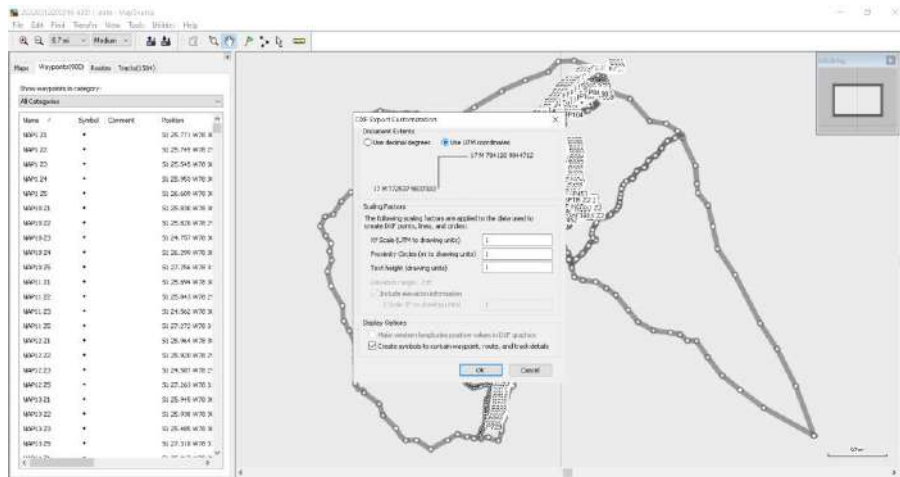


Figura 24-2. Selección de coordenadas UTM en MapSource

Realizado por: Guamán, M, 2022

Con la ubicación del mapa en las coordenadas seleccionadas el archivo se genera de tal manera que las modificaciones que se lleguen a realizar en el programa, sea pueden hacer proceso inverso para poder visualizar de mejor manera en el programa de Google Earth Pro, que fue el punto inicial del diseño.

- Se abre el mapa en el software AutoCAD 2016 para su posterior edición

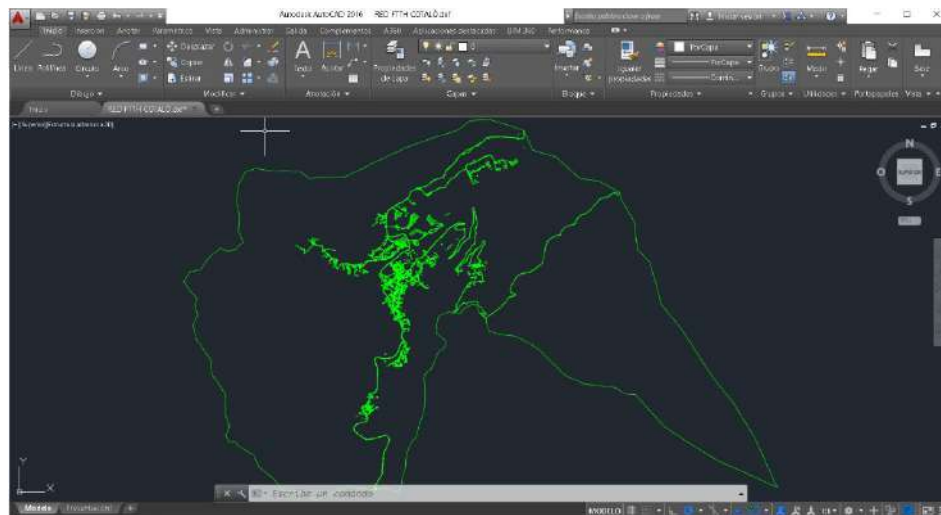


Figura 25-2. Mapa de la red FTTH en el software AutoCAD 2016

Realizado por: Guamán, M, 2022

Finalmente se obtiene un mapa de la parroquia Cotaló georreferenciadas las ubicaciones de los elementos de la red, así como las distancias de la fibra a tenderse en los tramos, las viviendas, red vial de toda la parroquia Cotaló, que se puede ver en la figura 24-2. Con esto, en el **Anexo P** del presente documento se puede ver el levantamiento rural con la ubicación de los elementos pasivos y el despliegue de la fibra óptica.

CAPÍTULO III

3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo consta del análisis de resultados obtenidos de los balances de potencias de cada uno de los enlaces de la red FTTH diseñada para la parroquia rural Cotaló, misma que está basada en la normativa de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica de la CNT-EP. Por lo que con los datos obtenidos en el capítulo anterior se determinara el usuario más cercano y el más lejano de toda la red.

También contiene los dos casos extremos de conexión a la red simulados mediante software que permita corroborar los cálculos obtenidos del diseño de la red. Utilizando la metodología de evaluación mediante balance de potencias es suficiente realizarlo para el más cercano y más lejano de la red planificada.

Además, en el presente capítulo se analiza la calidad de recepción del servicio Triple Play; basado en las posibles perturbaciones que se presentan en el numeral 1.14.1 del primer capítulo del presente trabajo de titulación, siendo el caso de no exceder los 150ms de retardo en la comunicación, el 1% de paquetes perdidos y los 30ms de *Jitter*.

3.1 Análisis del balance de potencias

Para realizar el análisis de potencias del usuario más cercano y más lejano de toda la red se lo realizará mediante la potencia que se tenga en el extremo del enlace analizado. Como se puede ver la tabla 1-3 en donde se detallan las potencias del usuario más cercano y lejano de cada zona.

Tabla 1-3: Potencias de receptor de enlaces por zona

Zona	Usuario	Potencia
Zona 1	Más cercano	-18.8349dBm
	Más lejano	-19.0850dBm
Zona 2	Más cercano	-20.8035dBm
	Más lejano	-21.0869dBm
Zona 3	Más cercano	-19.4477dBm
	Más lejano	-20.7234dBm
Zona 4	Más cercano	-18.9409dBm
	Más lejano	-19.3086dBm
Zona 5	Más cercano	-19.4214dBm
	Más lejano	-20.2961dBm

Realizado por: Guamán, M, 2022

Como se puede ver en el análisis del balance de potencias de la tabla anterior, se concluye que el usuario más cercano es el de que se encuentra identificado como el usuario más cercano de la zona 1 (celeste), es decir, cuenta con una distancia de desplazamiento de fibra total de 74.78 metros; su red *Feeder* parte de la caja NAP4 Z1. El usuario más lejano de toda la red por lo tanto es el que se encuentra ubicado en la zona 2 (amarillo) con una distancia total de tendido de fibra de 5.9627Km además que se encuentra unido a la red FTTH por el *Splitter* del segundo nivel ubicado en la caja de distribución óptica identificada como NAP13 Z2.

En el grafico 1-3 se puede observar que todos los usuarios analizados en el capítulo anterior se encuentran dentro del margen de umbral de sensibilidad de los equipos OLT y ONT que se encuentran detallados en el capítulo 2 y en los **Anexos I y J**. En consecuencia, de cumplir con la norma de diseño de la CNT-EP se consideró que ningún enlace de la red puede tener más de los -25dBm de con lo que trabaja la empresa pública CNT.

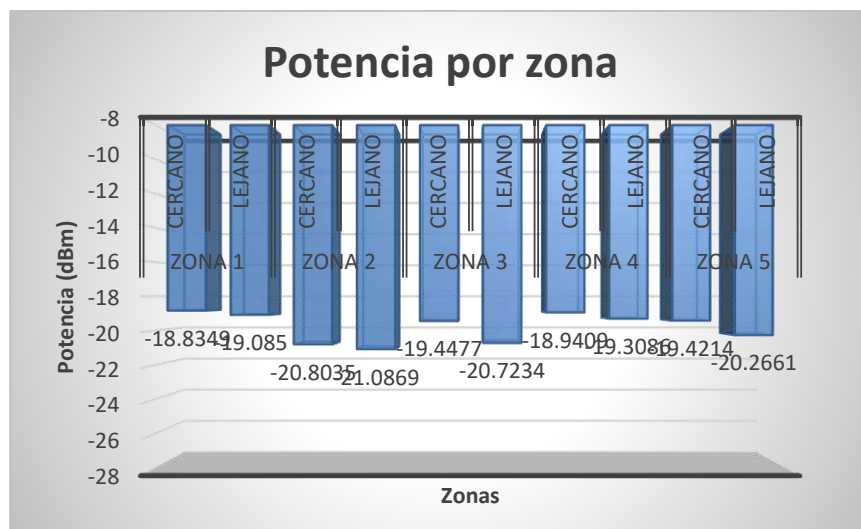


Gráfico 1-3. Potencias de enlaces de usuarios más cercano y lejano por zonas

Realizado por: Guamán, M, 2022

Como se aprecia en el grafico 1-3, en la zona 1 se encuentra el usuario más cercano a la OLT, mientras que en la zona 2 se encuentra el usuario más lejano, también se puede diferenciar que todas las potencias se encuentran dentro del umbral de recepción y no sobrepasan los -25dBm que establece como norma la CNT-EP.

3.2 Simulación de la red FTTH

Para la simulación de la red se lo realizó con la ayuda del software OptiSystem 7.0 del año 2018, mismo que se seleccionó debido a sus bondades de simulación de redes de transmisión de potencia óptica y a la gran versatilidad que cuentan los elementos pasivos de las redes GPON.

Para poder evidenciar el correcto balance de potencias que se tendrá al ejecutar como implementación el diseño del presente trabajo de titulación, ya que, el simulador nos ayuda a tener una visualización clara de la red, considerando las pérdidas por cada elemento pasivo de la red. Es por ello que, se simuló en el software los casos extremos de la red, es decir, el usuario más cercano a la OLT de toda la red, así como también el que se encuentra más alejado de esta.

3.2.1 Características de simulación de la OLT

Para la simulación de la OLT o del transmisor de la red se requiere de 2 transmisores ópticos que tendrán la labor de inyectar potencia a diferentes longitudes de onda para Datos y voz a 1490nm y para Tv digital a 1550nm, estos servicios pasan posteriormente a ser multiplexados en usando la técnica WDM para poder transmitir por la fibra Monomodo a 1310nm como se puede ver en la figura 2-3 a continuación.

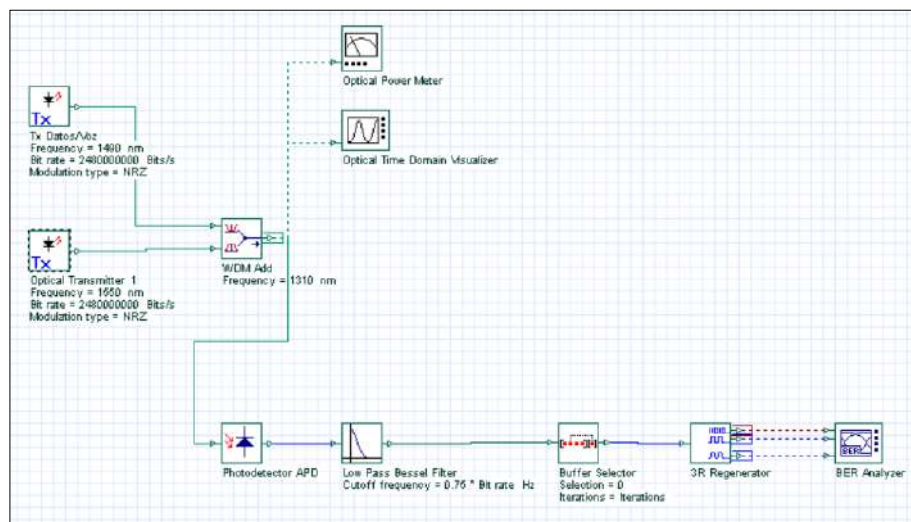


Figura 1-3. Simulación OLT

Realizado por: Guamán, M, 2022

Además de los transmisores que se requieren para generar la potencia y el multiplexor a una sola longitud de onda se puede ver en la figura 1-3 anterior, una etapa de comprobación de los datos que posteriormente serán analizados, en este capítulo, como parte de los resultados en cuanto a la comparación de la información que ingresa al sistema y la que llega al receptor de la red.

3.2.2 Simulación usuario más cercano

Para la simulación de la red se utilizaron los elementos pasivos con los que cuenta el software teniendo por lo tanto los parámetros en cada uno de estos segmentos la configuración de los elementos como se puede ver en la figura 2-3 a continuación.

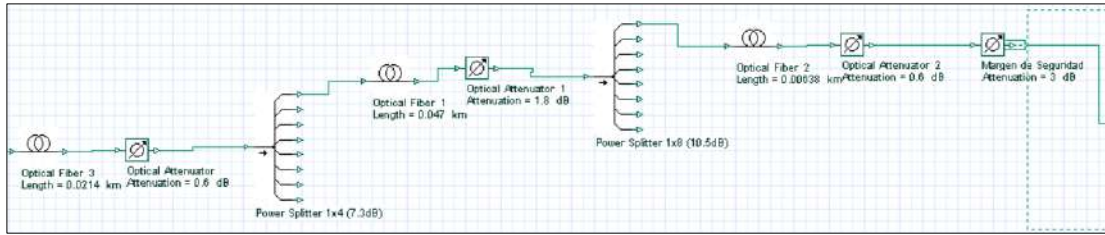


Figura 2-3. Simulación de elementos pasivos para el usuario más cercano

Realizado por: Guamán, M, 2022

Por lo tanto, se requiere configurar los parámetros de estos elementos que corresponden a la red desplegada para poder dotar de la red de fibra óptica diseñada para el usuario más cercano. Así como se muestra a continuación la configuración de la atenuación principalmente que presentan en la potencia los elementos de la red PON.

3.2.2.1 Atenuación de la fibra en la simulación-usuario más cercano

Todos los tramos; redes Feeder, de Distribución y de Dispersión deben ser consideradas en el software para que este pueda calcular la atenuación dependiendo de la distancia de la fibra, la longitud de onda de transmisión y la atenuación por cada Km. Esto se ve en la figura 3-3.

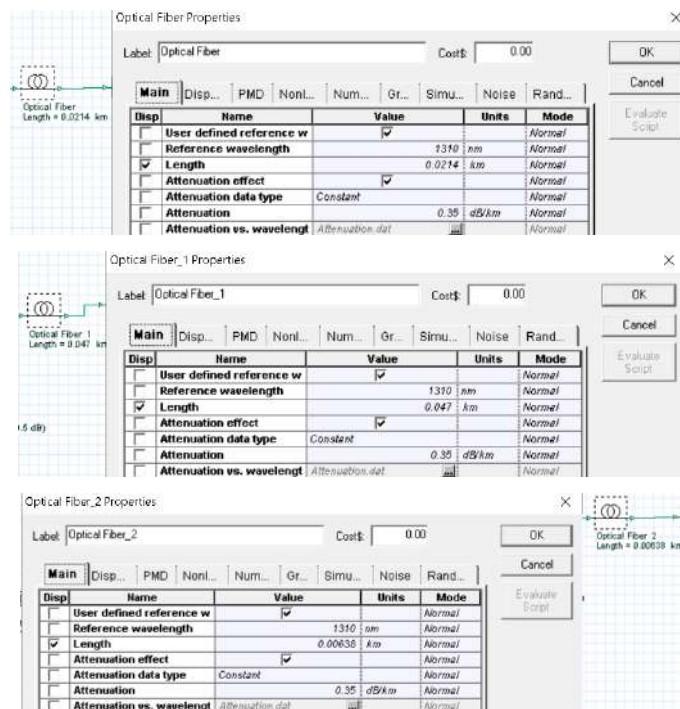


Figura 3-3. Simulación atenuación por fibra-usuario más cercano

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.2.2.2 Simulación de la atenuación por fusión-usuario más cercano

Las fusiones son representadas mediante el uso de otro atenuador óptico, haciendo referencia a la suma de todas las fusiones existentes en el enlace simulado en este caso 6 fusiones contiene esto se puede ver en la figura 4-3.

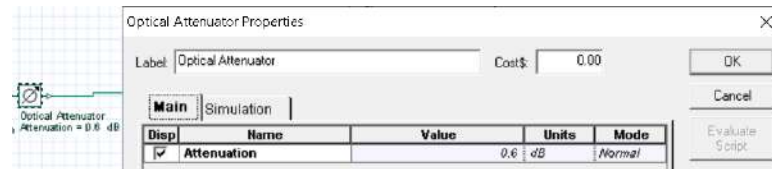


Figura 4-3. Simulación atenuación por fusión-usuario más cercano

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.2.2.3 Simulación de atenuación por Pigtails-usuario más cercano

De la misma manera que la atenuación por la fibra se realizó la variación de esta atenuación en conjunto de los pigtails usados en el enlace, así se puede ver en la figura 5-3.

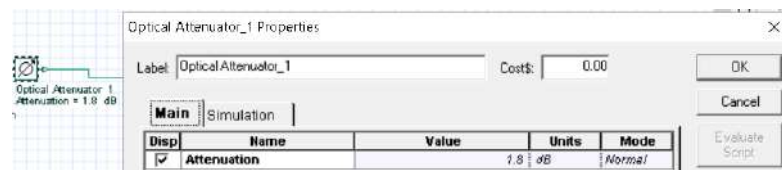


Figura 5-3. Simulación atenuación por Pigtails-usuario más cercano

Realizado por: Guamán, M, 2022

Como se puede observar se configuro un total de 1.8dB para la atenuación para representar a todos los pigtails usados en este enlace de fibra óptica.

3.2.2.4 Simulación atenuación por Patch cords-usuario más cercano

Otro parámetro que se requiere para realizar el presupuesto óptico de la red es las perdidas por los patch cords que se usan siendo necesarios 2 en el caso de este enlace. Esto se puede ver en la figura 6-3 a continuación.

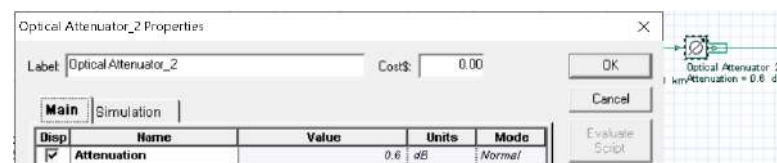


Figura 6-3. Simulación de atenuación por patch cord-usuario más cercano

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.2.2.5 Atenuación de Splitters en la simulación-usuario más cercano

Los dos niveles de Spliteo cuentan con su propia característica de atenuación para el enlace óptico como se analizó en el capítulo anterior, para la simulación estos valores deben ser incluidos en la atenuación de los elementos pasivos de distribución de potencia de luz. Esto se puede ver en la figura 7-3.



Figura 7-3. Configuración de la atenuación de Splitters en la simulación

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.2.3 Simulación usuario más lejano

El análisis para la simulación del usuario más lejano también consta de mantener presente las características del enlace que se esté simulando como se describe a continuación cada una de ellas. En la figura 8-3 se puede ver la simulación de la red para el usuario más lejano de toda la red.

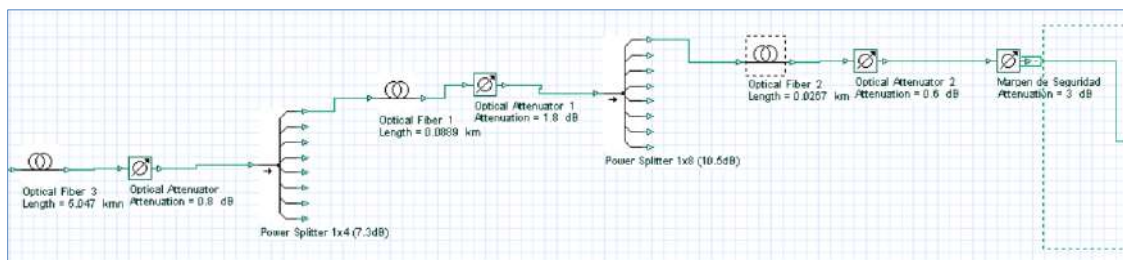


Figura 8-3. Simulación del enlace del usuario más cercano de la red

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.2.3.1 Atenuación de la fibra en la simulación- usuario más lejano

De la misma manera que el usuario más cercano, en esta ocasión es necesario únicamente establecer los parámetros como la distancia de las redes Feeder, de Distribución y de Dispersión, su atenuación y la longitud de onda a la que opera este enlace. Teniendo los valores que se detallan en la figura 9-3.

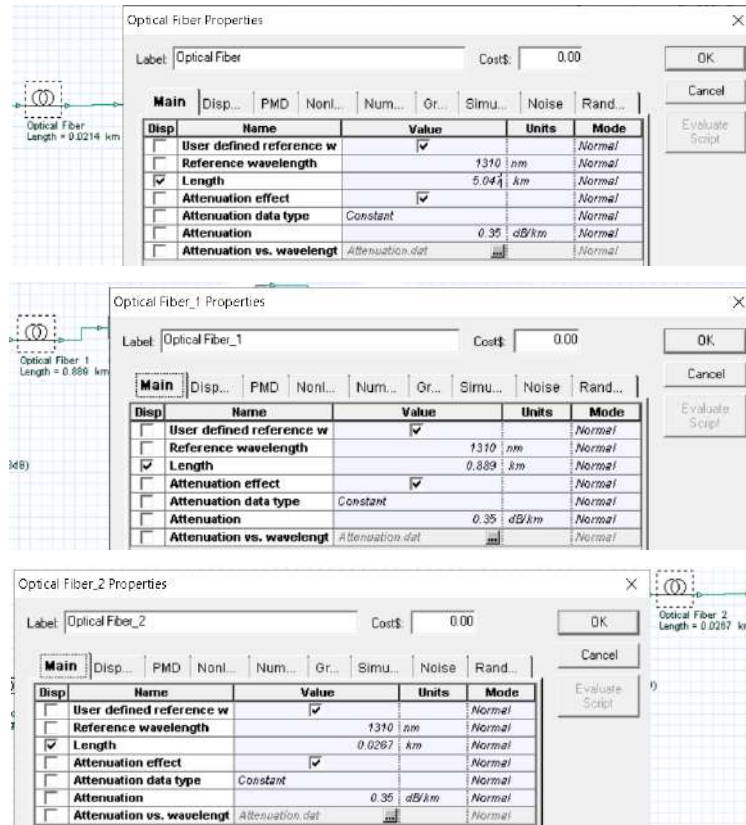


Figura 9-3. Simulación atenuación por fibra-usuario más lejano

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.2.3.2 Simulación atenuación por fusiones-usuario más lejano

El número de fusiones en este enlace es de 8 es por ello que el parámetro de atenuación de la fibra es de 0.8dB que se configuro de tal manera como se ve en la figura 10-3 de abajo.

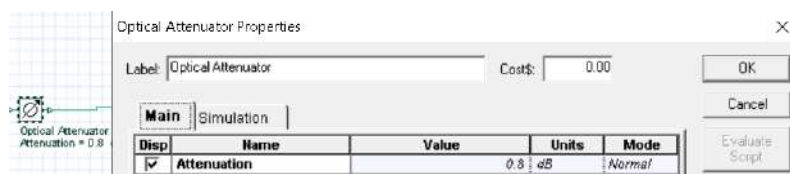


Figura 10-3. Simulación atenuación por fusión-usuario más lejano

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.2.3.3 Simulación de las pérdidas por Pigtail-usuario más lejano

Las pérdidas por Pigtail utilizados en este enlace de fibra óptica se configuró como se ve en la figura 11-3.

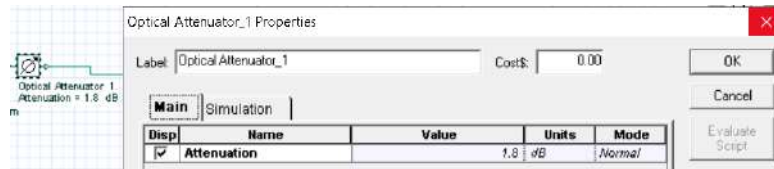


Figura 11-3. Simulación atenuación por Pigtailes-usuario más lejano

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.2.3.4 Simulación de las pérdidas por Patch cord-usuario más lejano

Los patch cords de este enlace siguen siendo 2 es por ello que el atenuador óptico que se ve en la simulación tiene 0.6dB de atenuación como se ve en la figura 12-3.

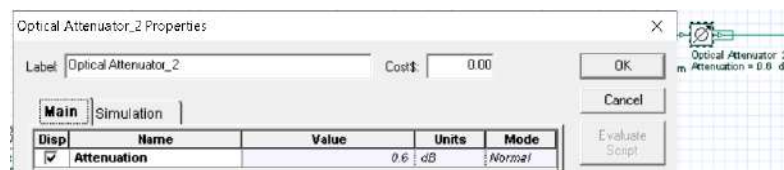


Figura 12-3. Simulación de atenuación por patch cord-usuario más lejano

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.2.3.5 Atenuación de Splitters en la simulación-usuario más lejano

Las atenuaciones de los *Splitters* de la misma manera se consideran en la simulación de la atenuación del balance óptico, por lo que la figura 13-3 demuestra estos valores.

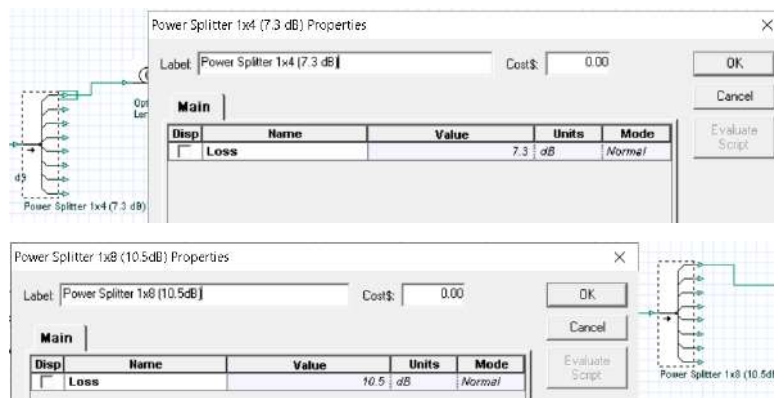


Figura 13-3. Simulación atenuación de Splitters-usuario más lejano

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.2.4 Características de simulación de la ONT

La etapa de recepción que se simula en el software es básicamente la transformación de la información óptica en eléctrica para poder obtener así el posterior análisis de la información que sale de los enlaces de la red diseñada, esto se puede ver en la Figura 14-3 a continuación.

De la misma manera se pueden identificar equipos de visualización de la información, así como de la potencia óptica que sale del enlace de comunicación por fibra óptica, de esta manera se determinará posteriormente el balance de la potencia y la correcta recepción de información para brindar el paquete de servicios Triple Play.

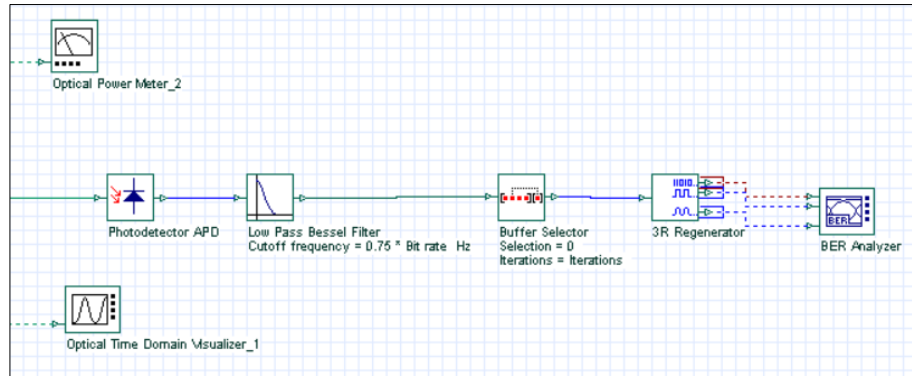


Figura 14-2. Simulación ONT

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.3 Análisis de resultados de simulación

El motivo principal de la simulación consiste en la obtención de la potencia que se recibe en los extremos de los enlaces, siendo el margen de seguridad de 3dB y para precautelar el sobre calentamiento e incluso la avería de los elementos activos de la red por lo que los valores obtenidos de la simulación son los detallados posteriormente.

La finalidad de la simulación también es poder garantizar que los usuarios obtengas en su hogar el paquete de servicios Triple Play para lo cual se analizó mediante las herramientas del software denominadas como:

- Optical power meter (Medidor de potencia óptica)
- Optical Time Domain Visualizer (Visualizador óptico en dominio del tiempo)
- BER Analyzer (Analizador del BER)

3.3.1 Análisis de Potencia Óptica

Para poder determinar el correcto balance de potencias se lo realiza mediante la medición de la potencia óptica en el software de tal manera que se determina la potencia de salida en la salida

del enlace de fibra óptica partiendo con la potencia de 5dBm en el transmisor como se puede ver en la figura 15-3 mostrada a continuación.



Figura 15-3. Potencia de ingreso al enlace (salida de la OLT)

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.3.1.1 Potencia obtenida para el usuario más cercano

Mediante el uso de la fórmula matemática, considerando las características de la red GPON con arquitectura FTTH se obtiene la potencia óptica de -18.8349dBm, y en el simulador se observa el valor de -19.097dBm; lo que representa una diferencia de 0.2621 obtenido en la figura 16-3.

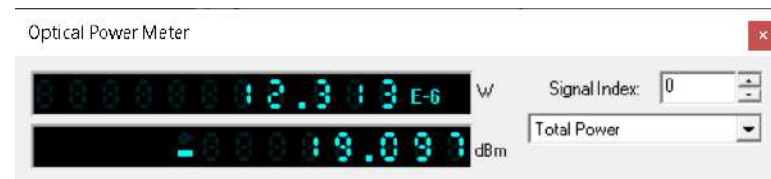


Figura 16-3. Potencia resultante de la simulación-usuario más cercano

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.3.1.2 Potencia obtenida para el usuario más lejano

De la misma manera en el balance de potencias realizado para el usuario más lejano se obtuvo una potencia de -21.0869dBm y el valor arrojado por el simulador es de -21.135dBm con una diferencia de 0.0481 figura 17-3.

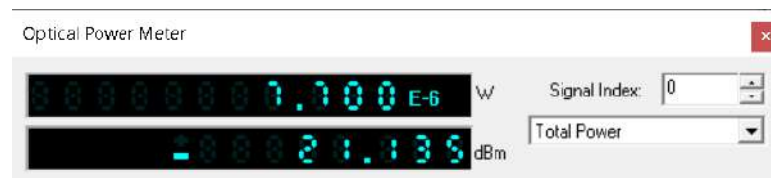


Figura 17-3. Potencia resultante de la simulación-usuario más lejano

Realizado por: Guamán, M, 2022

El balance de potencias, por lo tanto, está comprobado para esta red FTTH, ya que ha sido diseñada tomando en consideración los aspectos de redes que no sobrepasen los -25dBm

establecida por la normativa de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica por parte de la CNT-EP y a su vez pertenece a la clasificación de las redes GPON de clase B ya que esta admite potencias de entre -10dBm hasta los -25dBm.

3.3.2 Análisis en el dominio del tiempo

El análisis realizado en el dominio del tiempo determina el retraso en la comunicación debido al canal, así como también el *Jitter* del sistema de comunicación, así se puede observar en la figura 18-3 que se presenta debajo.

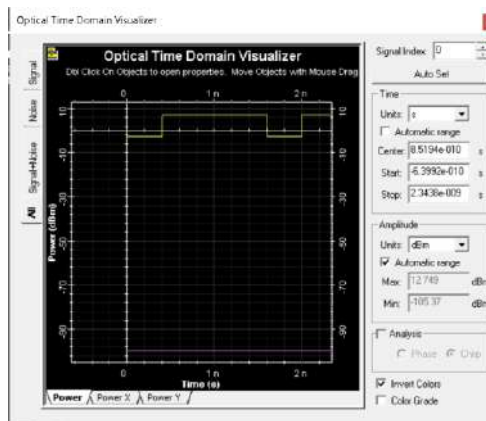


Figura 18-3. Señal de salida en la OLT

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.3.2.1 Análisis en el dominio del tiempo del usuario más cercano

Con la simulación de esta grafica en el dominio del tiempo se puede establecer las perturbaciones que existirán en el canal, enlace de comunicación, del usuario más cercano. Esta se puede ver a continuación en la figura 19-3.

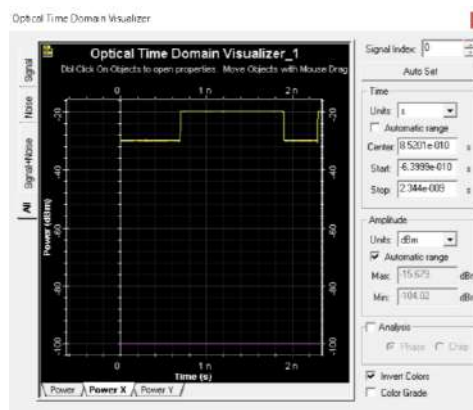


Figura 19-3. Señal en la entrada de la ONT-usuario más cercano

Realizado por: Guamán, M, 2022

Como se puede ver en la figura 19-3 el retardo o tiempo de retraso de la comunicación son escasos $0.7\eta s$ que se encuentra por muy debajo del mínimo requerido para la prestación del servicio de voz que es permitido hasta $150ms$, así también el *Jitter* del enlace de comunicación es de aproximadamente $0.3\eta s$ y de la misma manera se encuentra por muy debajo de lo permitido para establecer comunicación para voz que es $30ms$.

3.3.2.2 Análisis en el dominio del tiempo del usuario más lejano

Para el usuario más lejano también se simuló los datos que se obtienen a la llegada de la ONT de la vivienda de este abonado, por lo que se obtiene la figura 20-3 mostrada a continuación.

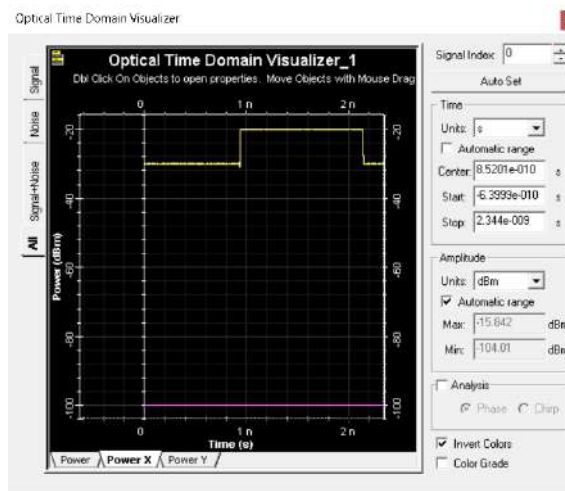


Figura 20-3. Señal en la entrada de la ONT-usuario más lejano

Realizado por: Guamán, M, 2022

Al comparar la señal a la salida del enlace con la señal que sale de la OLT se puede determinar el tiempo de retardo o la latencia de la información con que está llegando los paquetes de comunicación de tal manera que es $0.97\eta s$ y un *Jitter* de $0.57\eta s$ que se mantienen por debajo de los requerimientos para la comunicación del servicio a ser más considerado por sus características de comunicación entre canales que son $150ms$ y $30ms$ respectivamente.

3.3.3 Análisis del ancho de banda

Otro factor muy importante para poder garantizar la funcionalidad de los tres servicios que conforman el paquete Tiple Play es el ancho de banda máximo que se puede dar a cada usuario, por lo tanto el usuario final de cada red según lo analizado previamente en el presente trabajo de titulación demuestra que los abonados a esta infraestructura de red es de un total de $33.304Mbps$, mismos que se encuentran distribuidos en un canal asimétrico de comunicación de tal forma que cuenta cada usuario con $22.143Mbps$ de bajada y contando con un valor máximo de $11.161Mbps$.

Para que la red no se congestione y genere problemas de conectividad a los usuarios es necesario utilizar el servicio directamente hacia el usuario, es decir sin compartición, así se logra obtener un ancho de banda de 20Mbps para cada usuario, es decir, este es el valor mínimo que permite otorgar el paquete Triple Play con el tipo de compresión de imágenes en movimiento MPEG-4.

3.3.4 Análisis del BER

El análisis del Bit Error Rate o Tasa de Error de Bits permite determinar la cantidad de datos recibidos con error o a su vez que no se han recibido es por ello que el valor del BER representa el porcentaje de los bits perdidos en la comunicación.

En la salida del transmisor se obtuvo el diagrama de ojo mostrado en la figura 21-3 a continuación, en donde además se presentan los valores del BER de la OLT.

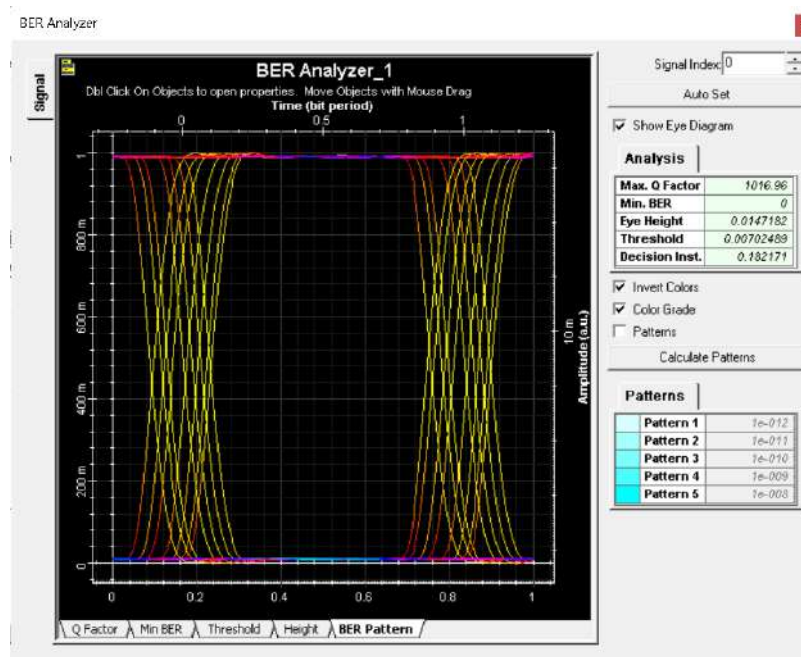


Figura 21-3. Diagrama de ojo, análisis BER-en la OLT

Realizado por: Guamán, M, 2022

En la figura 21-3 se puede ver el diagrama de ojo de la señal que sale de la OLT ya multiplexada para operar a una longitud de onda de 1310nm, además en el lado superior derecho se distinguen los valores del factor de calidad de 1016.96 y no existe un valor del BER mínimo puesto que esta la señal sin distorsión alguna.

3.3.4.1 Análisis del BER para el usuario más cercano

En la figura 22-3 se puede apreciar el diagrama de ojo que ha sufrido perturbaciones en el canal de comunicación, pasando por los elementos pasivos de la red PON, en el cual se obtienen los valores del máximo factor de calidad de 14.87 y de igual manera se tiene un valor del BER de 2.47×10^{-50} por lo que este valor al ser muy bajo no representa ni el 1% de bits perdidos que se requiere para mantener una buena comunicación del servicio de voz.

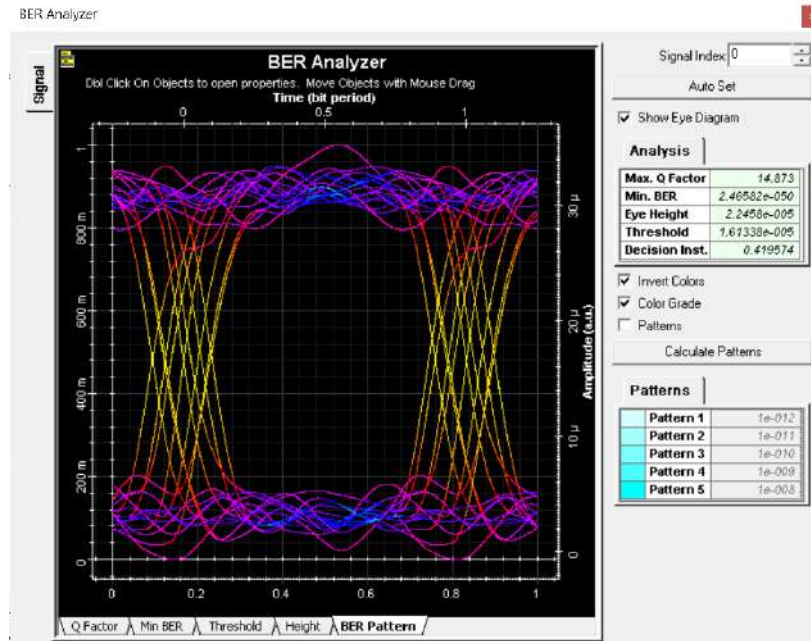


Figura 22-3. Diagrama de ojo, análisis del BER en la ONT del usuario más cercano

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.3.4.2 Análisis del BER para el usuario más lejano

De igual manera se comprobó que la comunicación que reciba el usuario más lejano de la red diseñada se encuentra con un máximo factor de calidad de 12.61 y el valor mínimo del BER para este usuario es de 8.72×10^{-37} de la misma manera son valores por muy abajo del 1% de bits perdidos que permitirán la correcta comunicación aun para el servicio más crítico que forma parte de este paquete Triple Play, la voz, a brindar a los abonados de la red diseñada.

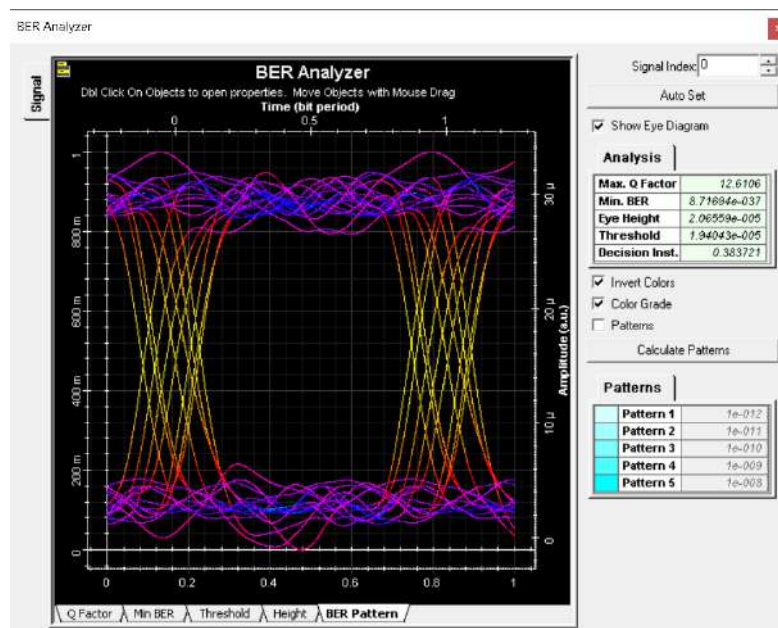


Figura 23-3. Diagrama de ojo, análisis del BER en la ONT del usuario más lejano

Realizado por: Guamán, M, 2022

3.4 Comparación de resultados

Se realizó la respectiva comparación de los valores del análisis general de la red FTTH diseñada, con los valores que se presentan a continuación tanto para establecer los valores de potencia como también, para poder entregar el paquete Triple Play con calidad a todos los abonados, además de los valores establecidos en la normativa de la CNT-EP en la que se basó el presente diseño.

Tabla 2-3: Comparación de los valores de la normativa y obtenidos

Parámetro	Normativa	Cálculos matemáticos		Simulación	
		Más cercano	Más lejano	Más cercano	Más lejano
Max Potencia	-25dBm	-18.8349dBm	-21.0869dBm	-19.097dBm	-21.135dBm
Latencia	< 150 ms	-----	-----	0.7ns	0.97ns
Jitter	< 30 ms	-----	-----	0.3ns	0.57ns
BER	1%	-----	-----	2.47×10^{-50}	8.72×10^{-37}

Realizado por: Guamán, M, 2022

De la tabla anteriormente expuesta se puede ver que la red es totalmente factible en todos los enlaces, ya que se analizó los extremos, es decir el usuario más lejano y el más cercano de toda la red, así también los valores de perturbación se simularon y corresponden a niveles inferiores en comparación con los lineamientos establecidos para brindar el servicio de voz ya que este es el más susceptible del paquete Triple Play.

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS ECONÓMICO

El objetivo de este capítulo es determinar la inversión que tomará en implementar la red diseñada en el capítulo II del presente documento, tomando en consideración la mejor opción para los usuarios que formasen parte del despliegue de la red. Debido a que se dividió a la parroquia en 5 zonas de la misma manera se realizara el estudio económico para las redes *Feeder*, de Distribución y de Dispersión con los elementos utilizados para cada tramo de la red.

4.1 Presupuesto requerido

El presupuesto que se requiere para la implementación de la red diseñada esta detallado a continuación son las herramientas y equipos, en base a cada una de las zonas se determinó la inversión de los elementos pasivos, los servicios contratados para así contar con los valores totales de inversión, mismos que se detallan a continuación.

4.1.1 Equipos

En la tabla 1-4 se puede ver la inversión necesaria únicamente para la adquisición de los equipos que conformaran la red FTTH diseñada.

Tabla 1-4: Presupuesto de inversión de los equipos

Equipos	Cantidad	P. Unitario (\$)	P. Total (\$)
OLT (MA5600T)	1	3,000	3,000
ONT (HG825M)	512	35	17,920
IRD (H-IRD-V3)	1	1,945	1,945
Modulador RF	1	1,850	1,850
Codificador	1	870	870
Multiplexor WDM	1	803	803
Planta de luz	1	5,000	5,000
Total			31,388

Realizado por: Guamán, M, 2022

Como se puede ver por el gran número de ONT's se eleva el presupuesto únicamente para la adquisición de los equipos. Y también pensando en los diferentes percances que pueda ocurrir en la red eléctrica se debe prever con una planta de energía de back up para que no sufran daño alguno los equipos de la que inyectaran potencia a la red, dando como totalidad un valor de \$31,388.

4.1.2 Presupuesto económico zona 1

En la tabla a continuación se detallan los valores de los elementos pasivos y de sujeción para la zona 1 de la red.

Tabla 2-4: Presupuesto de elementos pasivos para la zona 1

Redes	Elementos	cantidad	P. Unitario (\$)	P. Total (\$)
Feeder	Mangas	1	99.99	99.99
	WDM	4	2.80	11.20
	Fibra Drop 4-hilos	21.4m	1.10	23.54
	Herrajes de sujeción	2	5	10
	Splitters (1:4)	4	7.50	30
	Pigtail	4	1.25	5
Distribución	NAP + Splitter 1:8	14	26	364
	Fibra ADSS Monomodo (2 hilos)	3,475.1m	0.40	1,390.04
	Pigtail	28	1.25	35
	Herrajes de sujeción	50	5	250
Dispersión	Roseta óptica	112	4.99	558.88
	Fibra ADSS Monomodo (2 hilos)	2,116m	0.40	846.40
	Patch cord	112	2	224
	Pigtail	224	1.25	280
	Herrajes de sujeción	120	5	600
Total				4,728.05

Realizado por: Guamán, M, 2022

Como se puede ver en la tabla 2-4 el total a invertir para la zona 1 es \$4,728.05, considerando el costo de la totalidad de los elementos de la red GPON que se despliega a los 112 abonados en esta zona.

4.1.3 Presupuesto económico zona 2

Para calcular el presupuesto necesario en la zona 2 se detalla los valores de la tabla 3-4 a continuación, siendo estos únicamente los elementos pasivos de la red y elementos de sujeción previstos en el diseño de la red.

Tabla 3-4: Presupuesto de elementos pasivos para la zona 2

Redes	Elementos	cantidad	P. Unitario (\$)	P. Total (\$)
Feeder	Mangas	1	99.99	99.99
	Fibra Drop 4-hilos	5,047m	1.10	5,551.70
	Herrajes de sujeción	108	5	540
	Splitters (1:4)	4	7,50	30
	WDM	4	2.80	11.20
	Pigtail	4	1.25	5

Distribución	NAP + Splitter 1:8	13	26	338
	Fibra ADSS Monomodo (2 hilos)	3,992.60m	0.40	1,597.04
	Pigtail	26	1,25	32.50
	Herrajes	92	5	460
Dispersión	Roseta óptica	104	4,99	518,96
	Fibra ADSS Monomodo (2 hilos)	3,599	0.40	1,439.60
	Patch cord	104	2	208
	Pigtail	208	1.25	260
	Herrajes de sujeción	86	5	430
Total				11,003.03

Realizado por: Guamán, M, 2022

Se requiere para la implementación de la zona 2 una totalidad de \$11,003.03 esto se debe a que es la zona más distante de la OLT y por lo tanto requiere de mayor cantidad de fibra tendida.

4.1.4 Presupuesto económico zona 3

Esta zona consta de la dispersión de población mayor, por ende, de las viviendas de la zona también, lo que lleva a que los valores de los elementos pasivos usados en la red son los que se muestran en la tabla 4-4.

Tabla 4-4: Presupuesto de elementos pasivos para la zona 3

Redes	Elementos	cantidad	P. Unitario (\$)	P. Total (\$)
Feeder	Mangas	1	99.99	99.99
	Fibra Drop 4-hilos	1,455m	1.10	1,600.50
	Herrajes de sujeción	58	5	290
	Splitters (1:4)	4	7.50	30
	WDM	4	2.80	11.20
	Pigtail	4	1.25	5
Distribución	NAP + Splitter 1:8	13	26	338
	Fibra ADSS Monomodo (2 hilos)	17,756	0.40	7,102.40
	Pigtail	26	1.25	32,50
	Herrajes	262	5	1,310
Dispersión	Roseta óptica	104	4.99	518,96
	Fibra ADSS Monomodo (2 hilos)	6,287.30	0.40	2,514.92
	Patch cord	104	2	208
	Pigtail	208	1.25	260
	Herrajes de sujeción	186	5	930
Total				13,391.32

Realizado por: Guamán, M, 2022

El presupuesto que se requiere para la implementación de los elementos pasivos de la zona 3 es de \$13,391.32 debido a las grandes distancias que existe en la red de distribución.

4.1.5 Presupuesto económico zona 4

La zona 4 es la que cuenta con la menor cantidad de viviendas y de la misma manera están ubicadas concéntricamente, por lo que el valor de inversión para esta zona es el que se detalla en la tabla 5-4.

Tabla 5-4: Presupuesto de elementos pasivos para la zona 4

Redes	Elementos	cantidad	P. Unitario (\$)	P. Total (\$)
Feeder	Mangas	1	99.99	99.99
	Fibra Drop 4-hilos	300m	1.10	330
	Herrajes de sujeción	12	5	60
	Splitters (1:4)	3	7.50	22.50
	WDM	3	2.80	11.20
	Pigtail	3	1.25	3.75
Distribución	NAP + Splitter 1:8	10	26	260
	Fibra ADSS Monomodo (2 hilos)	3,474.90m	0.40	1,389.96
	Pigtail	20	1.25	25
	Herrajes	8	5	40
Dispersión	Roseta óptica	80	4.99	399,20
	Fibra ADSS Monomodo (2 hilos)	2,779.40m	0.40	1,111.76
	Patch cord	80	2	160
	Pigtail	160	1.25	200
	Herrajes de sujeción	94	5	470
Total				4,184.16

Realizado por: Guamán, M, 2022

El total de dinero necesario para el despliegue de elementos pasivos de la zona 4 es el más bajo, es decir \$4,184.16.

4.1.6 Presupuesto económico zona 5

La zona 5 también cuenta con la red de distribución dividida en dos partes que se encuentran aisladas entre sí por alrededor de 1Km, sin embargo, la factibilidad de los elementos pasivos y las características ópticas de las redes GPON permiten su asociación manteniendo un correcto balance de potencias para la evaluación de los enlaces. Es por ello que se reflejan los valores económicos de la tabla 6-4.

Tabla 6-4: Presupuesto de elementos pasivos para la zona 5

Redes	Elementos	cantidad	P. Unitario (\$)	P. Total (\$)
Feeder	Mangas	1	99.99	99.99

	Fibra Drop 4-hilos	1,516m	1.10	1667.60
	Herrajes de sujeción	116	5	580
	Splitters (1:4)	4	7.50	30
	WDM	4	2.80	11.20
	Pigtail	4	1.25	5
Distribución	NAP + Splitter 1:8	14	26	364
	Fibra ADSS Monomodo (2 hilos)	17,919m	0.40	7,167.60
	Pigtail	28	1.25	35
	Herrajes	144	5	720
Dispersión	Roseta óptica	112	4.99	558.88
	Fibra ADSS Monomodo (2 hilos)	4,813.30	0.40	1,925.32
	Patch cord	112	2	224
	Pigtail	224	1.25	280
	Herrajes de sujeción	98	5	490
Total				14,158.59

Realizado por: Guamán, M, 2022

La inversión para la zona 5 de la red planificada por lo tanto es de una totalidad de \$14,158.59 debido a la mayor inversión que tiene en la red de distribución por estar seccionada en dos partes; la una relativamente cerca y la otra considerablemente alejada.

4.1.7 Implementación y mantenimiento de la red

Para poder implementar la red se requiere de mano de obra como de equipos que permitan dar mantenimiento a la red ya implementada, estos valores se detallan en la tabla 7-4.

Tabla 7-4: Detalle presupuesto implementación y mantenimiento de la red

Descripción	Cantidad	P. Unitario (\$)	P. Total (\$)
Mano de obra directa	2	850	1700
Mano de obra indirecta	2	425	850
Fusionadora	1	900	900
OTDR	1	1499	1499
Cinturón de seguridad	3	32	96
Casco	3	20	60
Herramientas varias	1	500	500
Total			5,605

Realizado por: Guamán, M, 2022

Como se puede apreciar en la tabla anterior se requiere un total de \$5,605 para poder implementar y dar mantenimiento a la red, es decir este costo representa la mano de obra directa, que estará presente en el mantenimiento de la red, la mano de obra indirecta que pertenece a una secretaria y un agente de publicidad y ventas, así como equipos para determinar fallos en los enlaces de la fibra y herramientas tales como: destornilladores, alicates, martillos, entre otros.

4.1.8 Adquisición de servicios

Para poder brindar los servicios que se encuentran dentro del paquete Triple Play es necesario acceder a los proveedores que están en el mercado con este tipo de servicios, como son los que se detallan en la tabla 8-4 a continuación.

Tabla 8-4: Detalle presupuesto de adquisición de servicios

Descripción	Cantidad	P. Unitario (\$)	P. Total (\$)
Paquete de internet	5Gbps	430	5,160
Tv por paga	199 canales	39	78
Total			5.238

Realizado por: Guamán, M, 2022

Debido a la contratación de paquetes para empresa el costo por mes del servicio de internet se logra por medio de la compañía Telconet que presta un paquete de 1Gbps a un costo de \$2760 al año, mientras que la contratación de los canales satelitales a la empresa DirecTv al año es de un total de \$78, dando así un total de \$2.838.

4.1.9 Costos de operación

Los costos de operación para poder brindar este servicio en la red FTTH están detallados los servicios básicos y costos que se realizará el pago mensual, como el pago por la utilización de la postería existente en la parroquia Cotaló, mismos que se detallan en la tabla 9-4.

Los detalles de esta tabla de la misma manera representan los costos a cancelar mensualmente, y al estar haciendo uso de la postería existente de la empresa eléctrica se deberá establecer la solicitud previa y la posterior cancelación de la prestación de los postes de hormigón por los que se implementará la fibra óptica.

Tabla 9-4: Detalles costo de operación

Descripción	Cantidad	P. Unitario (\$)	P. Total (\$)
Servicios básicos	2	20	40
Pago postería	362	6,03	2182,86
Arriendo	1	100	100
Total			2.322,86

Fuente: (Elepco, 2020, p. 5)

Realizado por: Guamán, M, 2022

4.2 Presupuesto total de inversión

Por lo tanto, para poder determinar la totalidad de la inversión a realizar para dotar de la infraestructura de telecomunicaciones de fibra óptica para la parroquia Cotaló, en la tabla 10-4 se puede ver el detalle del presupuesto según las zonas y añadidos los gastos que representan los elementos activos de la red.

Tabla 10-4: Detalle del presupuesto de inversión total de la red

Zonas	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Total (\$)
E. Pasivos	\$4,728.05	\$11,003.03	\$13,391.32	\$4,184.16	\$14,158.59	47,465.15
Equipos	\$ 31,388					31,388
Implementación y mantenimiento	\$67,260					67,260
Servicios	\$5,238					5,238
C. Operación	\$ 2,322,86					2,322.86
Total						153,674.01

Realizado por: Guamán, M, 2022

En conclusión, se requieren \$153,674.01 para dotar de la infraestructura de telecomunicaciones por medio de fibra óptica según el diseño propuesto en el capítulo II.

4.3 Beneficio de la implementación de la red

El beneficio está en desplegar la red de tal manera que todas las viviendas de la parroquia Cotaló sean cubiertas con la fibra óptica, sin embargo, para el estudio del beneficio de la inversión a realizarse con la implementación de esta red está básicamente visualizada para el 88% de los hogares que aceptaron el proyecto en las encuestas realizadas, siendo el total de viviendas a considerar como clientes potenciales 474 de los cuales según el PDOT de la parroquia se prevé que se llegue con el servicio Triple Play a 1896 habitantes de la parroquia, aportando así al desarrollo y crecimiento en cuanto a infraestructura de las telecomunicaciones que es el campo con mayor déficit de Cotaló.

Entonces si se realiza la cotización de la inversión realizada para poder devengar el valor invertido en un año se lo realiza de la siguiente manera:

$$P.V.P = \frac{\text{Presupuesto total de inversión}}{\text{Usuarios potenciales}}$$

$$P.V.P = \frac{\$153,674.01}{474}$$

$$P.V.P = 324.207 / 12 \text{ meses}$$

$$P.V.P = \$27.02$$

Con lo que se concluye que cada usuario deberá cancelar un pago mensual por un valor de al menos \$27.02. Es por ello que, como parte de la red se ofrecen los siguientes paquetes para ofertar al público en general de la parroquia Cotaló, basado en el ancho de banda de navegación que cada abonado puede acceder como también del acceso al servicio de HDTV. Así se detalla en la tabla 11-4 mostrada a continuación.

Tabla 11-4: Paquetes de venta al público y su costo

Paquete	Descripción	Ancho de banda (Mbps)	Costo (\$)
Preferencial	Internet de alta velocidad & VoIP +1HDTV(30 canales)	25	20
Básico	Internet de alta velocidad & VoIP +1 HDTV(50 canales)	35	30
Estudio	Internet de alta velocidad & VoIP + 2 HDTV(100 canales)	50	40
Premium	Internet de alta velocidad & VoIP + 3 HDTV(150 canales)	100	50

Realizado por: Guamán, M, 2022

El abonado por lo tanto contara con el ancho de banda suficiente para poder asignar a cada plan una QoS de calidad para otorgar así el paquete Triple Play cuidando de las intermitencias o perturbaciones que puedan surgir en el canal de comunicación. El costo de cada paquete por lo tanto está basado en el ancho de banda, ya que, se consideró el ancho de banda para este paquete como se detalla en la tabla 20-2 del presente trabajo.

CONCLUSIONES

- Al realizar el diseño basado en la normativa de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica por parte de la CNT-EP, se determina que la mejor arquitectura, equipos y el Spliteo de 1:32 que se cumple con las necesidades óptimas para cada usuario
- Mediante el diseño de la red FTTH para la parroquia rural Cotaló se cumple con la propuesta de dar servicio a 512 viviendas, es decir, 2048 habitantes y se puede contar con un ancho de banda de 116.563Mbps, es decir 39.063/77.50Mbps en la relación uplink/downlink para así proporcionar el paquete denominado Triple Play.
- Mediante el análisis del balance de potencias se logró determinar que todos los enlaces de la red diseñada cumplen con la categoría de redes de clase B en la que se basa la CNT-EP, es decir ningún enlace tiene una potencia mayor a -25dBm, siendo el caso del usuario más cercano que cuenta con una potencia óptica de -18.8349dBm y para el caso del usuario más lejano una potencia óptica de -21.0869dBm; estos valores fueron respectivamente comprobados después de realizar la simulación de la red en el software OptiSystem 7.0.
- Los valores de retardo o latencia del usuario más cercano de la red es de 0.7ns, el BER de 2.47×10^{-50} y 0.3ns de *Jitter*, mientras que para el caso del usuario más lejano se obtuvo una latencia de 0.97ns, el BER es de 8.72×10^{-37} y tiene un *Jitter* de 0.57ns.
- El software libre como es Google Earth Pro, MapSource, GPSVisualizer y AutoCAD 2016 permite de una manera óptima obtener el levantamiento rural de la parroquia en donde se puede fácilmente ubicar los elementos pasivos y activos de la red FTTH diseñada.
- Para poner en marcha la red FTTH en la parroquia Cotaló se requiere una totalidad de \$153,674.01 con una proyección de recuperación de la inversión en un periodo de 12 meses, si únicamente de la totalidad se dota del servicio al 88% de la población que representa a 474 abonados con un costo mensual mínimo de \$27.02 c/u.

RECOMENDACIONES

- Debido a que los cables de fibra son muy susceptibles a grandes tensiones o a curvaturas excesivas, es por ello que al momento de realizar el tendido de fibra hay que tener presente que se le dé a esta el cuidado respectivo.
- Utilizar la documentación técnica de los elementos activos y pasivos, puesto que, existe un margen de seguridad que ayuda a no rebasar el umbral de potencia, por el mal uso de los mismos se pueden quemar los equipos ópticos.
- Usar los equipos determinados en el presente documento, ya que, está realizada la investigación de sus características y se han determinado que son de mejores condiciones para la red.
- Los conectores tanto de pigtailes como de los patch cords deben ser del tipo SC y con pulido APC que se encuentra explícita en la normativa utilizada para el diseño de la red, y además brindan la menor cantidad de pérdidas de inserción.
- Considerar el crecimiento del tráfico de las redes en la parroquia, para así determinar en qué tiempo se requerirá del tendido de una nueva infraestructura de telecomunicaciones en el sector.
- El presente trabajo de titulación es recomendado para empresas que están en el mercado y lo puedan implementar y así poder dotar a la parroquia rural Cotaló de todos los beneficios que conlleva a la infraestructura FTTH.

BIBLIOGRAFÍA

- ADVANCEDDIGITAL INC.** *ADV-4100EC: codificador HD/SD H.264 (MPEG-4 AVC)*. [En línea]. Canada: AdvancedDigital Inc, 2022. [Último acceso: 26 mayo 2022]. Available at: https://www.advanceddigital.com/products/video_encoders/h264_encoders/adv-4100ec_h264_mpeg4_encoder/
- AIRE.** *FIBRAEC Patch Cord Duplex 2M G652D*. [En línea]. Quito: Aire.ec, 2021. [Último acceso: 18 Febrero 2022]. Available at: <https://drive.google.com/file/d/1ks2j-vcfQ66s95fEFaWxMn-r-LZcD7gW/view>
- AIRE.** *FIBRAEC Splitter 1X8 SC/APC*. [En línea]. Quito: Aire.ec, 2021. [Último acceso: 15 Febrero 2022]. Available at: https://drive.google.com/file/d/1wGckdRDnswMM4hUeKWI_6AV2M2YQfwbZ/view
- ALIBABA.** *gpon ont 8 ports*. [En línea]. 2022. [Último acceso: 08 abril 2022]. Available at: <https://spanish.alibaba.com/trade/search?fsb=y&IndexArea=&CatId=&SearchText=gpon+ont+8+puertos&isPremium=y&secondFlag=true>
- ALTADBIR.** *FTTX*. [En línea]. 2020 [Último acceso: 08 Enero 2022]. Available at: <https://tadbirtech.com/fttx/>
- ARCOTEL.** *NORMA TECNICA DESPLIEGUE Y TENDIDO REDES FISICAS TELECOMUNICACIONES*. [En línea]. 2015. [Último acceso: 12 Noviembre 2021]. Available at: <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/12/norma-tendido-de-redes-aereas.pdf>.
- ARIAS, A. Y OTROS.** *PROTOCOLOS Y TOPOLOGÍAS UTILIZADAS EN LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE LAS MICRORREDES ELÉCTRICAS*. [En línea]. 2020. [Último acceso: 06 Enero 2022]. Available at: <https://revistas.intec.edu.do/index.php/cite/article/view/1712/2643>
- BARRIGA, J.** *Análisis de mejoras en el desempeño de redes FTTH vs redes de cobre xDSL en la parroquia de Llano Chico del Distrito Metropolitano de Quito*. [En línea]. 2021.

[Último acceso: 08 Enero 2022]. Available at:
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/28005/1/T-ESPE-018178.pdf>

BARROSO, A. *oa.upm.es.* [En línea]. 2012.
[Último acceso: 12 Noviembre 2021]. Available at:
http://oa.upm.es/21757/2/PFC_ANDRES_BARROSO_GARCIA.pdf

CASTELLANOS, Y. *Mantenimiento de red de comunicaciones de Fibra óptica y la mejora de la transmisión de la escuela de comunicaciones del ejercito.* [En línea]. 2020.
[Último acceso: 28 Diciembre 2021]. Available at:
<http://181.65.250.76/handle/123456789/181>

CEDILLO, C. & NIETO, M. *Análisis para la optimización del presupuesto óptico sobre última milla, mediante pruebas dentro de la red GPON de CNT en la ciudad de azogues.* [En línea]. 2019.
[Último acceso: 11 Enero 2022]. Available at:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17414/4/UPS-CT008325.pdf>

Chandi, L. *Estudio para la implementación de un sistema que ofrezca el servicio Triple Play con calidad de servicio (QoS) pára la ciudad de Quito.* [En línea]. 2008.
[Último acceso: 08 abril 2022]. Available at:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/891/1/CD-1774%282008-11-05-11-45-08%29.pdf>

CISCO. *Hoja de datos del terminal de línea óptica de la serie Cisco ME 4600.* [En línea]. 2014.
[Último acceso: 07 abril 2022]. Available at:
<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/me-4600-series-multiservice-optical-access-platform/datasheet-c78-730445.html>

CITEL. *La Fibra Óptica.* [En línea]. 2010.
[Último acceso: 15 Diciembre 2021]. Available at:
http://www.oas.org/es/citel/infocitel/2010/abril/ftth_e.asp#:~:text=La%20fibra%20%C3%B3ptica%20no%20es,se%20alcanza%20en%20el%20vac%C3%ADo.

CNT. *NORMATIVA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA.* 2012. Primera ed. Quito: s.n.

- COFITEL.** *Diferentes tipos de fibra óptica.* [En línea]. 2014. [Último acceso: 05 Enero 2022]. Available at: <https://www.c3comunicaciones.es/diferentes-tipos-de-fibra-optica/>
- CONNECTION.** *SC PIGTAIL.* [En línea]. 2021. [Último acceso: 15 Febrero 2022]. Available at: <https://drive.google.com/file/d/11dMxVYbtuzUdUPpOKMLuVOtNkrqU5jKj/view>
- CONTRERAS, J., GUTIÉRREZ, F. & ROMERO, J.** *Diseño e implementación de red GPON para el barrio Tibaná Bogotá-Colombia.* [En línea]. 2018. [Último acceso: 14 Noviembre 2021]. Available at: https://www.researchgate.net/publication/325575491_Diseño_e_implementación_de_red_GPON_para_el_barrio_Tibana_Bogota-Colombia
- COUCH, L.** *Sistema de Comunicaciones Electricas.* 2008. Mexico: Pearson Educación.
- CRUZ, N.** *Diseño de una red FTTx utilizando estandar G.984.X para proveer servicio Triple Play en la zona Urbana del cantón Chambo.* [En línea]. 2019. [Último acceso: 08 Enero 2022]. Available at: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/11020/1/98T00243.pdf>
- DINAMARCA, J.** *Analisis de Diagrama de Ojo.* [En línea]. Chile, 2002. [Último acceso: 26 mayo 2022]. Available at: <https://docplayer.es/2638743-Analisis-de-diagramas-de-ojo.html>
- ELECTROSON.** *Roseta óptica para cliente residual en interior de edificios (PTO).* [En línea]. 2022. Available at: <https://www.electrosonteleco.com/producto/roseta-optica-para-cliente-residencial-en-interior-de-edificios-pto/> [Último acceso: 18 Febrero 2022].
- ELEPCO.** *PROCEDIMIENTO PARA EL ARRIENDO DE LA INFRAESTRUCTURA QUE CORRESPONDE AL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A EMPRESAS PROVEEDORAS DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA Y/O PRESTADORES DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES.* [En línea] 2020. [Último acceso: 20 abril 2022]. Available at: https://elepcosa.com.ec/wp-content/uploads/2017/12/proc_arriendo_infraestructura_v010811368001614810709.pdf

- ESCALLÓN, A., RUÍZ, V. & LÓPEZ, J.** *Evaluación del desempeño físico de un sistema FTTH-GPON para servicios Quad Play después de la incorporación de un módulo RoF.* [En línea]., 2019. Available at: <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v23n47/2256-5337-teclo-23-47-24.pdf> [Último acceso: 12 Enero 2022].
- FABREGA, J. M. & GRAELLS, S.** *Topologías de redes de fibra óptica y gestión de fallos.* [En línea]. 2020. [Último acceso: 07 Enero 2022]. Available at: http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/76208/4/Sistemas%20de%20comunicaci%C3%B3n%20C3%B3pticos_M%C3%B3dulo%204_Topolog%C3%ADas%20de%20redes%20de%20fibra%20C3%B3ptica%20y%20gesti%C3%B3n%20de%20fallos.pdf
- FOCC.** *Atenuador de fibra óptica.* [En línea]. 2021. [Último acceso: 18 Febrero 2022]. Available at: <http://www.fibresplitter.com/fiber-optic-attenuator/male-female-type-attenuator/sc-upc-singlemode-fixed-fiber-optic.html>
- FREDDY, O.** *Red de acceso con fibra óptica mediante tecnología FTTx para optimizar espacios y servicios en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P.* [En línea]. 2015. [Último acceso: 09 Enero 2022]. Available at: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/441/1/Tesis_t654ec.pdf
- FULLWELL.** *DFB Laser CATV 1550nm.* [En línea]. 2022 [Último acceso: 26 mayo 2022]. Available at: https://es.made-in-china.com/co_fullwell/product_Adopting-Dfb-Laser-CATV-1550nm-Fiber-Optical-Transmitter_rsgeiiseg.html
- GAD PARROQUIAL COTALÓ.** *PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA COTALÓ.* 2019. Actualización 2020 Administración 2019 - 2023 ed. Tungurahua - Cotaló: s.n.
- GENERAL, E.** *Redes de comunicación: Topología y enlaces.* [En línea]. 2018. [Último acceso: 07 Enero 2022]. Available at: https://www.uv.es/rosado/courses/sid/Capitulo2_rev0.pdf
- HITE, J.** *Terminación de Fibra Óptica.* [En línea]. 2013. [Último acceso: 10 Enero 2022]. Available at: https://nsrc.org/workshops/2013/walc/campus/raw-attachment/wiki/Agenda/01.3_Fiber_Optic_Termination.pdf

- Ilbay, H.** *Diseño de una red de acceso GPON en la ESPOCH para proveer servicios Triple Play (voz, video y datos).* [En línea]. 2016. [Último acceso: 12 Enero 2022]. Available at: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6429>
- INEC.** *Instituto Nacional de Estadísticas y censos.* [En línea]. 2010. [Último acceso: 15 Noviembre 2021]. Available at: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- JUMA, M. & CHACÓN, C.** *Diseño, Implementación y Evaluación de redes GPON y EPON para CITYCOM CIA.LTDA.* [En línea]. 2021. [Último acceso: 08 Enero 2022] Available at: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20305/1/UPS-CT009145.pdf>.
- LOPEZ, C.** *Cuatro tipos comunes de conectores de fibra óptica.* [En línea]. 2017. [Último acceso: 10 Enero 2022]. Available at: <https://medium.com/@clopez.stark/cuatro-tipos-comunes-de-conectores-de-fibra-%C3%B3ptica-4ada21a95541>
- LOT.** *Tercer Suplemento del Registro Oficial No.439.* 2015. Tercera ed. Quito: s.n.
- MADEINCHINA.** *Sefl-Supporting Messenger FTTH Fiber Optic Drop Cable.* [En línea]. 2022. [Último acceso: 26 mayo 2022]. Available at: <https://hzjl2010.en.made-in-china.com/product/PqzmyblOfuDj/China-Sefl-Supporting-Messenger-FTTH-Fiber-Optic-Drop-Cable.html>.
- MANDAL, G. C.** *Next-generation bidirectional Triple-play services using RSOA based WDM Radio on Free-Space Optics PON.* [En línea]. 2018. [Último acceso: 13 Noviembre 2021]. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2017.11.033>
- MARKERTEK.** *Thor Fiber H-IRD-V3-IP IP a HD/SD Receptor/Decodificador MPEG2/MPEG4 multiestándar integrado.* [En línea]. 2022. [Último acceso: 26 mayo 2022] Available at: <https://www.markertek.com/product/thr-h-ird-v3-ip/thor-fiber-h-ird-v3-ip-to-hd-sd-multi-standard-inegrated-receiver-decoder-mpeg2-mpeg4>.

- MEDHI, D. & RAMASAMY, K.** *Networking and Network Routing: An Introduction*. [En línea]. 2018. [Último acceso: 06 Enero 2022]. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800737-2.00002-8>
- MEDINA, J.** *Una visión general de la red de acceso FTTH con GPON*. [En línea]. 2018. [Último acceso: 08 Enero 2022]. Available at: <https://xxxamin1314.medium.com/una-visi%C3%B3n-general-de-la-red-de-acceso-ftth-con-gpon-104bc8973d65>
- MINTEL.** *DESCUBRE LOS BENEFICIOS DE LA FIBRA ÓPTICA*. [En línea]. 2019. [Último acceso: 21 Noviembre 2021]. Available at: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/descubre-los-beneficios-de-la-fibra-optica/>
- MONTENEGRO, C.** *Estudio Técnico para la implementación de una red GPON para la parroquia Sinaí de la provincia de Morona Santiago*. [En línea] 2021. [Último acceso: 2022 mayo 26]. Available at: <https://www.ccapitalia.net/descarga/teleco/2021-montenegro-implementacionredgponsiani.pdf>.
- ORDOÑES, A.** *Fibra óptica*. [En línea]. 2015. [Último acceso: 06 Enero 2022]. Available at: <https://adrianordonhes.wordpress.com/2015/08/29/fibra-optica/>
- Pichal, E.** *FIBRAS ÓPTICAS*. [En línea]. 2018. [Último acceso: 28 Noviembre 2021]. Available at: https://www.academia.edu/21358967/FIBRAS_OPTICAS?from=cover_page
- PINTO, R. & CABEZAS, A.** *Sistemas de comunicaciones ópticas*. Bogotá: 2014. Universidad militar Nueva Granada.
- QUISNANCELA, E. & ESPINOSA, N.** *Certificación de redes GPON, normaiva ITU G.984.x*. [En línea]. 2016. [Último acceso: 11 Enero 2022]. Available at: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n4.111>
- RACHMAN, F., YANTI, N., JAMAL, N. & PURWANTO, E.** *Sensor Network With Mesh Topology To Control Room Devices*. [En línea]. 2018. [Último acceso: 07 Enero 2022]. Available at: <https://doi.org/10.1109/iCAST1.2018.8751589>

- REVELO, M.** *Análisis de normativas para redes GPON y la calidad de servicio en Ecuador.* [En línea]. 2019. [Último acceso: 12 Enero 2022]. Available at: <http://revistasoj.s.utn.edu.ec/index.php/recinatur/article/view/389/299>
- RODRIGUEZ, Y.** *Fibra óptica.* Primera ed. México: 2009. Rodriguez, Yurisy.
- SABANDO, K.** *Caracterización de los servicios Triple-Play mediante comunicaciones sobre líneas eléctricas.* [En línea]. 2014. [Último acceso: 12 Enero 2022]. Available at: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1913/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-58.pdf>
- SAGUAY, C. & MARCELO, P.** *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Parroquia Rural Cotaló.* 2015. Primera ed. Pelileo: s.n.
- SALAZAR, F. & CUNALATA, M.** *Modelo matemático de optimización para planeación de redes FTTH a través de programación estocástica multietapa.* [En línea]. 2021. [Último acceso: 09 Enero 2022]. Available at: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32218/1/t1764mma.pdf>
- SANGRADOR, C.,** 2021. *Integración de Tecnologías SDN a nivel experimental en redes de acceso GPON.* [En línea] [Último acceso: 08 Enero 2022]. Available at: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/47164/TFG-G4819.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SOLUCIÓN TELECOM. FTTX.** [En línea]. 2017. [Último acceso: 10 Enero 2022]. Available at: <https://www.solutionsfttx.com/single-post/2018/03/16/tipos-de-pulidos-en-fibra-%C3%B3ptica-pc-upc-y-apc>
- TAGUA, J.** *CERTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y REPARACIÓN DE REDES DE DATOS DE ACUERDO A LOS ESTÁNDARES TIA/ISO EN COBRE Y FIBRA ÓPTICA.* [En línea]. 2011. [Último acceso: 09 01 2022]. Available at: <https://informatica.gonzalonazareno.org/certired/p10f/p10f.html>
- TECNIT-REDES.** *Manga de empalme de fibra FCL-H25.* [En línea]. 2021. [Último acceso: 18 Febrero 2022]. Available at: <https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-509107206-manga-de-empalme-fibra-optica->

48-hilos-4-entradas-1-ovalada-

JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=27321d12-0ca8-4225-80f0-fd82788c6952

TENE, Y. *Análisis comparativo de las variantes de la modulación por desplazamiento de fase en sistemas de radio sobre fibra en redes GPON.* [En línea]. 2021. [Último acceso: 08 Enero 2022]. Available at: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/47164/TFG-G4819.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TEPAN, A. *Red Gpon.* [En línea]. 2016. [Último acceso: 09 Enero 2022]. Available at: <https://es.scribd.com/doc/253064732/Red-Gpon-pdf>.

TINTIN, D. *PARROQUIAS RURALES DE PELILEO.* [En línea]. 2019. [Último acceso: 16 11 2021]. Available at: <https://doristintin.blogspot.com/2019/05/pelileo-3.html>

TOMALÁ, R. *Simulación y evaluación de comunicación FSO bidireccional sobre redes de acceso ópticos híbridos..* [En línea]. 2021. [Último acceso: 10 Enero 2022]. Available at: <http://201.159.223.180/handle/3317/15898>

TOMASI, W. *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas.* Mexico: 2003. Pearson Educación.

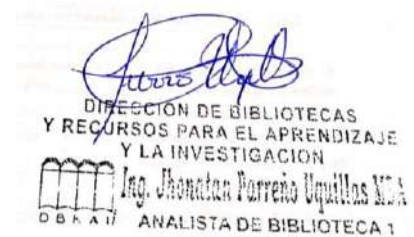
UIT. *UIT-T L.12 Empalmes de fibra óptica.* 2000. Primera ed. UU:EE: Recomendación UIT-T L.12.

UIT-R. *Recomendación UIT-R BT.1367-2.* [En línea]. 2015. [Último acceso: 12 Enero 2022]. Available at: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.1367-2-201510-I!!PDF-S.pdf

VIATEL *Arquitectura Red PON.* [En línea]. 2012. [Último acceso: 08 Enero 2022]. Available at: <http://www.viatelperu.com/viatel/index.php/component/content/category/24-solutions-fftx>

YQUIAPAZA, J. *Implementación de una red de acceso a internet mediante Wi-Fi para el centro poblado de Tupe provincia de Yauyos-Perú.* [En línea]. 2021. [Último acceso: 10 Enero 2022]. Available at: https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4881/J.Yquiapaza_Trabajo_de_Suficiencia_Profesional_Titulo_Profesional_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

YU, C., KU, M. & LIN, H. *A Hybrid Mesh-Ring Topology for Bluetooth Networks.* [En línea]. 2018. [Último acceso: 07 Enero 2022]. Available at: [10.1109/5GWF.2018.8517076](https://doi.org/10.1109/5GWF.2018.8517076)



ANEXOS

Anexo A: Apartado 2.5.1 del PDOT Cotaló 2019-2023

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

2.5. Componente movilidad, energía y conectividad

De acuerdo a la vinculación que posee con el componente de Asentamientos Humanos por la formación de redes, nodos y enlaces en el medio físico, en este componente se describirá la articulación de la población con sus actividades de acuerdo a los siguientes aspectos:

2.5.1. Acceso a servicios de telecomunicaciones

El acceso a los servicios de telecomunicaciones en la parroquia Cotaló, presenta un déficit en la telefonía fija, ya que de los 573 hogares que existen en la parroquia, solo 28 disponen de este servicio representando un 4,89%. En cuanto a la telefonía móvil existen 360 hogares que disponen de teléfonos celulares de operadoras Claro, Movistar y CNT que corresponden al 62,83%.

El acceso al Internet es otro de los problemas que presenta Cotaló, debido a que solo el 2,27%, es decir, 13 hogares que disponen de este servicio. Los habitantes también poseen acceso a televisión por cable, donde se destacan solo 13 hogares con esta cobertura.

Tabla 75. Matriz para descripción de acceso a servicios en telecomunicaciones en la Parroquia Cotaló

Parroquia COTALÓ	Acceso		Cobertura espacial
	# de hogares	Porcentaje	
Telefonía fija	Dispone: 28 No Dispone: 545	4,89% 95,11%	Operadora CNT
Telefonía móvil	Dispone: 360 No Dispone: 213	62,83% 37,17%	Movistar, Claro y CNT: Pillate y Chacauco. Movistar y Claro: San Juan y Cusúa. Claro y CNT: Mirador, Laurelpamba y Las Queseras. Claro: Mucubi - Chontapamba y Panguilí.
Acceso a internet	Dispone: 13 No Dispone: 560	2,27% 97,73%	CNT y operadoras privadas
Radiocomunicaciones (Acceso televisión por cable)	Dispone: 37 No Dispone: 536	6,46% 93,54%	TvCable y DirectTV

Fuente: INEC, Censo 2010

Elaborado por: Equipo técnico, Actualización del PDOT 2019

En la parroquia Cotaló tomando en cuenta cada una de sus comunidades, se define que poseen acceso a telefonía convencional y a teléfonos celulares de acuerdo a las diferentes operadoras, sobresale el uso de telefonía celular de la operadora Claro en toda la parroquia; sin embargo, se destaca la comunidad de Laurelpamba donde 39 habitantes utilizan este tipo de servicio. Por otro lado, se puede concluir que existe un déficit en el acceso de la telefonía fija ya que solo 5 comunidades poseen este servicio.

Tabla 76. Matriz para descripción de acceso a servicios en telefonía en las comunidades de Cotaló

Unidad Territorial	Acceso a Telefonía			
	Fija	Movistar	Claro	CNT
San Juan	1	6	66	1
Píllate	0	5	44	2
Panguilí	0	2	32	1
Mucubí - Chontapamba	3	0	26	1
Mirador	8	4	30	3
Laurelpamba	43	8	76	4
Las Queseras	21	4	59	4
Cusúa	8	24	45	5
Chacauco	3	18	38	4

Fuente: Censo Parroquial Cotaló 2019
Elaborado por: Equipo técnico, Actualización del PDOT 2019

El Internet es parte de los servicios que poseen las comunidades de Cotaló; sin embargo, son pocas las que poseen esta cobertura, las cuales: San Juan, Píllate, Mirador, Laurelpamba, Chacauco. La operadora que posee mayor cobertura de este servicio en la parroquia Cotaló es CLARO.

Tabla 77. Matriz para descripción de acceso a servicios de Internet en las comunidades de Cotaló

Unidad Territorial	Acceso a Internet				
	CNT	Privada	otras	sí	no
San Juan	1	2	0	2	38
Píllate	0	0	0	1	57
Panguilí	0	4	0	0	22
Mucubí - Chontapamba	2	2	0	0	28

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Mirador	5	1	0	1	16
Laurelpamba	30	0	0	1	53
Las Queseras	15	4	0	0	44
Cusúa	4	0	0	0	53
Chacauco	3	1	0	1	45

Fuente: Censo Parroquial Cotaló 2019
Elaborado por: Equipo técnico, Actualización del PDOT 2019

En cuanto a las radiocomunicaciones, cada comunidad posee cobertura de radio, Tv abierta, Tv cable, Directv, CNT, Claro, pero se destaca el servicio de radio y Tv abierta que todas las comunidades tienen acceso.

Tabla 78. Matriz para descripción de acceso a servicios de Radiocomunicaciones en las comunidades de Cotaló

Unidad Territorial	Radio comunicaciones						
	radio	cnt	tv. abierta	tv. Cable	directv	claro	otro
San Juan	49	1	35	8	13	1	0
Píllate	39	0	39	6	11	2	0
Panguili	28	0	36	4	0	1	1
Mucubí - Chontapamba	28	14	4	2	3	1	0
Mirador	30	6	16	2	4	1	0
Laurelpamba	64	16	52	3	4	2	4
Las Queseras	38	16	36	2	11	1	1
Cusúa	45	10	35	4	4	2	0
Chacauco	39	3	32	1	0	1	2

Fuente: Censo Parroquial Cotaló 2019
Elaborado por: Equipo técnico, Actualización del PDOT 2019

Adicionalmente, Cotaló cuenta con un Infocentro Comunitario con la finalidad de garantizar el acceso a las tecnologías y motivar el aprovechamiento de las mismas permitiendo el acceso a productos y servicios en línea de forma gratuita para mejorar la calidad de vida y el desarrollo productivo de cada comunidad.

2.5.2. Potencia instalada y tipo de generación de energía

La energía de la parroquia se encuentra generada del sistema general interconectado de la empresa eléctrica de Ambato.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA

Previo al diseño de un proyecto se deberá realizar un estudio técnico donde se analizará las necesidades y posibilidades para atender diferentes poblaciones considerando características propias del sector como son; densidad poblacional, situación geografía, requerimientos tecnológicos, nivel socio-económico, entre otros.

Una vez definidos estos parámetros se establecerá la necesidad y capacidad de tráfico requerido. El presente documento permitirá analizar y dimensionar enlaces de fibra óptica Este capítulo recoge cada uno de los criterios, requerimientos y necesidades establecidas por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, para el proceso de diseño y construcción de redes de fibra óptica para Planta Externa. Ante la necesidad de un documento que detalle los procesos que se requieren para la ejecución de los diferente proyectos, necesarios para cumplir con el proceso de expansión y brindar servicios de telecomunicaciones a diferentes sectores de la sociedad.



GERENCIA DE INGENIERÍA / ACCESO FIJO
NORMATIVA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE
TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA

Consideraciones para el diseño del enlace:

El diseño de un enlace de fibra óptica es el resultado del análisis de diferentes alternativas existentes como medio de transmisión, permitiendo la comunicación entre los sitios a enlazar (localidades, nodos, centrales, estaciones, etc.).

Entre los diferentes medios de transmisión tenemos; cable de cobre, coaxial, fibra óptica, microondas terrestre o vía satélite; su utilización dependerá de diferentes factores, entre los cuales se consideran como los más importantes:

- Capacidad de tráfico que soportará el enlace.
- Ubicación geográfica de las localidades a enlazar.
- Distancia e infraestructura vial existente entre las localidades.
- Costo de implementación de las diferentes alternativas.
- Disponibilidad de recursos técnicos como son el espectro radioeléctrico, espacio satelital, red de fibra óptica existente.
- Determinación de proyectos futuros dentro del sector a intervenir mediante la tramitación de permisos municipales, provinciales, gubernamentales, etc.

Estudio previo de demanda de servicio:

Se realizará un estudio técnico donde se analizará las necesidades y posibilidades para atender diferentes poblaciones considerando características propias del sector como son; densidad poblacional, situación geografía, requerimientos tecnológicos, entre otros.

Una vez definidos estos parámetros se establecerá la necesidad y capacidad de tráfico requerido. El presente documento permitirá analizar y dimensionar enlaces de fibra óptica para lugares alejados de los centros poblacionales y donde la saturación de redes existentes no permite mejorar la calidad de servicio.

Áreas involucradas

Las áreas que intervienen directamente en la ejecución de enlaces de fibra óptica para Planta Externa son:

- Área de Diseño de Accesos
- Área de Transmisión (Fibra Óptica, RTFO)

Las áreas de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, que pueden brindar el apoyo correspondiente en lo referente a información técnica y logística, son las siguientes:

- Gerencia Comercial (demanda validada)
- Gerencia de Ingeniería (proyectos)
- Gerencia de Accesos (diseño)
- Gerencia Financiera (presupuesto)
- Gerencia de Transmisión (transporte)
- Jefatura de Infraestructura (Infraestructura y accesos)
- Jefatura de Energía y Climatización (Energía eléctrica, ventilación y puesta a tierra)
- Área Jurídica (legalización de terrenos e inmuebles).

Después de que se ha realizado un estudio de demanda en diferentes localidades, se podrá determinar los criterios de demanda de tráfico para establecer las características del enlace y los equipos necesarios para cumplir con la demanda.

El desarrollo de un diseño de enlace de fibra óptica para redes de Planta Externa deberá ser analizado, y considerar los siguientes aspectos:

- Atenuación del enlace
- Impacto ambiental
- Tipo de cable
- Tipo de fibra óptica
- Conectores ópticos
- Empalmes

Existen otros parámetros, los cuales serán determinados por otras áreas técnicas (Energía, Conmutación, Infraestructura, entre otras) o definidos de acuerdo a las características técnicas de los materiales y equipos, lo que brindará una valiosa información durante las etapas de diseño y construcción.

Configuración para redes de fibra óptica:

Las redes de fibra óptica para Planta Externa pueden presentar las siguientes configuraciones:

- Punto-punto
- Punto-multipunto
- Anillo
- Malla

Para enlaces a nivel de Acceso (Última Milla) se utiliza generalmente las dos primeras configuraciones. En cambio para las redes Troncales (Backbone) y Metropolitanas se utiliza la configuración en anillo, existiendo además la configuración de un enlace mixto que relaciona un enlace punto - punto (Red Troncal de Fibra Óptica) con interacción de anillos en diferentes puntos.

Determinación del tipo de fibra óptica:

Dependiendo de las necesidades de transmisión y longitud del enlace se establecen las siguientes características de cada fibra óptica.

Las fibras monomodo cumplen con las siguientes características que determinan su utilización:

- Capacidad de transmitir mayor ancho de banda.
- Enlaces de larga distancia.
- Presentar baja atenuación.
- Operan a longitudes de onda de 1310, 1550 y 1650 nm.

El inconveniente para la utilización de las fibras monomodo, radica en la necesidad de utilizar equipos terminales de elevados costos, debido al requerimiento de alta precisión.

En cambio las fibras multimodo, cumplen con las siguientes características, que permiten determinar su utilización:

- Para distancias por debajo de los 2 Km.
- El equipo óptico utilizado es más económico en comparación con los equipos utilizados con fibras monomodo.
- Utilizado como estándar para redes de área local LAN.
- Adecuada para trabajar con longitudes de onda de 850 y 1310 nm.

Para la construcción de redes de fibra óptica en Planta Externa (enlaces a nivel metropolitano y troncales) por lo general se trabaja con fibras monomodo para la interconexión entre centrales y

odos de Acceso; para accesos de Última Milla (acometidas de fibra óptica) se puede utilizar fibras monomodo o multimodo.

Factores que intervienen en un enlace:

Los factores que se debe considerar para establecer un enlace de fibra óptica son:

- Pérdidas totales del enlace
- Ancho de banda del enlace

El ancho de banda dependerá de las características de la fibra y la longitud del enlace. A mayor longitud decrece el ancho de banda.

En algunos casos el fabricante del equipo óptico establece el ancho de banda que puede soportar un enlace considerando las distancias y el tipo de fibra óptica, lo cual facilitará la determinación del diseño. Si esta información no es proporcionada se deberán establecer las características de los equipos existentes para poder determinar el tipo de fibra óptica a utilizar.

- Generalmente los enlaces de interconexión Central – Nodo a nivel de ciudad, utilizan cables de fibra óptica monomodo bajo la recomendación ITU G.652-D, destinada para enlaces con distancias menores a 40 Km y con costos de inversión que justifican su utilización.
- Para enlaces troncales o requerimientos de mejoramiento del medio de transmisión (tecnología DWDM) se necesitará un mejor comportamiento de la fibra ante la atenuación por lo que se recomienda la utilización de la fibra monomodo bajo la recomendación ITU - G.655.

La información sobre las características de los equipos a nivel de Centrales y Nodos de nueva Generación, serán establecidos por la Gerencia de Conmutación y en la proyección del medio de transmisión y equipos se recibirá la respectiva asesoría técnica, por parte de la Gerencia de Backbone (Red Troncal de Fibra Óptica).

La realización de un análisis de las pérdidas por atenuación en el enlace diseñado, permitirá manejar un criterio técnico durante el proceso de recepción de los enlaces construidos.

Cuantificación de las pérdidas:

Para cálculos de diseño se establecen los siguientes elementos considerados como puntos de falla en un enlace y que generan una atenuación en la transmisión de datos.

- Empalmes
- Interconexión con equipos (acopladores ópticos); y,
- Elementos de conexión (pigtaills y patchcords).

Los valores establecidos de cada componente que afecta al enlace se muestran en la tabla 2.1, y son el resultado de las condiciones de ejecución y parámetros constructivos de los materiales.

ELEMENTOS DE CONEXIÓN	PÉRDIDAS [VALOR (dB)]
Empalme por fusión	$\leq 0,10$ dB
Conexión en panel (ODF)	De 0,5 a 1,0 dB
Pérdidas por pigtail	Consideradas en los equipos
Potencia retrodifusa recibida en conexión máxima	-50 dB

Tabla: Pérdidas para enlaces de fibra óptica

Consideración de la atenuación en un enlace de fibra óptica:

La atenuación se determina mediante el uso de un kit de medición representado por un generador de energía óptica colocado en un extremo del enlace y un medidor de potencia colocado en el otro extremo. La cantidad de energía recibida comparada con la potencia de salida del emisor permite calcular la atenuación.

Se recomienda determinar la medida de atenuación de un enlace de fibra óptica en dos ventanas como mínimo para asegurar la factibilidad que presente la fibra al adaptarse a diferentes tecnologías para la transmisión de datos.

Para determinar si el valor obtenido en una medición corresponde a un valor aceptable para el enlace, será necesario determinar en función de la configuración del enlace, el valor máximo de atenuación.

Este valor será determinado por las atenuaciones generadas por los conectores, empalmes y por la longitud del enlace.

La suma de todas las atenuaciones indicará el máximo valor de atenuación permitido en el enlace. El valor obtenido en el medidor de potencia deberá ser menor al valor máximo calculado.

Cálculo de la atenuación:

Se determinan los siguientes parámetros (de acuerdo a la norma TIA/EIA 568A y el ISO/IEC 11801).

- Coeficiente de atenuación del cable	C_c [dB/Km]
- Longitud del enlace	L [Km]
- Número de conectores	N_c
- Pérdidas del conector	L_c [dB]
- Número de empalmes	N_e
- Pérdida por empalme	L_e [dB]

La máxima atenuación del enlace [M] se obtiene de la siguiente fórmula:

$$M = C_c \left[\frac{dB}{Km} \right] \times L [Km] + N_c \times L_c [dB] + N_e \times L_e [dB]$$

Ancho de banda para fibras ópticas:

Para fibras multimodo, el ancho de banda depende de:

- La dispersión modal
- La dispersión cromática
- Parámetros del equipo óptico

Y será necesario conocer datos exactos de la fibra óptica a utilizar, como son:

- Ancho de banda modal (a la longitud de trabajo)

- Dispersión cromática de la fibra óptica
- Longitud del enlace instalado
- Longitud de la bobina de fibra óptica

Para fibras monomodo, el ancho de banda depender de:

- La dispersión cromática del material
- Dispersión cromática guía-onda
- Parámetros del equipo óptico

Y será necesario conocer los datos exactos de la fibra óptica a utilizar en lo referente a:

- Dispersión cromática guía-onda
- Dispersión cromática de la fibra óptica
- Longitud del enlace instalado

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA ENLACES DE FIBRA ÓPTICA

Prediseño:

Se realizará un estudio en campo (survey), para establecer mediante observación las principales características del diseño de la ruta a generar, tomando en consideración las siguientes recomendaciones:

1. Determinar el tipo de fibra óptica a utilizar (bajo que recomendación ITU).
2. Característica del cable de fibra óptica (aéreo, canalizado, enterrado o una combinación de diferentes características).
3. Determinación de la ruta a seguir considerando las características de instalación y mantenimiento.
4. Determinar la infraestructura de servicios públicos existentes estableciendo las condiciones y requerimientos que se deberán tomar al momento de la construcción.
5. Permisos y convenios a establecer con diferentes entidades Municipales, Gubernamentales, Concesionarios, Medio-ambientales, entre otros.
6. Se realizará un levantamiento de la infraestructura existente, perteneciente a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, para determinar las eventualidades que pueden originarse, con el fin de evitar retrasos e interrupciones en los trabajos de ejecución durante el proceso de construcción.
 - a. Característica de canalización, indicando su existencia y estado.
 - b. Existencia de postería perteneciente a la empresa o de empresas portadoras de otros servicios.
7. Tomar las medidas correspondientes para determinar la cantidad de fibra óptica a utilizar considerando las respectivas reservas de acuerdo a las características del enlace y el sector. Además se calculará un 10% de la cantidad de cable, estableciendo un 5% para las reservas y 5% debido a la generación de catenaria .

Determinación de parámetros constructivos de diseño:

Como precaución genérica los materiales empleados en la fabricación del cable no deben involucrar hidrógeno, como tampoco ser susceptible a la acción galvánica que provoque la generación de hidrógeno a determinados niveles de temperatura, lo que puede afectar la característica de atenuación de las fibras.

Al diseñar enlaces de fibra óptica, el cable deberá estar considerado para mantenerse en condiciones de mínimos esfuerzos de tensión y curvatura durante el proceso de instalación y operación. Además deberá proporcionar la flexibilidad técnica necesaria, lo que permitirá generar modificaciones relativas entre la longitud del cable, durante la fase de instalación y funcionamiento en base a las reservas distribuidas a lo largo del enlace.

Como prácticamente la terminación del servicio del cable óptico en su conjunto queda definida por la degradación de las protecciones mecánicas ofrecida por sus componentes a las fibras, y por lógica consecuencia la degradación de las capacidades de transmisión de las propias fibras ópticas se define una esperanza de vida de 20 años de servicio como mínimo para el cable óptico.

Una vez dimensionada la red en el estudio de campo, es decir, conociendo la necesidad de servicio y los requerimientos técnicos, se elaborará los volúmenes correspondientes del (de los) enlace(s), realizando la tabulación correspondiente, tomando en consideración los siguientes aspectos de la red a implementar:

1. Longitud total del enlace.
2. Características constructivas del cable a utilizar.
3. Número de empalmes necesarios en el enlace y las pérdidas que generarán (de acuerdo a la longitud de la bobinas del cable).
4. Número de conectores necesarios estableciendo el tipo y pérdidas de cada uno.
5. Margen del diseño.
6. Evaluación de pérdidas del sistema debido a sus componentes
7. Establecimiento de planimetría a construir.
8. Determinar las unidades de planta requeridas para la construcción de la red de fibra óptica (instalación y acceso).

Una vez tomada la decisión de implementar un enlace de fibra óptica entre dos centrales o nodos, se debe definir la metodología constructiva a aplicar.



G.A.D. MUNICIPAL DEL CANTÓN
**SAN PEDRO DE
PELILEO**

SOLICITUD ALCALDÍA

Torcu N° 2021-15334/1

**ESPECIE
VALORADA
USD 1,00**

007674

Pelileo, 22 de Noviembre del 2021.

*Señor:
Ing. Fricson Moreira*

DIRECTOR DE AVALUOS Y CATASTROS

*Presente.-
De mi consideración:*

Yo, Marlon Alexander Guamán Aguilar con CC. 1804434148, expreso un saludo cordial y a la vez deseándole éxitos en sus funciones diarias.

La presente tiene como finalidad solicitar de la manera muy comedida, me facilite una copia topográfica de la Parroquia Cotaló de este Cantón, con la finalidad de realizar un estudio Técnico para el Proceso de Titulación

Por gentil aceptación que sepa dar a mi pedido anticipo mis sinceros agradecimientos con alta consideración y estima.

Atentamente,

Sr. Marlon Alexander Guamán Aguilar

SOLICITANTE

Correo personal: naralexanderg@gmail.com

Teléfono: 0991540282

Anexo D: Respuesta de mapa solicitado al municipio del cantón



G.A.D. MUNICIPAL DEL CANTÓN
**SAN PEDRO DE
PELILEO**

Trámite: 2021-18334
**DEPARTAMENTO DE
CATASTROS Y AVALÚOS**

Oficio N° 2021-833-DCA-GADSPP
Pelileo, noviembre 26 de 2021

Señor
Marlon Alexander Guamán Aguilar
Solicitante
Presente. -

Referencia: Solicitud N° 007674
Asunto: Contestación

De nuestra consideración:

En atención a la solicitud en referencia mediante la cual requiere una copia topográfica de la parroquia Cotaló con la finalidad de realizar un estudio Técnico para el Proceso de Titulación; al respecto nos permitimos informarle, que esta dependencia no cuenta con la información requerida (copia topográfica), sin embargo, cuenta con la Ortofotografía (año 2010) y la delimitación de la parroquia Cotaló, mismas que han sido remitidas en archivo pdf al correo electrónico maralexanderg@gmail.com, dando atención oportuna a su requerimiento.

Particular que informamos para los fines pertinentes.

Atentamente. -

Ing. Fricson Moreira
Director de Catastros y Avalúos

Ing. Alba Allón Carrasco
Técnico Profesional de Campo

Revisado por:	Ing. Fricson Moreira			
Elaborado por:	Ing. Alba Allón Carrasco			
	DIRECTOR DE CATASTROS Y AVALÚOS			
	TÉCNICO PROFESIONAL DE CAMPO			



Anexo E: Mapa con los límites de la parroquia Cotaló



Anexo F: Solicitud del PDOT actualizado al señor presidente del GAD Cotaló

Cotaló, 22 de noviembre de 2021

Sr.
Solano Ruíz
PRESIDENTE
GAD PARROQUIAL COTALÓ

De mi consideración:

Reciba un cordial y atento saludo, a la vez mis augurios de éxito en las funciones encomendadas a su persona

Yo **MARLON ALEXANDER GUAMÁN AGUILAR** con C.I. **180443414-8** me permito solicitar a usted en calidad de presidente del GAD parroquial de Cotaló **una copia digital del PDOT más actualizado que disponga el GAD Parroquial**, esta información será utilizada únicamente con fines académicos, para la realización del proyecto técnico de titulación.

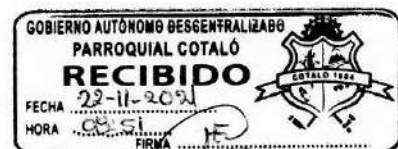
Favor enviar la información solicitada al correo electrónico personal **maralexanderg@gmail.com**

Por la favorable atención que se digne dar a la presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos.

Atentamente;



Marlon Guamán
180443414-8



Anexo G: Encuesta realizada en la parroquia Cotaló



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
TELECOMUNICACIONES Y REDES



ENCUESTA

Indicaciones: Por favor responda al siguiente cuestionario con la mayor honestidad

1. ¿Algún miembro de su domicilio requiere del servicio de internet para desarrollar sus actividades (estudios, teletrabajo) y/o entretenimiento?

- Si
- No

2. ¿Cuántas personas de su domicilio hacen uso diariamente del servicio de internet?

- De 1 a 2
- De 3 a 5
- 6 o más

3. ¿Actualmente cuenta con algún servicio de internet en su domicilio?

- Si
- No

Nota: si su respuesta es NO responda la pregunta número 6

4. El servicio de internet que recibe actualmente es por:

- Radioenlace (antena)
- Cable de cobre
- Fibra óptica
- Desconoce

5. Es de su conformidad el servicio de internet que usted mantiene actualmente

- Si
- No

6. Usted quisiera que su servicio de internet cumpla con:

- Mayor velocidad
- Menor costo

7. ¿Estaría dispuesto a aumentar el valor de su pago mensual a cambio de obtener un mejor servicio de internet que el que dispone actualmente?

- Si
- No

8. ¿Le gustaría adquirir un plan que incluya el servicio de internet y televisión digital al mismo tiempo?

- Si
- No

Anexo H: Validación de la encuesta socializada



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
 ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES



Proceso de validación de la encuesta a realizarse en la parroquia rural Cotatío perteneciente al cantón San Pedro de Pelileo.

Nombre	Cédula de Identidad	Firma
Juís Frías	Nº: 180229774-5	
Marisol Zúñiga	Nº: 1802925972	
Patricia Martínez	Nº: 1804972766	
Rosa Villofuerde	Nº: 180252882-1	
Franklin Campos	Nº: 1805046370	
Alvaro Morales	Nº: 1804829883	
Magidy Cunalata	Nº: 180519705-8	
Nestor Pérez	Nº: 180026628-8	
Ernesto Ruiz	Nº: 180054169-1	
Juan E. Barrios	Nº: 180171148-3	
Aida Ojeda	Nº: 180388169-5	
Ana Pérez	Nº: 1804688370	

Anexo I: Evidencias fotográficas de encuestados



Anexo J: Parámetros técnicos de la OLT MA5600T

Product Specifications			
Appearance	MA5600T	MA5603T	MA5608T
(W/D/H) mm	490×275.8×447	442×283.2×263	442×233.5×88
Operating Environment	Temperature: -25°C to +55°C Relative Humidity (RH): 5% to 95%	Temperature: -40°C to +65°C RH: 5% to 95%	Temperature: -40°C to +65°C RH: 5% to 95%
Power Parameter	Supports -48 V DC power input, dual-power supply protection, and working voltage range of -38.4 V to -72 V.	Supports -48 V DC power input, dual-power supply protection, and working voltage range of -38.4 V to -72 V.	Supports DC and AC power supply modes, and dual-power supply protection. Provides battery for power backup when AC power is used.
Cabinet	Indoor: N63E-22, N66E-18 Outdoor: F01D500	Indoor: N66E-18 Outdoor: F01D500, F01S300	Indoor: N63E-22 Outdoor: F01S200
Configuration	control board: 2 Service board: 16 Universal interface board: 1 Upstream interface board: 2 Power interface board: 2	control board: 2 Service board: 6 Universal interface board: 1 Upstream interface board: 2 Power interface board: 2	control board: 2 Service board: 2 Power interface board: 1
MTBF	≈45 years	≈45 years	≈45 years
Switching Capacity of the Backplane Bus	3.2Tbit/s	1.5Tbit/s (H801MABO) 2Tbit/s (H802MABO)	720Gbit/s
Switching Capacity of the Control Board	SCUN/SCUK: 480Gbit/s (Standby mode), 960Gbit/s (Load-sharing mode) SCUH: 960Gbit/s (Standby mode), 1920Gbit/s (Load-sharing mode) 960Gbit/s	MCUD/MCUD1: 128Gbit/s (Standby mode), 256Gbit/s (Load-sharing mode)	-
Access Capacity	• 128*10G GPON • 256*GPON • 768*GE/FE	• 48*10G GPON • 96*GPON • 288*GE	• 8*10G GPON • 32*GPON • 96*GE
Maximum uplink port (GIU)	• 4*GE • 4*10GE	• 4*GE • 4*10GE	-

Anexo K: Especificaciones técnicas de la ONT



Specifications

Attributes	HG8045M	
Power supply	12V, 1.5A	
Power consumption (full loaded)	≤15W	
Outline dimensions (mm) (W*D*H)	240*160*35mm	
Weight (in maximum configuration)	≤0.5kg	
Environmental requirements	Working temperature : 0°C~50°C Storage temperature : -40°C~70°C Working humidity : 5%~95% Storage humidity : 5%~95% no condensing	
Ethernet	Standard	IEEE802.3 IEEE802.3av IEEE802.3x
	Interface	1x 10/100/1000BASE-T+310/1000base-T RJ45 Auto negotiation Auto MDI/MDIX
GPON	Speed	Downlink: 2.488Gbps Uplink: 1.244Gbps
	Connector	SC/APC, pigtail
	Standard	ITU-T G.984.2, Class B+
	Power level	Downlink - Wavelength: 1490nm - Sensitivity: -38dBm - Saturation: -8dBm Uplink - Wavelength: 1310nm - TX power: 0.5 ~ 5dBm
	Fiber	G.652 Single Mode Fiber
WiFi	Antenna	2x2, 5dBi external antenna
	ERP	Max 25dBm
VoIP	REN	Max 5REN
	Connector	1x RJ11
	Ringng	65V RMS ringng voltage
USB	Max 1A for each port	

Huawei Technologies Co., Ltd.

www.huawei.com

Specifications are subject to change without notice.

Copyright © HUAWEI. All rights reserved.

Anexo L: Parámetros técnicos de los Splitters utilizados

Optical Splitter PLC Micro Tube

PLC-MT

Overview

This optical splitter use Planar Light wave Circuit (PLC) technology for split ratio 2, 4, 8,16, 32 and 64. Optical splitter micro tube type refers to the part 0.9 mm sfp-on fiber multi channel direct output with a compact design and easy to use Application for FTTXnetwork, LAN/WAN or CATV network.

Features

- Low Insertion loss
- Low PDL
- Compact Design
- Good channel-to-channel uniformity
- Wide Operating Wavelength: From 1260nm to 1650nm
- Wide Operating Temperature: From -40°C to 85°C
- High Reliability and Stability



Specification

Characteristics	Unit	Value/Performance												
Operating Wavelength	nm	1260 - 1650, others on request												
Port Configuration	-	1x2	1x4	1x8	2x4	2x8	1x16	2x16	1x32	2x32	1x64	2x64		
Insertion Loss	dB	<4.0	<7.3	<10.5	<7.6	<11.0	<13.7	<14.4	<16.9	<17.5	<21.0	<21.0		
Uniformity	dB	<0.4	<0.6	<0.8	<1.0	<1.2	<1.2	<1.5	<1.5	<1.8	<2.0	<2.2		
PDL	dB	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.3	<0.25	<0.3	<0.3	<0.4	<0.35	<0.4		
Directivity	dB	>55												
Operating Temperature	°C	-20 ~ +70												
Storage Temperature	°C	-40 ~ +85												
Max. Power	mW	300												
Lead Length	m	1, others on request												
Package Type	-	Box, square tube with bare ribbon, flat tube with 900um fibers												
Dimension	Cassette	mm	100x80x10				120x80x18			140x115x18				
	Sq Tube	mm	40x4x4		50x4x4			50x7x4		60x7x4		60x12x4		N.A.
	Flat Tube	mm	50x7x4		60x7x4			60x12x4		80x20x6		N.A.		

Anexo M: Especificaciones Pigtail SC



SPECIFICATIONS

Characteristics	Unit	Value/Performance		
		SM		MM
		UPC	APC	
Basic				
Insertion Loss (IL)	dB	≤0.3		
Return Loss (RL)	dB	SPC>45 UPC≥50	≥60	≥23
Endurance	dB	ΔIL≤0.2		
Operating Temperature	°C	-20 ~ +70		
Storage Temperature	°C	-40 ~ +70		
Ferrule end-face geometry				
Radius of Curvature (R)	mm	7-25	5-12	NA
Apex Offset	um	≤50		NA
Fiber Protrusion	nm	≤50	≤100	NA
Fiber Under Cut	nm	≤125@ R=7-10	≤100	NA

Mechanical			
Drop	dB	ΔIL≤0.2	
Vibration	dB	ΔIL≤0.2	
Flex	dB	ΔIL≤0.2	
Twist	dB	ΔIL≤0.2	
Pull Proof	dB	ΔIL≤0.2	
Coupling strength	dB	ΔIL≤0.2	
Static Bending	dB	ΔIL≤0.2	
Crushing	dB	ΔIL≤0.2	

Environmental			
Cold	dB	ΔIL≤0.2	
Dry Heat	dB	ΔIL≤0.2	
Damp Heat	dB	ΔIL≤0.2	

Transmission							
Characteristics	Unit	G652 SM	G655 SM	Std. 50um	62.5um	OM2	OM3
Max. Attenuation	dB/km (nm)	0.4/0.3 (1310/1550)	0.3 (1550)	2.8 (850)	3.0 (850)	2.8 (850)	2.8 (850)
Min. Bandwidth	MHz*km (nm)	-	-	500/500 (850/1300)	200/200 (850/1300)	750 (850)	2000 (850)
Dispersion Coefficient	ps/ nm ² *km	≤3.0 (1310nm)	2.8-6.0 (1550nm)	-	-	-	-

Anexo N: Especificaciones técnicas de Patch cord SC

Fiber Optic Patch Cords

SC FIBER OPTIC PATCH CORDS

Specifications

Characteristics	Unit	Value/Performance				Comments	
		SM		MM			
		PC	APC				
Basic							
Insertion Loss (IL)	dB	≤0.3				IEC 61300-3-4	
Return Loss (RL)	dB	SPC≥45 UPC≥50	≥60	≥23			IEC 61300-3-6
Endurance	dB	ΔIL≤0.2					IEC 61300-2-2, coupling and uncoupling 500 cycles, clean every 25 cycles
Operating Temperature	°C	-20 ~ +70					
Storage Temperature	°C	-40 ~ +70					
Ferrule end-face geometry							
Radius of Curvature (R)	mm	7-25	5-12	NA			Telcordia GR326(4.4.5)
Apex Offset	um	≤50		NA			Telcordia GR325(4.4.5)
Fiber Protrusion	nm	≤50	≤100	NA			Telcordia GR326(4.4.5)
Fiber Under Cut	nm	≤125@ R=7-10	≤100	NA			Telcordia GR326(4.4.5). For PC, Under Cut ≤-0.02R³+1.3R²-31R+325 when R=10-25mm
Mechanical							
Drop	dB	ΔIL≤0.2					IEC 61300-2-12, 1.5m, 5 drops, no damage
Vibration	dB	ΔIL≤0.2					IEC 61300-2-1, 10-55Hz, 0.75mm amplitude, 0.5 hrs/axis
Flex	dB	ΔIL≤0.2					Telcordia GR326(4.4.3.2), 0.9kg, ±90°, 100cycles, for 2mm or larger cable
Twist	dB	ΔIL≤0.2					Telcordia GR326(4.4.3.3), 1.35kg load, ±2.5 turns, 10 cycles, for 2mm or larger cable
Pull Proof	dB	ΔIL≤0.2					Telcordia GR326(4.4.3.4), 3.4kg at 90°, 6.8kg at 0°, for 2mm or larger cable
Coupling strength	dB	ΔIL≤0.2					IEC 61300-2-6, 4.2kg, 2min
Static Bending	dB	ΔIL≤0.2					IEC 794-1-2, 60mm diameter 10 turns
Crushing	dB	ΔIL≤0.2					IEC 794-1-2, 102kg for 2mm or larger cable, 10.2kg for 900m cable
Environmental							
Cold	dB	ΔIL≤0.2					IEC 61300-2-17, -20°C, 96 hrs
Dry Heat	dB	ΔIL≤0.2					IEC 61300-2-18, 70°C, 96 hrs
Damp Heat	dB	ΔIL≤0.2					IEC 61300-2-19, 40°C, 95%RH, 96 hrs
Transmission							
Characteristics	Unit	G652 SM	G655 SM	Std. 50um	62.5um	OM2	OM3
Max. Attenuation	dB/km (nm)	0.4/0.3 (1310/1550)	0.3 (1550)	2.8 (850)	3.0 (850)	2.8 (850)	2.8 (850)
Min. Bandwidth	MHz*km (nm)	-	-	500/500 (850/1300)	200/200 (850/1300)	750 (850)	2000 (850)
Dispersion Coefficient	ps/ nm²*km	≤3.0 (1310nm)	2.6-6.0 (1550nm)	-	-	-	-

Anexo O: Propiedades ópticas, geométricas y otras de las fibras Monomodo G652D

H1M2xxxxxx - Ed1

FIBRA ÓPTICA MONOMODO, G652D

PROPIEDADES ÓPTICAS			
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	METODO DE ENSAYO
Tip. /Max. Atenuación fibra individual a 1310 nm (*)	0,32 / 0,35	dB/km	UNE-EN 188000-303 IEC 60793-1-40
Tip. /Max. Atenuación fibra individual a 1383 nm (*)	0,28 / 0,31	dB/km	
Tip. /Max. Atenuación fibra individual a 1550 nm (*)	0,19 / 0,21	dB/km	
Tip. /Max. Atenuación fibra individual a 1625 nm (*)	0,20 / 0,24	dB/km	
Uniformidad en la atenuación (Puntos de discontinuidad a 1310o 1550nm)	< 0,05	dB	
Longitud de onda de dispersión nula	$1302 < \lambda_c < 1322$	nm	UNE-EN 188000-309 IEC 60793-1-42
Pendiente de dispersión a λ_0 (S_0)	$\leq 0,092$	ps/nm ² -km	
Dispersión cromática máxima (1285 nm - 1330 nm)	$\leq 3,5$	ps/nm-km	
Dispersión cromática máxima a 1550 nm	$\leq 18,0$	ps/nm-km	
Dispersión cromática máxima a 1625 nm	$\leq 22,0$	ps/nm-km	
Dispersión por modo de polarización (PMD) (**)	$\leq 0,2$	ps/√km	IEC 60793-1-48
Coefficiente de PMD del enlace (PMD ₀) (**)	$\leq 0,06$	ps/√km	
Longitud de onda de corte (fibra cableada)	$\lambda_c < 1260$	nm	UNE-EN 188000-313 IEC 60793-1-44

(*)Este parámetro está sujeto a cambios una vez la fibra está en el cable.

PROPIEDADES GEOMETRICAS			
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	METODO DE ENSAYO
Diámetro del campo modal a 1310 nm	$9,2 \pm 0,4$	μm	UNE-EN 188000-315
Diámetro del campo modal a 1550 nm	$10,4 \pm 0,5$	μm	IEC 60793-1-45
Diámetro del revestimiento	$125 \pm 0,7$	μm	IEC 60793-1-20
No-Circularidad del revestimiento	< 1	%	
Error de concentricidad núcleo-revestimiento	< 0,5	μm	
Diámetro del recubrimiento primario (No coloreado)	245 ± 5	μm	IEC 60793-1-21
Error de concentricidad recubrimiento primario-revestimiento	≤ 12	μm	
Ondulación de la fibra ("Fiber Curl")	$\geq 4,0$	m	IEC 60793-1-34

OTRAS PROPIEDADES			
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	METODO DE ENSAYO
Resistencia a la tracción ("Proof test")	$\geq 1\%$ (100kpsi / 0,7GPa)	%	IEC 60793-1-30
Índice efectivo de refracción de grupo a 1330 nm	1,467		
Índice efectivo de refracción de grupo a 1550 nm	1,468		
Apertura del recubrimiento (valor de pico)	$1,3 \leq F_p \leq 8,9$	N	IEC 60793-1-32

Todos los dibujos, diseños, especificaciones y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en esta documentación son puramente indicativos y no pueden ser considerados contractuales.

pág. 2/2

Cables de Comunicaciones Zaragoza, SL.
Polígono de Malpica, calle D, nº B3. 50016 Zaragoza - España
+34 976 729 900 | +34 976 729 974
www.cablescom.com | comercial@cablescom.com
Empresa certificada ISO 9001 - ISO 14001

CABLESCOM
ZARAGOZA

Anexo P: Documento técnico de cable aéreo ADSS



Optical Characteristics

Optical Characteristics		G.652	G.655	50/125µm	62.5/125µm
Attenuation (+20°C)	@850nm			≤3.0 dB/km	≤3.3 dB/km
	@1300nm			≤1.0 dB/km	≤1.0 dB/km
	@1310nm	≤0.36 dB/km	≤0.40 dB/km		
	@1550nm	≤0.22 dB/km	≤0.23dB/km		
Bandwidth	@850nm			≥500 MHz·km	≥200 MHz·km
	@1300nm			≥500 MHz·km	≥500 MHz·km
Numerical Aperture				0.200±0.015NA	0.275±0.015NA
Cable Cut-off Wavelength Acc		≤1260nm	≤1450nm		

Technical Characteristics

Fiber Count	Loose Tubes + Fillers	Fibers per Tube	CSM Diameter (mm)	Outer Jacket Thickness (mm)	Cable Diameter (mm)	Weight (kg/km)
4	1+6	4	2.3	1.7±0.1	10.5±0.5	82
6	1+6	6	2.3	1.7±0.1	10.5±0.5	82
8	1+6	4	2.3	1.7±0.1	10.5±0.5	82
12	1+6	6	2.3	1.7±0.1	10.5±0.5	82
24	1+6	6	2.3	1.7±0.1	10.5±0.5	83
36	1+6	6	2.3	1.7±0.1	10.5±0.5	84
48	1+6	12	2.6	1.7±0.1	11.5±0.5	94
72	1+6	12	2.6	1.7±0.1	11.5±0.5	95
96	1+8	12	3	1.7±0.1	12.5±0.5	122

Environmental Characteristics

Transport temperature: -40°C ~ +70°C
Storage temperature: -40°C ~ +70°C

Delivery Length

Standard 2km (2,000 meter) length
Other lengths are also availab

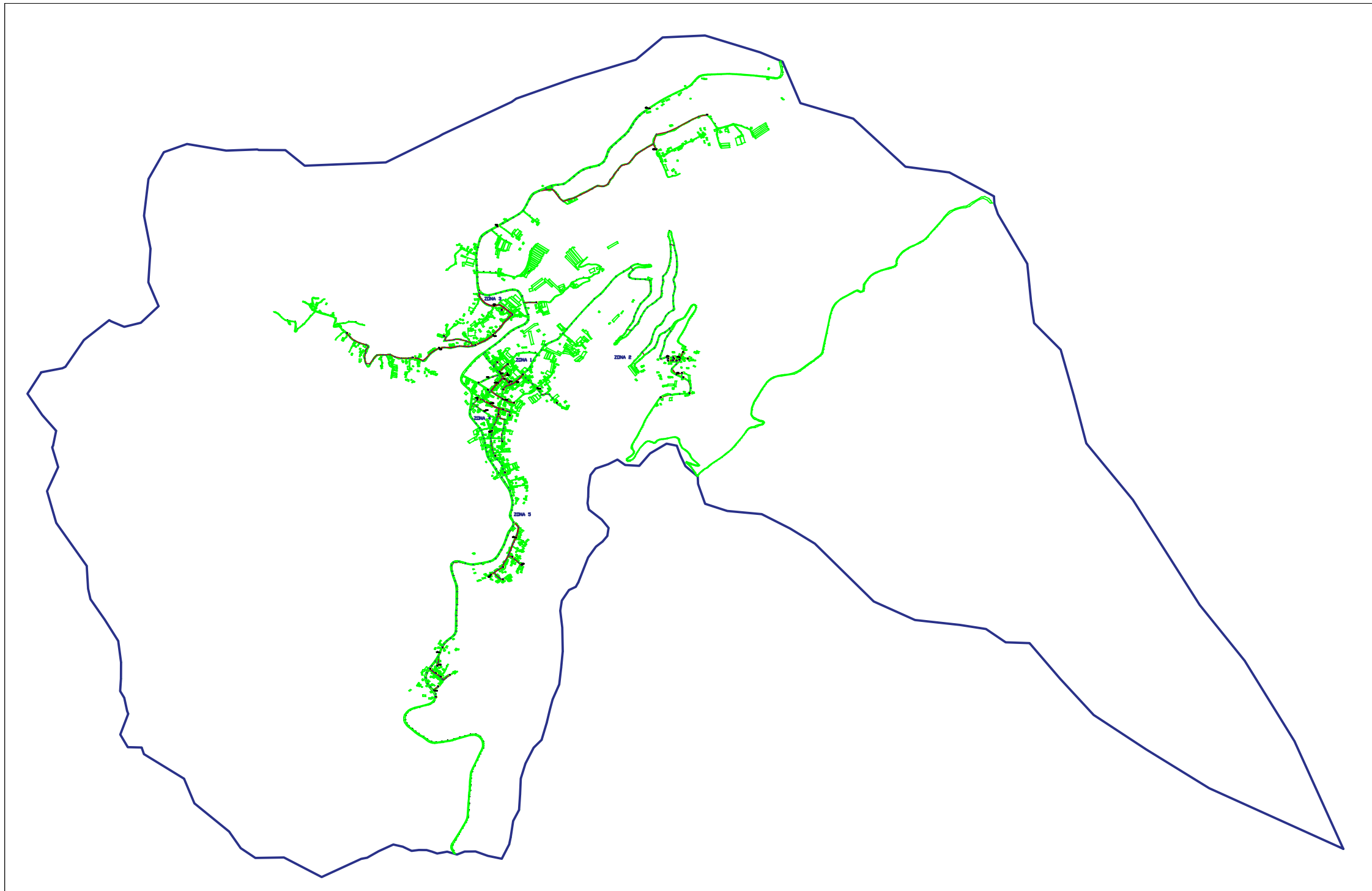
Ordering Information

Model No.	Description	Remark
ADSS	Fiber count Fiber type Cable span Sheath color	Contact our sales or technical dept for more information: Sales: sales@honecable.com Technical: tony@honecable.com

Anexo Q: Identificación de la postería de la parroquia de norte a sur



Anexo R: Levantamiento rural de Cotaló con la red FTTH



Escuela Superior Politécnica de Chimborazo



TEMA: Diseño y Evaluación de una red FTTH basada en la normativa de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica (CNT) en Cotaló-Pellileo

Diseño:
Marlon Alexander Guamán Aguilar

Fecha: 15 de Marzo de 2022

Director:
Ing. Oswaldo Martínez MSc.

Escala: 1 : 10.000

Miembro:
Ing. Diego Veloz MSc.

Hoja: 1 de 1