

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**MEMORIA LABORAL**  
**SOFTWARE QGIS PARA EL DISEÑO DE RED FTTH**  
**CASO AXS BOLIVIA**  
**ESTUDIANTE: IVO RODRIGO SANJINEZ YUJRA**

**TUTOR: ING. ROBERTO ZAMBRANA**

**LA PAZ, BOLIVIA**

**2023**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

## **AGRADECIMIENTOS**

*En primer lugar, quiero agradecer a Dios por regalarme la vida y guiarme en el camino.*

*Gracias a mis queridos padres, hermanos y docentes por apoyarme en todo el trayecto hasta esta etapa.*

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>Resumen de la Actividad Laboral.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.    AXS Bolivia.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1.    Organización.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.2.    Posiciones.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.3.    Dependencia.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.4.    Actividad.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.5.    Resultado.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.    ZTE.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.1.    Organización.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.2.    Posiciones.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.3.    Dependencia.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.5.    Resultado.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.    MSI.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.1.    Organización.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.2.    Posiciones.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.3.    Dependencia.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.4.    Actividad.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.5.    Resultado.....</b>	<b>3</b>
<b>2. CASO DE ESTUDIO.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.    Antecedentes.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1.1.    Objetivos.....</b>	<b>4</b>

2.1.1.1. Objetivo General.....	4
2.1.1.2. Objetivos Específico.....	4
2.1.2. Justificación.....	4
2.1.3. Alcances y límites.....	5
2.1.4. Marco Referencial.....	6
2.1.4.1. Fundamentos de la transmisión por fibra óptica y estándares comerciales.....	6
2.1.4.1.1. Historia de la fibra.....	6
2.1.4.1.2. Fibra Óptica.....	6
2.1.4.1.2.1. Estructura física de la fibra óptica.....	6
2.1.4.1.3. Ventajas y desventajas de la fibra óptica.....	7
2.1.4.1.3.1. Ventajas.....	7
2.1.4.1.3.2. Desventajas.....	8
2.1.4.1.4. Espectro electromagnético.....	8
2.1.4.1.5. Banda óptica espectral.....	11
2.1.4.1.6. Propagación de la luz.....	11
2.1.4.1.6.1. Índice de refracción.....	12
2.1.4.1.6.2. Leyes de la refracción.....	13
2.1.4.1.6.3. Ángulo crítico.....	14
2.1.4.1.6.4. Angulo de aceptación y cono de aceptación.....	15
2.1.4.1.7. Modos o trayectoria de propagación.....	16
2.1.4.1.7.1. Fibra monomodo.....	17
2.1.4.1.7.2. Fibra multimodo de índice escalonado.....	17

2.1.4.1.7.3. Fibra multimodo de índice graduado. ....	17
2.1.4.1.8. Pérdidas en cables de fibra óptica. ....	18
2.1.4.1.8.1. Pérdidas por absorción. ....	18
2.1.4.1.8.2. Pérdidas por dispersión. ....	19
2.1.4.1.8.3. Pérdidas por curvaturas. ....	19
2.1.4.1.8.3.1. Pérdidas por macrocurvaturas. ....	20
2.1.4.1.8.3.2. Pérdidas por microcurvaturas. ....	20
2.1.4.1.8.4. Pérdidas por acoplamiento. ....	21
2.1.4.1.9. Cables de fibra óptica. ....	22
2.1.4.1.9.1. Tipos de cables de fibra óptica. ....	23
2.1.4.1.9.1.1. Cable de estructura holgada. ....	23
2.1.4.1.9.1.2. Cable de estructura ajustada. ....	24
2.1.4.1.9.1.3. Cable blindado. ....	24
2.1.4.1.9.1.4. Cable aéreo autoportante. ....	25
2.1.4.1.9.1.5. Cable Drop. ....	25
2.1.4.1.9.2. Estándares de los cables de fibra óptica. ....	25
2.1.4.1.9.3. Conectores y acopladores de fibra óptica. ....	27
2.1.4.1.9.4. Distribuidores. ....	29
2.1.4.1.9.5. Cajas de empalmes. ....	29
2.1.4.1.9.6. Latiguillos y Pigtail de fibra óptica. ....	30
2.1.4.1.10. Transmisores ópticos. ....	31
2.1.4.1.11. Receptores ópticos. ....	31
2.1.4.2. Tecnología PON y FTTH. ....	31

2.1.4.2.1.	PON.....	32
2.1.4.2.2.	GPON.....	32
2.1.4.2.2.1.	Recomendación G.984.1.....	33
2.1.4.2.2.2.	Recomendación G.984.2.....	35
2.1.4.2.2.3.	Fibra óptica G.652.....	44
2.1.4.2.2.4.	XGPON.....	45
2.1.4.2.2.5.	Atenuación ODN.....	46
2.1.4.2.2.6.	Splitter.....	47
2.1.4.2.3.	FTTH .....	47
2.1.4.3.	Fundamentos QGIS 3 y requisitos de sistema.....	47
2.1.4.3.1.	SIG. ....	47
2.1.4.3.2.	Interface Grafica QGIS. ....	48
2.1.4.3.3.	Requitos de sistema.....	50
2.1.4.3.4.	Las clases en QGIS.....	50
2.1.4.3.5.	Fundamentos Qt5.....	51
2.1.4.4.	Fundamentos Python.....	51
2.1.4.4.1.	Consola.....	51
2.1.4.4.2.	Operaciones aritméticas .....	52
2.1.4.4.3.	Variables .....	53
2.1.4.4.4.	Herramientas de control de flujo .....	53
2.1.4.4.5.	Funciones .....	53
2.2.	Desarrollo.....	54
2.2.1.	Introducción.....	54

<b>2.2.2. Planificación y diseño de la red FTTH (Fase 1)</b> .....	54
<b>2.2.2.1. Información de la empresa sobre el área de estudio</b> .....	55
<b>2.2.2.1.1. Elección de Tecnología</b> .....	57
<b>2.2.2.1.2. Ambiente de instalación de fibra óptica</b> . ....	58
<b>2.2.2.1.3. Servicios a los clientes</b> . ....	58
<b>2.2.2.1.4. FTTH e índice de penetración</b> . ....	58
<b>2.2.2.2. Consideraciones para el presupuesto de atenuación</b> . ....	59
<b>2.2.2.2.1. Niveles de potencia en la OLT y ONT</b> . ....	60
<b>2.2.2.2.2. Atenuación en la Fibra Óptica</b> . ....	60
<b>2.2.2.2.3. Atenuación por conectores</b> . ....	60
<b>2.2.2.2.4. Atenuación por empalmes</b> . ....	60
<b>2.2.2.2.5. Atenuación por divisores o Splitters</b> . ....	61
<b>2.2.2.3. Costos de equipos y materiales</b> .....	61
<b>2.2.2.3.1. OLT</b> .....	61
<b>2.2.2.3.2. ONT</b> .....	62
<b>2.2.2.3.3. ODF</b> .....	62
<b>2.2.2.3.4. Splitter</b> . ....	62
<b>2.2.2.3.4.1. Splitter de 1er nivel</b> . ....	62
<b>2.2.2.3.4.2. Splitter de 2do nivel</b> .....	63
<b>2.2.2.3.4.3. Caja de empalmes o Cierre de empalme LCP(FDH)</b> .....	63
<b>2.2.2.3.4.4. OTC NAP</b> .....	63
<b>2.2.2.3.5. Fibra óptica</b> .....	64
<b>2.2.2.3.6. Fusión</b> .....	65

2.2.2.3.7.	Conector de campo.....	65
2.2.2.3.8.	Roseta Óptica. ....	65
2.2.2.3.9.	Gabinete.....	66
2.2.2.4.	Reglas de Etiquetado de los equipos y fibras ópticas. ....	66
2.2.2.4.1.	Etiquetas en OLT.....	66
2.2.2.4.2.	Etiqueta ODF. ....	66
2.2.2.4.3.	Etiqueta Splitter 1er nivel.....	66
2.2.2.4.4.	Etiqueta Splitter 2do nivel.....	67
2.2.2.4.5.	Etiquetar Jumpers entre OLT y ODF. ....	67
2.2.2.4.6.	Etiquetar Fibras entre ODF y Splitters de 1er nivel.....	67
2.2.2.4.7.	Etiquetar Fibras entre Splitter 1er nivel y 2do nivel. ....	67
2.2.2.4.8.	Etiquetar Fibras entre Splitter 2do nivel y ONT. ....	68
2.2.2.5.	ODN.....	68
2.2.3.	Desarrollo del software. ....	69
2.2.3.1.	Diseño y planteamiento de los algoritmos. (FASE 2).....	70
2.2.3.1.1.	Datos de Entrada.....	70
2.2.3.1.2.	Interfaz gráfica de visualización. ....	72
2.2.3.1.3.	Funciones utilizadas. ....	75
2.2.3.1.4.	Datos Visualizados en QGIS.....	77
2.2.3.2.	ODN. (FASE 3).....	79
2.2.3.2.1.	Cluster por puerto.....	81
2.2.3.2.1.1.	El método de agrupación Automático por K-means.....	81
2.2.3.2.1.2.	Ubicación Splitter 1er nivel. ....	82

2.2.3.2.1.3. Ubicación Splitter 2do nivel.....	82
2.2.3.2.2. Análisis para la fibra.....	82
2.2.3.2.2.1. Fibra óptica entre OLT, Splitter 1er nivel, Splitter 2do nivel y ONT.	82
2.2.3.2.2.1.1. Algoritmo Dijkstra. ....	82
2.2.3.2.3. Interfaz gráfica.....	84
2.2.3.2.3.1. Agregar Splitter de Primer nivel.....	84
2.2.3.2.3.2. Generación de la fibra troncal.....	85
2.2.3.2.3.3. Splitters de Segundo nivel.....	86
2.2.3.2.3.4. Fibra de distribución.....	87
2.2.3.2.3.5. Fibra Drop al hogar y ONTs. ....	89
2.2.3.3. Datos de Salida.(FASE 4) .....	91
2.2.3.3.1. Esquema de la red y conexión FTTH.....	93
2.2.3.3.2. Balance de Potencia.....	93
2.2.3.3.3. Etiquetado de los equipos y fibra óptica.....	94
2.2.3.3.4. Costo de la red.....	96
2.3. Conclusiones y recomendaciones.....	98
2.3.1. Conclusiones. ....	98
3. ANALISIS DE LA ACTIVIDAD.....	100
3.1. Desempeño Laboral.....	100
3.2. Formación Recibida en la UMSA.....	101
BIBLIOGRAFIA.....	102
ANEXOS.....	104

<b>ANEXO A ESTANDARES DE FIBRA ÓPTICA Y PON ADICIONAL .....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO B POSICIONES GEOGRÁFICAS HOGARES .....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO C POSICIONES GEOGRÁFICAS POSTES ELECTRICOS .....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXO D POSICIONES GEOGRÁFICAS RUTAS.....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO E CÓDIGO DE LAS FUNCIONES .....</b>	<b>117</b>
<b>ANEXO F DATOS DE CONEXIONES .....</b>	<b>142</b>
<b>ANEXO G BALANCE DE POTENCIA.....</b>	<b>155</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1 Estructura de la fibra óptica .....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 2 Espectro electromagnético.....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 3 Espectro electromagnético para las comunicaciones ópticas .....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 4 Onda electromagnética y longitud de onda .....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 5 Refracción de la luz.....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 6 Ley de Snell.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 7 El ángulo crítico. ....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 8 Propagación de haces de luz en la fibra.....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 9 Cono de aceptación .....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 10 a) Fibra multimodo de índice escalonado. b) Fibra multimodo de índice. c) Fibra monomodo .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 11 Curva de pérdidas de una fibra óptica debido a absorción y dispersión .....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 12 Macrocurvatura en una fibra.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 13 Microcurvatura o microbending en una fibra .....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 14 a) Desalineamiento lateral. b) Desalineamiento de entrehierro. c) Desalineamiento angular. d) Acabado superficial imperfecto.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 15 Cable de tubo holgado .....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 16 Cable de fibra ajustado.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 17 Cable de fibra blindado .....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 18 Cable de fibra aéreo autoportante .....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 19 Código de colores cable de 144 fibras estándar EIA/TIA-598.A .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 20 Conector ST.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 21 Conector FC .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 22 Conector SC.....</b>	<b>28</b>

<b>Figura 23 Acopladores .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 24 Distribuidor de fibra óptica.....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 25 Caja de empalme de tipo Torpedo (Izquierda) y Mondragón (derecha) .....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 26 Latiguillo o patch cord SC.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 27 Arquitectura de la red .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 28 Configuración general de la red de distribución óptica .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 29 Aplicación GPON sistema únicamente digital .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 30 Características de la fibra óptica G.652D.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 31 Interfaz Gráfica de Usuario de QGIS con datos de muestra .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 32 Consola python en QGIS .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 33 ODN .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 34 Empalmes y conectores en la red GPON.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 35 Diagrama de flujo para el diseño de la red.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 36 Diagrama de flujo de los datos de entrada .....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 37 Interfaz gráfica datos de entrada, pestaña Demanda, Rutas y Postes.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 38 Interfaz gráfica datos de entrada, pestaña, OLT .....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 39 Interfaz gráfica datos de entrada, Atenuación y Potencia .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 40 Interfaz gráfica datos de entrada, Costos.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 41 Datos desplegados en QGIS.....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 42 Tabla de atributos de la capa hogares .....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 43 Tabla de atributos de Atenuación y Potencia.....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 44 Diagrama de flujo de ODN.....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 45 Ejemplo algoritmo Dijkstra.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 46 Interfaz gráfica datos de ODN .....</b>	<b>84</b>

<b>Figura 47 Clusters splitters de primer nivel .....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 48 Fibra troncal (color azul).....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 49 Splitters de segundo nivel .....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 50 Fibra de distribución.....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 51 Fibra de distribución (color rojo) .....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 52 Fibra al hogar y ONT's.....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 53 Etiquetado de las fibras drop para un splitter de segundo nivel .....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 54 Diagrama de flujo para datos de salida .....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 55 Esquema de la red .....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 56 Etiquetado OLT .....</b>	<b>94</b>
<b>Figura 57 Etiquetado Splitter de primer nivel .....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 58 Etiquetado fibra troncal .....</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1 Índice de refracción de algunos materiales .....</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 2 Código de colores de la fibra óptica .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 3 Parámetros ODN .....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 4 Anchos de banda seleccionados en el proyecto .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 5 Parámetros de la interfaz óptica en downstream a 2488,32 Mbps.....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 6 Parámetros de la interfaz óptica en upstream a 1244,16 Mbps.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 7 Potencia de transmisión en ONT/OLT.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 8 Pérdidas de potencia en el sistema GPON .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 9 Parámetros de atenuación G.984.X.....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 10 Elementos geométricos .....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 11 Símbolos Operaciones aritméticas Python.....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 12 Hogares posiciones georreferenciadas.....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 13 Postes posiciones georeferenciadas .....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 14 Rutas posiciones georreferenciadas.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 15 Splitters y sus atenuaciones.....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 16 Costos y tipos de Fibra óptica .....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 17 Especificaciones de sistema .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 18 Funciones del algoritmo Datos de Entrada.....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 19 Costos de la red .....</b>	<b>98</b>

## **RESUMEN**

El presente proyecto consiste en diseñar una red FTTH (Fibra al hogar), para una zona determinada utilizando el software QGIS 3 de caso AXS BOLIVIA. En el presente documento, se encuentran: las tecnologías existentes para el diseño de un red, los estándares de la fibra óptica, los parámetros de una red FTTH con tecnología GPON, se define QGIS 3 y su relación con Python 3, se presentan los algoritmos utilizados y los gráficos respectivos, así como, los parámetros de entrada utilizados, la elaboración de la distribución de la red desde la oficina central hasta los usuarios, generados en QGIS 3. La población de La Paz se encuentra en constante crecimiento, es por ello que se debe dar cobertura a una necesidad básica en estos tiempos, la cual, es el acceso a Internet en el hogar, y para ello, se debe diseñar la red de manera eficiente mediante el software mencionado. En el presente documento, no se encuentra detallada la información geográfica y no contiene información de instalación y aplicación directa de la implementación física. En el apartado de anexos se encuentra información detallada referente a estándares GPON, las posiciones geográficas, funciones, datos de las conexiones y balance de potencias.

Como resultado se realizó el diseño de la red de fibra óptica, de acuerdo a un conjunto de etapas estructuradas, utilizando QGIS y Python, para una zona específica. Se logró generar los datos de entrada, desplegar la ODN con dos niveles de splitter o divisor, utilizando el método de agrupación K-means y el algoritmo Djistra, se despliegan los parámetros de salida; se aplicaron los estándares GPON y se concluye que se puede utilizar para diseñar otras zonas. Se aclaran en las conclusiones los algoritmos utilizados para la generación de la red, en tres etapas: datos de entrada, intermedios o de ODN y salida. Finalmente, se describe la formación recibida en la UMSA.

## **ABSTRACT**

This project consists of designing a FTTH (Fiber to the Home) network for a given area using the QGIS 3 software from the AXS BOLIVIA case. In this document, there are: the existing technologies for the design of a network, the fiber optic standards, the parameters of a FTTH network with GPON technology, QGIS 3 is defined and its relationship with Python 3, the algorithms are presented. used and the separate graphics, as well as the input parameters used, the elaboration of the distribution of the network from the central office to the users, generated in QGIS 3. The population of La Paz is constantly growing, that is why that a basic need must be covered in these times, which is Internet access at home, and for this, the network must be designed efficiently using the aforementioned software. In this document, geographic information is not detailed and does not contain direct installation and application information of the physical implementation. In the detailed information section there is a reference to GPON standards, geographic positions, functions, connection data and power balance.

As a result, the design of the fiber optic network was carried out, according to a set of structured stages, using QGIS and Python, for a specific area. Generating the input data will be improved, displaying the ODN with two levels of splitter or divider, using the K-means grouping method and the Djistra algorithm, the output parameters will be displayed; GPON standards are applied and it is concluded that they can be used to design zones. The algorithms used to generate the network are clarified in the conclusions, in three stages: input, intermediate or ODN data, and output. Finally, the training received at UMSA is described.

## GLOSARIO

<b>ADSL</b>	Asymetric Digital Subscriber Line o Línea de abonado digital asimétrica. Tecnología Línea de abonado que utiliza cobre
<b>ADSL2+</b>	Mejora de la tecnología ADSL, se facilita mayor velocidad en la tasa de descarga para el abonado
<b>AutoCAD</b>	Software o programa utilizado para diseñar realizar planos apto para diferentes proyectos a nivel de ingeniería
<b>BER</b>	Bit Error Rate
<b>BOSS</b>	Business Operation Support System o Sistema de soporte para operaciones y negocios
<b>C++</b>	Lenguaje compilado de programación como una extensión orientada a objetos de C
<b>CPU</b>	Central Processing Unit o Unidad de central procesamiento
<b>CRM</b>	Customer Relationship Management o Gestión de Relación con los clientes.
<b>dB</b>	Decibelios
<b>dBm</b>	Decibelios relativa a un milivatio
<b>Dijkstra</b>	Algoritmo para encontrar la ruta mas corta entre dos puntos y diferentes caminos
<b>FTTH</b>	Fiber to the Home o Fibra hasta el Hogar
<b>FTTx</b>	Fibra hasta la X
<b>GB</b>	Giga Bytes
<b>Gbps</b>	Giga bits por segundo
<b>GHz</b>	Giga Hertz
<b>GNU/Linux</b>	Sistema tipo Unix de software libre y código abierto
<b>GUI</b>	Graphic User Interface o Interfaz gráfica de Usuario
<b>Km</b>	Kilómetros
<b>K-means</b>	Técnica de agrupación, para crear diferentes grupos
<b>macOS</b>	Macintosh Operating System o Sistema Operativo Macintosh
<b>Mbps</b>	Giga bits por segundo
<b>NA</b>	No aplica
<b>nm</b>	Nanómetro(s)

<b>NRZ</b>	Non Return to Zero o Sin Retorno a Zero
<b>ODF</b>	Optical Distribución Fiber o Distribución de Fibra Óptica
<b>ODN</b>	Optical Distribution Network o Red de Distribución Óptica. Se encuentra la distribución de todos los equipos pasivos, incluida la fibra óptica
<b>OLT</b>	Optical Line Termination o Línea de Terminación Óptica, dispositivo que implementa el protocolo PON, además gestiona y para comunicaciones de Uplink o subida, se encuentra previa al ODN
<b>ONT</b>	Optical Network Termination o Terminación de Red Óptica
<b>PON</b>	Passive Optical Network o Red Óptica Pasiva
<b>Python</b>	Lenguaje de programación, gratuito y que se ejecuta línea por línea
<b>QGIS</b>	Sistema de Información Geográfica libre o de Código Abierto
<b>RAM</b>	Ram Access Memory o Memoria de Acceso Aleatorio
<b>SATA</b>	Serial Advanced Technology Attachment o interfaz de bus para la transferencias de datos entre la placa base y el disco duro u otro dispositivo
<b>Script</b>	Secuencia de comandos que se ejecutan de forma correlativa
<b>SHP</b>	Shapefile, formato de archivos informáticos propietario de datos
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfico
<b>Software</b>	Término referido a un programa o conjunto de programas que se utilizan en una computadora, para manipular datos, procesos en un sistema
<b>UIT-T</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones
<b>Unix</b>	Sistema Operativo con características: multiusuario, multitareas, eficiente, portable
<b>VDSL</b>	Very high bit rate Digital Subscriber Line o Línea de abonado digital de muy alta tasa de transferencia. Considerada la mejora de la tecnología ADSL

# **1. INTRODUCCIÓN.**

## **Resumen de la Actividad Laboral.**

### **1.1. AXS Bolivia.**

#### **1.1.1. Organización.**

Se conoce a la empresa AXS BOLIVIA, como proveedor de servicios de Internet o ISP, con tecnologías: ADSL, VDSL y GPON.

#### **1.1.2. Posiciones.**

Se trabajó en el área de diseño y planificación de redes FTTH. Adicionalmente, previo al cargo se desempeñó la función como técnico en el área GPON, en instalaciones de equipos y configuraciones de ONT.

#### **1.1.3. Dependencia.**

Se dependía de los ingenieros de redes de Fibra Óptica y dependientes a su vez, del gerente de redes. Los colegas que se encontraban bajo su cargo eran dos en total.

#### **1.1.4. Actividad.**

La actividad principal que se realizaba, consistía en diseñar redes de fibra óptica FTTH, para zonas específicas de la ciudad de la paz, debido a que se estaba iniciando el proyecto de fibra óptica hacia el hogar se encontraba en una etapa de desarrollo, donde inicialmente se planteaba los grupos óptimos, de mayor demanda por cada zona y se agrupaban en un plano para luego establecer la ubicación del OLT, los nodos de splitters de primer, segundo nivel, los posibles puntos de demanda u hogares, todo realizado en AutoCAD. Durante el periodo previo a ingresar se instalaban equipos de fibra óptica y se monitoreaba las alarmas de los nodos o OLT's. La mayoría de las instalaciones pertenecían a clientes o personas de tipo individual u hogar, otro sector pertenecía a clientes de tipo negocio, por ejemplo: Empresas, distribuidores y/o locales públicos donde se ofrecen servicios de internet.

#### **1.1.5. Resultado.**

Se conoció la configuración de equipos OLT y ONT, los nodos y oficinas secundarias. Resultado, se procede con la instalación y servicio de mantenimiento para los clientes.

## **1.2. ZTE.**

### **1.2.1. Organización.**

La empresa de telecomunicaciones ZTE en Bolivia se encarga de facilitar soluciones en cuanto a redes, telecomunicaciones y software. Por otro lado, se especializa en el desarrollo de equipos móviles. Las operadoras Entel y AXS son los principales clientes, se debe cumplir los requerimientos solicitados.

### **1.2.2. Posiciones.**

Se desempeña un cargo de Delivery, es decir, entrega de sistema, en base a los requerimientos empresariales y reglas de negocio. O&M u Operaciones y Mantenimiento, se realizaba el mantenimiento de los sistemas BOSS de Entel.

### **1.2.3. Dependencia.**

La estructura en el área de trabajo: el equipo de Delivery/operaciones, los líderes de equipo y un rango superior, los Gestores de Proyecto.

### **1.2.4. Actividad.**

Las actividades principales, se tratan principalmente, de entregar los sistemas, en base a requerimientos y solicitudes y/o modificaciones posteriores; operaciones y mantenimiento de los sistemas CRM.

### **1.2.5. Resultado.**

En la empresa se comprendió: flujos de trabajo, reglas de negocios y presentaciones de sistemas. Se cooperó con el mantenimiento de los sistemas y gestión de bases de datos para generación de reportes.

## **1.3. MSI.**

### **1.3.1. Organización.**

La empresa MSI, empresa multinacional de telecomunicaciones, y facilita diferentes soluciones a nivel de software.

### **1.3.2. Posiciones.**

El cargo cubierto, se encuentra como delivery y mantenimiento de sistemas en el Proyecto BOSS Chile.

### **1.3.3. Dependencia.**

En esta empresa para el área de Delivery se encuentran cuatro personas para la entrega de diferentes módulos, en cada área se tiene un líder de equipo y para cada líder de equipo a su vez se tiene un Gestor de Proyectos.

### **1.3.4. Actividad.**

Se realiza la entrega de los sistemas en base a los requerimientos y solicitudes; se procede con el mantenimiento de los diferentes problemas o nuevas modificaciones.

### **1.3.5. Resultado.**

La gestión de soluciones y distribución de actividades al equipo de delivery. Se realiza la capacitación y entrega de los diferentes módulos. Se realiza el mantenimiento para el sistema. Se realizan las configuraciones de los servidores empresariales. Se realizan capacitaciones internas para una mejor eficacia en el área de operaciones.

## **2. CASO DE ESTUDIO.**

### **2.1. Antecedentes.**

La empresa AXS Bolivia realiza la planificación y diseño de redes FTTH, para ello se utilizan herramientas digitales como autocad, para la ubicación de los hogares, la OLT, splitters y su cobertura, así como los costos de los equipos utilizados. Con el objetivo de tener una herramienta de soporte se buscó automatizar el diseño de la red utilizando un software para la distribución geográfica de los hogares, postes eléctricos, los splitters y su distribución. Lo que permite ahorrar tiempo en la distribución y presentación de la información de las posibles ubicaciones de los splitters, costos, distribución de la fibra óptica.

### **2.1.1. Objetivos.**

#### **2.1.1.1. Objetivo General.**

Diseñar una red FTTH (Fiber To The Home), para una zona determinada, mediante un software (QGIS 3), caso AXS BOLIVIA.

#### **2.1.1.2. Objetivos Específico.**

Los objetivos específicos fueron:

- Describir las tecnologías existentes para el diseño de la red.
- Determinar los parámetros de la red FTTH.
- Describir datos sobre redes FTTH con tecnología GPON.
- Describir software: QGIS 3, Python 3 (software QGIS 3), Qt 5 (software QGIS 3).
- Definir los datos de entrada para el software.
- Definir los algoritmos usados para generar la simulación de la red FTTH en QGIS 3.
- Elaborar el diseño de distribución de la red FTTH (ODN) desde la Oficina Central (CO) hasta los usuarios, simulación en QGIS 3.
- Realizar el estudio de costos de la red FTTH.

#### **2.1.2. Justificación.**

El presente proyecto es una solución alternativa para el diseño de redes FTTH en la empresa.

Debido al constante crecimiento de la población actual en La Paz, es necesario brindar el servicio de Internet a nuevas zonas de la ciudad. Para brindar el servicio se debe realizar el diseño de una red FTTH, y para realizarlo de manera eficiente se debe usar un software que permita evaluar de manera rápida la zona donde se pretende desplegar la red FTTH.

Se utiliza la tecnología GPON, debido a sus características y aplicación en Fibra hasta el hogar.

Este proyecto es una base para nuevas aplicaciones en FTTH.

### 2.1.3. Alcances y límites.

Los alcances fueron los siguientes:

- El proyecto, presenta la información de los datos iniciales establecidos como: hogares, rutas, postes y ubicación de OLT.
- El presente proyecto, presenta la explicación del diseño de la red FTTH en forma detallada, dentro del software QGIS.
- Se explican los estándares GPON y de fibra óptica.
- No se detalla la información geográfica del plano o superficie utilizada en QGIS.
- Las funciones del código explican de forma resumida su objetivo dentro del algoritmo.
- No contiene la forma de instalación y la aplicación directa de la implementación física de los equipos o del despliegue de fibra óptica.
- El presente proyecto, explica de forma detallada los algoritmos de acuerdo a la planificación de la red.
- Se participó de las siguientes fases: FASE 1, FASE 2, FASE 3 y FASE 4.

Los límites fueron:

- El presente diseño de la red, no presenta detalles sobre las redes FTTx, sino únicamente de Fibra al Hogar, debido a requerimiento de la empresa.
- El presente proyecto no detalla la información de las otras zonas de diseño, se presenta la información únicamente de Villa Victoria, por motivo, de confidencialidad.
- Los parámetros de atenuación y niveles de potencia utilizados en la simulación son de carácter ideal, es decir, se utilizan los parámetros de referencia de los estándares GPON de la UIT. Por que, se tiene una regla de no divulgación de los parámetros reales.
- El presente documento no contiene la documentación presentada por AXS Bolivia, para cada una de las fases se presenta únicamente, información y parámetros de referencia, presentados por la empresa. Debido a tema de confidencialidad y privacidad con la empresa.

#### **2.1.4. Marco Referencial.**

El presente capítulo contempla los conceptos más relevantes en cuanto a: fibra óptica, redes PON, red de acceso GPON, tecnología FTTH, normas de la UIT y el software QGIS 3.

##### **2.1.4.1. Fundamentos de la transmisión por fibra óptica y estándares comerciales.**

La transferencia de información de un punto a otro, se realiza mediante sistemas electrónicos de comunicaciones, por tanto, las comunicaciones electrónicas son la transmisión, recepción y procesamiento de información entre dos o más lugares. En la transmisión de información por fibra óptica se utilizan fibras de vidrio o plástico para confinar la luz.

###### **2.1.4.1.1. Historia de la fibra.**

En 1880, Alexander Graham Bell experimento con un aparato llamado fotófono. El cual era un dispositivo formado con espejos y detectores de selenio, que transmitía ondas sonoras sobre un rayo de luz, pero impráctico. En 1930, J. L. Baird, científico inglés y C. W. Hansell, de Estados Unidos, transmitieron imágenes de televisión a través de cables de fibra pero que no estaban recubiertos. En 1980 se redujeron aún más las Pérdidas ópticas, llegando a los 0,16 dB/km. En 1988 NEC Corporation estableció un record por la transmisión a gran distancia, al enviar 10 Gbits/s con 80.1 km de fibra óptica.

###### **2.1.4.1.2. Fibra Óptica.**

La fibra óptica es el medio preferido para la transmisión de luz y el cual es un hilo muy fino de material: transparente, vidrio o materiales plásticos. Por este medio se envían pulsos de luz que representan los datos transmitidos. El haz de luz queda completamente confinado en su interior.

###### **2.1.4.1.2.1. Estructura física de la fibra óptica.**

Una fibra óptica es un cable que puede estar compuesto por una o más fibras, y como se observa en la figura 1, se cuenta con varios componentes concéntricos. Tomando como referencia desde el centro de la fibra, hacia afuera se puede observar: inicialmente el núcleo o core, el revestimiento o cladding y la cubierta.

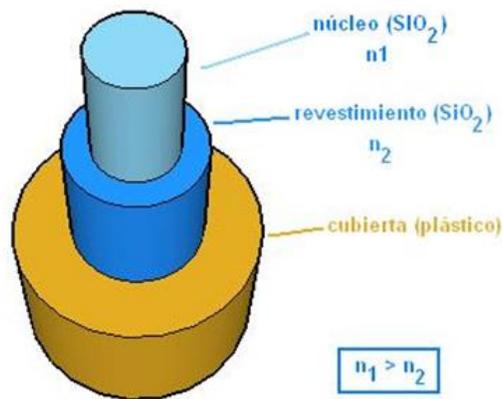


Figura 1 Estructura de la fibra óptica

Fuente: <https://www.seas.es/blog/automatizacion/reflexion-y-refraccion-de-la-luz-en-transmisiones-de-fibra-optica/>

### 2.1.4.1.3. Ventajas y desventajas de la fibra óptica.

Los medios de transmisión como: el cable coaxial, cobre, entre otros, presentan algunas limitaciones e inconvenientes, por este motivo surge la fibra óptica.

#### 2.1.4.1.3.1. Ventajas.

Las principales ventajas que se tienen en los sistemas de fibra óptica frente a los de cable coaxial o cobre son:

- Mayor capacidad de información, debido a los anchos de banda que maneja en frecuencias elevadas en el orden de los Giga Hertz (GHz). En cambio los cables metálicos están limitados debido a la inductancia y capacitancia que lo hacen funcionar como un filtro pasabajos, por ello se limita su ancho de banda.
- La inmunidad a la diafonía, se sabe que los cables metálicos tienen problemas con la diafonía debido a la inducción magnética. La fibra óptica no transporta energía eléctrica y, por lo tanto, no presenta campos magnéticos entonces es inmune a la diafonía.
- Los cables de fibra óptica están libres del ruido estático que es causado por la interferencia electromagnética, originado por: rayos, motores eléctricos, luces fluorescentes y otras fuentes de ruido eléctrico. El ruido eléctrico no afecta la energía en frecuencias luminosas.

- Los cables ópticos son más resistentes a los diferentes ambientes, ya que soportan variaciones amplias de temperatura y son menos afectados por los líquidos y gases corrosivos.
- Las fibras ópticas son más seguras y fáciles de instalar, e incluso el mantenimiento es ágil. Esto se debe a que las fibras de vidrio o plástico no se asocian con ellas corrientes ni voltajes eléctricos. Las fibras ópticas son menores y mucho más ligeras que los cables de metal.

En cuanto a lo económico, el costo de la fibra óptica es aproximadamente igual a los cables metálicos, pero los cables de fibra, en cuanto a distancia tienen menores Pérdidas y por tanto no requieren varias repetidoras.

#### **2.1.4.1.3.2. Desventajas.**

Las desventajas frente a los cables metálicos son:

- El costo de la interconexión es elevado, debido a que el equipo de transmisión debe realizar una conversión eléctrica a luz y de igual manera en el receptor de luz a energía eléctrica.
- Las fibras ópticas tienen resistencia menor a la tensión que soportan los cables coaxiales.
- Las fibras ópticas requieren herramientas especiales para empalmar y reparar un cable, además de personal capacitado, se nota que reparar un cable de fibra óptica es costoso.

#### **2.1.4.1.4. Espectro electromagnético.**

El espectro electromagnético se define como el conjunto de frecuencias muy altas y frecuencias extremadamente bajas. Entre ellas está la luz, que es una pequeña parte del espectro electromagnético. En la figura 2, se observa que tiene unidades de longitud de onda en metros y la frecuencia en Hertz.

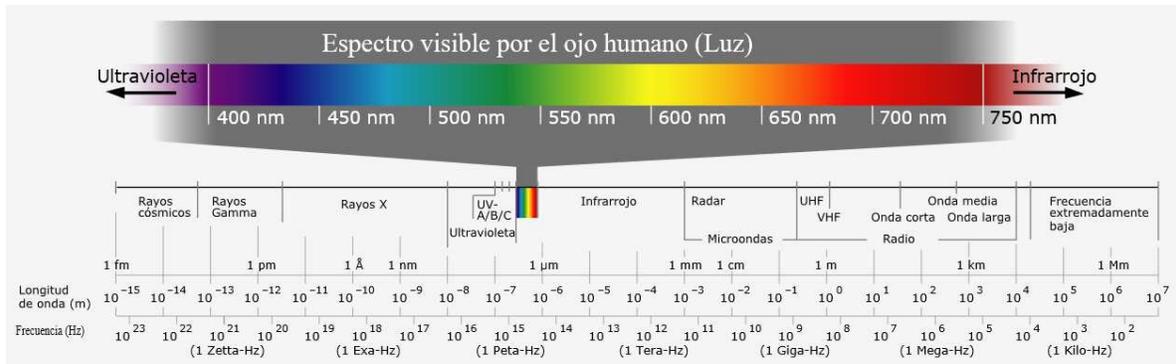


Figura 2 Espectro electromagnético

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagnetico](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagnetico)

La luz blanca está compuesta por todas las longitudes de onda, y si pasa por un prisma se difracta en diferentes ángulos según su longitud de onda descomponiéndose así en colores, de las cuales no todas las longitudes de onda son visibles para el ojo humano.

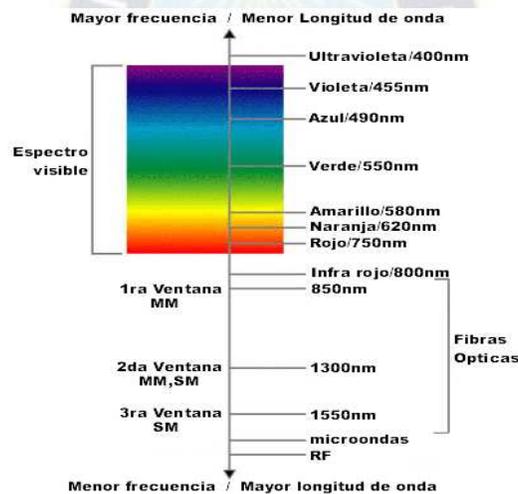


Figura 3 Espectro electromagnético para las comunicaciones ópticas

Fuente: <http://www.yio.com.ar/fibras-opticas/splitters-fibras-opticas.php>

El espectro de acuerdo a las frecuencias luminosas se divide en tres bandas:

- Infrarrojo: banda de longitudes de onda de luz demasiado grandes para ser vistas por el ojo humano.
- Visible: banda de longitudes de onda de luz que el ojo humano puede distinguir.
- Ultravioleta: banda de longitudes de onda de luz que son demasiado cortas para que el ojo humano las pueda observar.

La figura 4, muestra claramente la banda infrarroja se utiliza para las aplicaciones en fibra óptica.

Existe una relación entre longitud de onda y frecuencia. La longitud de onda es la distancia que ocupa un ciclo en el espacio una onda electromagnética. Así que, la longitud de onda depende de la frecuencia de la onda y la velocidad de la luz. La ecuación matemática es:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Donde:

$\lambda$ : Longitud de onda en m (metro por ciclo).

$c$ : Velocidad de la luz en el vacío en m/s (metros por segundo).

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$f$ : Frecuencia en Hz (Hertz).

La longitud de onda usualmente se representa en nanómetros, es decir:

$$1 \text{ nanometro} = 10^{-9} \text{ metros}$$

La siguiente gráfica permite ver claramente que la longitud de onda es la distancia entre dos crestas de la onda.

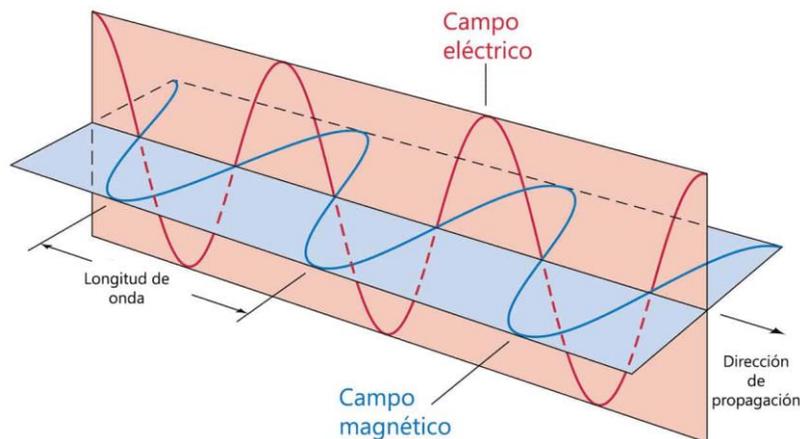


Figura 4 Onda electromagnética y longitud de onda  
Fuente: <https://curiosoando.com/que-es-una-onda-electromagnetica>

#### 2.1.4.1.5. Banda óptica espectral.

La región visible se encuentra entre las bandas de: 400 a 700 nm. Las comunicaciones por fibra óptica utilizan las bandas espectrales desde los 800 a 1675 nm. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha designado seis bandas espectrales para el uso de bandas en rangos intermedios y largas distancias para las comunicaciones por fibra óptica, dentro de los rangos de longitud de onda de: 1260 a 1675 nm. Estas designaciones surgen debido a las características físicas de las fibras ópticas y su desempeño. Se describe a continuación las regiones, que están conformadas por las letras: O, E, S, C, L, y U, definidas como sigue:

- Banda O (Original): 1260 a 1360 nm.
- Banda E (extendida): 1360 a 1460 nm.
- Banda S (corta): 1460 a 1530 nm.
- Banda C (convencional): 1530 a 1565 nm.
- Banda L (larga): 1565 a 1625 nm.
- Banda U (ultra larga): 1625 a 1675 nm.

#### 2.1.4.1.6. Propagación de la luz.

Si un haz de luz incide en una superficie que separa dos medios de diferente densidad, el rayo incidente se divide, generando dos rayos: uno reflejado y otro refractado, propagándose cada uno por los medios existentes. El rayo reflejado seguirá una trayectoria que forma un ángulo con la normal al plano de separación de los medios igual al de incidencia, mientras que el refractado cambia de dirección de acuerdo a la ley de Snell.

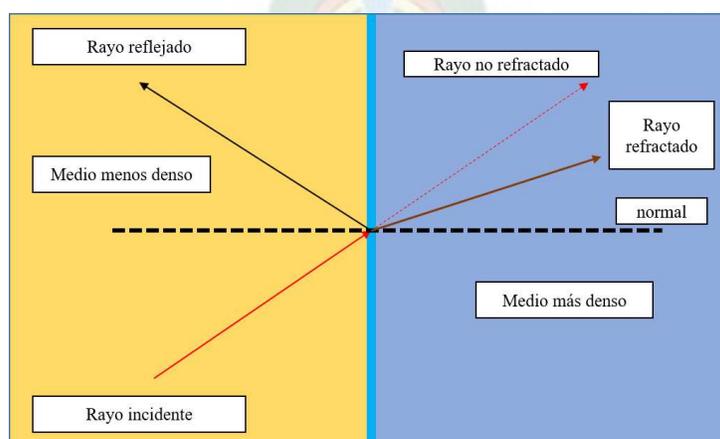


Figura 5 Refracción de la luz  
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5, se supone un rayo incidente en una superficie plana que separa dos medios, en donde la recta vertical representa la superficie que se menciona. Al realizar el cambio de los medios el rayo disminuye su velocidad y cambia de dirección, es decir, se refracta en el medio más denso acercándose más a la normal.

#### **2.1.4.1.6.1. Índice de refracción.**

El índice de refracción es la cantidad de desviación que se produce cuando la luz incide en una superficie de separación entre dos materiales o medios, por ejemplo un prisma, y con este valor se define un ángulo entre la dirección de su recorrido normal y la dirección que toma el rayo refractado. El índice de refracción es la relación de la velocidad de propagación de un rayo de luz o velocidad de la luz en espacio libre respecto de la velocidad de propagación del mismo rayo en determinado material. La ecuación es:

$$n = \frac{c}{v}$$

Donde:  $c$  = velocidad de la luz en el espacio libre ( $3 \times 10^8$  metros por segundo)  
 $v$  = velocidad de la luz en determinado material (metros por segundo )  
 $n$  = índice de refracción

El índice de refracción es un valor adimensional y para medios distintos al vacío, será siempre mayor que la unidad. Los índices de refracción de algunos materiales se muestran en la Tabla 1.

Medio	Índice de refracción
Vacío	1
Aire	1,0003
Agua	1,33
alcohol etílico	1,36
Cuarzo fundido	1,46
Fibra de vidrio	1,5 - 1,9
Diamante	2,0 - 2,42
Silicio	3,4
Arseniuro de Galio	3,6

Tabla 1 Índice de refracción de algunos materiales  
Fuente: Sistemas de comunicaciones. Wayne Tomasi

#### 2.1.4.1.6.2. Leyes de la refracción.

La trayectoria del rayo refractado sigue dos leyes:

- Primera ley, el rayo refractado se encuentra en el plano del rayo incidente y la normal que pasa por el punto de incidencia. En otras palabras si el rayo incidente y la normal están en el plano de la hoja también el rayo refractado debe estar en este plano.
- Segunda ley, es la denominada Ley de Snell, la cual se explica como el producto del índice de refracción del primer medio y el seno del ángulo de incidencia de un rayo, es igual al producto del índice de refracción del segundo medio y el seno del ángulo de refracción, ver figura 6, como en la siguiente ecuación:

$$n_1 * \text{sen}\theta_1 = n_2 * \text{sen}\theta_2$$

Donde:  $n_1$  = índice de refracción del material 1 (adimensional).

$\theta_1$  = ángulo de incidencia.

$n_2$  = índice de refracción del material 2 (adimensional).

$\theta_2$  = ángulo de refracción.

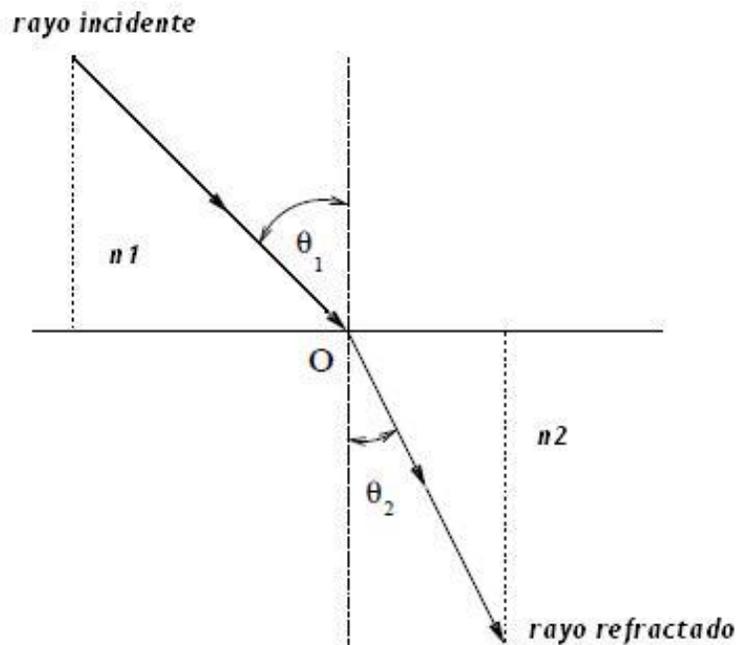


Figura 6 Ley de Snell.

Fuente: <http://fibraoptica.blog.tartanga.eus/fundamentos-de-las-fibras-opticas/>

### 2.1.4.1.6.3. Ángulo crítico.

El ángulo crítico se puede calcular a partir de la ley de Snell, al establecer un ángulo de refracción igual a  $90^\circ$ , tal como se muestra en la figura 7, esta es:

De la ley de Snell:  $n_1 * \text{sen}\theta_1 = n_2 * \text{sen } 90$

Entonces:  $n_1 * \text{sen}\theta_c = n_2 * 1$  Donde:  $\theta_1 = \theta_c$

El ángulo crítico, será:  $\text{sen}\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$

Donde:  $\theta_c = \text{Angulo crítico}$

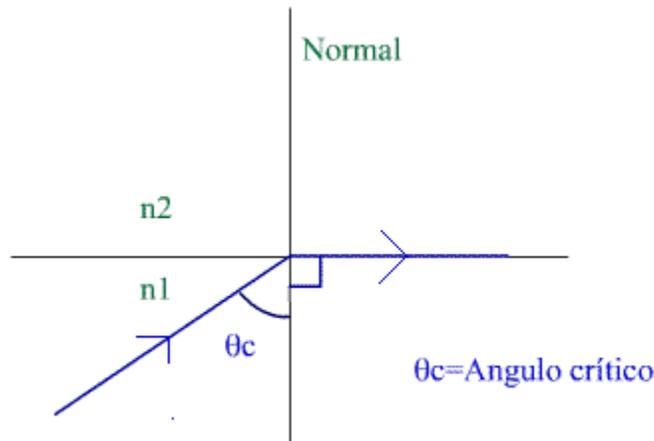


Figura 7 El ángulo crítico.

Fuente: <http://galia.fc.uaslp.mx/~medellin/Acctf2/optica/contenido/texto/rinntot.html>

#### 2.1.4.1.6.4. Angulo de aceptación y cono de aceptación.

La fibra óptica debe confinar la luz en su núcleo rebotando en el cladding o revestimiento, por este motivo la luz que está en el interior de la fibra óptica tiene una reflexión total, y como la ley de reflexión indica que el ángulo de entrada es igual al de salida por lo tanto en todas sus reflexiones a lo largo de la fibra se mantiene el ángulo.

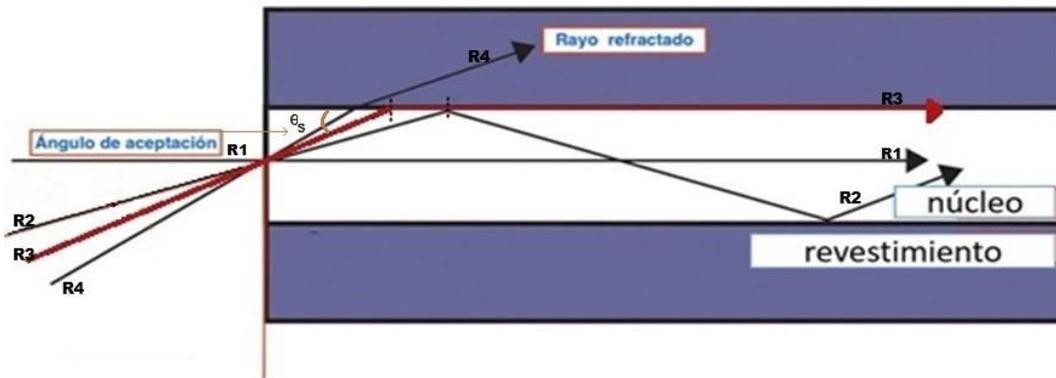


Figura 8 Propagación de haces de luz en la fibra

Fuente: <http://elcajondeelectronico.com/tag/apertura-numerica/>

El ángulo de aceptación de la fibra es el máximo ángulo medido desde el eje de la fibra para la cual los rayos entrantes a la misma se propagan por reflexión total interna, es decir que la luz no se dispersa del núcleo. Mediante la ley de Snell se llega a la ecuación del ángulo máximo de aceptación:

$$\text{sen}\theta_s = \frac{1}{n_0} \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)}$$

Donde:  $\theta_s$  = Angulo de aceptación.

$n_0$  = Índice de refracción del aire.

$n_1$  = Índice de refracción del núcleo o core.

$n_2$  = Índice de refracción del revestimiento o cladding.

Al girar el ángulo de aceptación entorno al eje de la fibra óptica se obtiene el cono de aceptación que se muestra en la figura 8. Un haz de luz que pasa fuera del cono de aceptación, es un rayo que no se propaga a través de la fibra óptica, como se observa en la figura 9, mientras que un rayo que está dentro del cono de aceptación es un rayo que se propaga por la fibra óptica.

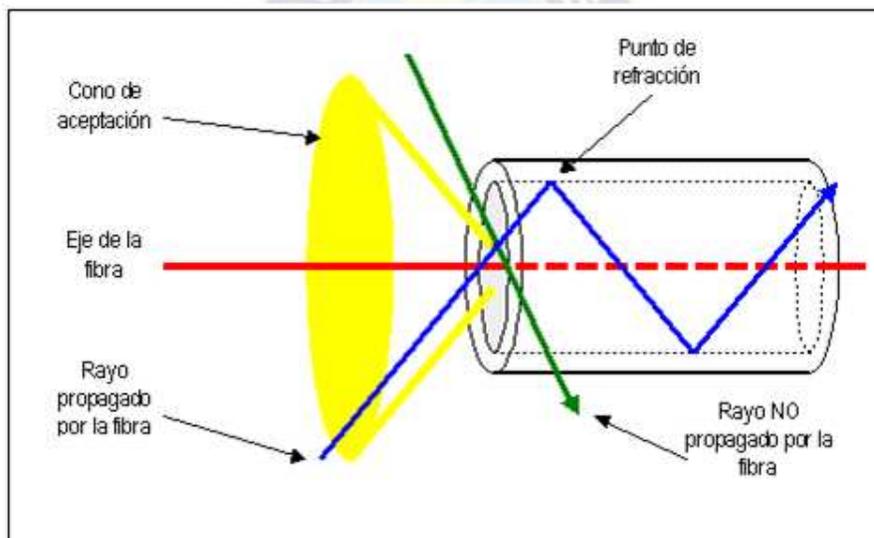


Figura 9 Cono de aceptación

Fuente: <http://fiberopticastic92.blogspot.es/categoria/cono-de-aceptacion>

#### 2.1.4.1.7. Modos o trayectoria de propagación.

Un modo es una trayectoria o un camino. En el caso de tener una única trayectoria que pueda tener luz por el cable, se llama modo único, unimodal o monomodo. Si hay más de una trayectoria se llama modo múltiple o multimodo. Además se debe visualizar el perfil de índice de una fibra óptica, la cual es la representación gráfica del índice de refracción en la sección transversal de la fibra. Las tres clases de configuraciones de fibra óptica son: fibra monomodo, fibra de índice escalonado multimodal y fibra de índice graduado multimodal.

### 2.1.4.1.7.1. Fibra monomodo.

La fibra monomodo tiene un diámetro de núcleo muy pequeño, aproximadamente  $9\ \mu\text{m}$  (micrómetros), con el objetivo que solo haya una trayectoria que pueda seguir la luz para propagarse por el cable. El ángulo de crítico está entre los  $70^\circ$  y  $77^\circ$ , de tal forma que el ángulo de aceptación será pequeño, lo que dificulta acoplar la luz en la interfaz aire y fibra.

### 2.1.4.1.7.2. Fibra multimodo de índice escalonado.

Similar a la configuración monomodo, pero tiene un núcleo de mayor diámetro, entre:  $50\ \mu\text{m}$  y  $62,5\ \mu\text{m}$ . Por lo tanto tendrá un ángulo mayor de aceptación, permitiendo así la entrada de más luz en la fibra. Pero la principal desventaja está en que los haces de luz no siguen las mismas trayectorias, y por lo tanto, cada rayo tendrá tiempos de llegada diferentes.

### 2.1.4.1.7.3. Fibra multimodo de índice graduado.

Caracterizado por que el índice de refracción del núcleo no es uniforme, variando desde el centro y disminuyendo gradualmente hasta sus extremos. La luz se propaga por refracción en la fibra. La luz tarda aproximadamente lo mismo en recorrer la longitud de la fibra. En la figura 10, se observa mejor las diferencias entre los diferentes tipos de fibras.

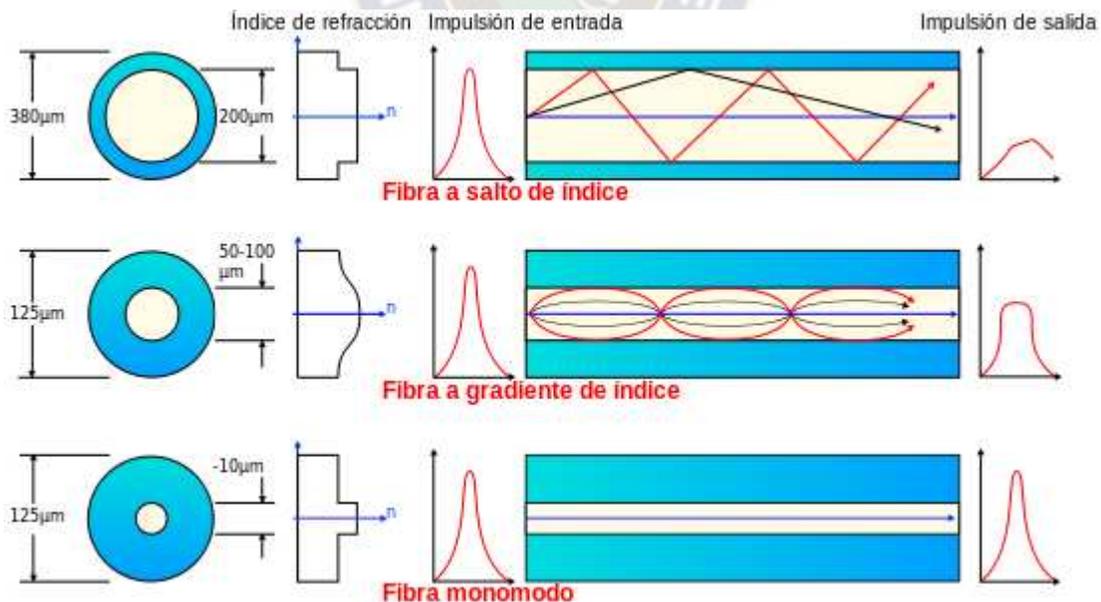


Figura 10 a) Fibra multimodo de índice escalonado. b) Fibra multimodo de índice graduado. c) Fibra monomodo  
Fuente: <http://foros.monografias.com/showthread.php/63861-La-Aventura-de-la-Energia>

#### 2.1.4.1.8. Pérdidas en cables de fibra óptica.

Una de las características más importantes es conocer las pérdidas que se puedan presentar en los cables de fibra. En general se llama atenuación a la pérdida de potencia, y se genera cuando una onda luminosa atraviesa el cable de fibra. Los efectos negativos de la atenuación son: reducción del ancho de banda, rapidez de transmisión de información, la eficiencia y capacidad del sistema. La siguiente formula expresa la pérdida total de potencia en un cable de fibra:

$$A (dB) = 10 * \log \frac{P_o}{P_i}$$

Dónde:  $A$  = reducción de la potencia total (atenuación).

$P_o$  = potencia de salida del cable (watts).

$P_i$  = potencia de entrada al cable (watts).

La transmisión de información en la fibra óptica no es total, ya que la potencia disminuye con la distancia, y se mide en dB/Km. Los factores fundamentales de pérdida en la fibra son:

- Pérdidas por absorción.
- Pérdidas por dispersión.
- Pérdidas por curvaturas.
- Pérdidas por acoplamiento.

##### 2.1.4.1.8.1. Pérdidas por absorción.

La pérdida por absorción en las fibras ópticas se debe a las impurezas en la fibra que absorben la luz y la convierten en calor. El vidrio ultrapuro que se usa en las fibras ópticas tiene, aproximadamente, 99.9999% de pureza. Sin embargo son normales las Pérdidas por absorción de 1 a 1000 dB/km. Los tipos de absorción son:

- Absorción ultravioleta, la luz ioniza los electrones de valencia y los pasa a la capa de conducción. La ionización equivale a una pérdida en la transmisión de fibra óptica, para longitudes de onda mayores a 1000 nanómetros su influencia es casi nula.

- Absorción infrarroja, los fotones de luz son absorbidos por los átomos de las moléculas del núcleo de vidrio, produciendo vibraciones mecánicas aleatorias en los enlaces atómicos del material, lo cual conduce a la producción de calor y las posteriores Pérdidas en la fibra.
- Absorción por resonancia de iones, la fuente de los iones  $\text{OH}^-$  son moléculas de agua atrapadas en el vidrio en el proceso de fabricación de la fibra, además de otros materiales como: hierro, cobre y cromo.

#### 2.1.4.1.8.2. Pérdidas por dispersión.

Durante la fabricación del vidrio, existe un proceso de enfriamiento el cual desarrolla irregularidades microscópicas, que se incorpora en la fibra de forma permanente. Mientras los rayos de luz que se están propagando por la fibra y chocan con las impurezas, entonces una parte de la luz escapa por el revestimiento. Los rayos que salen representan una pérdida de potencia. A esto se le llama pérdida por dispersión de Rayleigh, ver figura 11.

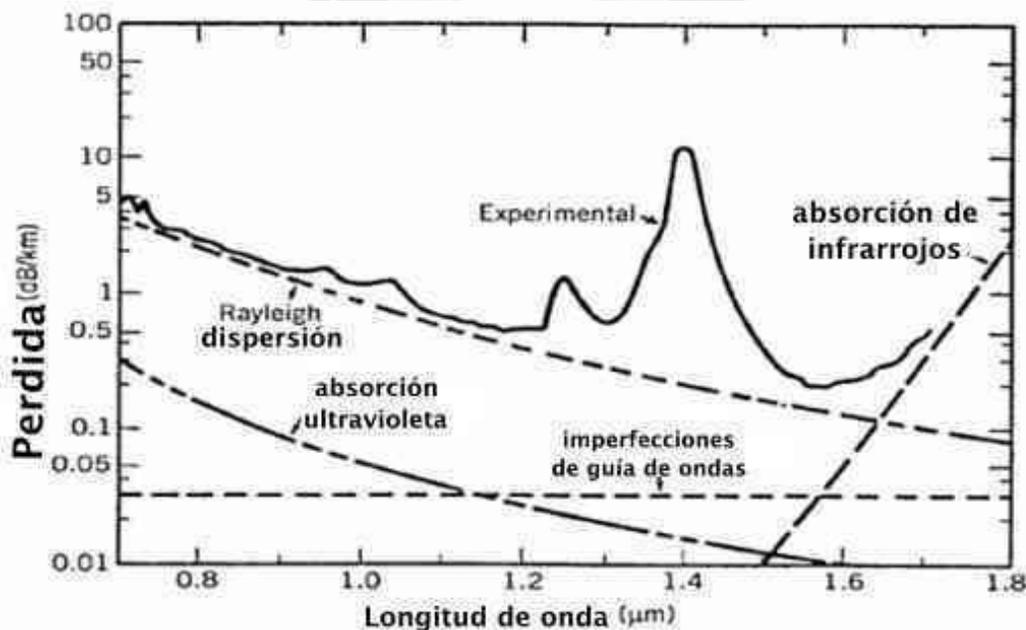


Figura 11 Curva de pérdidas de una fibra óptica debido a absorción y dispersión

Fuente: <https://telpromadrid.eu/fibra-optica/>

#### 2.1.4.1.8.3. Pérdidas por curvaturas.

En las instalaciones de los cables de fibra se debe tener cuidado con las especificaciones mínimas para el radio de curvatura de la misma, estas pueden causar macrocurvaturas y microcurvaturas.

### 2.1.4.1.8.3.1. Pérdidas por macrocurvaturas.

Las pérdidas por macrocurvatura se presentan cuando se realiza algún tipo de dobles o esfuerzo cuando se realiza el tendido aéreo del cable ya que aquí se produce mucha tensión al cable lo que hace que los rayos de luz de mayor orden se escapen del núcleo multimodo, como en la figura 12, en la actualidad los cables son más flexibles y por lo tanto tiene menor atenuación.

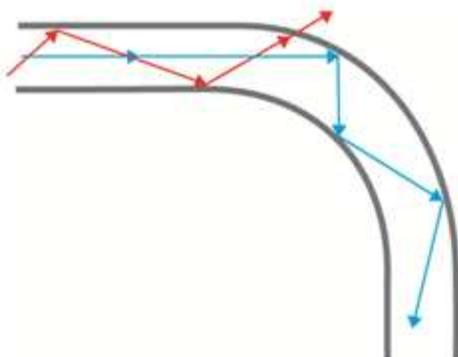


Figura 12 Macrocurvatura en una fibra

Fuente: <http://redespe2011.blogspot.com/2011/04/curvaturas-en-fibra-optica.html>

### 2.1.4.1.8.3.2. Pérdidas por microcurvaturas.

Las pérdidas por microcurvatura son causadas por las imperfecciones microscópicas en la geometría de la fibra, estas pérdidas se deben a resultados del proceso de fabricación o como resultado de los parámetros propios de la fibra.

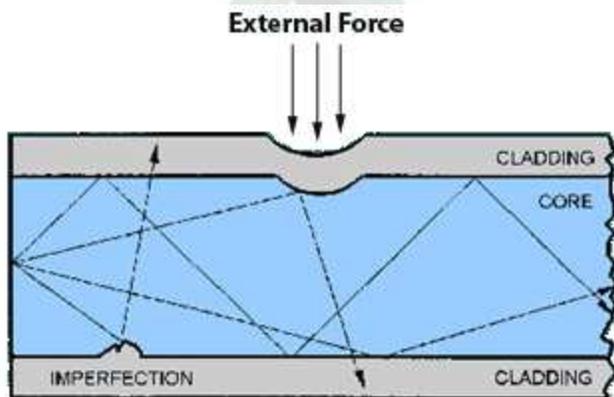


Figura 13 Microcurvatura o microbending en una fibra

Fuente: <http://www.timbercon.com/Microbending.html>

#### **2.1.4.1.8.4. Pérdidas por acoplamiento.**

Estas pérdidas se producen en todos los empalmes, tanto por fusión o mecánicos, se puede atribuir a varios factores como el mal corte, desalineamiento lateral, desalineamiento de entrehierro, desalineamiento angular, acabados superficiales imperfectos, entre otros, como en la figura 14. También se presentan por pérdidas en los conectores de fibra óptica, dependiendo el tipo de conector usado.

- Desalineamiento lateral, es el desplazamiento lateral o axial entre dos tramos de cables de fibra adjuntos. La cantidad de pérdida suele ser desde unas décimas de decibelio hasta varios decibelios. Esta pérdida es despreciable si esta desalineada menos del 5 % del diámetro de la fibra.
- Desalineamiento de entrehierro, o también conocido como la separación de extremo. Al realizar los empalmes las fibras ópticas se tocan, pero si están más alejadas entonces se genera más pérdida de luz. En el caso de dos fibras se unan por un conector, sus extremos no se tocan, porque al tocarse entre sí se dañarían ambas fibras.
- Desalineamiento angular, o conocido como desplazamiento angular. Si se tiene un ángulo de desplazamiento angular menor a  $2^\circ$ , la pérdida será menor a 0.5 dB.
- Acabado superficial imperfecto, se presenta cuando los dos extremos de las fibras no están muy bien pulidos.

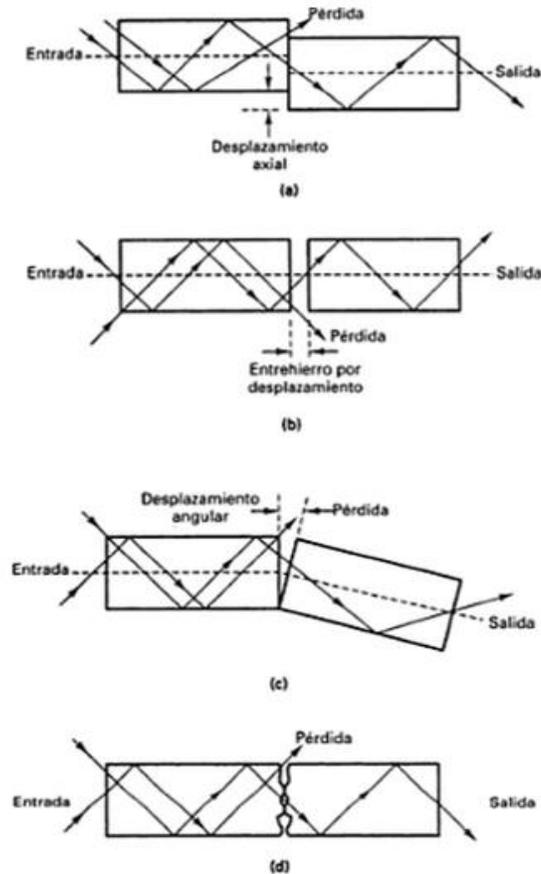


Figura 14 a) Desalineamiento lateral. b) Desalineamiento de entrehierro. c) Desalineamiento angular. d) Acabado superficial imperfecto

Fuente: Tomasi, W (2003). Sistemas de Comunicaciones Electrónicas.

#### 2.1.4.1.9. Cables de fibra óptica.

Los cables de fibra óptica cumplen las siguientes propiedades:

- Minimizar las pérdidas en las fibras.
- Permitir alta tensión sin ruptura.
- Inmune a la humedad y al agua.
- Estabilidad de las características de la fibra a rangos de temperatura.
- Fácil manejo e instalación.

Los cables de fibra óptica dependen esencialmente de los requerimientos y aplicaciones.

Comúnmente los cables tienen los siguientes elementos:

- Pueden tener una o varias fibras en su interior.
- Un material de separación denominado buffering, el cual es una sustancia suave, está alrededor de las fibras, aislándolas de otras que están dentro el cable. Si la fibra puede

moverse dentro el material de buffering cuando hay tensión en el cable, entonces la fibra se denomina como: separador holgado o loose buffered. Si por otro lado la fibra esta rígidamente dentro del tubo del cable, entonces la fibra tiene el material separador apretado o tight buffered.

- Tiene hilos de llenado, usualmente de Kevlar, con el objetivo de ocupar el espacio entre fibras y dar una mayor consistencia y protección.
- Una chaqueta para protección: contra el agua, peces y otros animales, también resistencia a los químicos.
- Una cinta o hilo central que brinda resistencia mecánica al estirado, es decir que el cable de fibra no se romperá con facilidad.

#### **2.1.4.1.9.1. Tipos de cables de fibra óptica.**

##### **2.1.4.1.9.1.1. Cable de estructura holgada.**

Está compuesto de varios tubos de fibra rodeando un elemento central de refuerzo y protegido por una cubierta. Lo que distingue este cable son los tubos de fibra. Cada tubo tiene, de dos a tres milímetros de diámetro, lleva varias fibras ópticas que descansan holgadamente en él. Los tubos pueden ser huecos o estar llenos de un gel resistente al agua que impide ésta entre en la fibra. El tubo holgado aísla la fibra de las fuerzas mecánicas externas que se pueden ejercer sobre el cable.

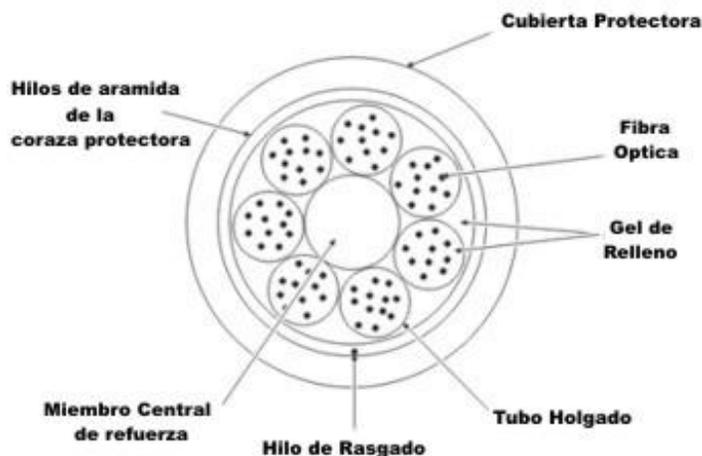


Figura 15 Cable de tubo holgado  
Fuente: <http://conversi.blogspot.com/>

#### 2.1.4.1.9.1.2. Cable de estructura ajustada.

Tiene varias fibras con protección secundaria que rodean un miembro central de tracción y todo ello cubierto con una protección exterior. La protección o funda secundaria de la fibra consiste en una cubierta plástica de 900  $\mu\text{m}$  de diámetro que rodea al recubrimiento de 250  $\mu\text{m}$  de la fibra óptica.

La funda secundaria proporciona a cada fibra individual una protección adicional frente al entorno. Esto permite a la fibra ser conectada directamente sin la protección que ofrece una bandeja de empalmes. En algunas instalaciones esto reduce costos y el número de empalmes en un tendido de fibra. Pero este diseño tiene el problema de microcurvaturas. Es un cable usado principalmente en edificios.

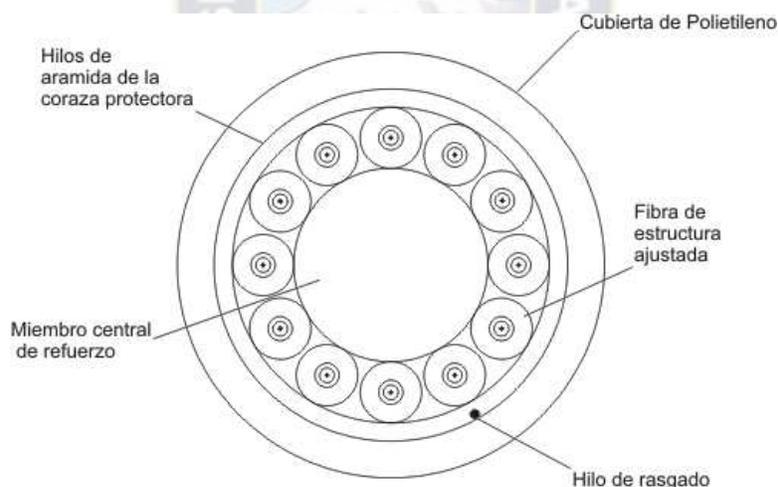


Figura 16 Cable de fibra ajustado  
Fuente: <http://conversi.blogspot.com/>

#### 2.1.4.1.9.1.3. Cable blindado.

Tiene una coraza protectora o armadura de acero debajo de la cubierta de polietileno. Esto le proporciona al cable una gran resistencia al aplastamiento y protección frente a los roedores. Se usa frecuentemente en aplicaciones de enterramiento directo o para instalaciones en entornos de industrias pesadas. El cable se encuentra disponible generalmente en estructura holgada aunque también hay cables de estructura ajustada.

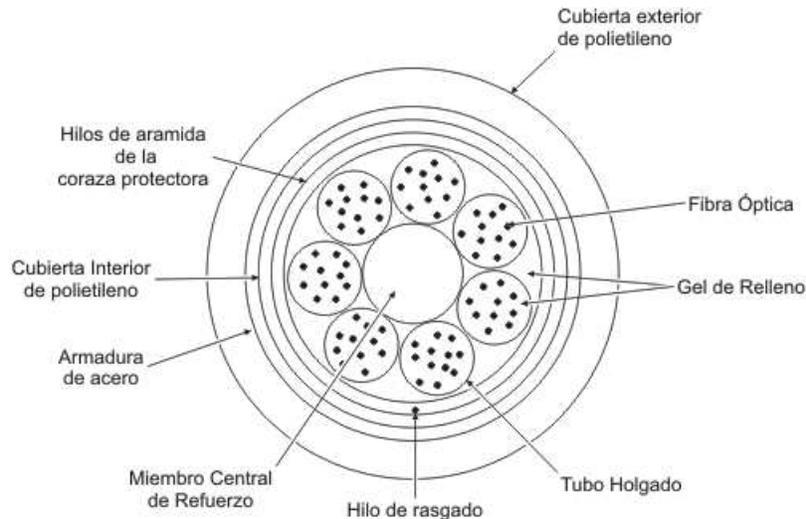


Figura 17 Cable de fibra blindado  
Fuente: <http://conversi.blogspot.com/>

#### 2.1.4.1.9.1.4. Cable aéreo autoportante.

También llamado cable autosoportado, es un cable de estructura holgada diseñado para ser utilizado en estructuras aéreas. Para asegurar el cable directamente a la estructura del poste se utilizan abrazaderas especiales.

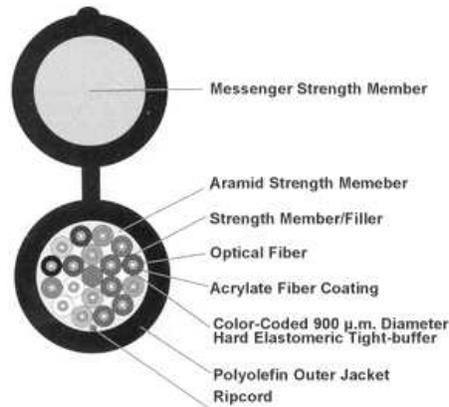


Figura 18 Cable de fibra aéreo autoportante  
Fuente: <http://www.clarkwire.com/catFOMSeries.htm>

#### 2.1.4.1.9.1.5. Cable Drop.

Los cables drop o caída, son cables de un hilo de fibra, se aplican en la ODN, desde el Splitter de segundo nivel hasta el hogar del abonado directamente.

#### 2.1.4.1.9.2. Estándares de los cables de fibra óptica.

Los estándares de cables ópticos están normalizados según los estándares internacionales de la UIT-T G.65x. Otro estándar para cables de fibra óptica es el EIA/TIA-598.A. El estándar

establece que cada fibra óptica del cable debe ser única e identificable en términos de color, unidad y/o posición. La tabla 2 muestra el código de colores según el estándar EIA/TIA-598.A.

Posición	Color	abreviatura	
1	Azul	1 o BL	
2	Naranja	2 o OR	
3	Verde	3 o GR	
4	Marrón	4 o BR	
5	Gris	5 o SL	
6	Blanco	6 o WH	
7	Rojo	7 o RD	
8	Negro	8 o BK	
9	Amarillo	9 o YL	
10	Violeta	10 o VI	
11	Rosa	11 RS	
12	Turquesa	12 o AQ	

Tabla 2 Código de colores de la fibra óptica  
Fuente: Estándar EIA/TIA-598.A

En el caso de más de 12 hilos de fibra, se usaran tubos de fibra para reconocer la numeración correcta. Como ejemplo en la figura 19, si buscamos la fibra 13, entonces vemos que el color de la fibra es azul y pertenece al tubo de color naranja. La figura muestra la fibra en cada columna y el tubo respectivo al que pertenecería la fibra en las filas, además se nota claramente que el tubo sigue el mismo patrón de colores que cada fibra.

Fibra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tubo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144

Figura 19 Código de colores cable de 144 fibras estándar EIA/TIA-598.A

Fuente:

[http://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ICTV/ICTV07/es\\_IEA\\_ICTV07\\_Contenidos/website\\_23\\_cdigos\\_de\\_colores\\_para\\_identificacin\\_numrica\\_de\\_fibras\\_pticas.html](http://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/ICTV/ICTV07/es_IEA_ICTV07_Contenidos/website_23_cdigos_de_colores_para_identificacin_numrica_de_fibras_pticas.html)

### 2.1.4.1.9.3. Conectores y acopladores de fibra óptica.

Para la terminación de las fibras ópticas es necesario utilizar conectores o empalmar Pigtaills por medio de fusión. Pigtail no es nada más que un cable óptico terminado en conector. Para el caso de los conectores se encuentran distintos tipos de conectores de acuerdo con el uso de la norma mundial.

- ST (Straight Tip): Conector para fibra monomodo o multimodo de uso habitual en redes de datos y equipos de Networking locales.



Figura 20 Conector ST

Fuente: <https://www.google.com.co/search?q=conectores+st&hl>

- FC (Ferrule Connector): Conector para fibra optica monomodo o multimodo de uso habitual en telefonía y CATV en formato monomodo.



Figura 21 Conector FC

Fuente: <https://www.google.com.co/search?q=conectores+fc&hl>

- SC (Standard Connector): Conector para fibra óptica monomodo o multimodo con uso habitual en la transmisión de datos.



Figura 22 Conector SC

Fuente: <https://www.google.com.co/search?q=conectores+sc&hl>

Los acopladores son componentes pasivos, que conectan dos o más extremos de la fibra, de acuerdo al tipo de Pigtail. Usualmente se colocan en las cajas de empalmes para la administración de los cordones de conexión o patch cords. El material es de tipo metálico para: FC, ST, o plástico para: SC, LC.



Figura 23 Acopladores

Fuente: <https://www.google.com.co/search?q=acopladores+fibra+optica+img&hl>

#### **2.1.4.1.9.4. Distribuidores.**

Está destinado a alojar la terminación de los cables de fibra óptica, permitiendo la administración de los servicios que se transportan por la fibra óptica, es decir que se tiene acceso a las fibras individuales, ver figura 24. Si la terminación se realiza por medio de empalmes a conectores, la caja se complementa con casetes de empalmes.



Figura 24 Distribuidor de fibra óptica

Fuente: <https://www.fibraopticahoy.com/kit-de-distribuidores-de-fibra-optica/>

#### **2.1.4.1.9.5. Cajas de empalmes.**

Los cables de fibra óptica a lo largo de su recorrido necesitan de empalmes y conectores. Para realizar empalmes se necesita fusionar el núcleo de las fibras y por lo tanto están expuestos a perturbaciones externas, para evitar estos inconvenientes se instalan cajas de empalmes.

Las cajas de empalmes son un medio de protección contra las inclemencias del exterior. Existen cajas para montarlas en exteriores como en interiores. Las cajas de tipo exterior deben estar fabricadas a prueba de intemperie y con un sellado impermeable. Se muestra en la figura 25 algunos tipos de cajas.

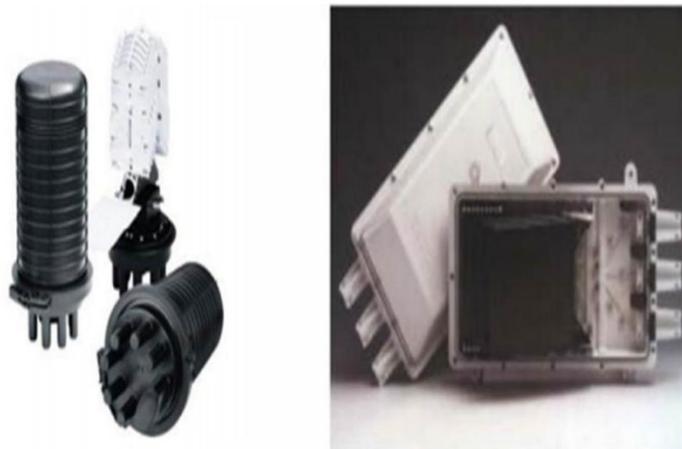


Figura 25 Caja de empalme de tipo Torpedo (Izquierda) y Mondragón (derecha)

Fuente: <https://microunesr-computador.blogspot.com/2017/04/redes-de-fibra-optica-historia-de-las.html>

En el extremo de las cajas se sitúan tubos mediante los cuales se insertan los cables de fibra. Una vez insertados los cables en los tubos se mantienen sujetos mediante abrazaderas y los miembros de refuerzo central se amarran fuertemente al soporte de la caja. En el interior de la caja, los cables llegan a los casetes o bandejas de empalme, los cuales se utilizan para proteger y mantener los empalmes individuales que se realizan por fusión.

#### 2.1.4.1.9.6. Latiguillos y Pigtail de fibra óptica.

Los latiguillos, también conocidos como: Patch Cord o jumper, ver figura 26, se utilizan para unir equipos ópticos entre sí o de estos a las líneas ópticas a través de cajas de empalme, por medio de los acopladores o adaptadores.



Figura 26 Latiguillo o patch cord SC

Fuente: <https://www.tdtprofesional.com/es/latiguillo-preconectado-sc-apc-g657a2-3mm-lszh-40m.html>

El cable Pigtail o cable espiral, está formado por un conector en un extremo y en el otro por una fibra descubierta. El conector pasa a un acoplador, mientras que el otro extremo sirve para realizar una fusión o empalmado con una fibra, como en la figura 26.

#### **2.1.4.1.10. Transmisores ópticos.**

En la cabecera de la red óptica se encuentra el dispositivo transmisor que introduce la señal óptica en la fibra. La información debe pasar de corriente a luz, dicha luz debe conducirse a la fibra óptica. También se multiplexa las señales previas a transmitir.

La fuente óptica que puede ser un LOD o un diodo de inyección laser (ILD). La cantidad de luz emitida depende de la corriente de excitación. En este bloque se realiza la modulación óptica. Estos componentes se caracterizan por la región espectral en la que trabajan en forma eficiente, determinado por el diseño y sus propiedades físicas. La región está comprendida entre los 1300 nm y 1550 nm, el compuesto que se usa generalmente es: InGaAsP (Arseniuro Fosforo de indio y Galio)

#### **2.1.4.1.11. Receptores ópticos.**

En el lado del usuario o terminación de la fibra se sitúa el receptor óptico. Es capaz de hacer llegar la señal óptica al destinatario de la misma y convertirla en señal eléctrica para su procesado.

El dispositivo que permite esta conversión opto-eléctrica es el fotodiodo. Es el componente fundamental del sistema de comunicaciones ópticas que menos ha evolucionado. El fotodetector es la unión p-n del semiconductor polarizada en inversa que basa su funcionamiento en el fenómeno de absorción estimulada, es decir, el fotodetector produce una corriente eléctrica cuando sobre su estructura incide la luz.

Los tipos de fotodetectores son dos para comunicaciones ópticas. El detector de luz puede ser un diodo PIN, tipo p-n o un fotodiodo de avalancha APD. Cualquiera de los dos convierte la energía lumínica en corriente eléctrica. Existen foto detectores de silicio y germanio.

#### **2.1.4.2. Tecnología PON y FTTH.**

Para el caso de FTTH, como se mencionó, es aplicación de la tecnología GPON, por lo tanto, se verá el estándar definido para GPON: ITU-T G.984.x.

Las normas para fibra óptica están normalizadas, como sigue: ITU-T G.651.1 para fibras ópticas multimodo, ITU-T G.652 para fibras ópticas monomodo, ITU-T G.653/ G.654/ G.655. Además de la ITU-T, existen otros estándares: TIA/EIA-568-B.3 y TIA/EIA 598-A.

Los anteriores estándares se mencionan en el anexo A. El proyecto se rige principalmente por las recomendaciones GPON.

#### **2.1.4.2.1. PON.**

La red de acceso es el sistema de cables que interconecta a un conjunto de usuarios y el conjunto de redes que están más allá del punto de distribución de telecomunicaciones local.

Existen diferentes tipos de redes de acceso, una de ellas y fundamental es la red pasiva óptica (PON). En una red pasiva óptica no existe componentes activos entre la oficina central y los usuarios o clientes. Los principales esquemas de implementación de PON son:

- ATM PON (APON o Asynchronous Transfer Mode over Passive Optical Network), la cual esta especificada en la recomendación ITU-T G.983, soporta VDSL, brinda servicios: IP, video y Ethernet sobre la red de fibra óptica.
- Broadband PON (BPON), se basa en la tecnología APON, soporta una distancia de 20 km entre la oficina central hasta el usuario, solo puede haber 32 usuarios por cada fibra.
- Ethernet PON (EPON), tecnología que emplea el tráfico de Ethernet, soporta una distancia de 10 km desde la oficina central hasta el usuario, también llega a utilizar 32 usuarios por fibra.

GPON, tecnología que soporta velocidades de hasta 2.5 Gbps en bajada y 1.5 Gbps en la subida, se nota la asimetría, cada fibra soporta máximo 64 usuarios y como distancia máxima 20 km, por lo tanto es la tecnología que supera a las demás en ancho de banda y cantidad de usuarios.

#### **2.1.4.2.2. GPON.**

GPON o Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (Gigabit Passive Optical Network) aprobado en 2004 por la UIT-T bajo las recomendaciones G.984.1 hasta la G.984.5, adicionalmente, se tienen las recomendaciones G.984.6 y G.984.7. Trata sobre la estandarización de redes GPON a velocidades superiores a 1 Gbps, arquitectura, servicios, backup o respaldo de la ODN, alcance físico y lógico.

### 2.1.4.2.2.1.Recomendación G.984.1

Esta recomendación presenta la arquitectura de la red de acceso óptico, servicios, bit rate o velocidad de transmisión, el rango de divisores o splits.

A continuación se presenta la arquitectura de la red:

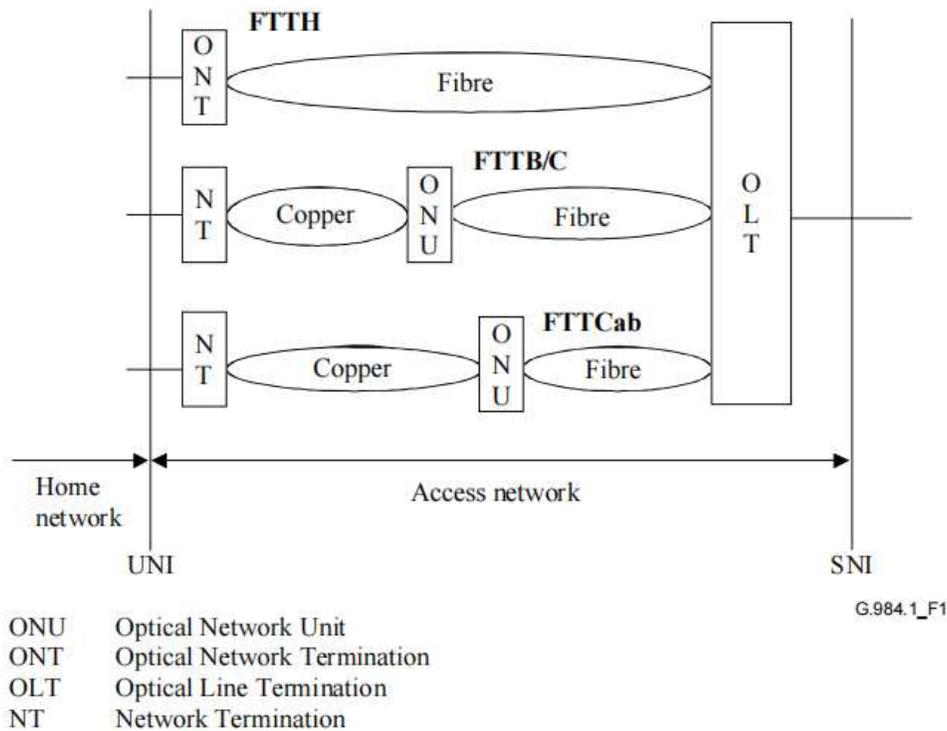


Figura 27 Arquitectura de la red  
Fuente: UIT-T G.984.1

La arquitectura de la red GPON puede ser tanto pasiva como activa, también puede ser de punto a punto o punto a multipunto.

Características de la red:

- Se soportan servicios: Voz, ethernet, ATM, siendo el utilizado en el proyecto ethernet.
- Alcance lógico máximo 60 Km, siendo el alcance físico máximo de 20 Km.
- Longitudes de onda:

Downstream o Bajada en rangos de 1480 a 1500 nm.

Upstream o Subida en rangos de 1260 a 1360 nm.

- Velocidad de transmisión o bitrate, simétricas de 622 Mbps, 1.25 Gbps y de tipo asimétrico de 2.5 Gbps e el enlace descendente y 1.25 Gbps

- Número máximo de splitter o divisor es de 64.

Escenarios FTTH:

Ancho de banda asimétrico o simétrico para servicios de descarga de archivos, transmisiones digitales, descarga de archivos, juegos en línea.

Servicios, Interface Usuario - Network y Interfaz Nodo Servicio.

Los servicios se definen por el operador y depende principalmente de las condiciones del mercado para cada operador. Los costos efectivos entregados no solamente de condiciones legales, también, factores que incluyan infraestructura de telecomunicaciones. La ONT/ONU tiene UNI. La OLT tiene SNI. Ambas, dependen del servicio proporcionado por el operador.

Bit rate o Ancho de banda.

GPON tiene velocidades de transmisión mayor o iguales a 1.2 Gbps. Se identifican dos combinaciones principales:

1.2 Gbps en subida y en bajada 2.4 Gbps

2.4 Gbps en subida y en bajada 2.4 Gbps

Para el despliegue y planificación de los sistemas GPON se utiliza mayormente la primera alternativa.

Alcance lógico.

El alcance lógico es la distancia máxima entre un ONT a un OLT, sin tomar en cuenta la capa física, se define por el valor de 60 Km.

Alcance físico.

El alcance físico es la distancia máxima entre ONU/ONT y la OLT, se toma en cuenta la distancia máxima como: 20 Km.

El split o divisor real utilizado en la capa física es de 1:64.

Los puntos de protección de PON y switching no se aplican en el presente proyecto.

#### 2.1.4.2.2.2. Recomendación G.984.2

La UIT-T G.984.2 describe las especificaciones de la capa del medio físico dependiente, los requerimientos y especificaciones de potencia óptica del transmisor y receptor, para los cálculos del presupuesto de potencia en GPON. Inicialmente se presenta la arquitectura de la red de acceso, compuesta por fibra óptica, OLT, ODN y ONU's.

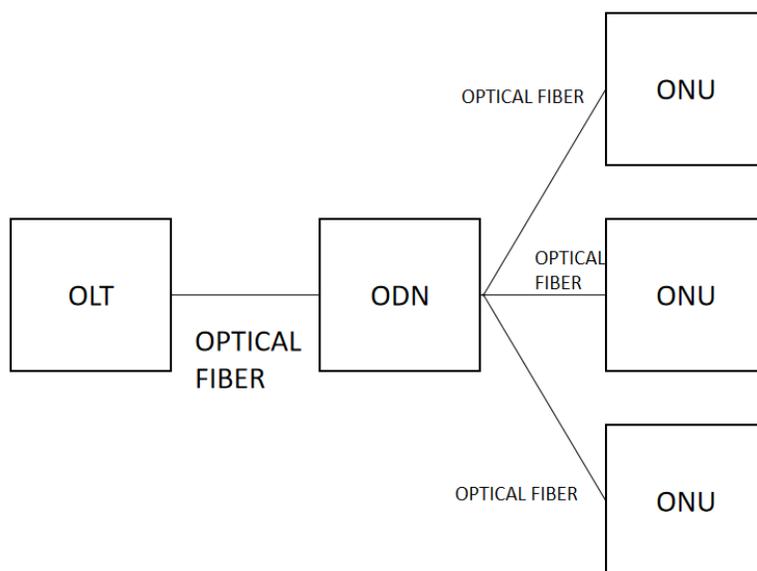


Figura 28 Configuración general de la red de distribución óptica

Fuente: Elaboración propia

La composición de los elementos de la arquitectura es la siguiente:

- OLT o Optical Line Terminal, la olt es la cabecera , se ubica en la oficina central.
- ONT o Optical Network Terminal, la ont es el equipo terminal, se encuentra en el hogar del usuario final.
- ODN o Optical Distribution Network, se encuentra entre la OLT y ONT, se compone de: fibra Troncal, splitter de primer nivel, fibra de distribución, splitter de segundo nivel y fibra de dispersión

Las direcciones para la transmisión óptica en la ODN se identifican:

- Dirección Downstream para señales que viajan desde la OLT hasta la(s) ONU(s).
- Dirección Upstream para señales que viajan desde la ONU(s) al OLT.

Adicionalmente, la transmisión para downstream y upstream se pueden encontrar en una sola fibra (duplex) o en fibras separadas (simplex).

Medios físicos dependientes de la capa de requerimientos para la GPON

Señales digitales para la tasa nominal estandarizados de subida o bajada (downstream/upstream) de:

1.244,16 Mbps/155,52 Mbps

1.244,16 Mbps/622,08 Mbps

1.244,16 Mbps/1.244,16 Mbps

2.488,32 Mbps/155,52 Mbps

2.488,32 Mbps/622,08 Mbps

2.488,32 Mbps/1.244,16 Mbps

2.488,32 Mbps/2.488,32 Mbps

Los parámetros de la capa de los medios físicos dependientes de la ODN, se presentan a continuación.

Parámetro	Unidad	Especificaciones
Tipo de Fibra (Tipo de fibra óptica)	-	UIT-T G.652
Rangos de Atenuación (Intervalos de potencia permitidos de acuerdo al estándar UIT-T G.982 )	dB	UIT-T G.982 Clase A: 5-20 Clase B: 10-25 Clase C: 15-30
Perdida de trayecto óptico diferencial (representa la diferencia de perdida óptica entre la perdida de trayectoria óptica más alta y más baja de la ODN)	dB	15

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Especificaciones</b>
Máxima Penalización de ruta óptica (la penalización óptica debe tomar en cuenta reflexiones e interferencia intersímbolo)	dB	<1
Alcance lógico máximo	Km	60
Alcance máximo diferencial lógico	Km	60
Máxima distancia de fibra entre los puntos posterior al OLT y Previo al ONT	Km	20
Soporte mínimo de divisor (Divisores que se utiliza para el sistema)	-	Restringido por la perdida de trayecto PON con divisores pasivos (16,32 o 64 caminos de divisor)

Tabla 3 Parámetros ODN  
Fuente. UIT-T G.984.2

### **Perdida de trayecto óptica diferencial.**

Representa la diferencia entre la pérdida del trayecto óptico mas alto y mas bajo, en la misma ODN. La máxima perdida de trayecto óptico debe ser 15 dB.

### **Máxima penalización de Ruta Óptica**

El receptor debe tolerar una máxima penalización del trayecto óptico que no debe exceder 1 dB, para tener en cuenta la degradación total experimentada por consecuencia de reflexiones, interferencia inter-símbolo, ruido de partición de modo, y silbido del láser.

En la recomendación G.984.2 se puede encontrar la relación de parámetros de diferentes anchos de banda, en el presente proyecto se utilizan los anchos de banda de la siguiente tabla.

Sentido de la transmisión	Ancho de banda nominal (Mbps)
Downstream (Sentido origen a destino)	2488,32
Upstream (Sentido destino a origen)	1244,16

Tabla 4 Anchos de banda seleccionados en el proyecto  
Fuente. UIT-T 984.2

En telecomunicaciones se define ancho de banda como: Hertz y tasa de bits a: Mbps. Sin embargo, en la anterior tabla se menciona un ancho de banda en Mbps, se debe a que en informática se conoce el ancho de banda, como la velocidad de transferencia de los bits.

Los parámetros para cada ancho de banda se presentan en las siguientes tablas. Estos valores representan los casos en las peores condiciones, y se asume que alcanzaran el rango en condiciones estándar de temperatura y/o humedad. El objetivo del diseño es que el la tasa de errores por bit o BER no sea mayor a  $1 \times 10^{-10}$ .

Parámetros de la interfaz óptica de 2488,32 Mbps, dirección desde el origen al destino o downstream.

Parámetros	Unidad	Fibra única		
<b>Transmisor OLT</b>				
Tasa de bit nominal	Mbps	2488,32		
Longitud de onda operativo	nm	1480 - 1500		
Codigo de Linea	-	seudoaleatorio NRZ		
Máscara del diagrama de ojo del transmisor	-	UIT G.984.2		
Reflectancia maxima de equipo a la longitud de onda del transmisor	dB	NA		
Mínima ORL(Perdida de retorno óptico) de ODN	dB	Mas de 32		
Clase ODN		A	B	C
Potencia media inyectada MIN	dBm	0	+5	+3
Potencia media inyectada MAX	dBm	+4	+9	+7

Relación de Extinción	dB	mas de 8.2		
Tolerancia del transmisor a la potencia luminosa incidente	dB	mas -15		
Sí láser MLM Máximo valor cuadrático medio	nm	NA		
Sí láser SLM-Máxima anchura entre puntos de 20 dB	nm	1		
Sí láser SLM - Mínima relación de supresión de modo lateral	dB	30		
<b>Receptor ONU</b>				
Máxima reflectancia de equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que -20		
Taza de errores en los bits	-	menor que 10E-10		
Clase ODN		A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-21	-21	-28
Sobrecarga mínima	dBm	-1	-1	-8
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72		
Tolreancia a la fluctuación de fase	-	UIT-T G.984.2		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10		

Tabla 5 Parámetros de la interfaz óptica en downstream a 2488,32 Mbps  
Fuente. UIT-T 984.2

Parámetros de la interfaz óptica de 1244,16 Mbps, dirección desde el destino al origen.

Parámetros	Unidad	Fibra única
<b>Transmisor ONU</b>		
Taza de bit nominal	Mbps	1244,16
Longitud de onda operativo	nm	1260 - 1360
Código de Línea	-	seudoaleatorio NRZ
Máscara del diagrama de ojo del transmisor	-	UIT G.984.2
Reflectancia máxima de equipo a la longitud de onda del transmisor	dB	Menor a -6

Mínima ORL(Perdida de retorno óptico) de ODN	dB	Mas de 32		
Clase ODN		A	B	C
Potencia media inyectada MIN	dBm	-3	-2	+2
Potencia media inyectada MAX	dBm	+2	+3	+7
Relación de Extinción	dB	mas de 10		
Tolerancia del transmisor a la potencia luminosa incidente	dB	mas -15		
Sí láser MLM Máximo valor cuadrático medio	nm	NA		
Sí láser SLM-Máxima anchura entre puntos de -20 dB	nm	1		
Sí láser SLM - Mínima relación de supresión de modo lateral	dB	30		
<b>Receptor OLT</b>				
Máxima reflectancia de equipo, medida a la longitud de onda del receptor	dB	menor que -20		
Taza de errores en los bits	-	menor que 10E-10		
Clase ODN		A	B	C
Sensibilidad mínima	dBm	-24	-28	-29
Sobrecarga mínima	dBm	-3	-7	-8
Inmunidad a dígitos idénticos consecutivos	bit	mayor que 72		
Tolreancia a la fluctuación de fase	NA	NA		
Tolerancia a la potencia óptica reflejada	dB	menor que 10		

Tabla 6 Parámetros de la interfaz óptica en upstream a 1244,16 Mbps  
Fuente. UIT-T 984.2

### El medio de transmisión físico.

El medio de transmisión se basa en las especificaciones de fibra óptica de la G.652. Sobre la dirección de transmisión, la señal se transmite tanto para subida como para bajada. La metodología de transmisión, para realizar la transmisión bidireccional se utiliza la técnica de

Wavelength División Multiplexing (WDM). Los rangos de operación para las longitudes de onda que se utilizan son las siguientes:

- Única fibra para bajada o downstream: 1405 - 1500 nm
- Única fibra para subida o upstream: 1260 - 1360 nm

### **Código de línea.**

Para subida como bajada con codificación sin retorno de cero o NRZ. Para los niveles lógicos se tiene la siguiente aclaración:

- Nivel Alto de emisión de luz en binario '1'
- Nivel Bajo de emisión de luz en binario '0'

### **Mascara del diagrama de ojo del transmisor**

De acuerdo con la recomendación UIT-T G.983.1, las características generales de la forma de los impulsos del transmisor, incluido el tiempo de subida, el tiempo de caída, la sobre-oscilación del impulso, la suboscilación del impulso y la señal timbre, todo lo que se debe controlar para evitar una degradación excesiva de la sensibilidad del receptor, se especifican en forma de una máscara del diagrama de ojo del transmisor tanto en OLT como ONU. Se realiza por parte del equipo interno FTTH de la empresa.

### **Perdida de retorno óptico mínimo situada entre OLT /ODN y ONU/ODN**

Se especifica que la pérdida de retorno debe ser mejor que 32 dB, La reflectancia se rige por los conectores ópticos del ODF o Optical Distribution Frame.

### **Gama de atenuación**

Se especifican tres clases de gamas de atenuación, se define en la norma UIT-T G.982

Clase A: 5 A 20 dB

Clase B: 10 A 25 dB

Clase C: 15 A 30 dB

Para las especificaciones de atenuación se han supuesto valores de caso mas desfavorable, incluyendo perdidas por empalmes, conectores, atenuadores u otros dispositivos pasivos, así como futuras modificaciones, degradación, variaciones en la calidad de los cables.

### **Sensibilidad mínima.**

La sensibilidad del receptor se define como el valor mínimo aceptado de la potencia media recibida en OLT o ONU para obtener un BER de  $10E-10$ . Este valor tiene en cuenta las penalizaciones de potencia causadas por la utilización de un transmisor en condiciones operativas estándar, con valores de caso mas desfavorables para la relación de extinción, tiempos de subida y de caída de los impulsos así como pérdida de retorno óptico en la fuente.

### **Sobrecarga mínima.**

La sobrecarga del receptor es el valor máximo aceptable de potencia media recibida en el OLT o ONU para un BER de  $10E-10$ .

La recomendación G.984.2, indica la mejor practica para las empresas, utilizar la clase B+ para downstream a 2.488 Gbit/s y upstream a 1,244 Gbits/s. Para la factibilidad del presupuesto de perdidas para el sistema, el anexo indica la mejor practica para la tasa de combinaciones. En cuanto a los cambios mas notables, se tiene:

- El presupuesto de perdidas se encuentra entre la clase B y C
- Diferentes valores de penalización de la ruta óptica.
- La OLT debe soportar FEC o Foward Error Correction en el Downstream (sentido Origen a Destino)

Estas variaciones pueden proveer mayores capacidades para la operación en sistemas GPON., Existen dos modificaciones en el sistema, una con video y la otra solamente digital.

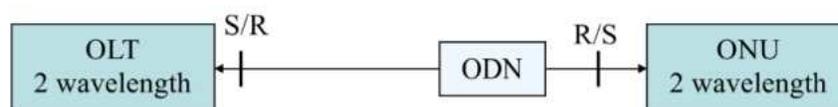


Figura 29 Aplicación GPON sistema únicamente digital  
Fuente. UIT-T G.984.2

Las especificaciones ópticas, se recomienda utilizar APD sin FEC para alcanzar la sensibilidad de la ONU. Se presentan los parámetros de potencia óptica para downstream a 2.488 Gbit/s y upstream a 1,244 Gbits/s.

<b>Item</b>	<b>Unidad</b>	<b>Potencia</b>
<b>OLT</b>		
Potencia media mínima de lanzamiento	dBm	+1,5
Potencia media máxima de lanzamiento	dBm	+5
Sensibilidad mínima	dBm	-28
Sobrecarga mínima	dBm	-8
Penalización óptica en Downstream	dB	0.5
<b>ONU</b>		
Potencia media mínima de lanzamiento	dBm	+0,5
Potencia media máxima de lanzamiento	dBm	+5
Sensibilidad mínima	dBm	-27
Sobrecarga mínima	dBm	-8
Penalización óptica en Downstream	dB	0.5

Tabla 7 Potencia de transmisión en ONT/OLT

Fuente: UIT G.984.2

El presupuesto de potencia cubre todos los componentes ópticos entre la OLT y la ONU, en la tabla 3 se presentan los Parámetros de clase B+.

<b>Item</b>	<b>Unidad</b>	<b>Potencia</b>
Perdida potencia mínima 1490 nm	dB	13
Perdida potencia mínima 1310 nm	dB	13
Perdida potencia máxima 1490 nm	dB	28
Perdida potencia máxima 1310 nm	dB	28

Tabla 8 Pérdidas de potencia en el sistema GPON  
Fuente: UIT G.984.2

### **2.1.4.2.2.3. Fibra óptica G.652**

La recomendación G.652 describe la fibra óptica monomodo que trabaja en las regiones de longitud de onda de 1260 - 1625 nm. También, se describen la geometría óptica, de transmisión y mecánica. Para la G.652.D se incluyen los atributos de transmisión para longitudes de onda extendida.

La categoría para sistemas de línea óptica para red de acceso y local, se utiliza la recomendación G.984.2

El fabricante de la fibra óptica se rige en las tablas presentes en el documento G.652. en los cuales se indican los límites y rangos del cable. Los atributos del cable adicionalmente se le da las características relevantes de atenuación por cada kilómetro.

Fibre attributes			
Attribute	Detail	Value	Unit
Mode field diameter	Wavelength	1310	nm
	Range of nominal values	8.6-9.2	$\mu\text{m}$
	Tolerance	$\pm 0.4$	$\mu\text{m}$
Cladding diameter	Nominal	125.0	$\mu\text{m}$
	Tolerance	$\pm 0.7$	$\mu\text{m}$
Core concentricity error	Maximum	0.6	$\mu\text{m}$
Cladding noncircularity	Maximum	1.0	%
Cable cut-off wavelength	Maximum	1260	nm
Macrobending loss	Radius	30	mm
	Number of turns	100	
	Maximum at 1625 nm	0.1	dB
Proof stress	Minimum	0.69	GPa
Chromatic dispersion parameter	$\lambda_{0\text{min}}$	1300	nm
	$\lambda_{0\text{max}}$	1324	nm
3-term Sellmeier fitting (1260 nm to 1460 nm)	$S_{0\text{min}}$	0.073	$\text{ps}/(\text{nm}^2 \times \text{km})$
	$S_{0\text{max}}$	0.092	$\text{ps}/(\text{nm}^2 \times \text{km})$
Linear fitting (1460 nm to 1625 nm)	Minimum at 1550 nm	13.3	$\text{ps}/(\text{nm} \times \text{km})$
	Maximum at 1550 nm	18.6	$\text{ps}/(\text{nm} \times \text{km})$
	Minimum at 1625 nm	17.2	$\text{ps}/(\text{nm} \times \text{km})$
	Maximum at 1625 nm	23.7	$\text{ps}/(\text{nm} \times \text{km})$
Cable attributes			
Attribute	Detail	Value	Unit
Attenuation coefficient (Note 1)	Maximum from 1310 nm to 1625 nm (Note 2)	0.40	dB/km
	Maximum at 1383 nm $\pm 3$ nm after hydrogen ageing (Note 3)	0.40	dB/km
	Maximum at 1530-1565 nm	0.30	dB/km
PMD coefficient (Note 4,5)	M	20	cables
	Q	0.01	%
	Maximum PMD <sub>Q</sub>	0.20	$\text{ps}/\sqrt{\text{km}}$

Figura 30 Características de la fibra óptica G.652D

Fuente. UIT G.652

#### 2.1.4.2.2.4. XGPON.

Elaborado en 2010, sus características se encuentran en la recomendación UIT-T G.987

La velocidad de downstream es de 10 Gbps, y su upstream 2.5 Gbps. El número de split o divisor puede ser 128. Su alcance lógico es de 60 Km idéntico a GPON. Adicionalmente, XG-PON compatible con la tecnología existen GPON. Los rangos de las longitudes de onda son diferentes a la tecnología anterior:

- Upstream 1260 a 1280 nm.

- Downstream: 1575 a 1580 nm.

#### 2.1.4.2.2.5. Atenuación ODN.

En el estándar G.984.X y G.652D se define la atenuación de los componentes en la ODN. Se presenta la información en la tabla 5. Se utilizan los parámetros para el presupuesto óptico.

Parámetro ITU-T G.984.X	Valor de referencia	
Atenuación Fibra Óptica downstream	0.3 dB/Km	
Atenuación Fibra Óptica upstream	0.5 dB/Km	
Atenuación por conectores	0.5 dB	
Atenuación por fusión	0.1 dB	
Margen de reserva	3 dB	
Atenuación por Divisores o Splitters	1:2	3,5 dB
	1:4	7 dB
	1:8	10,5 dB
	1:16	14.0 dB
	1:32	17,5 dB
	1:64	21 dB

Tabla 9 Parámetros de atenuación G.984.X

Fuente: UIT G.984.2

Entre la potencia de la luz durante el trayecto, entre OLT y ONT, se reduce, por diferentes motivos: utilización de conectores, por cada kilómetro de fibra se atenúa el valor presentado en la tabla anterior, por la cantidad de fusiones que se realicen y la utilización de los divisores, también, se considera el margen de reserva óptico, en caso de extensión de la fibra óptica o alguna compensación adicional.

#### **2.1.4.2.2.6. Splitter.**

También conocido como divisor, se utiliza para enviar la propagación óptica de una entrada a varias salidas, por ejemplo: 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 , otros parámetros por ejemplo son los que se encuentran en la tabla 9.

#### **2.1.4.2.3. FTTH**

FTTH o fibra hasta el hogar es la aplicación de la tecnología GPON. Se refiere al despliegue de fibra desde una oficina central hasta un hogar o cliente, utiliza una topología tipo estrella, cada usuario tiene una o dos fibras dedicadas, y por lo tanto cada usuario tiene mayor ancho de banda.

#### **2.1.4.3. Fundamentos QGIS 3 y requisitos de sistema.**

QGIS es un sistema de información geográfica de código abierto, que se inició en mayo de 2002. Las plataformas en las que se ejecuta QGIS son Unix, Windows y macOS. También QGIS se desarrolló utilizando herramientas Qt y C++, lo que significa que QGIS tiene una interfaz gráfica de usuario (GUI) fácil de usar. Permite el uso de datos raster y vectoriales.

##### **2.1.4.3.1. SIG.**

Se define un SIG o Sistema de Información Georeferenciado, es un sistema de computación para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar información geográficamente referenciada. Existen dos tipos de SIG's , de licencia gratuita y propietaria. El SIG elegido es de software gratuito, se pueden generar scripts con lenguaje Python. A continuación las ventajas entre QGIS y ArcGIS(herramienta de pago).

Ventajas de utilizar lenguaje abierto, por ejemplo QGIS:

- No se debe pagar de forma mensual o anual, por la utilización de la herramienta.
- Los códigos escritos se pueden distribuir de forma libre y sin restricción.
- Descargas ilimitadas en las diferentes versiones existentes.
- Multiplataforma, es decir se puede utilizar Linux, Windows, MAC.

- Acceso a los datos. La información de las capas o layers no se almacenan en la nube, por lo tanto no se debe tener conexión a internet.

Desventaja:

- No se tiene acceso a herramientas Online.
- Sin Soporte Técnico en caso de tener problemas con la herramienta.
- En cuanto a seguridad es mejor utilizar un software de pago, porque, no se corre el riesgo de robo de datos e información. La información se encuentra almacenada en los servidores de la empresa.

Formas de almacenar o ingresar información datos en un SIG, a continuación se describe la información utilizada en el presente proyecto:

- Vectorial. Se refiere a los elementos de geometría: Puntos, líneas y polígonos.

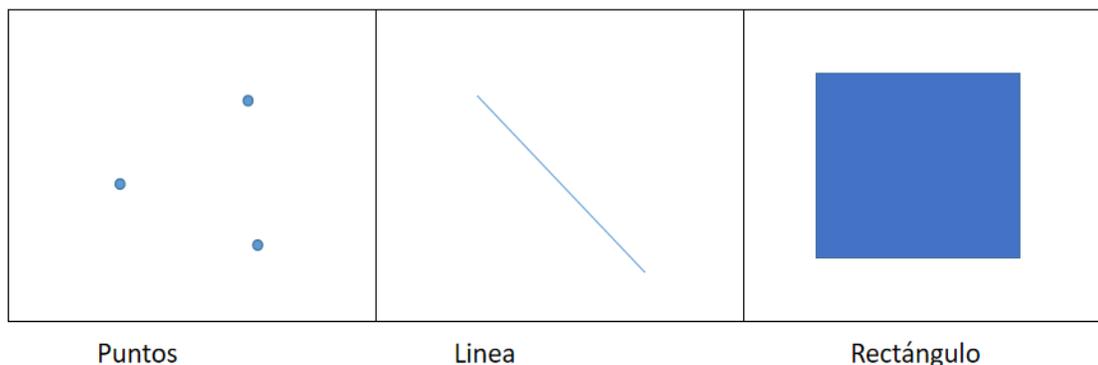


Tabla 10 Elementos geométricos  
Fuente. Propia

#### 2.1.4.3.2. Interface Gráfica QGIS.

La Interfaz Gráfica de Usuario o GUI de QGIS se puede ver en la Figura 32 y está dividida en cinco componentes:

1. Barra de Menú
2. Barras de herramientas
3. Paneles
4. Vista del mapa
5. Barra de Estado

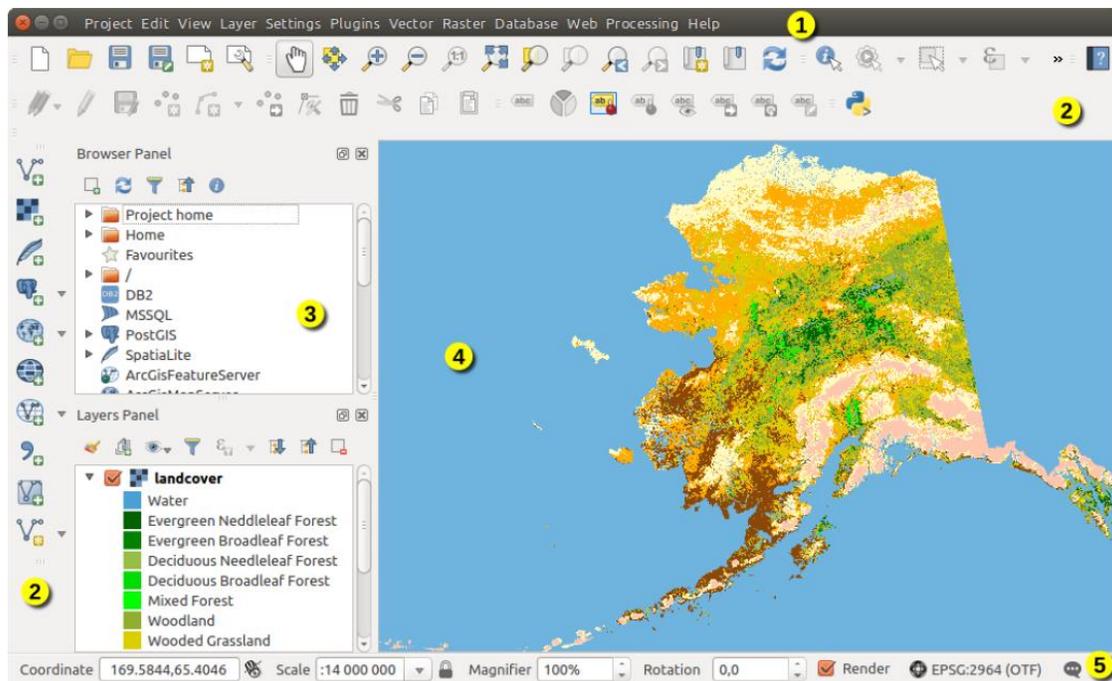


Figura 31 Interfaz Gráfica de Usuario de QGIS con datos de muestra  
Fuente. QGIS User Guide (2019)

### Barra de Menú.

La barra de menús proporciona acceso a varias funciones de QGIS utilizando un menú jerárquico estándar. Tiene el menú Project tiene herramientas para crear, abrir, cerrar, salvar y modificar propiedades.

### Barra de herramientas.

La barra de herramientas proporciona acceso a la mayoría de las funciones del menú, pero también a herramientas adicionales que interactúan con el mapa. Las barras de herramientas pueden ser habilitadas o deshabilitadas.

### Paneles.

QGIS proporciona varios paneles para trabajar en ellos por defecto. Los dos paneles principales son:

- Browser o de exploración de archivos.
- Layers o capas, en este panel se añaden los datos vectoriales o ráster.

## Vista del mapa

También llamado “Map canvas”, los mapas son mostrados en esta área. El mapa mostrado en esta ventana dependerá en las capas vectoriales o ráster cargadas al panel de capas. Cuando se añade un layer o capa, QGIS toma el CRS de dicha capa. También, se puede realizar se puede realizar el Alejamiento o Acercamiento (Zoom), desplazamiento (Panned) en el mapa.

## Barra de Estado

La barra de estado proporciona información general sobre la vista del mapa, compuesta de: La posición actual del mouse en el mapa, un botón de bloqueo en la escala, otro botón para modificar el CRS del proyecto y un botón del panel de mensajes de registro.

### 2.1.4.3.3. Requisitos de sistema.

Requerimientos mínimos de sistema:

- Procesador: Intel Core i3 1,70 GHz
- Memoria RAM: 2 GB RAM DDR3
- Disco duro: SATA de 128 GB
- Tarjeta Grafica: 1 GB VRAM
- Pantalla de 19 Pulgadas
- Sistemas Operativos: Windows 7, Linux, GNU/Linux, Android, macOS

### 2.1.4.3.4. Las clases en QGIS

Las clases que existen en QGIS comienzan con Qgs, se presentan algunos nombres de ejemplo:

- QgsPoint
- QgsProject
- QgsVectorLayer

Las clases tienen diferentes funciones, y se encuentran organizadas, comienzan organizadas con una letra minúscula, el nombre indica el propósito y se relaciona a la clase:

updateMapExtent()

Las clases se encuentran definidas en una documentación de API, allí se pueden encontrar todos los puntos y la descripción de las clases o funciones.

#### **2.1.4.3.5. Fundamentos Qt5.**

Qt 5 es una versión de Qt, tiene como base al lenguaje C++, y el soporte Qt Widget. Utilizado principalmente para el diseño de la interfaz de usuario. En QGIS se encuentra como Qt Designer, tiene el objetivo de usar formularios para llenar un conjunto de datos

#### **2.1.4.4. Fundamentos Python.**

Python es un lenguaje de programación interpretado, interactivo y orientado a objetos. Incorpora módulos, excepciones, tipos de datos de muy alto nivel y clases. Tiene interfaces para muchas bibliotecas y llamadas de sistemas. Se puede usar como un lenguaje de extensión para aplicaciones que necesiten una interfaz programable. Python también es portátil, lo que significa que es ejecuta en Unix, Mac y Windows.

##### **2.1.4.4.1. Consola.**

La consola de Python en QGIS 3 se abre desde el menú complementos -> Consola de Python, se interactúa con las operaciones aritméticas básicas y herramientas de QGIS.



Figura 32 Consola python en QGIS  
Fuente. Propia

#### 2.1.4.4.2. Operaciones aritméticas

En la consola se pueden ingresar directamente los números, se utiliza en el siguiente ejemplo operación de suma.

```
>>> 2+2
```

El calculo anterior retorna: 4

Los símbolos utilizados para las operaciones se presentan en la siguiente tabla.

Símbolo	Nombre	Ejemplo
+	Suma	>>> 2+2 4
-	Resta	>>> 5 - 4 1
*	Multiplicación	>>> 6 * 6 36
/	División	>>> 3/2 1.5
//	División, retorna un entero	>>> 5//2 2
%	El resto de la division	>>> 8%5 3
**	Potencia	>>> 5**2 25
round(A, B)	Redondear a los decimales	round(1.523,2) 1.5

Tabla 11 Símbolos Operaciones aritméticas Python  
Fuente: Python Tutorial, Guido van Rossum

### 2.1.4.4.3. Variables

Se asigna un valor a la variable utilizando el signo igual (=). Las variables almacenan: caracteres, números o Listas. Se muestran un par de ejemplos:

#### Números

```
>>> A = 5
```

#### Caracteres

```
>>> D = "palabra"
```

#### Listas

```
>>> E = [1,2,3]
```

### 2.1.4.4.4. Herramientas de control de flujo

Se tienen las siguientes sentencias:

‘if’ y ‘elif’ se utilizan para discriminar cantidades diferentes, iguales, si es menor entonces ejecutar esta acción , si no es mayor entonces realizar esta acción.

‘For’. La sentencia for para realizar bucles, es decir, realizar iteraciones hasta cumplir la condición final, se itera sobre una lista o cadena de texto, se utiliza el orden de la secuencia.

‘while’, la condicional while se ejecuta hasta que la condición se ha verdadera.

Los operadores que se utilizan son los siguientes: > (mayor que), < (menor que), ==(igual a), <=(menor o igual que), >=(mayor o igual que) y != (distinto a).

### 2.1.4.4.5. Funciones

Se puede crear una función ‘def’, se debe definir los parametros. A continuación se presenta una ejemplo aclaratorio, función para sumar dos valores. Nombre de la función ‘suma’

```
>>> def suma(a,b):
```

```
>>>     c = a + b
```

```
>>>     return c
```

```
>>> suma(1,2)
```

Retorna la suma de la función:

```
>>> 3
```

Mayores detalles se encuentran en el libro: Python Tutorial, Guido van Rossum and the Python development team

## **2.2. Desarrollo.**

### **2.2.1. Introducción.**

Las fases o etapas contempladas, para ejecutar el proyecto y tener la solución en cuanto a lo requerido por la empresa solicitante; se inicia con la planificación del diseño de la red, donde se obtiene la información, la tecnología utilizada, reglas de etiquetado, estructura de la ODN. En base a estas reglas se procede para el desarrollo del simulador en QGIS 3.

Las etapas que se definen en el desarrollo como la siguiente lista: Información de AXS Bolivia sobre el Área de estudio, Consideraciones para el presupuesto de atenuación, costos de equipos y materiales, splitter, fibra óptica, fusión, con sectores de campo, roseta óptica, gabinete, reglas de etiquetado, ODN, desarrollo del software.

### **2.2.2. Planificación y diseño de la red FTTH (Fase 1)**

La empresa proporciona la información necesaria para la red FTTH, se tienen los siguientes puntos fundamentales:

- Información sobre el área de estudio, zona Villa Victoria.
- La tecnología que se utiliza: GPON.
- El ambiente de instalación de las fibras ópticas, para la ciudad de La Paz, método aéreo.
- El servicio directo proporcionado a los clientes: Internet.
- El presupuesto de potencias.
- El costo de equipos y materiales de fibra óptica.
- La regla de etiquetado de los equipos y las fibras ópticas.
- La estructura de la ODN, para tomar en cuenta las etapas de la fibra óptica en la red.

Los puntos anteriores, se describen de forma clara a continuación.

### 2.2.2.1. Información de la empresa sobre el área de estudio.

En el país de Bolivia, departamento de La Paz actualmente, se tienen grupos de viviendas o zonas, las cuales no tienen servicios de datos. Para la prueba del software se utiliza una zona de referencia: Zona Villa Victoria. La información indica una hogar o punto de demanda mediante posición satelital.

La información de los usuarios, postes, así como rutas, fue proporcionada por AXS Bolivia, por lo tanto, no se requiere ejecutar una encuesta exhaustiva. Además, se solicitó que cada hogar represente una familia.

A continuación se presenta un ejemplo para los hogares:

Número	Código del Hogar	PUNTO_GEOM	
		X	Y
Z	HOG_Z	EJE_X	EJE_Y

Tabla 12 Hogares posiciones georreferenciadas  
Fuente: Elaboración propia

Donde:

Número Z: representa el número del hogar, por ejemplo: 1,2,3, etc.

Código del hogar: representa el código del hogar 'HOG\_' seguido del valor Número Z, por ejemplo: HOG\_1,HOG\_2,HOG\_3, etc.

PUNTO\_GEOM X: El eje X representa la longitud del punto.

PUNTO\_GEOM Y: El eje Y representa la latitud del punto.

En el ANEXO B se presentan, los datos completos de las ubicaciones de los hogares.

Los datos de los postes se explican a continuación:

NUM_PO ST	CODIGO_POS	PUNTO_GEOM	
		X	Y
Z	POST_EL_Z	EJE_X	EJE_Y

Tabla 13 Postes posiciones georeferenciadas

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Numero Z: representa el numero del poste electrico, por ejemplo: 1,2,3,etc.

CODIGO\_POS: Representa el codigo del POST\_EL\_Z,

PUNTO\_GEOM X: El eje X representa la longitud del punto.

PUNTO\_GEOM Y: El eje Y representa la latitud del punto.

En el ANEXO C se presentan, los datos completos de las ubicaciones de los postes.

NUM_RUTA	CODIGO_RUTA	LINE_GEOM
Z	C_RUT_Z	X1 Y1, X2 Y2, X3 Y3, X4 Y4 ...XN YN

Tabla 14 Rutas posiciones georeferenciadas

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Numero Z: representa el numero de la ruta, por ejemplo: 1,2,3,etc.

CODIGO\_RUTA: Representa el codigo del C\_RUT\_Z,

LINE\_GEOM : El dato X1 Y1 , X2 Y2, ... XN YN. X representa la longitud del punto.

Y representa la latitud del punto.

En el ANEXO D se presentan, los datos completos de las ubicaciones de las rutas.

### 2.2.2.1.1. Elección de Tecnología.

Las tecnologías existentes.

ADSL. Velocidad de descarga de 1,5 - 8 mbps , distancia máxima 1,5Km - 6 Km.

ADSL2+. Velocidad de descarga de 16 mbps , distancia máxima 1Km.

VDSL. Velocidad de descarga de 55 mbps , distancia máxima 300m.

GPON. Velocidad de downstream 2.5 Gbps, distancia máxima física 20 Km.

Entre el conjunto de opciones de tecnología, se puede encontrar que la mejor opción es GPON, que permite velocidades elevadas con mayor alcance.

Se utilizará el estándar UIT G.984.1 para la Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit; GPON o Gigabit-capable Passive Optical.

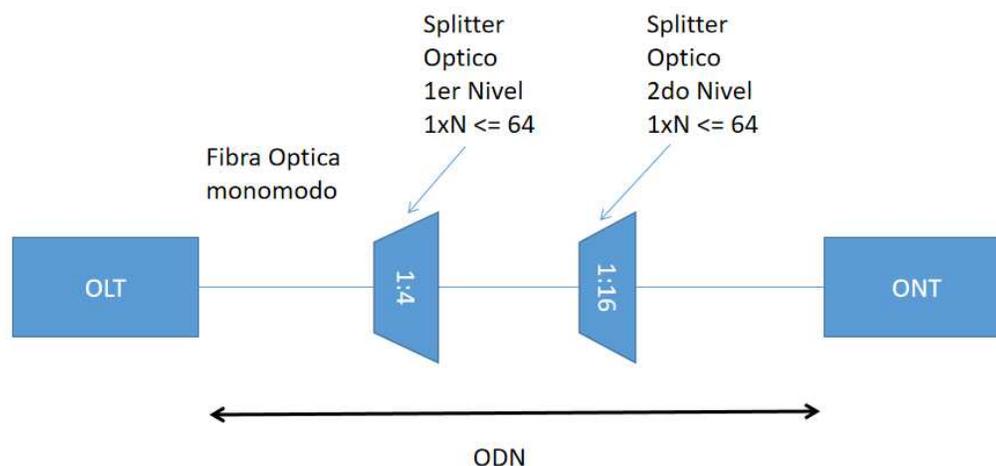


Figura 33 ODN

Fuente: Elaboración propia

OLT (Optical Line Termination) El equipo de transmisión denominado OLT , situado en un gabinete externo, en conjunto con un ODF (Optical Distribution Fiber), cada área o zona está compuesto de 1 OLT. El número máximo de puertos GPON es de 32, limitando el acceso a la cantidad de hogares 2048 hogares.

ODN(Optical Distribution Network). El conjunto de fibras y splitters o acopladores pasivos que se encuentran entre el OLT y ONT.

- Los splitters de primer nivel se encuentran en los postes eléctricos. También se deja el margen de reserva mínimo de 50 m.
- Los splitters de segundo nivel se encuentran en los postes electricos que no sean los mismos postes utilizados para el primer nivel.

ONT(Optical Network Termination). El ONT se encuentra localizado en los hogares o puntos de demanda.

#### **2.2.2.1.2. Ambiente de instalación de fibra óptica.**

Existe el método de instalación subterráneo, un cable de fibra óptica esta enterrado en la tierra y con diferentes profundidades, dependiendo el lugar de la red, las profundidades, los detalles se encuentran en el estándar TIA/EIA-590-A.

Método de instalación aérea, se puede instalar de un poste a otro poste, suspendiendo el cable directamente entre los postes eléctricos o propios de la empresa.

En la ciudad de La Paz esta ampliamente distribuida las redes eléctricas, y por tanto cada casa se tiene un medidor eléctrico. Por ello se utilizarán los postes eléctricos ya existentes, en síntesis el método aéreo.

#### **2.2.2.1.3. Servicios a los clientes.**

El servicio que la empresa brinda al cliente, a través de la fibra óptica, es únicamente Internet. Otros servicios no se contemplan en el presente trabajo.

#### **2.2.2.1.4. FTTH e índice de penetración.**

Fibra hasta el hogar o FTTH, es la aplicación de la tecnología GPON. Cuando nos referimos a FTTH nos referimos a fibra desde la oficina central (OLT) hasta el hogar. Se utiliza un índice de penetración del 20%, se explica a continuación:

$$\text{Indice}_p = (\text{Porcentaje del Indice}) * (\text{Numero\_hogares\_totales}/100\%) \quad (1)$$

Indice\_p: La cantidad de usuarios en un área que tendrán el servicio, para el valor de splitter máximo.

Porcentaje del Indice: Valor fijado por la empresa, puede modificarse dependiendo la zona.

Numero\_hogares\_totales: Valor del número de hogares totales, por ejemplo:1258 usuarios totales.

Si reemplazamos los valores en la primera ecuación:

$$\text{Indice}_p = (20\%)*(1258 /100\%) = 251.6$$

Se tiene aproximadamente:

$$\text{Indice}_p = 252$$

El valor significa, como máximo 252 hogares potenciales en el total de hogares.

### 2.2.2.2. Consideraciones para el presupuesto de atenuación.

Para el diseño del software se contemplan los parámetros de atenuación en la red PON, de acuerdo al siguiente esquema:

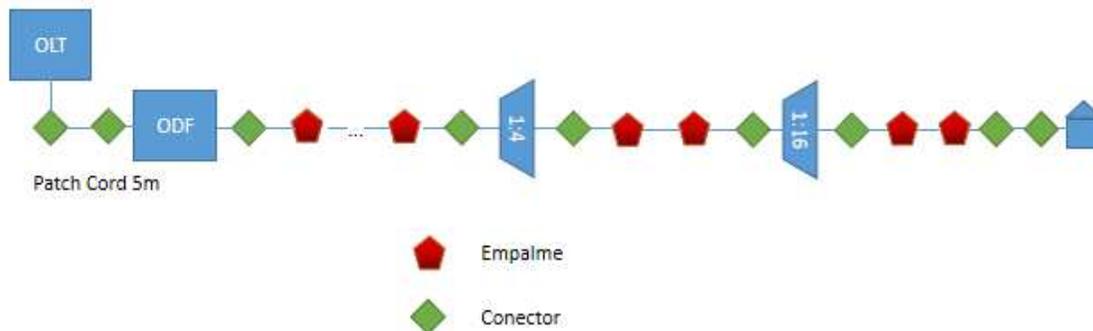


Figura 34 Empalmes y conectores en la red GPON

Fuente: Elaboración propia

Inicialmente, se envía con una potencia de salida del OLT a la ONU (Hogar), en el trayecto, se presenta la pérdida óptica, causada por: Splitters, conectores, empalmes y la fibra óptica. Existen niveles de potencia que se deben tomar en cuenta, a continuación se presenta una lista con los parámetros necesarios:

- Niveles de potencia en la OLT y ONT.
- Atenuación en la Fibra Óptica.
- Atenuación por conectores.

- Atenuación por Empalmes.
- Atenuación por Divisores o Splitters.

#### **2.2.2.2.1. Niveles de potencia en la OLT y ONT.**

La OLT tiene los siguientes parámetros de potencia para la Clase B+.

- Mínima Potencia de salida: 2.50 dBm
- Máxima Potencia de salida: 5.00 dBm
- Sensibilidad mínima -28 dBm
- Saturación: -8 dBm

La ONT tiene los siguientes parámetros de potencia para la Clase B+.

- Mínima Potencia de salida: 2.50 dBm
- Máxima Potencia de salida: 5.00 dBm
- Sensibilidad mínima -27 dBm
- Saturación: -8 dBm

#### **2.2.2.2.2. Atenuación en la Fibra Óptica.**

Para las atenuaciones de fibra óptica se utilizan los siguientes parámetros:

- 0.3 dB/Km a una frecuencia de bajada o downstream 1490 nm.
- 0.5 dB/Km a una frecuencia de subida o upstream 1310 nm.

#### **2.2.2.2.3. Atenuación por conectores.**

Se utiliza el siguiente valor para la atenuación en conectores:

- 0.5 dB por cada conector.

#### **2.2.2.2.4. Atenuación por empalmes.**

La atenuación para los empalmes se presenta:

- 0.1 dB por cada empalme

#### 2.2.2.2.5. Atenuación por divisores o Splitters.

Se presenta la lista de las atenuaciones en los splitters:

Splitters	Perdida[dB]
1:2	3,5
1:4	7
1:8	10,5
1:16	14.0
1:32	17,5
1:64	21

Tabla 15 Splitters y sus atenuaciones  
Fuente: Elaboración propia

#### 2.2.2.3. Costos de equipos y materiales.

Equipos y costos de referencia utilizados para el sistema son los siguientes:

##### 2.2.2.3.1. OLT.

Modelo de OLT, ZTE ZX A10 C320, sus características principales son:

- Potencia de los Transceiver Clase B+.
- Alcance físico máximo: 20 Km
- Tarjetas de Servicio: 2 GPON
- Número máximo de suscriptores 4096.
- Coeficiente de subdivisión o divisor máximo de 1:128
- Alcance físico: 20Km
- Transceiver SFP GPON, módulo LC de fibra óptica tranceptor ZTE GPON OLT Clase B+.
- GPON compatible con ITU G.984.X.
- Costo : 2100 \$us (Ref. Bibl. No 15)

### **2.2.2.3.2. ONT.**

ONT, ZTE F660

- Puerto Óptico: 1 x GPON Interface (SC/APC)
- Distancia de transmisión: 0 - 20 Km-
- Tasa de transmisión o rate: 2.488 Gbps downstream; 1.244Gbps upstream
- Longitud de Onda Recepción: 1480 a 1500 nm
- Longitud de Onda Transmisión: 1290 - 1330 nm
- Módulo Óptico Clase B+.
- Interfaz GPON: 1 x GPON (1 x SC/APC)
- 4 Puertos LAN Ethernet 10/100/1000 Base--T (RJ-45).
- Wifi (2.4 GHz, 802.11/b/g/n, WPA/WPA2)
- Costo : 60 \$us (Ref. Bibl. No 16)

### **2.2.2.3.3. ODF.**

El Distribuidor de fibra óptica o Optical Distribution Fiber, se utiliza el modelo:

- Distribuidor 1U -OP-1U-PRO-00
- 4 Charolas de empalme
- Panel Frontal SC.
- Capacidad Máxima: 48 Fibras SC o LC.
- Costo: 70 \$us (Ref. Bibl. No 17)

### **2.2.2.3.4. Splitter.**

#### **2.2.2.3.4.1.Splitter de 1er nivel.**

Modelo de Splitter 1er nivel: FO - SPBOX1X4SC-K

- Divisor: 1:4
- Tipo: Caja

- Conector: SC/APC
- Tipo fibra: G657A1
- Pérdida óptica: < 14 dB
- Costo : 7.5 \$us (Ref. Bibl. No 18)

#### **2.2.2.3.4.2.Splitter de 2do nivel.**

Modelo de Splitter 2do nivel: FO - SPBOX1X16SC-K

- Divisor: 1:16
- Tipo: Caja
- Conector: SC/APC
- Tipo fibra: G657A1
- Pérdida óptica: < 14 dB
- Costo: 15 \$us (Ref. Bibl. No 19)

#### **2.2.2.3.4.3.Caja de empalmes o Cierre de empalme LCP(FDH).**

En la caja de empalmes se almacena el splitter de primer nivel y se realiza la fusión.

- Cierre de Empalme (FDP - 420A) o FK-CEO-4T.
- Capacidad de 48F
- Hasta 24F por bandeja.
- Instalación en Poste.
- Costo: 60 \$us (Ref. Bibl. No 20)

#### **2.2.2.3.4.4.OTC NAP.**

OTC o Caja de Terminación Óptica para los Splitters de 2do nivel.

- Modelo: FK-CTO-16MT
- Costo: 30 \$us (Ref. Bibl. No 21)

### 2.2.2.3.5. Fibra óptica.

Las fibras utilizadas para Outdoor:

Numero de Fibras	Costo del Material (\$us/m)	Tipo de Cable	Numero de Tubos	# Fibras / Tubo
2	1,2	Aereo (DROP)	1	2
4	1,5	Aereo (DROP)	1	4
24	3,32	Aereo	2	12
48	6,64	Aereo	4	12
72	10	Aereo	6	12
96	12	Aereo	8	12

Tabla 16 Costos y tipos de Fibra óptica

Fuente: Elaboración propia

Se toma en cuenta que cada carrete de fibra óptica puede tener como máximo: 5000 metros.

Los carretes de fibra DROP tiene un máximo: 1000 metros.

Las fibras ópticas utilizadas para Indoor:

Fibra monomodo jumper de fibra óptica SC APC a SC APC 2m 9/125.

- Precio/Unidad = 2,6 \$us
- Pérdida de inserción:  $\leq 0.3$  dB
- Grado de fibra: G.657.A1 compatible con G.652.D
- Atenuación 1310 nm: 0.36 dB/Km
- Atenuación 1550 nm: 0.22 dB/Km
- Temperatura de funcionamiento: -20 a 70 °C

Cable de fibra óptica SC UPC y SC UPC de 2m 9/125:

- Costo: 2,6 \$us.
  - Pérdida de inserción:  $\leq 0.3$  dB
  - Grado de fibra: G.657.A1 compatible con G.652.D
  - Atenuación 1310 nm: 0.36 dB/Km
  - Atenuación 1550 nm: 0.22 dB/Km
- Temperatura de funcionamiento: -20 a 70 °C

#### **2.2.2.3.6. Fusión.**

La fusión de la fibra óptica con Fusionadora:

Costo por unidad de fusión : 1 \$us (Ref. Bibl. No 23)

#### **2.2.2.3.7. Conector de campo.**

Denominado, conector rápido, se utiliza para las fibras DROP, en el lado del cliente y splitter de 2do nivel.

- Modelo: FASC-APC
- Pérdida de inserción típica : 0.3 dB
- Conector SC/APC
- Montaje Fácil y Rápido.
- 65 \$us (Ref. Bibl. No 25)

#### **2.2.2.3.8. Roseta Óptica.**

Se encuentran en el estándar ANSI/TIA 568-C, se especifica lo siguiente:

- Debe permitir como mínimo la terminación de 2 fibras ópticas.
- Para evitar daños en la fibra óptica, debe tener un radio de curvatura mínimo de 30 milímetros.
- Debe permitir almacenar al menos dos metros de cable de fibra óptica.

- Medida de la Roseta, de tal forma que permita la sujeción del mismo en las cajas eléctricas de 4 x 4 pulgadas.

- Costo: 5 \$us (Ref. Bibl. No 27)

#### **2.2.2.3.9. Gabinete.**

Bastidor el cual alberga el OLT y ODF, necesario para la implementación de la red FTTH.

- Modelo: ZTE ZXDU68 W001

- Temperatura de operación: -40 a 70 C

- Costo : 3500 \$us (Ref. Bibl. No 26)

#### **2.2.2.4. Reglas de Etiquetado de los equipos y fibras ópticas.**

##### **2.2.2.4.1. Etiquetas en OLT.**

La etiqueta para el OLT:

OLT-X

X: Modelo

##### **2.2.2.4.2. Etiqueta ODF.**

Etiqueta:

ODF-Y

Y: Modelo

##### **2.2.2.4.3. Etiqueta Splitter 1er nivel.**

Etiqueta como sigue:S

SPN-P

SP: Splitter

N: Número del Splitter de primer nivel, donde 1 representa al primer nivel.

P: Número de Splitter utilizado. Donde puede existir mas de 1 splitter para cubrir los usuarios necesarios. Ejemplo: 1,2 ,3 ,4 ,etc.

#### **2.2.2.4.4. Etiqueta Splitter 2do nivel.**

Etiqueta como sigue:

SP1N-P-SP2H-Q

SP1N-P: Relacionado al splitter de primer nivel

H: Número del splitter de segundo nivel, donde 2 representa el segundo nivel.

Q: Número de Splitter utilizado. Donde puede existir mas de 1 splitter de segundo nivel para cubrir los usuarios necesarios. Ejemplo: 1,2 ,3 ,4 ,etc.

#### **2.2.2.4.5. Etiquetar Jumpers entre OLT y ODF.**

Utiliza la siguiente nomenclatura:

FI-OLT-TTPP/ODF-BBQQ

FI: Representa Fbra óptica Indoor

TT: Número de tarjeta(OLT)

PP: Número de Puerto(OLT)

BB: Número de Bandeja(ODF)

QQ: Número de Puerto (ODF)

#### **2.2.2.4.6. Etiquetar Fibras entre ODF y Splitters de 1er nivel.**

Se Utiliza la siguiente información:

F-144-T1-H1

T1: Tubo 1 de fibra de 144 hilos. El número de hilos puede variar según la solicitud.

H1: Hilo de fibra óptica 1, cada número representa un color de fibra organizado

#### **2.2.2.4.7. Etiquetar Fibras entre Splitter 1er nivel y 2do nivel.**

Se aplica de acuerdo con la siguiente información:

F-24-T1-H1

T1: Tubo 1 de fibra de 24 hilos. El número de hilos puede variar según la solicitud.

H1: Hilo de fibra óptica 1, cada numero representa un color de fibra organizado

#### **2.2.2.4.8. Etiquetar Fibras entre Splitter 2do nivel y ONT.**

Se etiqueta de acuerdo a la siguiente información:

F-D1-ONT-Q

F: Fibra óptica

D1: Fibra Drop al hogar, de un solo hilo.

Q: Número del ONT

#### **2.2.2.5. ODN.**

Fibras Troncales o Feeder.

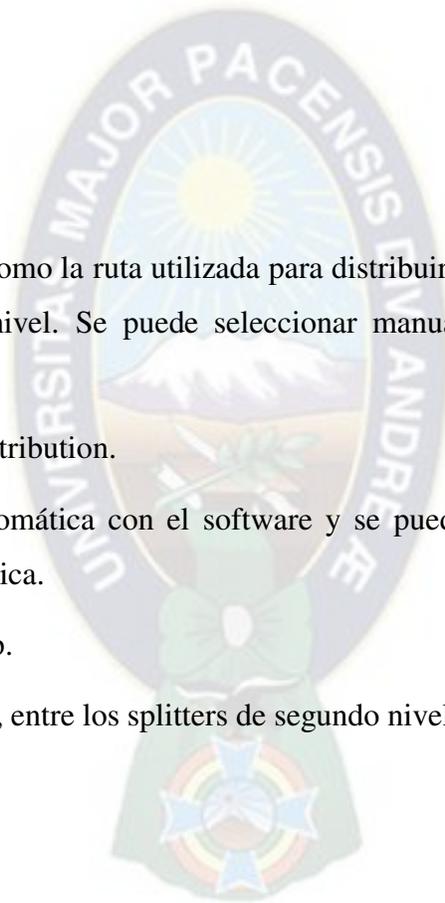
La red troncal se describe como la ruta utilizada para distribuir la fibra óptica desde la OLT a los splitters de primer nivel. Se puede seleccionar manualmente o elegir el formato automático.

Fibras de Distribución o distribution.

Se despliega de forma automática con el software y se puede modificar luego de haber ejecutado la acción automática.

Fibras de Dispersión o Drop.

Se genera automáticamente, entre los splitters de segundo nivel y los ONT's(Hogares de los clientes)



### 2.2.3. Desarrollo del software.

Utilizando la información de planificación se procede a estructurar los algoritmos e interfaz gráfica también denominada GUI; se presenta como Plug-in o complemento. Para ello se utiliza un computador de acuerdo a las especificaciones de QGIS:

<b>Categoría</b>	<b>Requisitos mínimos</b>	<b>Requisitos recomendados</b>	<b>Aplicados</b>
<b>Sistema Operatio</b>	S.O. Windows 7	S.O. Windows 10	S.O. Windows 10
<b>CPU</b>	2.2 GHz	4,0 GHz	Core i7 a 3.6 GHz
<b>RAM</b>	4 GB	8 GB	16 GB
<b>Disco Duro</b>	128 GB	512 GB	480 GB
<b>Tarjeta de Video</b>	256 MB	512 MB	NVIDIA Geforce GTX 1050 4 GB

Tabla 17 Especificaciones de sistema

Fuente: Elaboración propia

Modelo de laptop: Dell Inspiron i5577

### 2.2.3.1. Diseño y planteamiento de los algoritmos. (FASE 2)

El algoritmo se clasifica en 3 grupos: Datos de Entrada, ODN y Diseño de la red (Salida de Datos y archivos).

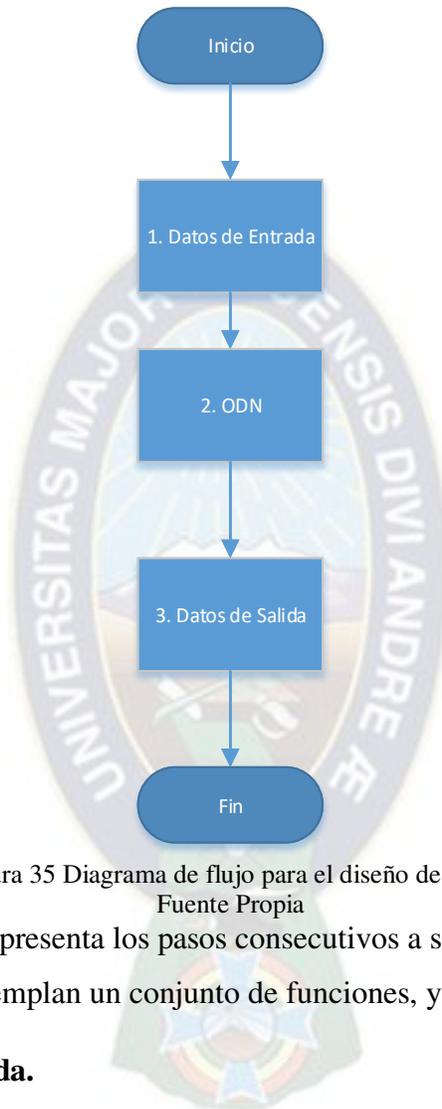


Figura 35 Diagrama de flujo para el diseño de la red  
Fuente Propia

Cada uno de los números representa los pasos consecutivos a seguir de manera general en el software. Los bloques contemplan un conjunto de funciones, y se explican a continuación.

#### 2.2.3.1.1. Datos de Entrada.

Inicialmente, se estructuran los datos de entrada de acuerdo al algoritmo de la Figura 37, se debe ingresar los directorios: archivo HOGAR, archivo POSTES, archivo RUTA; la funcionalidad agregar permite importar los layers o capas a QGIS. Posteriormente, se verifica si existiera algún dato faltante o se requiere agregar manualmente el lugar. La siguiente etapa es añadir la ubicación de la OLT en la zona de trabajo, sí, se cometiera un error se puede cancelar la posición actual y agregar nuevamente el equipo. Sí, es correcto el nuevo sitio, se procede a confirmar. Y se agregan los datos de: costos, potencia y atenuación.

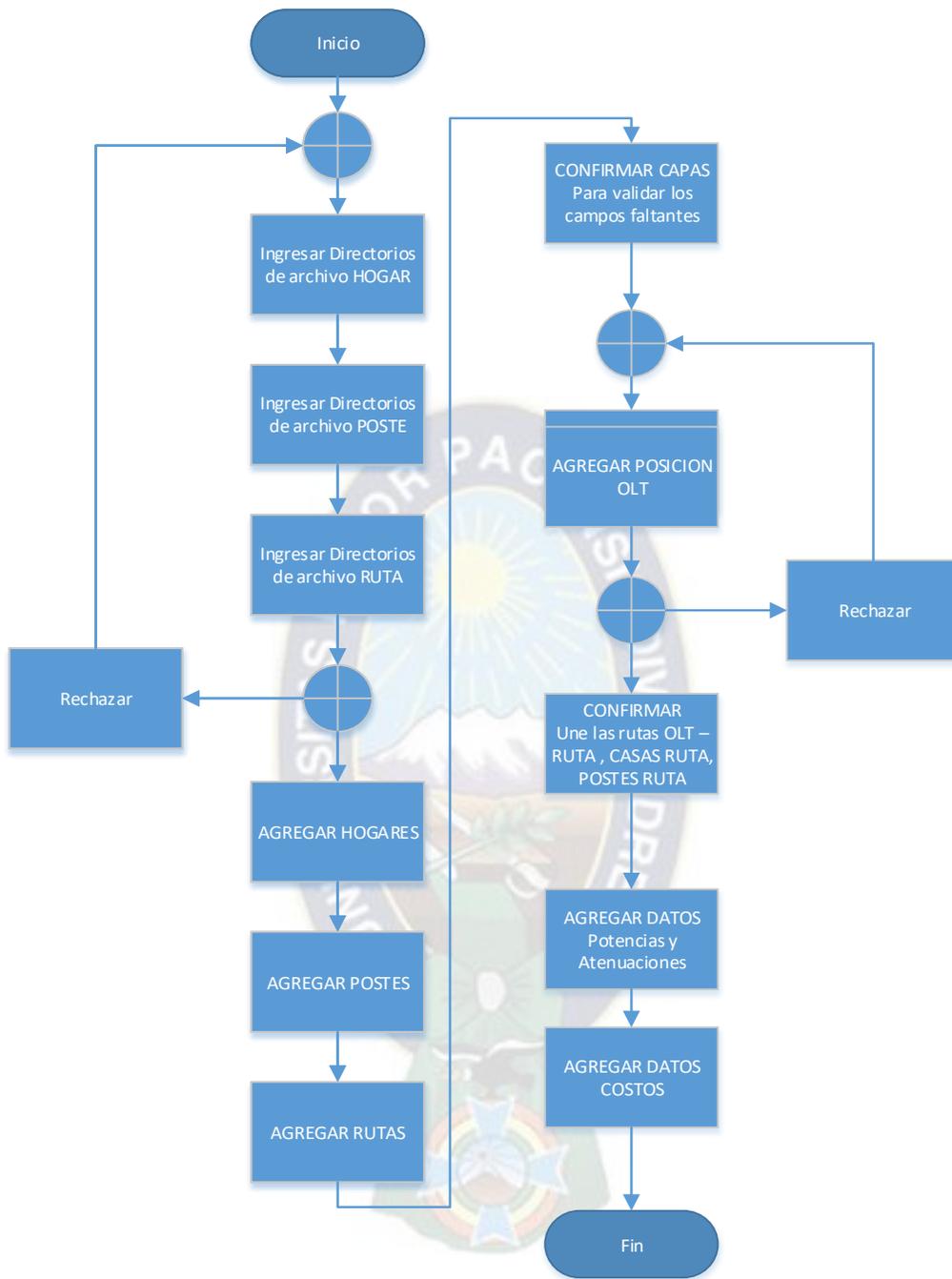


Figura 36 Diagrama de flujo de los datos de entrada  
Fuente Propia

### 2.2.3.1.2. Interfaz gráfica de visualización.

Se procede a ubicar los directorios de los archivos SHP, que contienen los datos necesarios para agregarlos en el lienzo de capas. Para ello se crea un nuevo complemento, con una imagen del numero '1' para indicar el primer paso, una vez presionado se despliega en pantalla realizado en Qt, la interfaz gráfica.

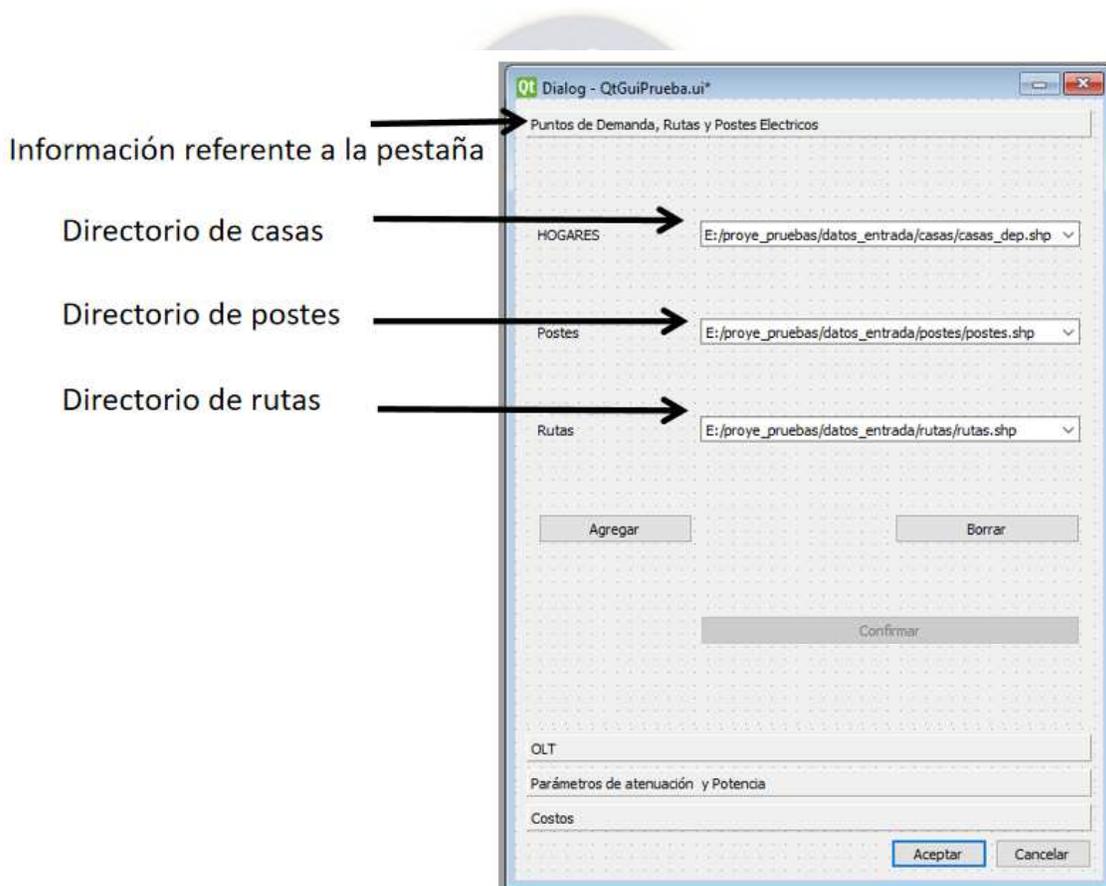


Figura 37 Interfaz gráfica datos de entrada, pestaña Demanda, Rutas y Postes  
Fuente: Elaboración propia

En la anterior pestaña se muestra el Diseño de la interfaz gráfica, donde:

- El textEdit o campo editable de texto, se puede modificar de tal forma de recepcionar datos en modo String en el sistema. Se debe introducir el directorio de los datos de hogares, Postes y Rutas.

- Agregar: Es el button o Botón, y se agregan las 3 capas del punto anterior establecidas en el software QGIS.
- Borrar: El botón elimina las capas ya existentes en el layer de QGIS.
- Confirmar, Botón utilizado para confirmar que los datos son correctos, y que no se obvio algún dato.

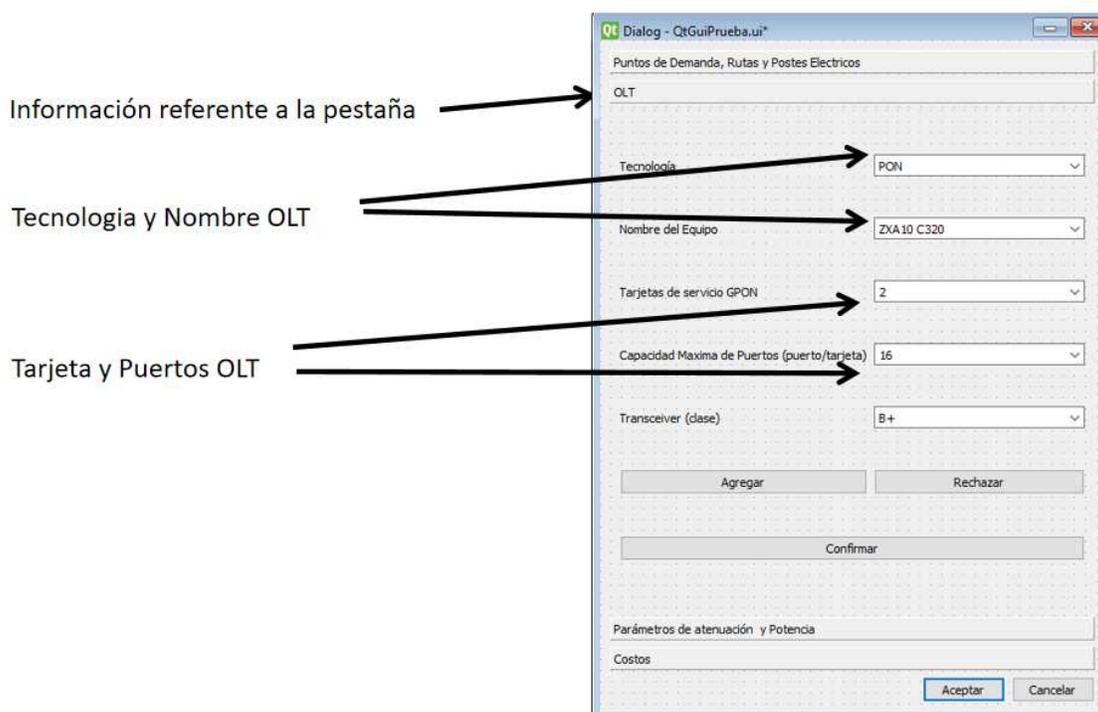


Figura 38 Interfaz gráfica datos de entrada, pestaña, OLT  
Fuente Propia

En la segunda pestaña se puede ver las características del OLT:

- Agregar, botón para agregar el OLT en un punto geográfico, dentro del área de diseño.
- Rechazar, botón para borrar la ubicación del OLT.
- Confirmar, botón que se utiliza para confirmar y validar la ubicación del OLT.

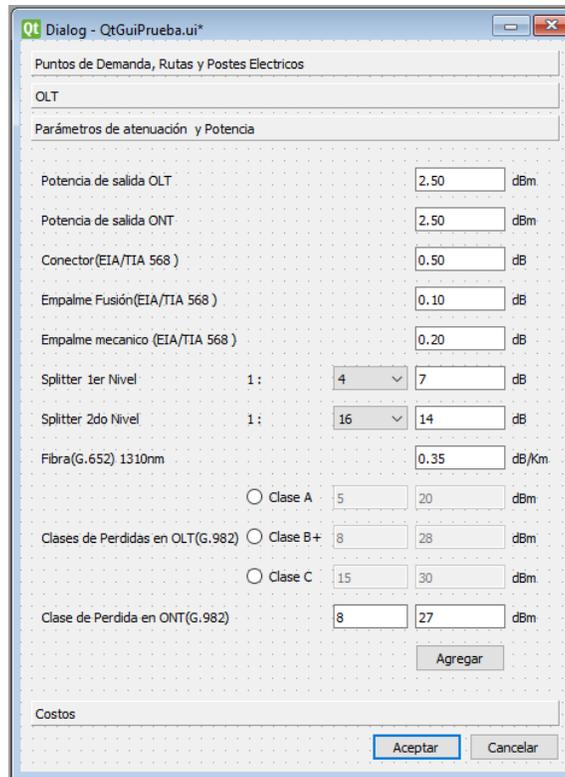


Figura 39 Interfaz gráfica datos de entrada, Atenuación y Potencia  
Fuente. Propia

En la tercera pestaña se puede observar y modificar los parámetros de atenuación, Clase B+ intervalos entre 8 y 28 dBm, para ONU y ONT. A la izquierda existe un texto que aclara el nombre del valor. A la derecha se tiene la unidad de los parámetros.

- Agregar: Botón utilizado para agregar los parámetros en una lista, para luego utilizarlos en el presupuesto de atenuación de potencias.

Componente	Costo (\$us)
OLT	3500
ONT	200
ODF	300
Splitter 1er Nivel	100
Splitter 2do Nivel	150
Caja de emplame	50
NAP	50
Fibra SC APC/SC APC	5
Fibra SC UPC/SC UPC	7
Fusión	50
Conector de campo	10
Roseta Óptica	5
Gabinete	1000

Numero de Fibras	Costo material(Sus/m)	Tipo de Cable	Numero de Tubos	#Fibras/Tubo
2	1.2	ereo(DROP)	1	2
4	1.5	ereo(DROP)	1	4
24	3.32	Aereo	2	12

Figura 40 Interfaz gráfica datos de entrada, Costos  
Fuente: Elaboración propia

En la cuarta pestaña se despliega la información referente a los costos de los materiales. Los precios son modificables.

- Aceptar. El botón nos permite agregar en el lienzo de capas

### 2.2.3.1.3. Funciones utilizadas.

Los botones en cada pestaña, representan una función, que ejecuta las líneas de código, con programación en Python y Orientada a Objetos. Finalmente y una vez completados los datos iniciales, ahora se puede ver en la pantalla los datos de entrada requeridos. A continuación, se muestra las funciones utilizadas para los datos de entrada:

<b>Datos de Entrada</b>	
<b>Funciones</b>	<b>Descripción</b>
agregar	Añadir las capas, al lienzo de trabajo
grupo	Agrega la raíz principal de la ruta, organizada en tres grupos: -ENTRADA. -INTERMEDIOS - SALIDAS
entrada	Agrega las capas o layers al lienzo de capas, con los siguientes nombres: -casas -postes -rutas
ruta_proyecto	Se agrega un rectángulo y además se recorta el tamaño de las rutas totales
Cancelar	Borra los layers del lienzo de capas
confirmar	Se encarga de confirmar que las líneas de la ruta están completas, y no se necesita modificarlas
Funcion	Se utiliza para agregar el OLT en el lienzo de mapas
confirmar_2	Se unen las casas a los caminos, mediante líneas, punto(casa) a línea(ruta)

Agregar_atenuaciones	Se agregan los datos de atenuación al lienzo de capas
Agregar_costos	Se agregan los datos de costos al lienzo de capas

Tabla 18 Funciones del algoritmo Datos de Entrada  
Fuente: Elaboración propia

Existen más de cien clases en QGIS 3, para la programación orientada a objetos. Cada uno de los cuales nos permite interactuar con el plano, lienzo de capas, capas, agregar datos, eliminar y modificar datos. En el ANEXO E se especifica cada una de las funciones utilizadas en el listado.

#### 2.2.3.1.4. Datos Visualizados en QGIS.

En QGIS se despliega la información de los datos de entrada, de la siguiente manera.

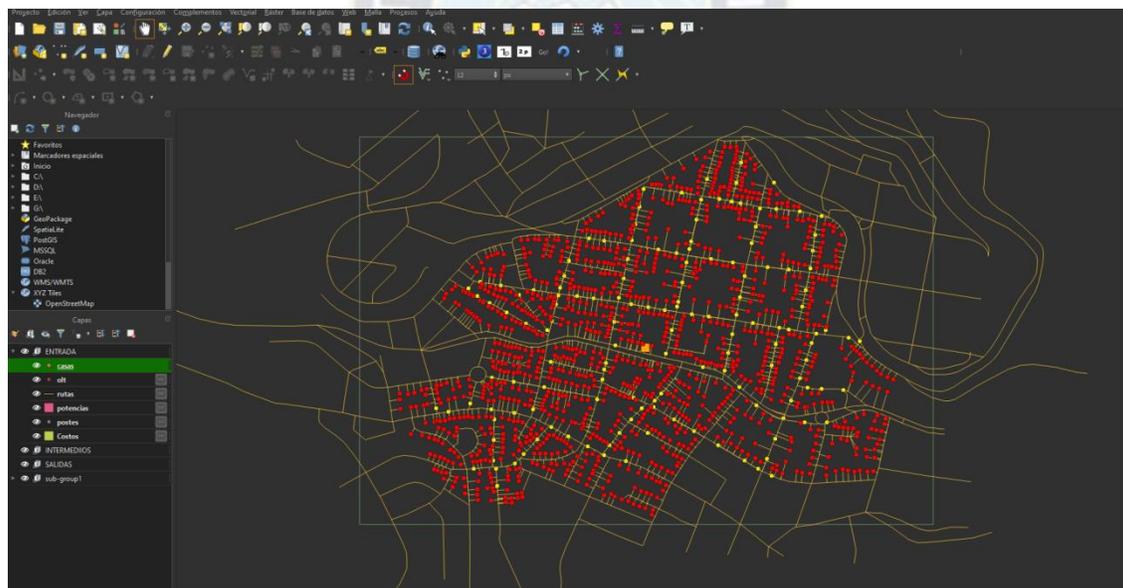


Figura 41 Datos desplegados en QGIS  
Fuente: Elaboración propia

En el centro de la anterior figura observamos la siguiente información:

- Postes representados por: puntos, forma circular y color amarillo.
- Casas representadas por: puntos, forma cuadrada y color rojo.
- Rutas representadas por: líneas, forma de línea y color café.

- OLT representado por: un punto, forma de punto y color naranja.
- Rectángulo representado: por líneas, forma línea y color verde oscuro.

La figura muestra, en la parte inferior izquierda el panel de capas, ahí, se agregan los layers o capas. Los parámetros se observan al abrir la Tabla de Atributos.

	NUM_HOGAR	CODIGO_NUM
1	1	HOG_1
2	2	HOG_2
3	3	HOG_3
4	4	HOG_4
5	5	HOG_5
6	6	HOG_6
7	7	HOG_7
8	8	HOG_8
9	9	HOG_9
10	10	HOG_10
11	11	HOG_11
12	12	HOG_12
13	13	HOG_13
14	14	HOG_14
15	15	HOG_15
16	16	HOG_16
17	17	HOG_17
18	18	HOG_18
19	19	HOG_19

Figura 42 Tabla de atributos de la capa hogares  
Fuente Propia

La figura anterior se aclara de la siguiente forma:

- La tabla tiene el nombre del layer, es decir, casas.
- Cada una de las filas representa un punto en el Mapa.
- Las columnas son los datos solicitados por la empresa AXS, con los nombres: NUM\_HOGAR y CODIGO\_NUM.

Los atributos del presupuesto de potencia se presentan en la siguiente figura.

	NOMBRES_COST	VALOR_1
1	Splitter 1er Nivel	100
2	Splitter 2do Nivel	150
3	Caja de emplame	50
4	NAP	50
5	Fibra SC APC/SC APC	5
6	Fibra SC UPC/SC UPC	7
7	Fusión	50
8	Conector de campo	10
9	Roseta Óptica	5
10	Gabinete	1000
11	Numero de Fibras	Costo material(Sus/m)
12	2	1,2
13	4	1,5
14	24	3,32
15	48	6,64
16	72	10
17	96	12

Figura 43 Tabla de atributos de Atenuación y Potencia  
Fuente: Elaboración propia

El área total del rectángulo:

$$767908,27 \text{ m}^2$$

Los datos de entrada están de acuerdo a los datos entregados por la empresa. Una vez se complete el primer flujo, se procede al flujo ODN.

### 2.2.3.2. ODN. (FASE 3)

La función ODN se desarrolla para la ubicación de los (puntos) splitters de primer y segundo nivel, para ello se deben agrupar en grupos de 64 hogares. También, se agregan las fibras ópticas utilizadas desde el OLT hasta el cliente. Finalmente se agregan los puntos ONT, que representa los puntos donde se desplegarán los ONT.

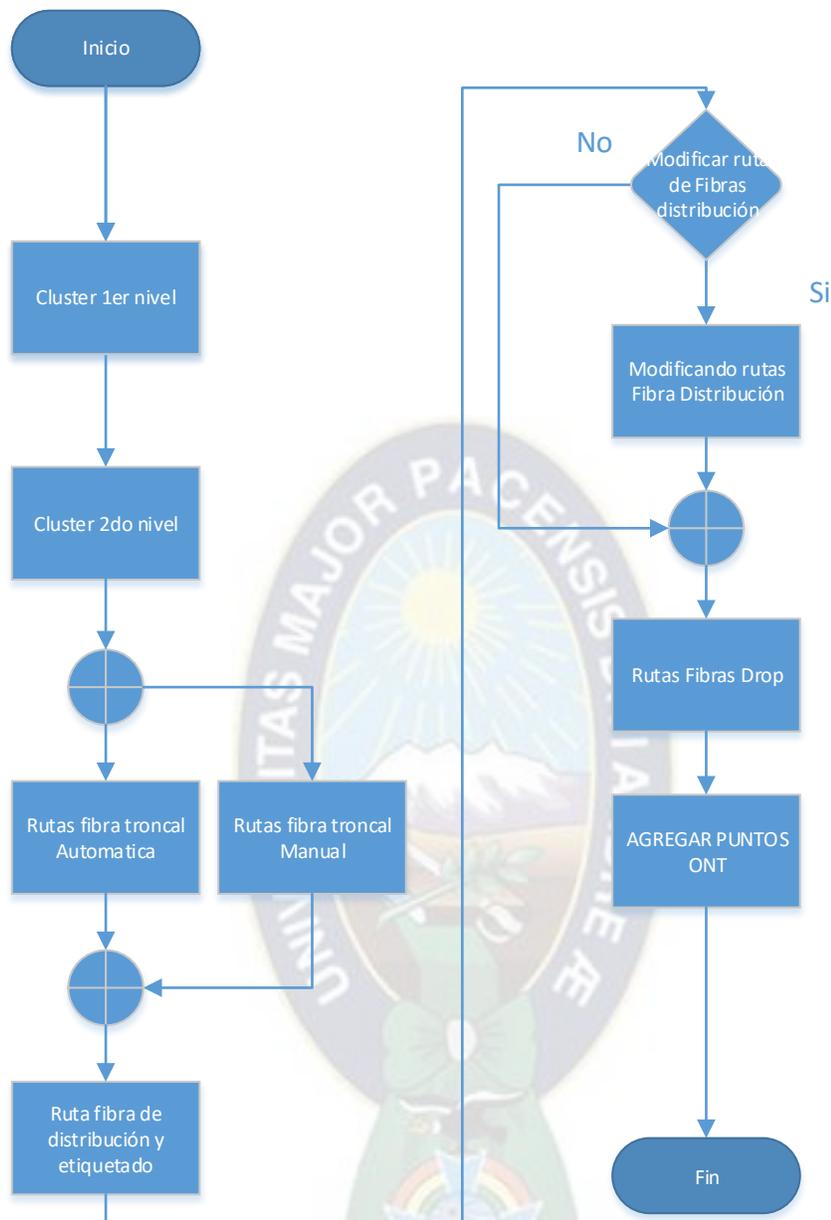


Figura 44 Diagrama de flujo de ODN  
Fuente: Elaboración propia

Los datos iniciales y la información agregada en el punto anterior, se utilizan en este punto:

- La capa casas.
- La capa postes.
- La capa rutas.
- Datos de Potencias.
- La capa OLT.

- Se considera el índice de penetración para el valor ingresado en la etapa Datos de Entrada.

En los siguientes puntos se aclara la información del flujo y como se desarrolla cada función.

#### **2.2.3.2.1. Cluster por puerto.**

Cluster o grupo, se utiliza el término para agrupar un conjunto de puntos, en este caso los puntos georeferenciados que representan las casas. El método de agrupación se utiliza debido a la no linealidad de los datos, no se puede establecer una ruta específica para la fibra troncal. Sin embargo el sistema genera los clusters de forma automática siguiendo el concepto de clusters y agrupaciones de dimensiones específicas.

##### **2.2.3.2.1.1.El método de agrupación Automático por K-means.**

K-means es una técnica de agrupación para crear grupos de acuerdo a un centroide, y este está compuesto por un conjunto de puntos. El objetivo es agrupar los hogares de acuerdo a su distancia con los posibles splitters de distribución.

El algoritmo consiste en los siguientes pasos(Ref. Bibl. No 5):

1. Seleccionar K puntos como puntos iniciales de los centroides.
2. Repetir.
3. Formar K grupos que se encuentran asignados a sus puntos mas cercanos a su centroide.
4. Re-calcular el centroide de cada cluster.
5. Pasar a 2 hasta que el centroide deje de modificar su posición.

$$c_i = \frac{1}{m_i} \sum_{x \in C_i} x$$

Donde:

$c_i$ : Es el punto del centroide.

$m_i$ : El numero de puntos dentro del cluster.

$x$ : El punto o hogar.

Por ejemplo se tiene los siguientes puntos: (1,1),(2,3) y (6,2), su centroide sería de acuerdo a la anterior ecuación a:  $((1+2+6)/3), ((1+3+2)/3) = (3,2)$

#### **2.2.3.2.1.2.Ubicación Splitter 1er nivel.**

Los k-puntos de los centroides representan los splitters de primer nivel. Una vez ubicados se reajusta al punto poste mas cercano.

#### **2.2.3.2.1.3.Ubicación Splitter 2do nivel.**

Se realiza el método de agrupación para los sub-grupos de aproximadamente 64 usuarios potenciales, es decir para agrupar en grupos de 16 , de acuerdo a requerimiento de la empresa.

#### **2.2.3.2.2. Análisis para la fibra.**

Se debe tomar en cuenta el indice de penetración para la cantidad de personas que se requiera.

Para el ejemplo de 1258 será el 20 por ciento.

$$1258 \text{ numero de hogares} * (20\%/100\%) = 252 \text{ usuarios deben contar con el servicio.}$$

La anterior cantidad indica cuantos usuarios se debe cubrir en toda el área. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la fibra troncal se despliega al 20 % del 100% de hogares.

El numero de fibras ópticas totales será:

$$1258 \text{ numero de hogares} / 64 \text{ Split máximo por fibra} = \text{Aproximadamente } 20 \text{ hilos de fibra troncal.}$$

Para obtener el número de fibras utilizadas en el ejemplo, se calcula de la siguiente forma:

$$252 \text{ hogares} / 64 \text{ Split máximo por fibra} = 4 \text{ hilos de fibra troncal}$$

#### **2.2.3.2.2.1.Fibra óptica entre OLT, Splitter 1er nivel, Splitter 2do nivel y ONT.**

Las fibras ópticas entre OLT, primer, segundo nivel de splitter y ONT siguen la ruta mas corta de acuerdo al siguiente algoritmo.

##### **2.2.3.2.2.1.1. Algoritmo Dijkstra.**

Dado un grafo con etiquetas no negativas, se trata de calcular el coste del camino mínimo desde un vértice dado al resto.(Ref. Bibl. No 1) La utilidad de un procedimiento que

solucione esta cuestión es clara: el caso más habitual es disponer de un grafo que represente una distribución geográfica, donde las aristas den el coste (en precio, en distancia o similares) de la conexión entre dos lugares y sea necesario averiguar el camino más corto para llegar a un punto partiendo de otro (es decir, determinar la secuencia de aristas para llegar a un nodo a partir del otro con un coste mínimo).

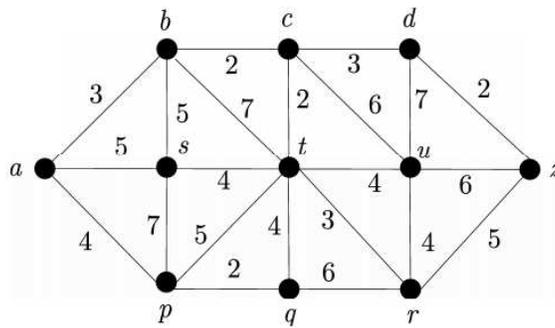


Figura 45 Ejemplo algoritmo Dijkstra  
 Fuente: Alvaro H. Salas S., Acerca del Algoritmo de Dijkstra



### 2.2.3.2.3. Interfaz gráfica.

Para la generación del ODN, se sigue la siguiente interface grafica paso a paso:

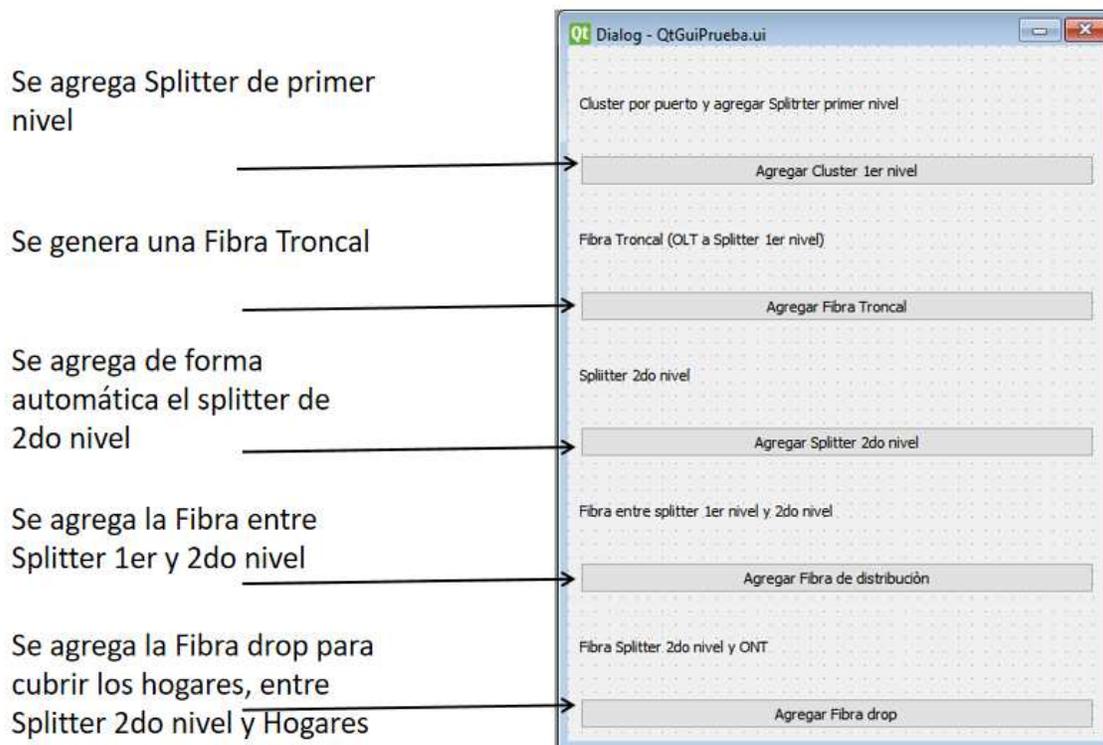


Figura 46 Interfaz gráfica datos de ODN

Fuente: Elaboración propia

Las funciones que representa cada uno de los botones se agrega en el Anexo E.

#### 2.2.3.2.3.1. Agregar Splitter de Primer nivel.

La función realiza la agrupación de los hogares potenciales de acuerdo al índice de penetración y utilizando el método de agrupación K-means. La cantidad máxima por cluster: 64 usuarios. La siguiente figura muestra la agrupación realizada del total de usuarios 252, cada cluster está compuesto por un número de hogares no mayor a 64. Donde el centroide de cada hogar representa el splitter de primer nivel.

Aclaración de la figura:

- Cluster 1 representado por el color violeta y figura cuadrada.
- Cluster 2 representado por el color verde y figura cuadrada.

- Cluster 3 representado por el color naranja y figura cuadrada.
- Splitters representados por el color blanco y figura triangular.

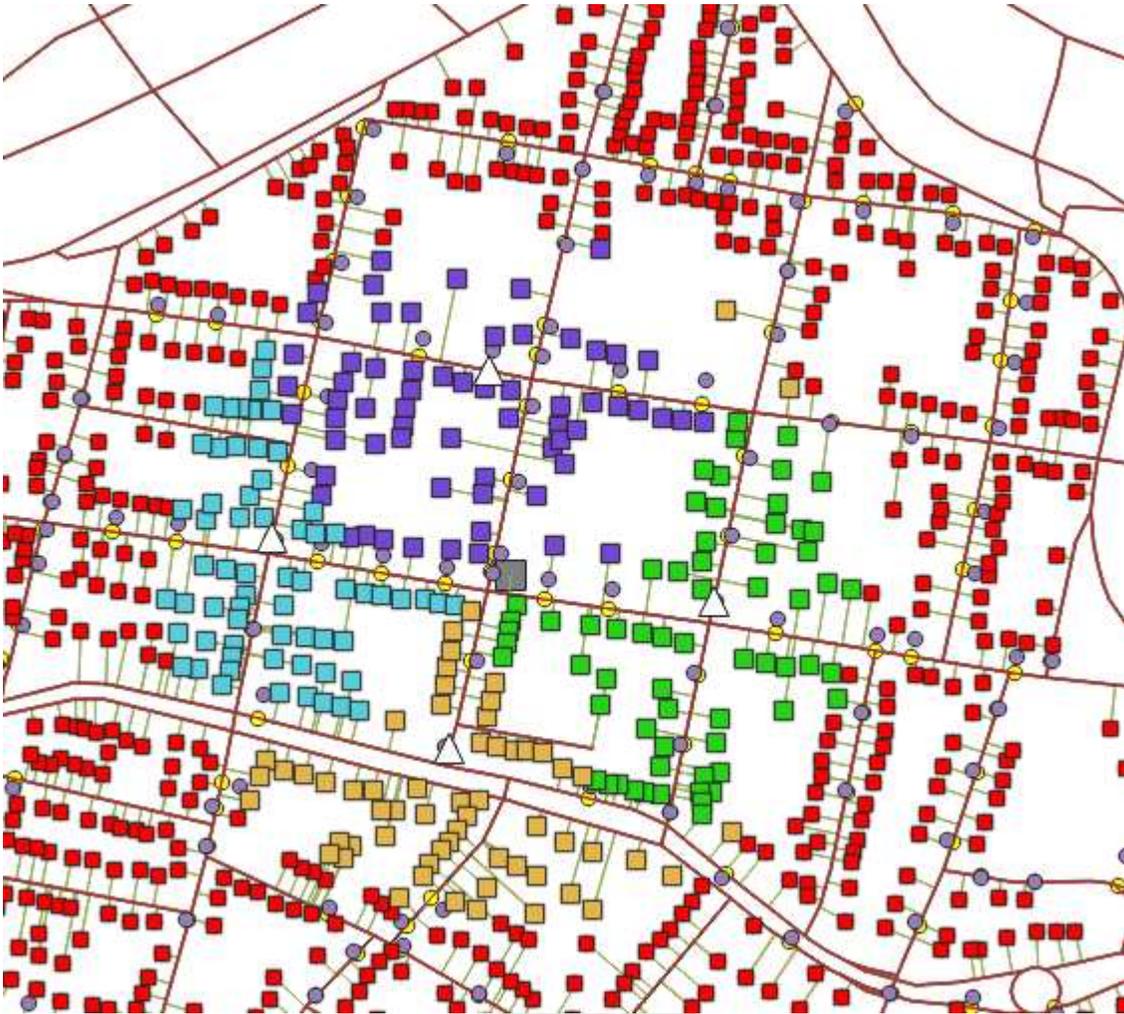


Figura 47 Clusters splitters de primer nivel  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.3.2.3.2. Generación de la fibra troncal.

La fibra troncal se distribuye entre la OLT y los splitters de primer nivel, de acuerdo al algoritmo Dijkstra.

Aclaración de la siguiente figura:

- Fibra de color Azul.
- Tipo de figura geométrica: Línea.
- Nombre: Fibra\_troncal.

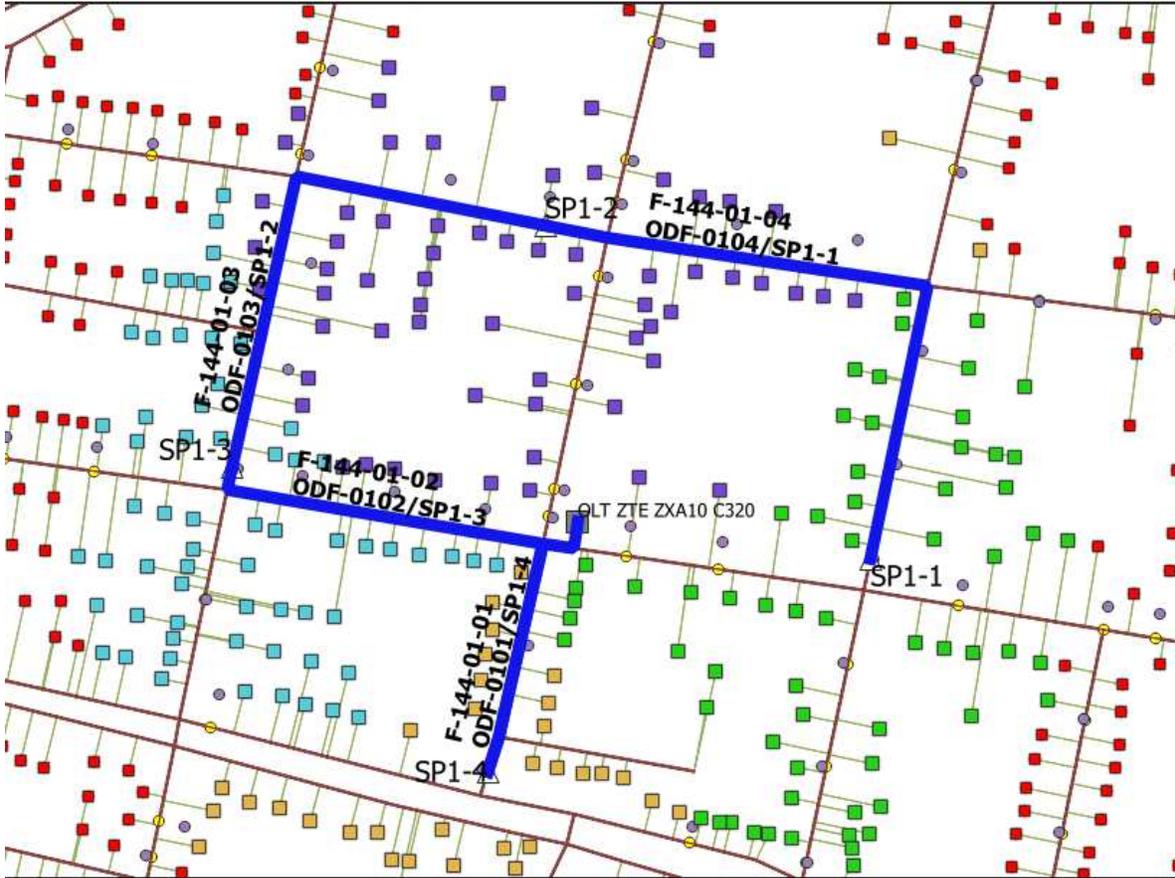


Figura 48 Fibra troncal (color azul)  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.3.2.3.3. Splitters de Segundo nivel.

Los splitters de segundo nivel se agregan dada la agrupación de los hogares, de esta forma para cada 64 hogares se busca la mejor posición de los splitters utilizando agrupación por K-means.

Cada splitter de primer nivel 1:4 debe cubrir un máximo de 4 splitters de segundo nivel. Entonces del total de 4 splitters de primer nivel obtenemos un total de 16 splitters de segundo nivel. Aclaración de la figura:

- Splitters de segundo nivel colores Rojo, verde, verde claro y morado.
- Forma del splitter triangular
- Nombre: 2do nivel splitter

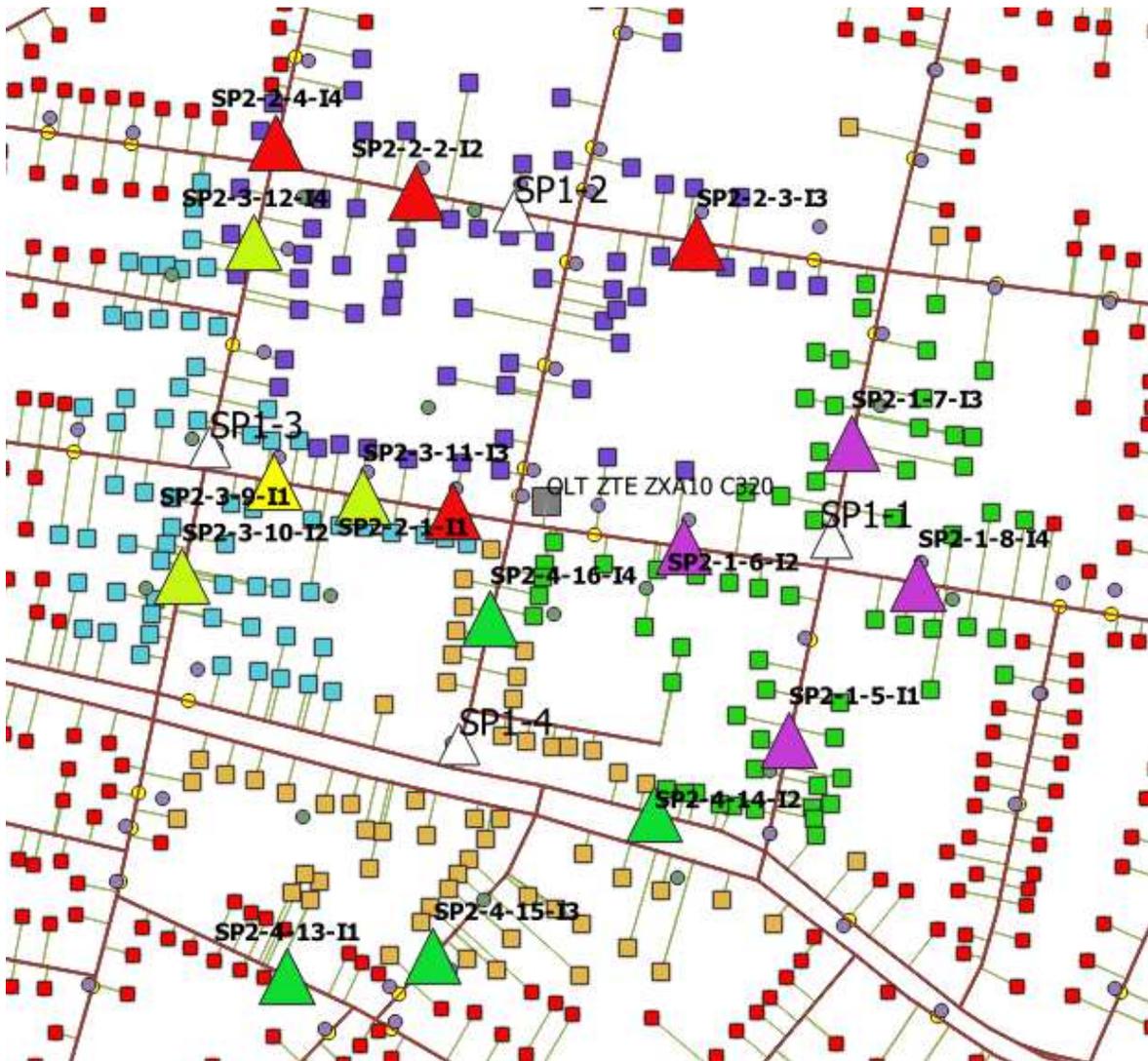


Figura 49 Splitters de segundo nivel  
Fuente: Elaboración propia

#### 2.2.3.2.3.4.Fibra de distribución.

La fibra óptica de distribución se genera entre el splitter de primer y segundo nivel. Por cada splitter de primer nivel tendremos 4 splitters de segundo nivel, por tanto, se agrega cuatro hilos de fibra óptica a cada splitter de segundo nivel.



Figura 50 Fibra de distribución  
Fuente: Elaboración propia

Aclaración de la figura:

- Separados por colores los splitters de segundo nivel. El color marron y forma linea, representa la fibra optica entre splitters de primer nivel y segundo nivel.
- Se puede ver SP1-1 es el splitter de primer para un caso particular. De color violeta y figura triangular los splitters de segundo nivel.
- De forma sucesiva se genera la fibra de distribución para los demás splitters.



Figura 51 Fibra de distribución (color rojo)  
Fuente: Elaboración propia

#### 2.2.3.2.3.5. Fibra Drop al hogar y ONTs.

La fibra Drop se genera entre los splitters de segundo nivel y hogares agrupados. Cada splitter de segundo nivel soporta hasta 16 hogares.



Figura 52 Fibra al hogar y ONT's  
Fuente: Elaboración propia

Aclaración de la figura:

- Fibra Drop a los hogares de color rosado y forma línea.
- Hogar donde se ubica el ONT de color rojo y forma de casa.
- Se cubren 16 hogares, debido al soporte del splitter de segundo nivel. Cada fibra óptica de una línea.

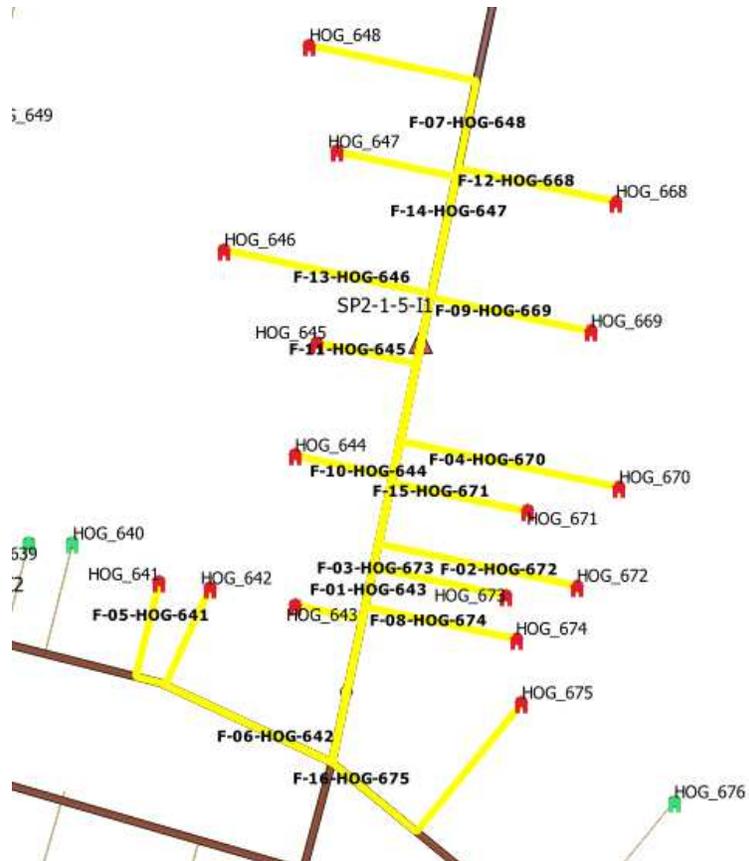


Figura 53 Etiquetado de las fibras drop para un splitter de segundo nivel  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.3.3. Datos de Salida.(FASE 4)

Una vez concluidas las etapas de Datos de Entrada y ODN, se procede a generar la información de salida. Los datos de salida se refieren a la información del sistema, esquema y conexión de la red, balance de potencias, costos y el etiquetado correspondiente.

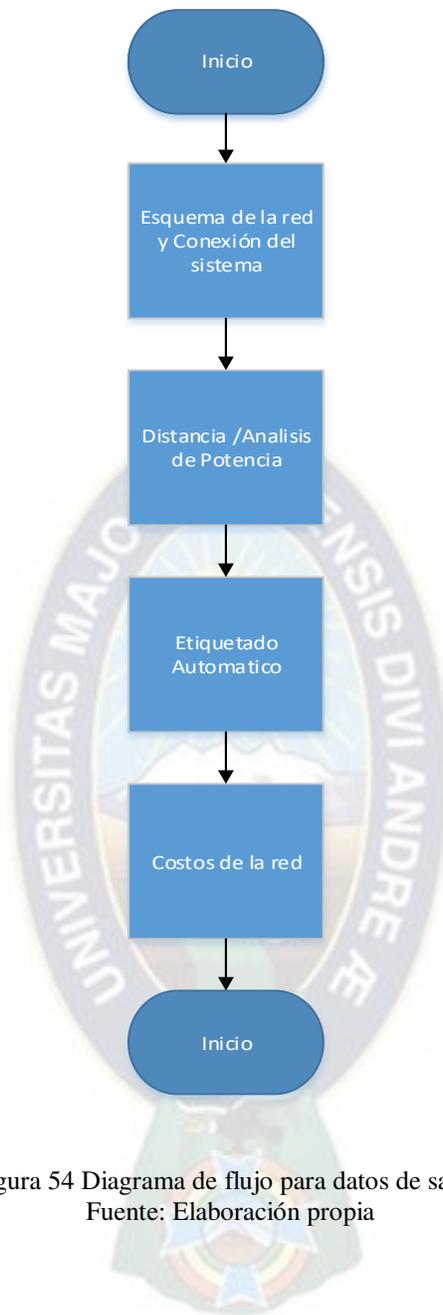


Figura 54 Diagrama de flujo para datos de salida  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.3.3.1. Esquema de la red y conexión FTTH.

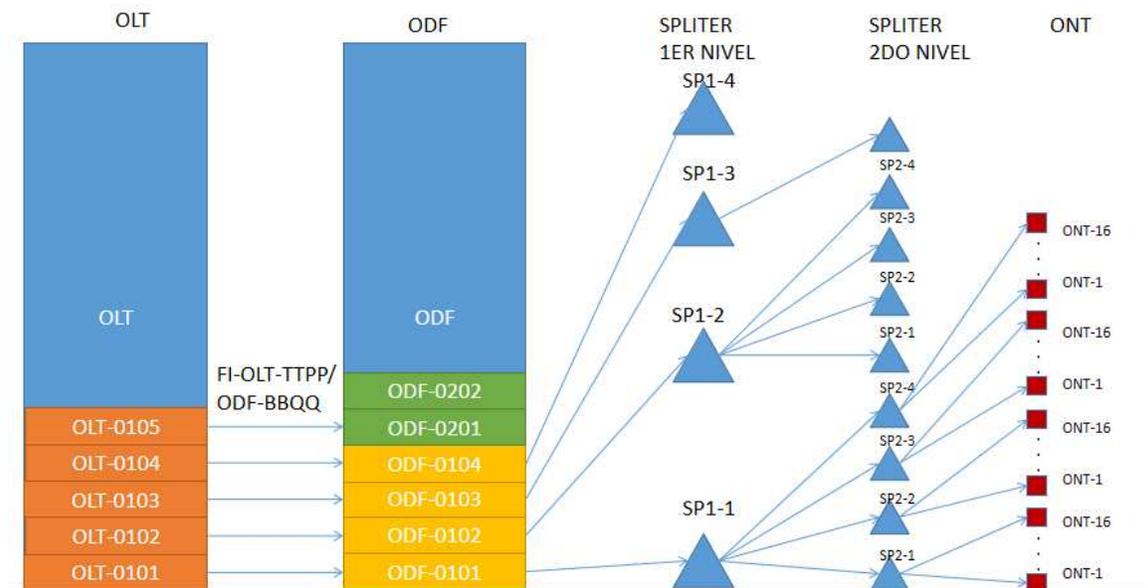


Figura 55 Esquema de la red  
Fuente: Elaboración propia

El esquema tiene los parámetros necesarios para visualizar las rutas a cada hogar.

La conexión de acuerdo a la información de etiquetado, se define de la siguiente manera:

- El número de tarjetas y slots que se utilizan para conectar a los puertos de la ODF se pueden visualizar en la figura anterior. De los puertos ODF se conectan a los Splitters de primer nivel, a través, de la fibra óptica troncal. Los Splitters de segundo nivel se conectan a los de primer nivel, mediante las fibras ópticas de distribución. Finalmente, entre Splitters y ONT's se utiliza la fibra drop.

La información sobre la conexión se agrega en el ANEXO F.

### 2.2.3.3.2. Balance de Potencia.

Para el presupuesto de potencia, se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Potencia Recibida} = \text{Potencia Transmitida} - \text{Perdidas en la fibra óptica} - \text{MD}$$

MD : Margen de Reserva, generalmente 3 dB.

La Potencia recibida se evalúa, si se encuentra entre los valores de Sensibilidad mínima y saturación.

De acuerdo a la ecuación, entonces se tiene como pérdidas en la fibra óptica los siguientes valores:

Perdidas de en la fibra óptica = Atenuación por FO + Atenuación por conector + Atenuación por empalme + Atenuación por Splitter

\* La Atenuación por Fibra óptica, se puede encontrar por la atenuación para downstream es decir, entre OLT y ONT, se utiliza la distancia mas larga de las fibras en el ejemplo:

Distancia Máxima Fibra Troncal: DisFibTroMax

Distancia Máxima Fibra Distribución: DisFibDisMax

Distancia Máxima Fibra Drop: DisFibDropMax

Atenuación FO max =  $0.3 \text{ dB/Km} * 0,762 = 0,22858 \text{ dB}$

Atenuación FO min =  $0.3 \text{ dB/Km} * 0,149 = 0,04480 \text{ dB}$

Los cálculos de este apartado se encuentran en el ANEXO G.

#### 2.2.3.3.3. Etiquetado de los equipos y fibra óptica.

Para la regla de etiquetado se utilizan los atributos en QGIS para almacenar la información y visualizarlos gráficamente en el Map Canvas. Se sigue la estructura solicitada por AXS.

OLT equipo etiquetado de acuerdo a solicitud:



Figura 56 Etiquetado OLT  
Fuente: Elaboración propia

Nombre : OLT-1

En la interface gráfica se tiene la información del OLT donde se encuentra:

OLT-ZTE ZXA10 C320/ ODF - 1U -OP-1U-PRO-00

Splitter de primer nivel, figura triangular, color blanco, nombre del spliter SP1-1:

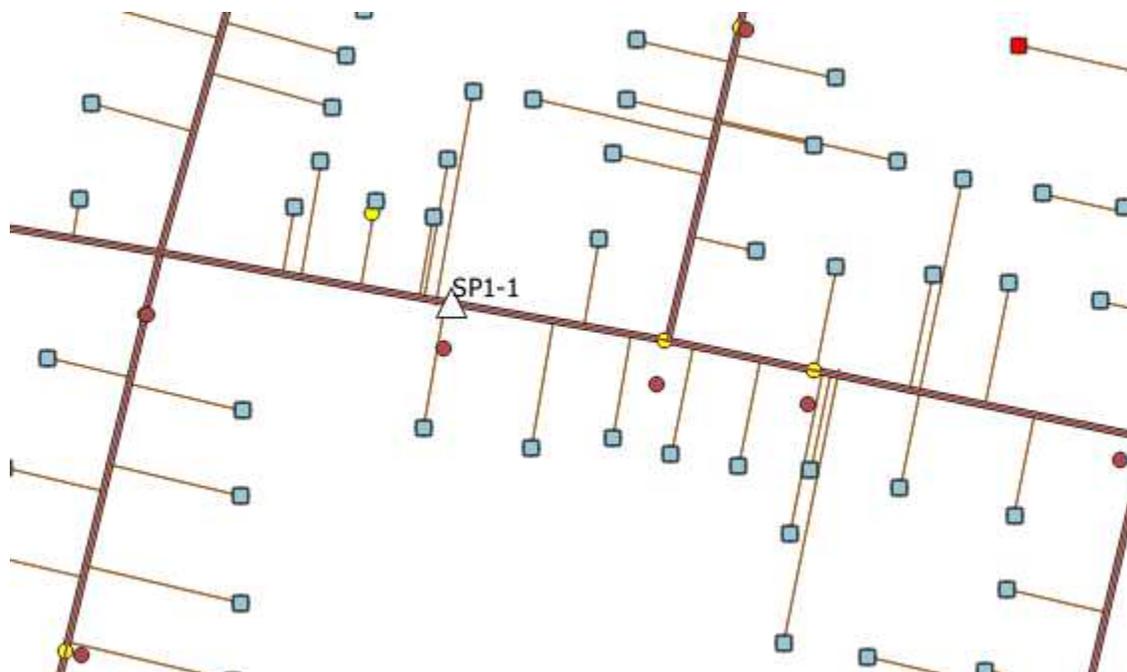


Figura 57 Etiquetado Splitter de primer nivel  
Fuente: Elaboración propia

La representación de la fibra de troncal, se puede ver en el siguiente gráfico. La fibra óptica entre el OLT y el primer splitter se puede ver como ODF -0101/SP1-1. La fibra entre los splitters se puede ver en la imagen, de forma secuencial se puede ver el etiquetado y la fibra troncal hasta llegar al ultimo spliter SP1-2.

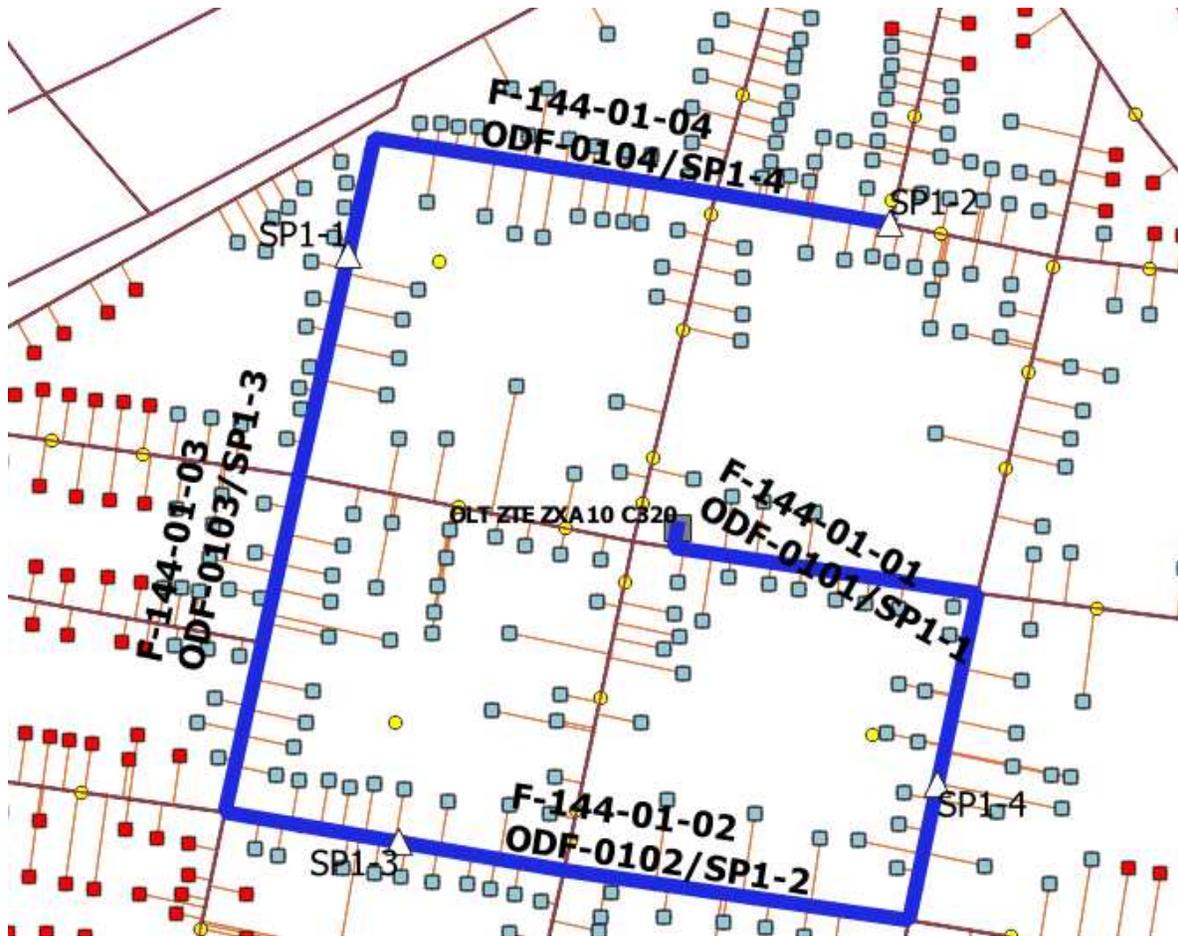


Figura 58 Etiquetado fibra troncal  
Fuente: Elaboración propia

#### 2.2.3.3.4. Costo de la red.

Los materiales utilizados para el diseño FTTH se componen de los equipos ONT , OLT , ODF, la fibra óptica, sus splitters, accesorios adicionales,

	Modelo	Cantidad	Costo/Unidad (Sus)	Costo Total(Sus)
OLT	ZTE ZXA10 C320	1	2100	2100
ONT	ZTE F660	252	60	15120

	<b>Modelo</b>	<b>Cantida d</b>	<b>Costo/Unidad (Sus)</b>	<b>Costo Total(Sus)</b>
<b>ODF</b>	1U -OP-1U- PRO-00	1	70	70
<b>Spiltter primer nivel</b>	FO - SPBOX1X4S C-K	4	7,5	30
<b>Splitter segundo nivel</b>	FO - SPBOX1X16 SC-K	16	15	240
<b>Caja de empalme</b>	FK-CEO-4T	10	60	600
<b>NAP</b>	FK-CTO- 16MT	20	30	600
<b>Costo fibra óptica</b>	N.A.			1471,78
<b>fusiones</b>	Fujikura 70s	293	1	293
<b>Costo final conector campo</b>	N.A.	504	65	32760
<b>Costo Final Rosetas</b>	N.A.	252	1,25	676
<b>Patch Cord</b>	OPTICAL FIBER PATCHCOR D	260	2,6	676
<b>Gabinete</b>	ZTE ZXDU68 W001	1	3500	3500
<b>Otros accesorios</b>	N.A.	125	50	6250

	<b>Modelo</b>	<b>Cantida d</b>	<b>Costo/Unidad (Sus)</b>	<b>Costo Total(Sus)</b>
<b>Costo Total</b>				64386,78

Tabla 19 Costos de la red  
Fuente:Propia

## **2.3. Conclusiones y recomendaciones.**

### **2.3.1. Conclusiones.**

La conclusión principal del proyecto, se realizó el diseño de la red de fibra óptica, mediante el conjunto de etapas estructuradas en un algoritmo y utilizadas en QGIS, para obtener el diseño de una zona determinada por la empresa, en este caso Villa Victoria. El diseño de la red FTTH punto a multipunto, P2MP, es decir, se utilizó dos niveles de splitters para llegar al hogar mediante fibra óptica.

Se mencionan las tecnologías de acceso para el usuario, entonces, se realiza una comparación de la tecnologías de cobre, coaxial y fibra óptica. Se selecciona la tecnología con mayor ancho de banda y mayor alcance o distancia al usuario.

Los parámetros de la red FTTH, se describen en el marco teórico, la ODN los splitters, la fibra óptica, ONT, para llegar al usuario, además de los elementos que compone la red FTTH.

En la tecnología GPON se siguen los estándares G.984.1, G.984.2 , G.984.3, donde se establecen los componentes de la red, y como se pueden aplicar de forma práctica.

El software utilizado, es QGIS 3, el mismo que cuenta con las herramientas de programación python y Qt5 que se utilizó para generar las interfaces gráficas.

Los datos de entrada son los parámetros que componen la red , es decir se planifica primero: el número de hogares, postes y rutas a utilizar y su ubicación; las consideraciones para el presupuesto óptico, los parámetros de atenuación provistos por la empresa AXS, así como divisores, conectores, empalmes. Se añadieron los costos de equipos y materiales utilizados , así como, la fibra utilizada para la troncal, distribución y drop. Finalmente considerar las reglas de etiquetado solicitadas por la empresa.

Los algoritmos utilizados para la generación de la simulación de la red, se componen de tres etapas, datos de entrada, datos intermedios y datos de salida. Los datos de entrada se agregaron a QGIS mediante las interfaces iniciales, donde, se completaron los parámetros de planificación enviados por la empresa. Los datos intermedios se componen de la construcción de la ODN. Se tienen finalmente, los datos de salida, se componen del análisis de potencias, costos, esquema de la red.

Se completó la ODN correctamente, en la simulación, mediante la utilización del método de agrupación K-means, con el objetivo de agrupar los hogares. El algoritmo Dijkstra, se utiliza para encontrar la ruta más corta entre dos puntos, en este caso para acortar las distancias entre splitters y hogares. Se desplegaron gráficamente: OLT, Splitters de primer y segundo nivel, ONT's, fibra troncal, distribución y drop.

Se utilizó el índice de penetración solicitado, se cubrió el porcentaje de hogares solicitados, para el caso 20 por ciento. También, se realizó el presupuesto óptico y si se encuentra en los intervalos de potencia requeridos, se efectuaron y validaron correctamente, y los rangos no sobrepasan los límites establecidos.

El análisis de costos para la red, se generó a partir de los datos iniciales solicitados por AXS. La evaluación compone los parámetros de planificación: OLT, ONT, ODF, Splitters, fibra óptica, fusiones, conectores rosetas y gabinetes. En el presente proyecto se utilizaron datos de referencia.

Se realizaron 10 pruebas con 1500 datos de hogares, como máximo, mediante el software QGIS y las pruebas salieron exitosas. Sin embargo, no se validaron pruebas con rangos mayores al indicado.

Se concluye también que mediante este software se pueden realizar diferentes evaluaciones para otras zonas de la ciudad, se utiliza como software referencial, de tal forma que se ejecuten evaluaciones rápidas y verificación de costos en la red FTTH.

### **2.3.2. Recomendaciones.**

Se recomienda lo siguiente:

El diseño de la red de la ODN, se puede modificar y optimizar de acuerdo al algoritmo que se desea utilizar, actualmente existen diferentes tipos de algoritmos a K-means. Se pueden utilizar estos modelos matemáticos y aplicarlos en el software, de tal forma de evaluar mejores ubicaciones para los splitters de primer y segundo nivel, optimizando tanto costos, como presupuesto de potencia.

Los datos de entrada se pueden mejorar o agregar utilizando mas parámetros que nos permitan evaluar mejor los datos de potencia y costos.

Se puede optimizar agregar o modificar la información solicitados en el software.

## **3. ANALISIS DE LA ACTIVIDAD.**

### **3.1. Desempeño Laboral.**

En referencia al desempeño laboral la empresa considera importante: la proactividad, la disponibilidad de tiempo, cooperación en equipo, solución a diferente tipo de problemas, otro lenguaje.

- Resolución de problemas, se considera este aspecto como la generación de una solución, de acuerdo a un conjunto de pasos de diagnóstico.
- En el caso de la empresa donde se desempeña la actividad laboral es fundamental conocer el idioma inglés, para la lectura de los temas relacionados a software. En el caso de QGIS todo el material de aprendizaje se encuentra en el idioma extranjero mencionado.
- La disponibilidad de tiempo es fundamental, por que, se requiere del personal en diferentes horarios, incluso pueden tratarse de temas de viaje, fines de semana.
- El equipo de trabajo permite la correcta distribución de actividades y funciones dentro de la empresa.

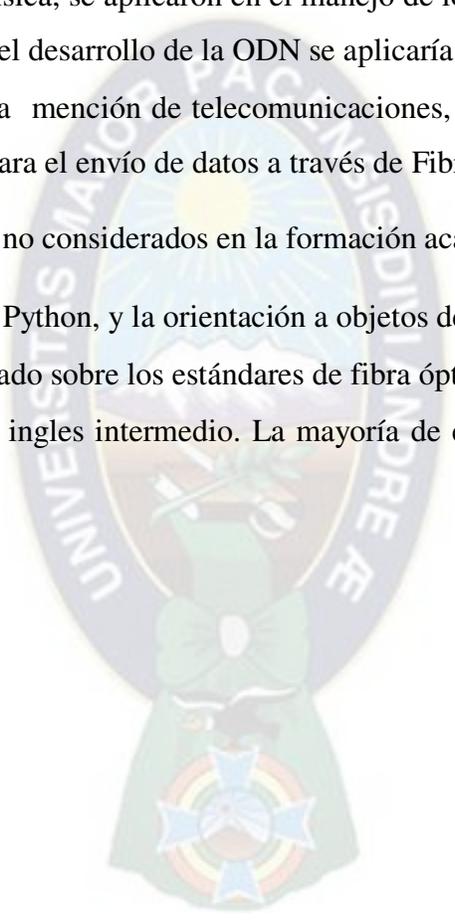
### 3.2. Formación Recibida en la UMSA.

La formación recibida en la universidad, permite el desarrollo del proyecto, en las distintas fases, a continuación se agregan los ejemplos:

- El cálculo de las atenuaciones, conocimiento adquirido en la materia de Sistemas de Comunicación I.
- Las matemáticas y física, se aplicaron en el manejo de los prefijos y las unidades de medida; además, en el desarrollo de la ODN se aplicaría el aspecto geométrico.
- En las materias de la mención de telecomunicaciones, se conoció el decibelio, las potencias, práctica para el envío de datos a través de Fibra Óptica.

Por otra parte, otros tópicos no considerados en la formación académica:

- Conocimiento sobre Python, y la orientación a objetos de QGIS u otro software.
- Conocimiento detallado sobre los estándares de fibra óptica.
- Conocimiento sobre ingles intermedio. La mayoría de estándares se encuentran en ingles.



## **BIBLIOGRAFIA.**

1. [https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagnetico](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagnetico)
2. <http://www.yio.com.ar/fibras-opticas/splitters-fibras-opticas.php>
3. <https://curiosoando.com/que-es-una-onda-electromagnetica>
4. Alvaro H. Salas S.\*, Acerca del Algoritmo de Dijkstra
5. Algorithms for Clustering Data, Anil K. Jain, Richard C. Dubes, 1988 by Prentice Hall, Inc.
6. Python Tutorial, Guido van Rossum and the Python development team, 2018
7. QGIS API Documentation: <https://qgis.org/api/>
8. Wayne Tomasi. Sistemas de comunicaciones Electrónicas
9. FTTX Concepts and Applications, Gerd Keiser, 2006
10. QGIS Training Manual, QGIS Project, 2017
11. FTTH Handbook, Eileen Connolly Bull, 2014
12. Unión Internacional de telecomunicaciones (UIT -T) G.652, 2016
13. Unión Internacional de telecomunicaciones (UIT -T) G.984.1, 2008
14. Unión Internacional de telecomunicaciones (UIT -T) G.984.2, 2019
15. <https://es.aliexpress.com/item/32812971945.html>
16. <https://es.aliexpress.com/item/1005003802889914.html>
17. <https://tkaiwa.wixsite.com/tkaiwa/product-page/cabecera-odf-48p-rackeable-1u-s-pigtails-ni-conectores>
18. <https://www.anvimur.com/es/material-fibra-optica/374-splitter-14-caja-scipc.html>
19. <https://www.anvimur.com/es/material-fibra-optica/376-splitter-116-caja-scipc.html>

20. <https://tienda.cjp.mx/compra/fiberhome-fdp-420a-16-cierre-de-empalme-para-20-fusiones-de-fibra-146730>
21. <https://osrami.com/productos/35520551>
22. <https://www.honecable.com/es/precio-del-cable-de-fibra-optica-como-ahorrar-costos/>
23. <https://placapcb.com/Costo-de-empalme-del-cable-de-fibra-optica.html>
24. <https://wifi.tienda/simplex/1206-patchcord-scipc-scipc-sm-sx-2m.html>
25. <https://tienda.cjp.mx/compra/fiberhome-fasc-conector-rapido-de-instalacion-en-campo-monomodo-sc-apc-56681>
26. <https://www.7-mars.com/product/239784>
27. <https://www.fibramarket.com/p/roseta-fibra-optica/>

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### ESTANDARES DE FIBRA ÓPTICA Y PON ADICIONAL

Información referente a los estándares GPON, EPON.

#### **Estándar ITU-T G.651.1.**

Las fibras ópticas multimodo de índice gradual tienen un conjunto de características que están descritos en este estándar. La región de trabajo es: 850 nm o 1300 nm, o bien en ambas longitudes de onda simultáneamente. El diámetro del núcleo es de 50  $\mu\text{m}$  y puede tener una desviación en el diámetro del núcleo de  $\pm 6\%$ . El diámetro del revestimiento es 125  $\mu\text{m}$  y no debe exceder de  $\pm 2,4\%$ . En las características del cable, se establece coeficientes de atenuación de 3.5 dB/km a 850 nm y de 1 dB/km a 1300 nm. Longitudes de entre 1000 a 2000 metros como máximo en una o ambas regiones. Entre otros parámetros especificados en el estándar G.651.1.

#### **Estándar ITU-T G.652.**

Esta recomendación describe las características de la fibra óptica monomodo y cable el cual tiene cero de dispersión de longitud de onda, alrededor de 1310 nm, y puede ser usada en las regiones de 1310 y 1550 nm. En la cláusula 6 de la recomendación, se establecen los atributos de la fibra, como el diámetro del campo de modo, o conocido como núcleo, debe tener el rango nominal o ideal de: 8,6 a 9,5  $\mu\text{m}$ , con una tolerancia de  $\pm 0,6 \mu\text{m}$ . El diámetro del revestimiento: 125  $\mu\text{m}$ , con una tolerancia de  $\pm 1 \mu\text{m}$ . La longitud de onda de corte máxima es de 1260 nm,

Los atributos de los cables están detallados en esta recomendación. Donde los coeficientes de atenuación son:

- En 1310 nm, tiene un valor de 0,4 dB/km.
- En 1550 nm, tiene un valor de 0,35 dB/km.
- En 1625 nm, tiene un valor de 0,4 dB/km.

Además indica que los anteriores valores no se deben aplicar en cables pequeños o cortos, es decir cables de distancias cortas, tales como: cables de interiores (indoor cables) o cables

de distribución (drop cables). Especifica como ejemplo que el coeficiente de atenuación para un cable de interior es menor a 1,0 dB/km en las regiones 1310 y 1550 nm. Define también que los coeficientes de atenuación a partir de 1625 nm en adelante no son conocidos, pero que en general la atenuación incrementa a medida que la longitud de onda incrementa. En el apéndice I de la recomendación la atenuación media para un enlace de fibra, está dada por:

$$A = \alpha * L + \alpha_s * x + \alpha_c * y$$

Dónde:  $\alpha$  = Coeficiente de atenuación del cable de una fibra en un enlace.

$\alpha_s$  = Pérdida por fusión.

$x$  = Número de fusiones en un enlace.

$\alpha_c$  = Pérdida de la línea de conectores.

$y$  = Número de líneas de conectores en un enlace.

$L$  = Longitud de enlace.

En esta recomendación también se indica que la ITU-T G.652.B se utiliza este tipo de fibra monomodo para soportar valores que necesiten aplicaciones de mayor tasa de bits. La ITU-T G.652.D es similar a la G.652.B pero permite la transmisión en porciones de un rango extendido de longitud de 1260 a 1625 nm.

### **Estándares ITU-T G.653, G.654, G.655, G.656 y G.657.**

En G.653 esta fibra esta optimizada para ser utilizada específicamente en la región de 1550 nm, con longitudes de onda de hasta 1625 nm y mayores a 1460 nm. Para ITU-T G.654 establece las características de una fibra óptica y cable mono modo de longitud de corte desplazada, optimizada en la región de 1530 a 1625nm, el coeficiente de atenuación máximo a 1550 nm es de 0,22 dB/km, el diámetro del núcleo es más grande: 9,5 a 10,5  $\mu\text{m}$ .

En ITU-T G.655 las fibras ópticas deben tener dispersión desplazada no nula, que esta optimizada para operar entre 1530 a 1565 nm, con el objetivo de usar DWDM o multiplexación por longitud de onda densa, que es utilizada en redes dorsales.

En ITU-T G.656 la fibra óptica debe tener dispersión no nula para transporte óptico de banda ancha, optimizado en el rango de longitudes de onda entre 1460 a 1625 nm, utilizada en aplicaciones de DWDM y CWDM (multiplexación por longitud de onda gruesa).

En ITU-T G.657 la fibra está diseñada para redes de acceso y presenta dos categorías: G.657.A y G.657.B. La categoría A es compatible con las fibras monomodo de ITU-T G.652. La categoría B no es necesariamente compatible con IUT-G.652, pero es capaz de tener bajas pérdidas de macrocurvaturas.

### **Estándar TIA/EIA-568-B.3.**

El estándar especifica los requerimientos mínimos para los componentes de las fibras ópticas, tales como: cables, conectores, conexión de hardware, cables de conexión y equipo de prueba de campo.

- En la cláusula de los cables de fibra óptica, se especifican parámetros de rendimiento para los cables de fibra óptica reconocidos en instalaciones, ver Tabla 1. Además los grupos de fibras o fibras individuales deben ser identificables de manera obligatoria de acuerdo con TIA/EIA-598-A. Para los cables externos menciona que deben bloquear el agua y el cable debe tener una tracción mínima de 2670 N. Los cables de distribución (drop cables) son usualmente de diámetros pequeños, bajo número de fibras, se utilizan para alimentar una pequeña cantidad de fibras desde un cable de mayor conteo de fibras a una única ubicación.

Tipo de cable de fibra óptica	Longitud de onda (nm)	Máxima atenuación (dB/km)
50/125 $\mu\text{m}$ multimodo	850	3,5
	1300	1,5
62,5/125 $\mu\text{m}$ multimodo	850	3,5
	1300	1,5

Cable de planta interior monomodo	1310	1
	1550	1
cable de planta exterior monomodo	1310	0,5
	1550	0,5

Tabla 1. Atenuaciones en las fibras ópticas a diferentes longitudes de onda.

- En otra de las cláusulas se trata de la conexión de hardware para definir el conector y adaptador utilizado. 568SC es la configuración que puede ser el conector o el acoplador, en la Figura 28 se muestra como el acoplador está montado, de manera vertical o horizontal, además muestra se muestra la forma de los conectores y acopladores, dúplex y simplex. Se indica también que la máxima atenuación por fusión debe ser de 0,3 dB.

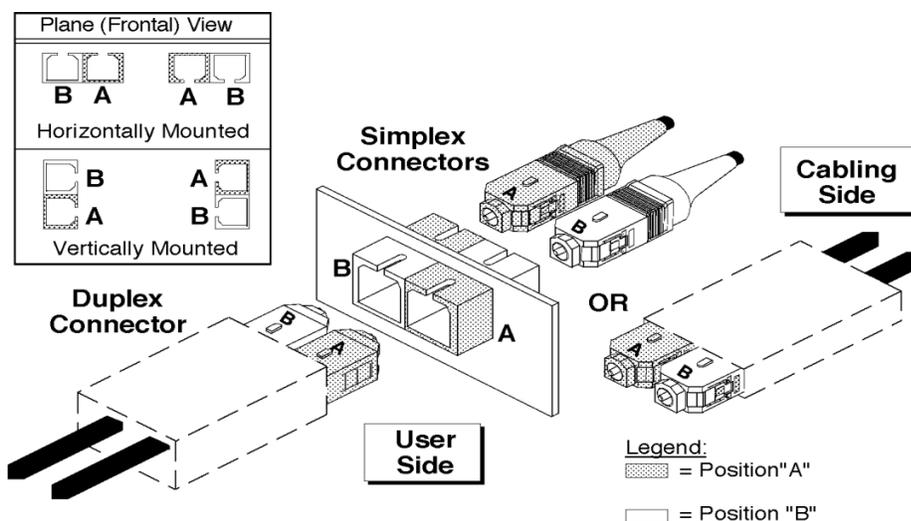


Figura 1. Configuraciones del conector 568SC.

Fuente. TIA/EIA-568-B.3.

### Estándar TIA/EIA 598-C.

En este estándar se establece el código de colores de los cables de fibra óptica. El código de colores se muestra en la Tabla 2 y la Figura 21, pero estas son para cables de exterior

(outside). Para cables de interior se maneja otro código de colores, como se muestra en la Tabla 4. El color que se modifica es solamente el color de la cubierta (Jacket).

Tipo de fibra	Jacket Color	
	Aplicaciones no militares	Aplicaciones militares
Multimodo (62,5/125)	Naranja	Gris Pizarra
Multimodo (50/125)	Naranja	Naranja
Multimodo(50/125) laser a 850 nm	Cian	***
Multimodo (100/140)	Naranja	Verde
Monomodo	Amarillo	Amarillo

Tabla 2. Esquema preferido de colores para aplicaciones de cables de interior (indoor).

### **Estándar IEEE 802.3ah.**

La tecnología EPON (Ethernet PON) utiliza este estándar y se caracteriza porque se transporta el tráfico nativo de red Ethernet. Se mejora el tráfico IP, la seguridad y tiene soporte para velocidades simétricas hasta 1,25 Gbps

## ANEXO B

### POSICIONES GEOGRÁFICAS HOGARES

En la siguiente tabla se encuentran los hogares con sus respectivas posiciones geográficas, número de hogar y un código de hogar.

NUM_ HOGA R	CODIGO_ NUM	PUNTO_GEOM	
		X	Y
1	HOG_1	-68.15689776690503265	-16.49454343465878026
2	HOG_2	-68.15689611067274711	-16.49442244165613047
3	HOG_3	-68.15691661851839456	-16.49428003246416097
4	HOG_4	-68.15703817696667954	-16.4942681959945503
5	HOG_5	-68.1570639451886251	-16.4943424991964207
6	HOG_6	-68.15710346297234423	-16.49442607899189994
7	HOG_7	-68.15696842355690421	-16.49404765960036912
8	HOG_8	-68.15709476087205587	-16.494012920466119
9	HOG_9	-68.15718219897402719	-16.49398551650014966
10	HOG_10	-68.15724994185977437	-16.49394919943166116
11	HOG_11	-68.15731452772013199	-16.49391729138942964
12	HOG_12	-68.15740512897235703	-16.4938917954149602
13	HOG_13	-68.15748579340848323	-16.49386153615204975

14	HOG_14	-68.15700379412820098	-16.49391548445926858
15	HOG_15	-68.15707857519362278	-16.49383894986063126
16	HOG_16	-68.1571426217294345	-16.49379919152854868
17	HOG_17	-68.15727708338386037	-16.49368715472990132
18	HOG_18	-68.15735338834478796	-16.49363575117108027
19	HOG_19	-68.15742123727349622	-16.49361666933673831
20	HOG_20	-68.15750563688736463	-16.49358781138122865
21	HOG_21	-68.15763158600314853	-16.49354556164880847
22	HOG_22	-68.1578168950595682	-16.49352476629229969
23	HOG_23	-68.15772412355887866	-16.49305239810341916
24	HOG_24	-68.15782026992249598	-16.49306612995887988
25	HOG_25	-68.15799793290051412	-16.49309685428082872
26	HOG_26	-68.15759854030284259	-16.49303174143685169
27	HOG_27	-68.1575338059512319	-16.49301086981627051
28	HOG_28	-68.1575496855409142	-16.49275213688779829
29	HOG_29	-68.15763688668117481	-16.49276605079921865
30	HOG_30	-68.15775347409154961	-16.4928212379728798
31	HOG_31	-68.15786385790840995	-16.49284078315588076
32	HOG_32	-68.15801263202823179	-16.49283457637013939
33	HOG_33	-68.15756768698390999	-16.4928557845174204
34	HOG_34	-68.15801183698421539	-16.49293364578971932

## ANEXO C

### POSICIONES GEOGRÁFICAS POSTES ELÉCTRICOS

POSTES	NUM_P OST	CODIGO_POS	PUNTO_GEOM	
			X	Y
POSTE	1	POST_EL_1	-68.15079973506837518	-16.48982225549521985
POSTE	2	POST_EL_2	-68.15116640330792563	-16.48976046531802098
POSTE	3	POST_EL_3	-68.15157380694668632	-16.48970821585504964
POSTE	4	POST_EL_4	-68.15186905320318544	-16.48966184608979901
POSTE	5	POST_EL_5	-68.15218410933977111	-16.48960608220687973
POSTE	6	POST_EL_6	-68.1523358616551036	-16.48958462416010917
POSTE	7	POST_EL_7	-68.15254972014093937	-16.48954995365307141
POSTE	8	POST_EL_8	-68.15285014857606427	-16.48951460636487099
POSTE	9	POST_EL_9	-68.15319006622233644	-16.48944677360594824
POSTE	10	POST_EL_10	-68.15380043746938554	-16.48934207656008866
POSTE	11	POST_EL_11	-68.1547712896691138	-16.49013216706401863
POSTE	12	POST_EL_12	-68.15450412863641816	-16.49017617400537006
POSTE	13	POST_EL_13	-68.15401578664106808	-16.49021407608097078
POSTE	14	POST_EL_14	-68.1539398042208262	-16.48994527771942842
POSTE	15	POST_EL_15	-68.15387255869244143	-16.48964299777810893
POSTE	16	POST_EL_16	-68.15357043832696604	-16.49028827780191975
POSTE	17	POST_EL_17	-68.15325560220111356	-16.49034476895301893

PSTES	NUM_P OST	CODIGO_POS	PUNTO_GEOM	
			X	Y
POSTE	18	POST_EL_18	-68.15303007391450762	-16.49036640523227959
POSTE	19	POST_EL_19	-68.15267165902690749	-16.49043116932029918
POSTE	20	POST_EL_20	-68.1522901747421912	-16.49047841599495001
POSTE	21	POST_EL_21	-68.15191648063810703	-16.4899771737691303
POSTE	22	POST_EL_22	-68.15196317049310437	-16.49026473315685948
POSTE	23	POST_EL_23	-68.15172242401156666	-16.49067501099671063
POSTE	24	POST_EL_24	-68.15135422101172935	-16.49072691535182855
POSTE	25	POST_EL_25	-68.15095560924612528	-16.49069025179591108
POSTE	26	POST_EL_26	-68.15550751591388234	-16.49176658622362979
POSTE	27	POST_EL_27	-68.15583679276804219	-16.49160503450913851
POSTE	28	POST_EL_28	-68.1561684501628946	-16.49142465268374025
POSTE	29	POST_EL_29	-68.15645736188783133	-16.49125886778552896
POSTE	30	POST_EL_30	-68.15666200891908488	-16.49112949512258908
POSTE	31	POST_EL_31	-68.15684379716014973	-16.49103042055092061
POSTE	32	POST_EL_32	-68.15592800099113902	-16.49111303431957154
POSTE	33	POST_EL_33	-68.15635943689332521	-16.49441029554174065
POSTE	34	POST_EL_34	-68.15635970547030809	-16.49411777615820895
POSTE	35	POST_EL_35	-68.15632003866427624	-16.4939843134921702
POSTE	36	POST_EL_36	-68.15629768867091798	-16.49362499723138953

**ANEXO D**

**POSICIONES GEOGRÁFICAS RUTAS**

NUM_RUTA	CODIGO_RUTA	LINE_GEOM
1	C_RUTA_1	-68.15015809999999874 -16.49190360000000055, - 68.15006759999999986 -16.49206239999999823
2	C_RUT_2	-68.15218439999999589 -16.4950675000000011, - 68.15231880000000331 -16.49497200000000063, - 68.15269580000000036 -16.49473520000000093, - 68.15278680000000122 -16.4946769999999937, - 68.15336310000000708 -16.4943528999999991, - 68.15384450000000527 -16.4940995000000008, - 68.15414490000000569 -16.49398890000000151, - 68.15442040000000645 -16.49392500000000084, - 68.15454169999999579 -16.49387510000000034, - 68.15470550000000571 -16.49377799999999894, - 68.15483960000000252 -16.49371629999999911, - 68.15490090000000123 -16.49368319999999954, - 68.15491950000000543 -16.49367309999999875, - 68.15503540000000271 -16.49361079999999902, - 68.15523389999999893 -16.49350280000000168, - 68.1554538999999977 -16.49338189999999926, - 68.15562020000000132 -16.49329699999999832, - 68.15576230000000635 -16.49323529999999849, - 68.1560118000000017 -16.49316849999999945, - 68.15638730000000578 -16.49310930000000042, - 68.15661529999999857 -16.49307840000000169, - 68.156827100000001 -16.49309900000000084, - 68.15697199999999611 -16.49310930000000042, -

NUM_RUTA	CODIGO_RUTA	LINE_GEOM
		68.15736630000000673 -16.4931735999999866, - 68.15780329999999765 -16.4932428999999849, - 68.15813070000000096 -16.4933124999999827, - 68.15826749999999379 -16.49329960000000028, - 68.15849070000000154 -16.49326170000000147
3	C_RUT_3	-68.15121270000000209 -16.49175389999999908, - 68.15099809999999536 -16.49075840000000071, - 68.15086180000000127 -16.489788099999999839
4	C_RUT_4	-68.15455509999999606 -16.49263870000000054, - 68.15379210000000398 -16.4929983, - 68.15371989999999869 -16.49303839999999965, - 68.1528038999999995 -16.493573300000000132, - 68.151812300000000312 -16.494159799999999848
5	C_RUT_5	-68.14971319999999366 -16.49362019999999873, - 68.14981749999999749 -16.494105000000000113, - 68.14987499999999443 -16.49430549999999994, - 68.150043900000000001 -16.494860800000000143
6	C_RUT_6	-68.14824110000000701 -16.49434049999999985, - 68.14897310000000063 -16.494240200000000013, - 68.14981749999999749 -16.494105000000000113
7	C_RUT_7	-68.155949300000000318 -16.493936300000000144, - 68.155872500000000097 -16.49394849999999835, - 68.155757100000000242 -16.49396129999999872, - 68.15556399999999826 -16.49396649999999909, - 68.155346800000000378 -16.49395619999999951, - 68.155234100000000126 -16.4939228, -

NUM_RUTA	CODIGO_RUTA	LINE_GEOM
		68.15515100000000359 -16.49389700000000047, - 68.15499269999999399 -16.49381220000000007, - 68.15490090000000123 -16.49368319999999954
8	C_RUT_8	-68.15339710000000065 -16.49194800000000072, - 68.153279600000000473 -16.491434200000000049, - 68.15307769999999721 -16.49047189999999929, - 68.152836100000000181 -16.489452700000000107, - 68.15256759999999758 -16.48848549999999946
9	C_RUT_9	-68.152490200000000257 -16.492588200000000014, - 68.15246539999999698 -16.492495600000000159, - 68.1522710999999993 -16.491580299999999897, - 68.152070800000000417 -16.490623100000000053, - 68.151841500000000329 -16.48963919999999916, - 68.15171379999999601 -16.489067800000000083
10	C_RUT_10	-68.15090829999999755 -16.491804399999999948, - 68.15120919999999671 -16.492701700000000135, - 68.151388400000000187 -16.493105100000000107
11	C_RUT_11	-68.156999900000000241 -16.490714600000000044, - 68.15673979999999688 -16.490908000000000101, - 68.15610549999999535 -16.491006299999999867, - 68.15589160000000039 -16.491039099999999829, - 68.155291700000000647 -16.491122199999999951

## ANEXO E

### CÓDIGO DE LAS FUNCIONES

#### **Agregar.**

La función realiza la acción de agregar la dirección de hogares, postes y rutas.

```
print("presionado agregar")

self.grupo()

print("agregadas funcion")

self.entrada()

self.rutas_proyecto()

print(""+self.comboBox_1.currentText()+"")

self.pushButton_5.setEnabled(True)
```

#### **Grupo**

Se agregan grupos a la lista de layers en el panel de Capas:

```
raiz = QgsProject.instance().layerTreeRoot()

raiz.addGroup("ENTRADA")

raiz.addGroup("INTERMEDIOS")

raiz.addGroup("SALIDAS")
```

#### **Entrada**

Dirección del archivo que se abrirá:

```
vlayer = QgsVectorLayer("D:/DATOS_ENTRADA/" + tipo + "/" + dato_entrada + ".shp",dato_entrada,"ogr")

QgsProject.instance().addMapLayer(vlayer, False)

layerTree = QgsProject.instance().layerTreeRoot().children()[-1] # [0]: Entrada, [1]: INTERMEDIOS, [2]: SALIDAS

layerTree.addLayer(vlayer)
```

#### **ruta\_proyecto**

Se agrega un rectángulo y además se recorta el tamaño de las rutas totales

```

rutas = "rutas"

postes = "postes"

clientes = "casas_dep"

d = 0

vlayer_p = QgsProject.instance().mapLayersByName(postes)[0]

vlayer_r = QgsProject.instance().mapLayersByName(rutas)[0]

vlayer_c = QgsProject.instance().mapLayersByName(clientes)[0]

i = 0

j = 0

iter = 0

geometri_line_ruta = []

features = 0

rectan = vlayer_c.extent()

x_min = rectan.xMinimum() + (0.00001*rectan.xMinimum())

y_min = rectan.yMinimum() + (0.00001*rectan.yMinimum())

x_max = rectan.xMaximum() - (0.00001*rectan.xMaximum())

y_max = rectan.yMaximum() - (0.00001*rectan.yMaximum())

rectan.set(x_min, y_min, x_max, y_max)

v_re = QgsGeometry.fromRect(rectan)

v_re_poligon = QgsGeometry.asPolygon(v_re)[0]

#dibujar rectangulo del tamaño máximo, como límite del area de trabajo

layer2 = QgsVectorLayer("LineString?crs=EPSG:4326", "rectangulo", "memory")

layer2.dataProvider().addAttributes([QgsField("rectangulo", QVariant.Int)])

layer2.updateFields()

features2 = []

feature2 = QgsFeature()

feature2.setFields(layer2.fields())

geom = QgsGeometry.fromPolylineXY(v_re_poligon)

feature2.setGeometry(geom)

```

```

feature2.setAttribute(0,1)

features2.append(feature2)

layer2.dataProvider().addFeatures(features2)

QgsProject.instance().addMapLayer(layer2, False)

layerTree = QgsProject.instance().layerTreeRoot().children()[-1]

layerTree.addLayer(layer2)

rectan_geometria = QgsGeometry.fromRect(rectan)

feature = 0

for feature in vlayer_r.getFeatures():

    if True == (feature.geometry().contains(rectan_geometria) or feature.geometry().crosses(rectan_geometria) or
feature.geometry().intersects(rectan_geometria) or feature.geometry().touches(rectan_geometria)):

        geometri_line_ruta.append(feature.geometry())

layer4 = QgsVectorLayer("LineString?crs=EPSG:4326","ruta","memory")

layer4.dataProvider().addAttributes([QgsField("linea_postes",QVariant.Int)])

layer4.updateFields()

features1 = []

for iter in range(len(geometri_line_ruta)):

    feature1 = QgsFeature()

    feature1.setFields(layer4.fields())

    geom = QgsGeometry.fromMultiPolylineXY(geometri_line_ruta[iter].asMultiPolyline())

    feature1.setGeometry(geom)

    feature1.setAttribute(0,1)

    features1.append(feature1)

layer4.dataProvider().addFeatures(features1)

QgsProject.instance().addMapLayer(layer4, False)

layerTree = QgsProject.instance().layerTreeRoot().children()[-1]

laerTree.addLayer(layer4)

QgsProject.instance().removeMapLayer(vlayer_r)

```

## Confirmar

Se encarga de confirmar que las líneas de la ruta están completas  
, y no se necesita modificarlas.

Se ejecuta la unión entre postes, generación de posibles rutas y unión entre hogares,  
posibles rutas, OLT y postes.

```
vlayer_r = QgsProject.instance().mapLayersByName("ruta")[0]

numero_de_lineas_totales = 0

combinacion=[]

carretera_geo = []

individual_geo = []

dato_carretera = 0

valor_1 = 0

i = 0

i_2 = 0

for feature_carretera in vlayer_r.getFeatures() :

    dato_carretera = feature_carretera.geometry().asGeometryCollection()[0]

    valor_1 = dato_carretera.asPolyline()

    for i in range(len(valor_1)):

        if len(valor_1)-1 != i:

            individual_geo.append([valor_1[i],valor_1[i+1]])

layer4 = QgsVectorLayer("LineString?crs=EPSG:4326","linea_total_copia","memory")

layer4.dataProvider().addAttributes([QgsField("lineas",QVariant.Int)])

layer4.updateFields()

features1 = []

for i_2 in range(len(individual_geo)):

    feature1 = QgsFeature()

    feature1.setFields(layer4.fields())

    geom = QgsGeometry.fromPolylineXY(individual_geo[i_2])

    feature1.setGeometry(geom)

    feature1.setAttribute(0,1)
```

```

features1.append(feature1)

layer4.dataProvider().addFeatures(features1)

QgsProject.instance().addMapLayer(layer4, False)

layerTree = QgsProject.instance().layerTreeRoot().children()[0]

layerTree.addLayer(layer4)

feature_carretera = 0

carretera_geo = []

combinacion = []

numero_de_lineas_totales = 0

postes_vec = 0

carreteras_vec = 0

lineas_p_1 = []

postes_vec = QgsProject.instance().mapLayersByName("postes")[0]

carreteras_vec = QgsProject.instance().mapLayersByName("linea_total")[0]

for feature_carretera in carreteras_vec.getFeatures() :

    carretera_geo.append(feature_carretera.geometry().asGeometryCollection())

    combinacion = feature_carretera.geometry().asGeometryCollection()

    numero_de_lineas_totales = numero_de_lineas_totales + 1

# Un solo vector, combinar apartir del ultimo vector de linea:

for ita in range(0,numero_de_lineas_totales-1):

    combinacion[0] = combinacion[0].combine(carretera_geo[ita][0])

for feature_poste in postes_vec.getFeatures():

    lineas_p_1.append(feature_poste.geometry().shortestLine(combinacion[0]))

# Puntos Poste en la ruta principal

a = 0

b = 0

puntos_2 = []

punto_2_s = 0

for a in range (0,len (lineas_p_1)):

    puntos_2.append(lineas_p_1[a].asPolyline()[1])

```

```

pts = QgsVectorLayer("Point?crs=EPSG:4326","pos_rut","memory")

pts.dataProvider().addAttributes([QgsField("PUNTOS",QVariant.Int)])

pts.updateFields()

features = []

geom = 0

features = []

for b in range(len(puntos_2)):

    punto_2_s = puntos_2[b]

    feature = QgsFeature()

    feature.setFields(pts.fields())

    geom = QgsGeometry.fromPointXY(punto_2_s)

    feature.setGeometry(geom)

    feature.setAttribute(0,10)

    features.append(feature)

pts.dataProvider().addFeatures(features)

QgsProject.instance().addMapLayer(pts, False)

layerTree = QgsProject.instance().layerTreeRoot().children()[0]

layerTree.addLayer(pts)

lineaa = 0

linea_tot = QgsProject.instance().mapLayersByName("linea_total_copia")[0]

nueva_linea = []

valor = 0

vector_prueba = []

puntoos = QgsProject.instance().mapLayersByName("pos_rut")[0]

nueva_puntos = []

z = 0

y = 0

vector_buffer = []

for lineaa in linea_tot.getFeatures():

    nueva_linea.append(lineaa.geometry())

```

```

vector_buffer.append(lineaa.geometry().buffer(0.000003, 1))

for puntoo in puntoos.getFeatures():
    nueva_puntos.append(puntoo.geometry())

for z in range(len(vector_buffer)):
    for y in range(len(nueva_puntos)):
        #if nueva_puntos[y].insertVertex(nueva_linea[z]):
            if vector_buffer[z].intersects(nueva_puntos[y]):
                print(nueva_linea[z])

# Dibujando los buffers:
poli = QgsVectorLayer("Polygon?crs=EPSG:4326","poly_ruta","memory")
poli.dataProvider().addAttributes([QgsField("POLIG",QVariant.Int)])
poli.updateFields()

features = []
geom = 0
b = 0
punto_2_s = 0

for b in range(len(vector_buffer)):
    punto_2_s = vector_buffer[b]

    feature = QgsFeature()
    feature.setFields(poli.fields())

    #geom = QgsGeometry.fromPolylineXY(lineas_p_l[it].asPolyline())
    geom = QgsGeometry.fromPolygonXY(punto_2_s.asPolygon())

    feature.setGeometry(geom)

    feature.setAttribute(0,10)

    features.append(feature)

poli.dataProvider().addFeatures(features)

#QgsProject.instance().addMapLayer(poli)

QgsProject.instance().addMapLayer(poli, False)

layerTree = QgsProject.instance().layerTreeRoot().children()[0]

layerTree.addLayer(poli)

```

```

# agregando el punto a la linea intersectada:

vector_linea_new = []

vector_linea_copia = []

senalador = 0

var_a = 0

vector_repeticion = []

for z in range(len(vector_buffer)):

# para la linea cuantos puntos se estan intersectando.

    senalador = 0

    vector_linea_copia.append(nueva_linea[z].asPolyline())

    for y in range(len(nueva_puntos)):

        if vector_buffer[z].intersects(nueva_puntos[y]):

            vector_repeticion.append(z)

            senalador = senalador + 1

            if senalador >= 2 :

                vector_linea_new[-1].append(nueva_puntos[y].asPoint())

            else:

                var_a = nueva_linea[z].asPolyline()

                var_a.insert(-1,nueva_puntos[y].asPoint())

                vector_linea_new.append(var_a)

                #vector_linea_new.append(nueva_linea[z].asPolyline())

    tt = 0

    tt2 = 0

    vector_repeticion_2 = vector_repeticion

    inc = 0

    lista = []

    for tt in range(len(vector_repeticion)):

        inc = 0

        for tt2 in range(len(vector_repeticion)):

            if tt != tt2 and tt2 > tt:

```

```

if vector_repeticion[tt] == vector_repeticion[tt2] and inc == 0:

    lista.append(tt2)

    inc = inc + 1

lista.reverse()

a = 0

for a in range(len(lista)):

    vector_repeticion_2.pop(lista[a])

    vector_repeticion_2.reverse()

b = 0

for b in range(len(vector_repeticion_2)):

    vector_linea_copia.pop(vector_repeticion_2[b])

    add = vector_linea_copia + vector_linea_new

layer5 = QgsVectorLayer("LineString?crs=EPSG:4326","line","memory")

layer5.dataProvider().addAttributes([QgsField("lineas",QVariant.Int)])

layer5.updateFields()

features2 = []

for i_3 in range(len(add)):

    feature2 = QgsFeature()

    feature2.setFields(layer5.fields())

    a_punto = QgsGeometry.fromPolylineXY(add[i_3])

    feature2.setGeometry(a_punto)

    feature2.setAttribute(0,1)

    features2.append(feature2)

layer5.dataProvider().addFeatures(features2)

QgsProject.instance().addMapLayer(layer5, False)

layerTree = QgsProject.instance().layerTreeRoot().children()[0]

layerTree.addLayer(layer5)

```

## Funcion

Se utiliza para agregar el OLT en el lienzo de mapas

```

self.lista.append(self.comboBox_7.currentText())

self.lista.append(self.comboBox_4.currentText())

self.lista.append(int(self.comboBox.currentText()))

self.lista.append(int(self.comboBox_5.currentText()))

self.lista.append(self.comboBox_6.currentText())

print(self.lista)

# AGREGAR LA CAPA olt EN LA LISTA DE CAPAS

#QgsProject.instance().addMapLayer(self.layerd)

QgsProject.instance().addMapLayer(self.layerd, False)

layerTree = QgsProject.instance().layerTreeRoot().children()[0]

layerTree.addLayer(self.layerd)

# MODIFICAR EL SIMBOLO , COLOR Y TAMANO

olt_layer = QgsProject.instance().mapLayersByName("olt")[0]

simbol = QgsMarkerSymbol.createSimple({'name':'square','color':'gray'})

olt_layer.renderer().setSymbol(simbol)

olt_layer.renderer().symbol().setSize(4)

#self.iface.activeLayer().renderer().setSymbol(simbol)

#self.iface.activeLayer().renderer().symbol().setSize(4)

# CLICK EN EL MAP CANVAS PARA DESPLEGAR EL PUNTO

click = puntoClick( self.iface.mapCanvas(), self.lista)

self.iface.mapCanvas().setMapTool( click )

raise #levantar un error de espera

```

## **confirmar\_2**

Se unen las casas a los caminos, mediante lineas,  
punto(casa) a linea(ruta)

```

# Unir Casas a Camino

feature_carretera = 0

carretera_geo =[]

combinacion=[]

```

```

numero_de_lineas_totales = 0

feature_poste = 0

lineas_p_1 = []

feature_olt = 0

lin = QgsProject.instance().mapLayersByName("line")[0]

casa_s = QgsProject.instance().mapLayersByName("casas")[0]

olt_t = QgsProject.instance().mapLayersByName("olt")[0]

casa_s.startEditing()

simbol = QgsMarkerSymbol.createSimple({'name':'square','color':'red'})

casa_s.renderer().setSymbol(simbol)

casa_s.commitChanges()

for feature_carretera in lin.getFeatures() :

    carretera_geo.append(feature_carretera.geometry().asGeometryCollection())

    combinacion = feature_carretera.geometry().asGeometryCollection()

    numero_de_lineas_totales = numero_de_lineas_totales + 1

for ita in range(0,numero_de_lineas_totales):

    combinacion[0] = combinacion[0].combine(carretera_geo[ita][0])

feature = QgsFeature()

for feature_poste in casa_s.getFeatures():

    lineas_p_1.append(feature_poste.geometry().shortestLine(combinacion[0]))

for feature_olt in olt_t.getFeatures():

    lineas_p_1.append(feature_olt.geometry().shortestLine(combinacion[0]))

#carreteras_vec.beginEditCommand("editando el layer")

lin.startEditing()

for it in range(len(lineas_p_1)):

    lineas_como_puntos = lineas_p_1[it].asPolyline()

    posicion_1x = lineas_como_puntos[0].x()

    posicion_1y = lineas_como_puntos[0].y()

    posicion_2x = lineas_como_puntos[1].x()

    posicion_2y = lineas_como_puntos[1].y()

```

```

linea_nueva = [QgsPointXY(posicion_1x,posicion_1y), QgsPointXY(posicion_2x,posicion_2y)]

features = []

feature = QgsFeature()

feature.setFields(lin.fields())

#geom = QgsGeometry.fromPolylineXY(lineas_p_l[it].asPolyline())

geom = QgsGeometry.fromPolylineXY(linea_nueva)

feature.setGeometry(geom)

feature.setAttribute(0,10)

features.append(feature)

lin.dataProvider().addFeatures(features)

#Todas las lineas ahora pertenecen a 1 solo vector, unidas i combinadas como uno solo.

#De esta forma se podrá desplegar las lineas de fibra optica. realizar medidas.

layer5 = QgsVectorLayer("LineString?crs=EPSG:4326","unica_linea","memory")

layer5.dataProvider().addAttributes([QgsField("lineas",QVariant.Int)])

layer5.updateFields()

line = QgsProject.instance().mapLayersByName("line")[0]

it = 0

lsita_geom = []

combina = []

for it in line.getFeatures():

    lsita_geom.append(it.geometry())

    combina.append(lsita_geom[0])

for iterador2 in range(len(lsita_geom)) :

    combina[0] = combina[0].combine(lsita_geom[iterador2])

print(combina)

features = []

feature = QgsFeature()

feature.setFields(layer5.fields())

feature.setGeometry(QgsGeometry.fromMultiPolylineXY(combina[0].asMultiPolyline()))

feature.setAttribute(0,1000)

```

```

features.append(feature)

layer5.dataProvider().addFeatures(features)

iface.mapCanvas().refresh()

QgsProject.instance().addMapLayer(layer5, False)

layerTree = QgsProject.instance().layerTreeRoot().children()[0]

layerTree.addLayer(layer5)

line.commitChanges()

l_k_ruta = QgsProject.instance().mapLayersByName("ruta")[0]

l_k_ruta.renderer().symbol().setColor(QColor("brown"))

l_k_rutas = QgsProject.instance().mapLayersByName("unica_linea")[0]

l_k_rutas.renderer().symbol().setColor(QColor("darkgoldenrod"))

l_k_postes = QgsProject.instance().mapLayersByName("pos_rut")[0]

l_k_postes.renderer().symbol().setColor(QColor("yellow"))

```

### confirmar\_3

Se agregan los datos de atenuacion al lienzo de capas

```

vector_nombres = [self.label_70.text(),self.label_27.text(),self.label_28.text(),self.label_13.text(),self.label_9.text(),
self.label_10.text(), self.label_11.text(), self.label_20.text(),

self.label_12.text(), self.label_23.text()]

vector_atenuaciones= [self.lineEdit_54.text(),self.lineEdit_13.text(),self.lineEdit_14.text(),self.lineEdit_5.text(),self.lineEdit.text(),
self.lineEdit_2.text(), self.lineEdit_3.text(), self.lineEdit_6.text(), self.lineEdit_4.text(), a]

layercc = QgsVectorLayer("polygon?crs=EPSG:4326","potencias","memory")

layercc.startEditing()

layercc.dataProvider().addAttributes([QgsField("NOMBRES_ATEN",QVariant.String)])

layercc.dataProvider().addAttributes([QgsField("VALOR_1",QVariant.String)])

layercc.dataProvider().addAttributes([QgsField("VALOR_2",QVariant.String)])

layercc.dataProvider().addAttributes([QgsField("SPLITER_1",QVariant.String)])

layercc.dataProvider().addAttributes([QgsField("SPLITER_2",QVariant.String)])

layercc.updateFields()

a = 0

features = []

```

```

dec = len(vector_nombres)-1

for a in range(len(vector_nombres)):

    feature = QgsFeature()

    feature.setFields(layercc.fields())

    print(vector_nombres[dec])

    feature.setAttribute(0,vector_nombres[dec])

    feature.setAttribute(1,vector_atenuaciones[dec])

    features.append(feature)

    dec = dec - 1

layercc.dataProvider().addFeatures(features)

QgsProject.instance().addMapLayer(layercc, False)

layerTree = QgsProject.instance().layerTreeRoot().children()[0]

layerTree.addLayer(layercc)

# agregar atributos para los campos faltantes de clase A o B o C:

pot_lay = QgsProject.instance().mapLayersByName("potencias")[0]

pot_lay.commitChanges()

pot_lay.startEditing()

pot_lay.getFeature(1).id()

attrs = { 2 : b }

pot_lay.dataProvider().changeAttributeValues({ 1 : attrs })

#caps = layer.dataProvider().capabilities()

c = self.comboBox_8.currentText()

d = self.comboBox_9.currentText()

attrs = { 3 : c }

pot_lay.dataProvider().changeAttributeValues({ 4 : attrs })

attrs = { 4 : d }

pot_lay.dataProvider().changeAttributeValues({ 3 : attrs })

pot_lay.commitChanges()

```

**confirmar\_4**

## Se agregan los datos de costos al lienzo de capas

```
vector_nombres = [self.label_36.text(), self.label_37.text(), self.label_38.text(), self.label_39.text(),
                 self.label_51.text(), self.label_52.text(), self.label_53.text(), self.label_54.text()
                 , self.label_55.text(), self.label_56.text(),self.label_40.text(),self.label_41.text()
                 , self.label_42.text(), self.label_43.text(), self.label_44.text(), self.label_45.text(), self.label_46.text()]
vector_costos= [self.lineEdit_20.text(), self.lineEdit_21.text(), self.lineEdit_22.text(), self.lineEdit_23.text(), self.lineEdit_48.text(),
               self.lineEdit_49.text(), self.lineEdit_50.text(), self.lineEdit_51.text(), self.lineEdit_52.text(), self.lineEdit_53.text()
               ,self.label_47.text(), self.lineEdit_24.text(), self.lineEdit_25.text(), self.lineEdit_26.text(), self.lineEdit_27.text()
               , self.lineEdit_28.text(), self.lineEdit_29.text()]

layercc = QgsVectorLayer("polygon?crs=EPSG:4326","Costos","memory")
layercc.startEditing()
layercc.dataProvider().addAttributes([QgsField("NOMBRES_COST",QVariant.String)])
layercc.dataProvider().addAttributes([QgsField("VALOR_1",QVariant.String)])
layercc.dataProvider().addAttributes([QgsField("VALOR_2",QVariant.String)])

layercc.updateFields()

a = 0

features = []

dec = len(vector_nombres)-1

for a in range(len(vector_nombres)):

    feature = QgsFeature()

    feature.setFields(layercc.fields())

    print(vector_nombres[dec])

    feature.setAttribute(0,vector_nombres[dec])

    feature.setAttribute(1,vector_costos[dec])

    features.append(feature)

    dec = dec - 1

layercc.dataProvider().addFeatures(features)

layerTree.addLayer(layercc)

layercc.commitChanges()
```

## Agregar\_cluster\_1er\_nivel

```
#agrupar las casas mas cercanas con el indice de penetracion

l_potencias = QgsProject.instance().mapLayersByName("potencias")[0]

l_olt = QgsProject.instance().mapLayersByName("olt")[0]

l_casas_auxi = QgsProject.instance().mapLayersByName("casas_auxi")[0]

# obteniendo el indice de penetración:

indice_pe = int(l_potencias.getFeature(10).attribute(1))

total_usuarios = len(acumular)

# el porcentaje de casas para este indice de penetración:

clientes_max = round(total_usuarios *(indice_pe/100))

olt_centro = l_olt.getFeature(1).geometry().asPoint()

index = QgsSpatialIndex(l_casas_auxi.getFeatures(acumular))

ids_cerca = index.nearestNeighbor(olt_centro,clientes_max)

# geometria:

var = 0

layerd = QgsVectorLayer("Point?crs=EPSG:4326","casas_penetradas","memory")

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("Data",QVariant.Int)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("k_grupo",QVariant.Int)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("CODIGO_NUM",QVariant.String)])

layerd.updateFields()

for var in range(len(ids_cerca)):

    feature = QgsFeature()

    features = []

    feature.setFields(layerd.fields())

    feature.setGeometry(QgsGeometry.fromPointXY(l_casas_auxi.getFeature(ids_cerca[var]).geometry().asPoint()))

    feature.setAttribute(0,var+1)

    feature.setAttribute(2,l_casas_auxi.getFeature(ids_cerca[var]).attribute(1))

    features.append(feature)

layerd.dataProvider().addFeatures(features)
```

```

QgsProject.instance().addMapLayer(layerd)

# Generando las agrupaciones o clusters:

k = 0

geom_casas = []

id_puntos = []

id_casas = []

distan = []

distancias = []

layer = 0

vect_geom = []

l_k_puntos = 0

suma_casas = 0

layer = QgsVectorLayer("Point?crs=EPSG:4326","k_puntos","memory")

layer.dataProvider().addAttributes([QgsField("datos",QVariant.Int)])

layer.updateFields()

QgsProject.instance().addMapLayer(layer)

l_casas = QgsProject.instance().mapLayersByName("casas_penetradas")[0]

l_k_puntos = QgsProject.instance().mapLayersByName("k_puntos")[0]

pot_lay = QgsProject.instance().mapLayersByName("potencias")[0]

#Obteniendo el valor K:

split_1er = pot_lay.getFeature(4).attribute(3)

split_2do = pot_lay.getFeature(3).attribute(4)

split_tot = int(split_1er) * int(split_2do)

a = 0

t = 0

b = 0

cas = 0

for t in l_casas.getFeatures():

    b = t.attribute(0)

    suma_casas = suma_casas + b

```

```

cas = cas + 1

k = cas/split_tot

k = math.ceil(k)

# GEOMETRIAS DE LOS PUNTOS EN casas_dep:

for feat in l_casas.getFeatures():

    vect_geom.append(feat.geometry())

unario = QgsGeometry.unaryUnion(vect_geom)

el_centro_de_masa = unario.centroid().asPoint()

index = QgsSpatialIndex(l_casas.getFeatures())

ids_cerca = index.nearestNeighbor(el_centro_de_masa,k)

# PUNTOS ALEATORIOS (se generan k puntos aleatorios en la pantalla):

for i in range(k):

    feature = QgsFeature()

    features = []

    feature.setFields(l_k_puntos.fields())

    punto = l_casas.getFeature(ids_cerca[i]).geometry().asPoint()

    geom = QgsGeometry.fromPointXY(punto)

    feature.setGeometry(geom)

    feature.setAttribute(0,i+1)

    features.append(feature)

l_k_puntos.dataProvider().addFeatures(features)

l_k_puntos.startEditing()

simbol = QgsMarkerSymbol.createSimple({'name':'square','color':'yellow'})

l_k_puntos.renderer().setSymbol(simbol)

l_k_puntos.commitChanges()

```

## **Agregar\_fibra\_troncal**

```

# Automatizando la fibra troncal

#opcion 1 agragar la fibra optica de forma automatica.

```

```

# opcion 2 agregar la fibra optica de forma manual.

#Para generar la linea:

k=20

precio_bs = 10

metro = 1

layerd = 0

layer_lineas = 0

layer_casa = 0

layer_olt = 0

p1=0

p2 = 0

director = 0

properter = 0

coor = 0

constructor = 0

pStart = 0

pStop = 0

tiedPoints= []

graph = 0

tStart = 0

tStop = 0

idStart = 0

idStop = 0

curPos = 0

(tree, cost)= (0,0)

vector = []

layer_lineas = QgsProject.instance().mapLayersByName("unica_linea")[0]

l_olt = QgsProject.instance().mapLayersByName("olt")[0]

olt_centro = l_olt.getFeature(1).geometry().asPoint()

geom_pk = [] #geometria de los k puntos

```

```

ac_pk = [] # id de los k puntos

l_pk = QgsProject.instance().mapLayersByName("primer_nivel_splitter")[0]

l_olt = QgsProject.instance().mapLayersByName("olt")[0]

for feature in l_pk.getFeatures():

    geom_pk.append(feature.geometry().asPoint())

    ac_pk.append(feature.id())

geom_olt = l_olt.getFeature(1).geometry().asPoint()

index = QgsSpatialIndex(l_pk.getFeatures(ac_pk))

ids_cerca = index.nearestNeighbor(olt_centro,1)

inicial_punto = geom_olt

primer_punto = l_pk.getFeature(ids_cerca[0]).geometry().asPoint()

primer_atrib = l_pk.getFeature(ids_cerca[0]).attribute(2)

puntos_linea_uno = self.fibra(layer_lineas,inicial_punto, primer_punto)

distancia_1_fibra = self.fibras_dis(layer_lineas, inicial_punto, primer_punto)

b = 0

puntos = []

reorden=[]

reorden.append(ids_cerca[0])

del geom_pk[ids_cerca[0]-1]

del ac_pk[ids_cerca[0]-1]

inc = 0

for b in range(len(geom_pk)):

    if inc ==0:

        index = QgsSpatialIndex(l_pk.getFeatures(ac_pk))

        ids_cercan = index.nearestNeighbor(primer_punto,1)

    else:

        pnt = l_pk.getFeature(ids_cercan[0]).geometry().asPoint()

        index = QgsSpatialIndex(l_pk.getFeatures(ac_pk))

        ids_cercan = index.nearestNeighbor(pnt,1)

    print("hola")

```

```

reorden.append(ids_cercan[0])

valor_id = ids_cercan[0]

ac_pk.remove(valor_id)

#del ac_pk[valor_id-1]

inc = inc + 1

# Generando la fibra troncal

# usamos reordenar para generar la fibra troncal automatica:

iter = 0

iter_2 = 0

layerd = QgsVectorLayer("LineString?crs=EPSG:4326","fibra_troncal","memory")

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("Fibra_hilo_numero",QVariant.Int)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("Fibra_nombre",QVariant.String)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("Fibra_Distancia",QVariant.Double)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("PT1",QVariant.String)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("PT2",QVariant.String)])

layerd.updateFields()

# Linea entre olt y el primer poste y cluster

feature = QgsFeature()

features = []

feature.setFields(layerd.fields())

feature.setGeometry(QgsGeometry.fromPolylineXY(puntos_linea_uno))

feature.setAttribute(0,1)

feature.setAttribute(1,'F'+str(1))

feature.setAttribute(2,round(distancia_1_fibra,2))

feature.setAttribute(3,'olt')

feature.setAttribute(4,primer_atrib)

features.append(feature)

layerd.dataProvider().addFeatures(features)

for iter in range(len(reorden)):

    if iter <= (len(reorden)-2):

```

```

p1 = l_pk.getFeature(reorden[iter]).geometry().asPoint()

p1_attr = l_pk.getFeature(reorden[iter]).attribute(2)

p2 = l_pk.getFeature(reorden[iter+1]).geometry().asPoint()

p2_attr = l_pk.getFeature(reorden[iter+1]).attribute(2)

puntos_linea = self.fibra(layer_lineas, p1,p2)

distancia_2_fibra = self.fibras_dis(layer_lineas, p1, p2)

feature = QgsFeature()

features = []

feature.setFields(layerd.fields())

feature.setGeometry(QgsGeometry.fromPolylineXY(puntos_linea))

feature.setAttribute(0,iter+2)

feature.setAttribute(1,'F'+str(iter+2))

feature.setAttribute(2,round(distancia_2_fibra,2))

feature.setAttribute(3,p1_attr)

feature.setAttribute(4,p2_attr)

features.append(feature)

layerd.dataProvider().addFeatures(features)

QgsProject.instance().addMapLayer(layerd)

```

## Agregar\_splitter\_2do\_nivel

```

layerd = QgsVectorLayer("Point?crs=EPSG:4326","2d_nivel_splitter","memory")

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("Puntos",QVariant.Int)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("2do_nivel",QVariant.String)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("1er_nivel",QVariant.String)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("1_2_nivel",QVariant.String)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("K_sec_do_numero",QVariant.Int)])

layerd.updateFields()

indice_2 = 0

inc_2_cre = 1

for indice_2 in range(len(nuevo_punto_2do)):

```

```

nivel_2 = l_k_puntos_2.getFeature(indice_2+1).attribute(1)

nivel_1 = l_k_puntos_2.getFeature(indice_2+1).attribute(2)

feature = QgsFeature()

features = []

feature.setFields(layerd.fields())

feature.setGeometry(QgsGeometry.fromPointXY(nuevo_punto_2do[indice_2]))

feature.setAttribute(0, lista_pk_2do_nivel_id[indice_2])

feature.setAttribute(1, str(inc_2_cre)+'-'+nivel_2)

feature.setAttribute(2, nivel_1)

feature.setAttribute(3, nivel_1 + '/' + nivel_2)

feature.setAttribute(4, indice_2+1)

features.append(feature)

layerd.dataProvider().addFeatures(features)

inc_2_cre = inc_2_cre + 1

QgsProject.instance().addMapLayer(layerd)

layer_p_dos = QgsProject.instance().mapLayersByName("2d_nivel_splitter")[0]

layer_p_dos.startEditing()

simbol = QgsMarkerSymbol.createSimple({'name': 'triangle', 'color': '#6693F5', 'size': '4'})

layer_p_dos.renderer().setSymbol(simbol)

layer_p_dos.commitChanges()

layer_p_dos.triggerRepaint()

```

## **Agregar\_fibra\_drop**

```

layery = QgsVectorLayer("Point?crs=EPSG:4326", "Onts", "memory")

layery.dataProvider().addAttributes([QgsField("id", QVariant.Int)])

layery.dataProvider().addAttributes([QgsField("split_k_grupo_1", QVariant.String)])

layery.dataProvider().addAttributes([QgsField("split_k_grupo_2", QVariant.String)])

layery.dataProvider().addAttributes([QgsField("split_k_grupo_3", QVariant.String)])

layery.dataProvider().addAttributes([QgsField("hogar_nro", QVariant.String)])

layery.updateFields()

```

```

layerd = QgsVectorLayer("LineString?crs=EPSG:4326","fibra_ont","memory")

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("Ont",QVariant.String)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("Data",QVariant.Int)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("Indice_1",QVariant.Int)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("Hogar",QVariant.String)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("Indice_2",QVariant.Int)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("Splitter_2",QVariant.String)])

layerd.dataProvider().addAttributes([QgsField("Distancia",QVariant.Double)])

layerd.updateFields()

indice_2s = 0

inc = 0

incre_1 = 0

inc_ind_casa = 1

for i_1 in range(len(linea_nues_ds)):

    for i_2 in range(len(linea_nues_ds[i_1])):

        i_3 = 0

        lineas = 0

        inc = inc + 1

        orden_id_2_split = ordena_lista_k_2_nivel_id_punto[incre_1]

        for i_3 in range(len(linea_nues_ds[i_1][i_2])):

            i_4 = 0

            # Lineas Fibras opticas entre 2 nivel split a ONT

            punto_k_2 = ordena_lista_k_2_nivel[i_1][i_2]

            id_casas = linea_nues_ds[i_1][i_2][i_3]

            punto_ont = layer_casa_p.getFeature(id_casas).geometry().asPoint()

            lineas = self.fibra_d(punto_k_2, punto_ont)

            distancia_p2_ont = self.fibras_dis_d(punto_k_2, punto_ont)

            feature = QgsFeature()

            features = []

            feature.setFields(layerd.fields())

```

```

feature.setGeometry(QgsGeometry.fromPolylineXY(lineas))

feature.setAttribute(0,"ONT")

feature.setAttribute(1,inc)

feature.setAttribute(2,id_casas)

id_capa_casa_p = layer_casa_p.getFeature(id_casas).attribute(0)

feature.setAttribute(3,id_capa_casa_p)

feature.setAttribute(4,orden_id_2_split)

Splitter_2_k = l_k_2do_nivel.getFeature(orden_id_2_split).attribute(1)

feature.setAttribute(5,Splitter_2_k)

feature.setAttribute(6,distancia_p2_ont)

features.append(feature)

layerd.dataProvider().addFeatures(features)

# Puntos ONT:

# usando id_casas para obtener el id del hogar

nro_hogar = layer_casa_p.getFeature(id_casas).attribute(2)

featur = QgsFeature()

featur = []

featur.setFields(layery.fields())

featur.setGeometry(QgsGeometry.fromPointXY(punto_ont))

featur.setAttribute(0,inc_ind_casa)

featur.setAttribute(1,i_1+1)

featur.setAttribute(2,i_2+1)

featur.setAttribute(3,i_3+1)

featur.setAttribute(4,nro_hogar)

featur.append(featur)

layery.dataProvider().addFeatures(featur)

inc_ind_casa = inc_ind_casa + 1

incre_1 = incre_1 + 1

QgsProject.instance().addMapLayer(layerd)

QgsProject.instance().addMapLayer(layery)

```

## ANEXO F

### DATOS DE CONEXIONES

Conexiones entre OLT – ODF y el nombre de la fibra óptica

<b>Nro</b>	<b>Desde OLT</b>	<b>Al ODF</b>	<b>Nombre Fibra Patch Cord</b>
1	OLT0101	ODF-0101	FI-OLT-0101/ODF-0101
2	OLT0102	ODF-0102	FI-OLT-0102/ODF-0102
3	OLT0103	ODF-0103	FI-OLT-0103/ODF-0103
4	OLT0104	ODF-0104	FI-OLT-0104/ODF-0104
5	Sin conexión	Sin conexión	Sin conexión
6	Sin conexión	Sin conexión	Sin conexión
7	Sin conexión	Sin conexión	Sin conexión
8	Sin conexión	Sin conexión	Sin conexión
9	Sin conexión	Sin conexión	Sin conexión
10	Sin conexión	Sin conexión	Sin conexión
11	Sin conexión	Sin conexión	Sin conexión
12	Sin conexión	Sin conexión	Sin conexión

Conexiones entre ODF – Splitter primer nivel y el nombre de la fibra óptica troncal

<b>Nro</b>	<b>Desde ODF</b>	<b>Al Splitter 1er nivel</b>	<b>Nombre Fibra Troncal</b>
1	ODF-0101	SP1-1	F-144-01-01 ODF-0101/SP1-4
2	ODF-0102	SP1-2	F-144-01-02 ODF-0102/SP1-3

<b>Nro</b>	<b>Desde ODF</b>	<b>Al Splitter 1er nivel</b>	<b>Nombre Fibra Troncal</b>
3	ODF-0103	SP1-3	F-144-01-03 ODF-0103/SP1-2
4	ODF-0104	SP1-4	F-144-01-04 ODF-0104/SP1-1

Conexiones entre Splitter primer nivel – Splitter segundo nivel y el nombre de la fibra óptica de distribución.

<b>Nro</b>	<b>Desde Splitter 1er Nivel</b>	<b>Al Splitter 2do nivel</b>	<b>Nombre Fibra Distribución</b>
1	SP1-1-O1	SP2-1-1-I1	F-24-01-01 SP1-1-O1/SP2-1-1-I1
2	SP1-1-O2	SP2-1-2-I2	F-24-01-02 SP1-1-O2/SP2-1-2-I2
3	SP1-1-O3	SP2-1-3-I3	F-24-01-03 SP1-1-O3/SP2-1-3-I3
4	SP1-1-O4	SP2-1-4-I4	F-24-01-04 SP1-1-O4/SP2-1-4-I4
5	SP1-2-O1	SP2-2-5-I1	F-24-01-05 SP1-2-O4/SP2-2-5-I1
6	SP1-2-O2	SP2-2-6-I2	F-24-01-06 SP1-2-O4/SP2-2-6-I2
7	SP1-2-O3	SP2-2-7-I3	F-24-01-07 SP1-2-O4/SP2-2-7-I3
8	SP1-2-O4	SP2-2-8-I4	F-24-01-08 SP1-2-O4/SP2-2-8-I4

<b>Nro</b>	<b>Desde Splitter 1er Nivel</b>	<b>Al Splitter 2do nivel</b>	<b>Nombre Fibra Distribución</b>
9	SP1-3-O1	SP2-3-9-I1	F-24-01-09 SP1-3-O4/SP2-3-9-I1
10	SP1-3-O2	SP2-3-10-I2	F-24-01-10 SP1-3-O4/SP2-3-10-I2
11	SP1-3-O3	SP2-3-11-I3	F-24-01-11 SP1-3-O4/SP2-3-11-I3
12	SP1-3-O4	SP2-3-12-I4	F-24-01-12 SP1-3-O4/SP2-3-12-I4
13	SP1-4-O1	SP2-4-13-I1	F-24-01-13 SP1-1-O4/SP2-4-13-I1
14	SP1-4-O2	SP2-4-14-I2	F-24-01-14 SP1-1-O4/SP2-4-14-I2
15	SP1-4-O3	SP2-4-15-I3	F-24-01-15 SP1-1-O4/SP2-4-15-I3
16	SP1-4-O4	SP2-4-16-I4	F-24-01-16 SP1-1-O4/SP2-4--16-I4

Conexiones entre Splitter segundo nivel – ONT y el nombre de la fibra óptica drop, fibra al hogar.

<b>Nro</b>	<b>Desde Splitter 2do Nivel</b>	<b>ont</b>	<b>Nombre Fibra Troncal</b>
1	SP2-1-1-O1	ONT-1	F-01-ONT-1
2	SP2-1-1-O2	ONT-2	F-02-ONT-2
3	SP2-1-1-O3	ONT-3	F-03-ONT-3
4	SP2-1-1-O4	ONT-4	F-04-ONT-4
5	SP2-1-1-O5	ONT-5	F-05-ONT-5
6	SP2-1-1-O6	ONT-6	F-06-ONT-6

<b>Nro</b>	<b>Desde Splitter 2do</b>		<b>Nombre Fibra</b>
	<b>Nivel</b>	<b>ont</b>	
7	SP2-1-1-O7	ONT-7	F-07-ONT-7
8	SP2-1-1-O8	ONT-8	F-08-ONT-8
9	SP2-1-1-O9	ONT-9	F-09-ONT-9
10	SP2-1-1-O10	ONT-10	F-10-ONT-10
11	SP2-1-1-O11	ONT-11	F-11-ONT-11
12	SP2-1-1-O12	ONT-12	F-12-ONT-12
13	SP2-1-1-O13	ONT-13	F-13-ONT-13
14	SP2-1-1-O14	ONT-14	F-14-ONT-14
15	SP2-1-1-O15	ONT-15	F-15-ONT-15
16	SP2-1-1-O16	ONT-16	F-16-ONT-16
17	SP2-1-2-O1	ONT-17	F-05-ONT-17
18	SP2-1-2-O2	ONT-18	F-05-ONT-18
19	SP2-1-2-O3	ONT-19	F-05-ONT-19
20	SP2-1-2-O4	ONT-20	F-05-ONT-20
21	SP2-1-2-O5	ONT-21	F-05-ONT-21
22	SP2-1-2-O6	ONT-22	F-05-ONT-22
23	SP2-1-2-O7	ONT-23	F-05-ONT-23
24	SP2-1-2-O8	ONT-24	F-05-ONT-24
25	SP2-1-2-O9	ONT-25	F-05-ONT-25
26	SP2-1-2-O10	ONT-26	F-05-ONT-26
27	SP2-1-2-O11	ONT-27	F-05-ONT-27
28	SP2-1-2-O12	ONT-28	F-05-ONT-28
29	SP2-1-2-O13	ONT-29	F-05-ONT-29
30	SP2-1-2-O14	ONT-30	F-05-ONT-30
31	SP2-1-2-O15	ONT-31	F-05-ONT-31
32	SP2-1-2-O16	ONT-32	F-05-ONT-32

<b>Nro</b>	<b>Desde Splitter 2do</b>		<b>Nombre Fibra</b>
	<b>Nivel</b>	<b>ont</b>	
33	SP2-1-3-01	ONT-33	F-05-ONT-33
34	SP2-1-3-02	ONT-34	F-05-ONT-34
35	SP2-1-3-03	ONT-35	F-05-ONT-35
36	SP2-1-3-04	ONT-36	F-05-ONT-36
37	SP2-1-3-05	ONT-37	F-05-ONT-37
38	SP2-1-3-06	ONT-38	F-05-ONT-38
39	SP2-1-3-07	ONT-39	F-05-ONT-39
40	SP2-1-3-08	ONT-40	F-05-ONT-40
41	SP2-1-3-09	ONT-41	F-05-ONT-41
42	SP2-1-3-010	ONT-42	F-05-ONT-42
43	SP2-1-3-011	ONT-43	F-05-ONT-43
44	SP2-1-3-012	ONT-44	F-05-ONT-44
45	SP2-1-3-013	ONT-45	F-05-ONT-45
46	SP2-1-3-014	ONT-46	F-05-ONT-46
47	SP2-1-3-015	ONT-47	F-05-ONT-47
48	SP2-1-3-016	ONT-48	F-05-ONT-48
49	SP2-1-4-01	ONT-49	F-05-ONT-49
50	SP2-1-4-02	ONT-50	F-05-ONT-50
51	SP2-1-4-03	ONT-51	F-05-ONT-51
52	SP2-1-4-04	ONT-52	F-05-ONT-52
53	SP2-1-4-05	ONT-53	F-05-ONT-53
54	SP2-1-4-06	ONT-54	F-05-ONT-54
55	SP2-1-4-07	ONT-55	F-05-ONT-55
56	SP2-1-4-08	ONT-56	F-05-ONT-56
57	SP2-1-4-09	ONT-57	F-05-ONT-57
58	SP2-1-4-010	ONT-58	F-05-ONT-58

Nro	Desde Splitter 2do		Nombre Fibra Troncal
	Nivel	ont	
59	SP2-1-4-O11	ONT-59	F-05-ONT-59
60	SP2-1-4-O12	ONT-60	F-05-ONT-60
61	SP2-1-4-O13	ONT-61	F-05-ONT-61
62	SP2-1-4-O14	ONT-62	F-05-ONT-62
63	SP2-1-4-O15	ONT-63	F-05-ONT-63
64	SP2-1-4-O16	ONT-64	F-05-ONT-64
65	SP2-1-5-O1	ONT-65	F-05-ONT-65
66	SP2-1-5-O2	ONT-66	F-05-ONT-66
67	SP2-1-5-O3	ONT-67	F-05-ONT-67
68	SP2-1-5-O4	ONT-68	F-05-ONT-68
69	SP2-1-5-O5	ONT-69	F-05-ONT-69
70	SP2-1-5-O6	ONT-70	F-05-ONT-70
71	SP2-1-5-O7	ONT-71	F-05-ONT-71
72	SP2-1-5-O8	ONT-72	F-05-ONT-72
73	SP2-1-5-O9	ONT-73	F-05-ONT-73
74	SP2-1-5-O10	ONT-74	F-05-ONT-74
75	SP2-1-5-O11	ONT-75	F-05-ONT-75
76	SP2-1-5-O12	ONT-76	F-05-ONT-76
77	SP2-1-5-O13	ONT-77	F-05-ONT-77
78	SP2-1-5-O14	ONT-78	F-05-ONT-78
79	SP2-1-5-O15	ONT-79	F-05-ONT-79
80	SP2-1-5-O16	ONT-80	F-05-ONT-80
81	SP2-1-6-O1	ONT-81	F-05-ONT-81
82	SP2-1-6-O2	ONT-82	F-05-ONT-82
83	SP2-1-6-O3	ONT-83	F-05-ONT-83
84	SP2-1-6-O4	ONT-84	F-05-ONT-84

<b>Nro</b>	<b>Desde Splitter 2do</b>		<b>Nombre Fibra</b>
	<b>Nivel</b>	<b>ont</b>	
85	SP2-1-6-O5	ONT-85	F-05-ONT-85
86	SP2-1-6-O6	ONT-86	F-05-ONT-86
87	SP2-1-6-O7	ONT-87	F-05-ONT-87
88	SP2-1-6-O8	ONT-88	F-05-ONT-88
89	SP2-1-6-O9	ONT-89	F-05-ONT-89
90	SP2-1-6-O10	ONT-90	F-05-ONT-90
91	SP2-1-6-O11	ONT-91	F-05-ONT-91
92	SP2-1-6-O12	ONT-92	F-05-ONT-92
93	SP2-1-6-O13	ONT-93	F-05-ONT-93
94	SP2-1-6-O14	ONT-94	F-05-ONT-94
95	SP2-1-6-O15	ONT-95	F-05-ONT-95
96	SP2-1-6-O16	ONT-96	F-05-ONT-96
97	SP2-1-7-O1	ONT-97	F-05-ONT-97
98	SP2-1-7-O2	ONT-98	F-05-ONT-98
99	SP2-1-7-O3	ONT-99	F-05-ONT-99
100	SP2-1-7-O4	ONT-100	F-05-ONT-100
101	SP2-1-7-O5	ONT-101	F-05-ONT-101
102	SP2-1-7-O6	ONT-102	F-05-ONT-102
103	SP2-1-7-O7	ONT-103	F-05-ONT-103
104	SP2-1-7-O8	ONT-104	F-05-ONT-104
105	SP2-1-7-O9	ONT-105	F-05-ONT-105
106	SP2-1-7-O10	ONT-106	F-05-ONT-106
107	SP2-1-7-O11	ONT-107	F-05-ONT-107
108	SP2-1-7-O12	ONT-108	F-05-ONT-108
109	SP2-1-7-O13	ONT-109	F-05-ONT-109
110	SP2-1-7-O14	ONT-110	F-05-ONT-110

<b>Nro</b>	<b>Desde Splitter 2do</b>		<b>Nombre Fibra</b>
	<b>Nivel</b>	<b>ont</b>	
111	SP2-1-7-O15	ONT-111	F-05-ONT-111
112	SP2-1-7-O16	ONT-112	F-05-ONT-112
113	SP2-1-8-O1	ONT-113	F-05-ONT-113
114	SP2-1-8-O2	ONT-114	F-05-ONT-114
115	SP2-1-8-O3	ONT-115	F-05-ONT-115
116	SP2-1-8-O4	ONT-116	F-05-ONT-116
117	SP2-1-8-O5	ONT-117	F-05-ONT-117
118	SP2-1-8-O6	ONT-118	F-05-ONT-118
119	SP2-1-8-O7	ONT-119	F-05-ONT-119
120	SP2-1-8-O8	ONT-120	F-05-ONT-120
121	SP2-1-8-O9	ONT-121	F-05-ONT-121
122	SP2-1-8-O10	ONT-122	F-05-ONT-122
123	SP2-1-8-O11	ONT-123	F-05-ONT-123
124	SP2-1-8-O12	ONT-124	F-05-ONT-124
125	SP2-1-8-O13	ONT-125	F-05-ONT-125
126	SP2-1-8-O14	ONT-126	F-05-ONT-126
127	SP2-1-8-O15	ONT-127	F-05-ONT-127
128	SP2-1-8-O16	ONT-128	F-05-ONT-128
129	SP2-1-9-O1	ONT-129	F-05-ONT-129
130	SP2-1-9-O2	ONT-130	F-05-ONT-130
131	SP2-1-9-O3	ONT-131	F-05-ONT-131
132	SP2-1-9-O4	ONT-132	F-05-ONT-132
133	SP2-1-9-O5	ONT-133	F-05-ONT-133
134	SP2-1-9-O6	ONT-134	F-05-ONT-134
135	SP2-1-9-O7	ONT-135	F-05-ONT-135
136	SP2-1-9-O8	ONT-136	F-05-ONT-136

<b>Nro</b>	<b>Desde Splitter 2do</b>		<b>Nombre Fibra</b>
	<b>Nivel</b>	<b>ont</b>	
137	SP2-1-9-O9	ONT-137	F-05-ONT-137
138	SP2-1-9-O10	ONT-138	F-05-ONT-138
139	SP2-1-9-O11	ONT-139	F-05-ONT-139
140	SP2-1-9-O12	ONT-140	F-05-ONT-140
141	SP2-1-9-O13	ONT-141	F-05-ONT-141
142	SP2-1-9-O14	ONT-142	F-05-ONT-142
143	SP2-1-9-O15	ONT-143	F-05-ONT-143
144	SP2-1-9-O16	ONT-144	F-05-ONT-144
145	SP2-1-10-O1	ONT-145	F-05-ONT-145
146	SP2-1-10-O2	ONT-146	F-05-ONT-146
147	SP2-1-10-O3	ONT-147	F-05-ONT-147
148	SP2-1-10-O4	ONT-148	F-05-ONT-148
149	SP2-1-10-O5	ONT-149	F-05-ONT-149
150	SP2-1-10-O6	ONT-150	F-05-ONT-150
151	SP2-1-10-O7	ONT-151	F-05-ONT-151
152	SP2-1-10-O8	ONT-152	F-05-ONT-152
153	SP2-1-10-O9	ONT-153	F-05-ONT-153
154	SP2-1-10-O10	ONT-154	F-05-ONT-154
155	SP2-1-10-O11	ONT-155	F-05-ONT-155
156	SP2-1-10-O12	ONT-156	F-05-ONT-156
157	SP2-1-10-O13	ONT-157	F-05-ONT-157
158	SP2-1-10-O14	ONT-158	F-05-ONT-158
159	SP2-1-10-O15	ONT-159	F-05-ONT-159
160	SP2-1-10-O16	ONT-160	F-05-ONT-160
161	SP2-1-11-O1	ONT-161	F-05-ONT-161
162	SP2-1-11-O2	ONT-162	F-05-ONT-162

<b>Nro</b>	<b>Desde Splitter 2do</b>		<b>Nombre Fibra</b>
	<b>Nivel</b>	<b>ont</b>	
163	SP2-1-11-O3	ONT-163	F-05-ONT-163
164	SP2-1-11-O4	ONT-164	F-05-ONT-164
165	SP2-1-11-O5	ONT-165	F-05-ONT-165
166	SP2-1-11-O6	ONT-166	F-05-ONT-166
167	SP2-1-11-O7	ONT-167	F-05-ONT-167
168	SP2-1-11-O8	ONT-168	F-05-ONT-168
169	SP2-1-11-O9	ONT-169	F-05-ONT-169
170	SP2-1-11-O10	ONT-170	F-05-ONT-170
171	SP2-1-11-O11	ONT-171	F-05-ONT-171
172	SP2-1-11-O12	ONT-172	F-05-ONT-172
173	SP2-1-11-O13	ONT-173	F-05-ONT-173
174	SP2-1-11-O14	ONT-174	F-05-ONT-174
175	SP2-1-11-O15	ONT-175	F-05-ONT-175
176	SP2-1-11-O16	ONT-176	F-05-ONT-176
177	SP2-1-12-O1	ONT-177	F-05-ONT-177
178	SP2-1-12-O2	ONT-178	F-05-ONT-178
179	SP2-1-12-O3	ONT-179	F-05-ONT-179
180	SP2-1-12-O4	ONT-180	F-05-ONT-180
181	SP2-1-12-O5	ONT-181	F-05-ONT-181
182	SP2-1-12-O6	ONT-182	F-05-ONT-182
183	SP2-1-12-O7	ONT-183	F-05-ONT-183
184	SP2-1-12-O8	ONT-184	F-05-ONT-184
185	SP2-1-12-O9	ONT-185	F-05-ONT-185
186	SP2-1-12-O10	ONT-186	F-05-ONT-186
187	SP2-1-12-O11	ONT-187	F-05-ONT-187
188	SP2-1-12-O12	ONT-188	F-05-ONT-188

<b>Nro</b>	<b>Desde Splitter 2do</b>		<b>Nombre Fibra</b>
	<b>Nivel</b>	<b>ont</b>	
189	SP2-1-12-O13	ONT-189	F-05-ONT-189
190	SP2-1-12-O14	ONT-190	F-05-ONT-190
191	SP2-1-12-O15	ONT-191	F-05-ONT-191
192	SP2-1-12-O16	ONT-192	F-05-ONT-192
193	SP2-1-13-O1	ONT-193	F-05-ONT-193
194	SP2-1-13-O2	ONT-194	F-05-ONT-194
195	SP2-1-13-O3	ONT-195	F-05-ONT-195
196	SP2-1-13-O4	ONT-196	F-05-ONT-196
197	SP2-1-13-O5	ONT-197	F-05-ONT-197
198	SP2-1-13-O6	ONT-198	F-05-ONT-198
199	SP2-1-13-O7	ONT-199	F-05-ONT-199
200	SP2-1-13-O8	ONT-200	F-05-ONT-200
201	SP2-1-13-O9	ONT-201	F-05-ONT-201
202	SP2-1-13-O10	ONT-202	F-05-ONT-202
203	SP2-1-13-O11	ONT-203	F-05-ONT-203
204	SP2-1-13-O12	ONT-204	F-05-ONT-204
205	SP2-1-13-O13	ONT-205	F-05-ONT-205
206	SP2-1-13-O14	ONT-206	F-05-ONT-206
207	SP2-1-13-O15	ONT-207	F-05-ONT-207
208	SP2-1-13-O16	ONT-208	F-05-ONT-208
209	SP2-1-14-O1	ONT-209	F-05-ONT-209
210	SP2-1-14-O2	ONT-210	F-05-ONT-210
211	SP2-1-14-O3	ONT-211	F-05-ONT-211
212	SP2-1-14-O4	ONT-212	F-05-ONT-212
213	SP2-1-14-O5	ONT-213	F-05-ONT-213
214	SP2-1-14-O6	ONT-214	F-05-ONT-214

<b>Nro</b>	<b>Desde Splitter 2do</b>		<b>Nombre Fibra</b>
	<b>Nivel</b>	<b>ont</b>	
215	SP2-1-14-O7	ONT-215	F-05-ONT-215
216	SP2-1-14-O8	ONT-216	F-05-ONT-216
217	SP2-1-14-O9	ONT-217	F-05-ONT-217
218	SP2-1-14-O10	ONT-218	F-05-ONT-218
219	SP2-1-14-O11	ONT-219	F-05-ONT-219
220	SP2-1-14-O12	ONT-220	F-05-ONT-220
221	SP2-1-14-O13	ONT-221	F-05-ONT-221
222	SP2-1-14-O14	ONT-222	F-05-ONT-222
223	SP2-1-14-O15	ONT-223	F-05-ONT-223
224	SP2-1-14-O16	ONT-224	F-05-ONT-224
225	SP2-1-15-O1	ONT-225	F-05-ONT-225
226	SP2-1-15-O2	ONT-226	F-05-ONT-226
227	SP2-1-15-O3	ONT-227	F-05-ONT-227
228	SP2-1-15-O4	ONT-228	F-05-ONT-228
229	SP2-1-15-O5	ONT-229	F-05-ONT-229
230	SP2-1-15-O6	ONT-230	F-05-ONT-230
231	SP2-1-15-O7	ONT-231	F-05-ONT-231
232	SP2-1-15-O8	ONT-232	F-05-ONT-232
233	SP2-1-15-O9	ONT-233	F-05-ONT-233
234	SP2-1-15-O10	ONT-234	F-05-ONT-234
235	SP2-1-15-O11	ONT-235	F-05-ONT-235
236	SP2-1-15-O12	ONT-236	F-05-ONT-236
237	SP2-1-15-O13	ONT-237	F-05-ONT-237
238	SP2-1-15-O14	ONT-238	F-05-ONT-238
239	SP2-1-15-O15	ONT-239	F-05-ONT-239
240	SP2-1-15-O16	ONT-240	F-05-ONT-240

<b>Nro</b>	<b>Desde Splitter 2do Nivel</b>	<b>ont</b>	<b>Nombre Fibra Troncal</b>
241	SP2-1-16-O1	ONT-241	F-05-ONT-241
242	SP2-1-16-O2	ONT-242	F-05-ONT-242
243	SP2-1-16-O3	ONT-243	F-05-ONT-243
244	SP2-1-16-O4	ONT-244	F-05-ONT-244
245	SP2-1-16-O5	ONT-245	F-05-ONT-245
246	SP2-1-16-O6	ONT-246	F-05-ONT-246
247	SP2-1-16-O7	ONT-247	F-05-ONT-247
248	SP2-1-16-O8	ONT-248	F-05-ONT-248
249	SP2-1-16-O9	ONT-249	F-05-ONT-249
250	SP2-1-16-O10	ONT-250	F-05-ONT-250
251	SP2-1-16-O11	ONT-251	F-05-ONT-251
252	SP2-1-16-O12	ONT-252	F-05-ONT-252
253	SP2-1-16-O13	ONT-253	F-05-ONT-253
254	SP2-1-16-O14	ONT-254	F-05-ONT-254
255	SP2-1-16-O15	ONT-255	F-05-ONT-255
256	SP2-1-16-O16	ONT-256	F-05-ONT-256

## ANEXO G

### BALANCE DE POTENCIA

Atenuación de potencia máxima para la distancia máxima, entre OLT – ONT downStream o de bajada

Nombre de Fibra	Cantidad	Atenuación [dB]	Atenuación total [dB]
Atenuacion de la fibra optica para la maxima distancia (downStream)	1,27	0,35	0,44
Conector (dB/conector)	9	0,5	4,8
fusion (dB/ Fusion)	10	0,1	1
Atenuacion Splitter 1er nivel	1	7	7
Atenuacion Splitter 2do nivel	1	14	14
Atenuación por Splitters	N/A		21
Margen de reserva	N/A		3
Potencia de salida de OLT	N/A		2,5
Potencia recibida en ont maxima distancia	<b>-27,93 dBm</b>		

Atenuación de potencia para la distancia mínima, entre OLT – ONT downStream o de bajada

Nombre de Fibra	Cantidad	Atenuación [dB]	Atenuación [dB]
Atenuacion de la fibra optica para la minima distancia (downStream)	0,15	0,3	0,052
Conector (dB/conector)	9	0,5	4,8
fusion (dB/ Fusion)	10	0,1	1
Atenuacion Splitter 1er nivel	1	7	7
Atenuacion Splitter 2do nivel	1	14	14
Atenuación por Splitters	N/A		21
Margen de reserva	N/A		3

<b>Potencia de salida de OLT</b>	N/A		2,5
<b>Potencia recibida en ont distancia minima</b>	<b>-27,74 dBm</b>		

Atenuación de potencia para la distancia mínima, entre ONT – OLT UpStream o Subida

<b>Nombre de Fibra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Atenuación [dB]</b>	<b>Atenuación [dB]</b>
<b>Atenuacion de la fibra optica para la maxima distancia (UpStream)</b>	1,27	0,5	0,64
<b>Conector (dB/conector)</b>	9	0,5	4,8
<b>fusion (dB/ Fusion)</b>	10	0,1	1
<b>Atenuacion Splitter 1er nivel</b>	1	7	7
<b>Atenuacion Splitter 2do nivel</b>	1	14	14
<b>Atenuación por Splitters</b>	N/A		21
<b>Margen de reserva</b>	N/A		3
<b>Potencia de salida de ONT</b>	N/A		2,5
<b>Potencia recibida en olt distancia maxima</b>	<b>-26,94 dBm</b>		

Atenuación de potencia para la distancia mínima, entre ONT – OLT UpStream o de Subida

<b>Nombre de Fibra</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Atenuación [dB]</b>	<b>Atenuación [dB]</b>
<b>Atenuacion de la fibra optica para la minima distancia (UpStream)</b>	0,15	0,5	0,07
<b>Conector (dB/conector)</b>	9	0,5	4,8
<b>fusion (dB/ Fusion)</b>	10	0,1	1
<b>Atenuacion Splitter 1er nivel</b>	1	7	7
<b>Atenuacion Splitter 2do nivel</b>	1	14	14

<b>Atenuación por Splitters</b>	N/A		21
<b>Margen de reserva</b>	N/A		3
<b>Potencia de salida de OLT</b>	N/A		2,5
<b>Potencia recibida en olt distancia minima</b>	<b>-26,37 dBm</b>		

Autor: Ivo Rodrigo Sanjinez Yujra

Correo electrónico: ivosanjinez@gmail.com

Cel.: 77739479



2023-TTES-952-D-2

DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR  
Y DERECHOS CONEXOS  
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-2304/2023  
La Paz, 23 de Agosto del 2023

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **16 de Agosto del 2023**, por **IVO RODRIGO SANJINEZ YUJRA** con C.I. N° **9110124 LP.**, con número de trámite **DA 1189/2023**, señala la pretensión de inscripción de la Memoria Laboral titulada: "**SOFTWARE QGIS PARA EL DISEÑO DE RED FTTH CASO AXS BOLIVIA**", cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el "*Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración*".

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece "*Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión*". En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: "*la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios*".



"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"

Oficina Central - La Paz  
Av. Montes, N° 515,  
entre Esq. Uruguay y  
C. Batallón Illimani.  
Telfs.: 2195700  
2192716 - 219251

Oficina - Santa Cruz  
Av. Uruguay, Calle  
prolongación Quijarro,  
N° 25, Edif. Bicentenario.  
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba  
Calle Bolívar, N° 737,  
entre 16 de Julio y Antezana.  
Telfs.: 6144405 - 72042957

Oficina - El Alto  
Av. Juan Pablo II, N° 2560  
Edif. Multicentro El Ceibo  
Ltda. Piso 2, Of. 58,  
Zona 16 de Julio.  
Telfs.: 7144001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca  
Calle Kilómetro 7, N° 366  
casi esq. Uruvalgoitia,  
Zona Parque Bolívar.  
Telf.: 72009873

Oficina - Tarija  
Av. La Paz, entre  
Calles Giro Trigo y Avaroa  
Edif. Santa Clara, N° 245.  
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro  
Calle 6 de Octubre N° 5837  
entre Ayacucho y Junín,  
Galería Central, Of. 14.  
Telf.: 67201288

Oficina - Potosí  
Av. Muzón entre calles  
Wenceslao Alba y San Alberto,  
Edif. AM. Salinas N° 242,  
Primer Piso, Of. 17.  
Telf.: 72018160

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley Nº 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: "...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial".

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: "... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

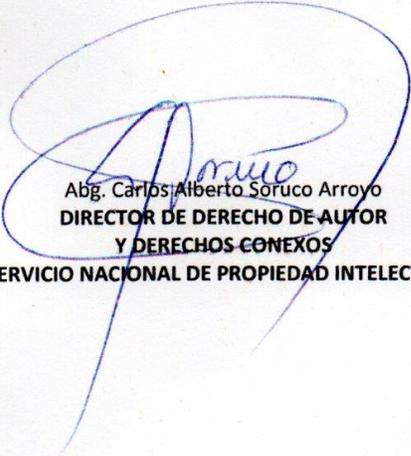
**POR TANTO**

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas

**RESUELVE:**

**INSCRIBIR** en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, la Memoria Laboral titulada: "**SOFTWARE QGIS PARA EL DISEÑO DE RED FTTH CASO AXS BOLIVIA**", a favor del autor y titular: **IVO RODRIGO SANJINEZ YUJRA** con C.I. Nº **9110124 LP.**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudiesen demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

  
Abg. Carlos Alberto Soruco Arroyo  
**DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR  
Y DERECHOS CONEXOS**

**SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL**



CASA/mxaa  
c.c.Arch.



**"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"**

Oficina Central - La Paz  
Av. Montes, Nº 915,  
entre Esq. Uruguay y  
C. Batallón Himnari,  
Telfs.: 2115700  
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz  
Av. Uruguay, Calle  
prolongación Quijarro,  
Nº 29, Edif. Bicentenario.  
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba  
Calle Bolívar, Nº 737,  
entre 16 de Julio y Antezana.  
Telfs.: 4144403 - 72042957

Oficina - El Alto  
Av. Juan Pablo II, Nº 2960  
Edif. Multicentro El Ceibo  
Ltda. Piso 2, Of. 58,  
Zona 16 de Julio.  
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca  
Calle Kilómetro 7, Nº 366  
casi esq. Urrutagolita,  
Zona Parque Bolívar.  
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija  
Av. La Paz, entre  
Calles Oro Tingo y Avenoa  
Edif. Santa Clara, Nº 243.  
Telf.: 72005286

Oficina - Oruro  
Calle 6 de Octubre Nº 5837  
entre Ayacucho y Junín,  
Galería Central, Of. 14.  
Telf.: 67201288

Oficina - Potosí  
Av. Villazón entre calles  
Wenceslao Alba y San Alberto,  
Edif. AM, Salinas Nº 242,  
Primer Piso, Of. 17.  
Telf.: 72018160

