



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRONICA Y REDES DE  
COMUNICACIÓN**

**DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA ÓPTICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA  
DWDM DESDE LA CIUDAD DE COTACACHI HASTA EL SECTOR DE  
APUELA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

**BENAVIDES FLORES ÁLVARO FERNANDO**

**Director:**

**MARCILLO ROBERTO, ING.**

Ibarra – Ecuador

2014

## CERTIFICACIÓN

Certifico que la Tesis “**DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA ÓPTICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA DWDM DESDE LA CIUDAD DE COTACACHI HASTA EL SECTOR DE APUELA**” ha sido realizada en su totalidad por el señor: **ÁLVARO FERNANDO BENAVIDES FLORES** portador de la cédula de identidad número: 1003566815



Ing. Roberto Marcillo  
**Director de Tesis**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, ALVARO FERNANDO BENAVIDES FLORES, con cédula de identidad Nro. 1003566815, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador; artículo 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: **“DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA ÓPTICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA DWDM DESDE LA CIUDAD DE COTACACHI HASTA EL SECTOR DE APUELA”**, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor reservo los derechos morales de la obra antes mencionada, aclarando que el trabajo aquí escrito es de mi autoría y que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte

.....  
Firma

Nombre: **ÁLVARO FERNANDO BENAVIDES FLORES**

Cédula: 1003566815

Ibarra a los 22 días del mes de Enero del 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR  
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital institucional determina la necesidad de disponer los textos completos de forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad. Por medio del presente documento de dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual ponemos a disposición la siguiente investigación:

**CÉDULA DE IDENTIDAD  
APELLIDOS Y NOMBRES  
DIRECCIÓN**

**EMAIL  
TELÉFONO FIJO  
TELÉFONO MÓVIL**

**DATOS DE CONTACTO**

1003566815  
BENAVIDES FLORES ALVARO FERNANDO  
Cda. Del Chofer II etapa, Calle Puerto Rico y Juan  
Martínez de Orbe  
[abf.alvaro@gmail.com](mailto:abf.alvaro@gmail.com)  
06-264-4875  
0998446295

**TÍTULO**

**AUTOR  
FECHA  
PROGRAMA  
TÍTULO DE OBTENCIÓN**

**DIRECTOR**

**DATOS DE LA OBRA**

"DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA ÓPTICA  
UTILIZANDO TECNOLOGÍA DWDM DESDE LA  
CIUDAD DE COTACACHI HASTA EL SECTOR DE  
APUELA"  
BENAVIDES FLORES ÁLVARO FERNANDO  
22 DE ENERO DEL 2014  
PREGRADO  
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE  
COMUNICACIÓN  
ING. ROBERTO MARCILLO

**2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA universidad**

Yo, ÁLVARO FERNANDO BENAVIDES FLORES, con cedula de identidad Nro. 1003566815, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y el uso del archivo digital en la biblioteca de la universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Firma

Nombre: ÁLVARO FERNANDO BENAVIDES FLORES  
Cédula: 1003566815  
Ibarra a los 22 días del mes de febrero del 2014

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo dedico a mis padres Edgar Benavides y Martha Flores por su esfuerzo único y constante apoyo, tanto en mi formación personal como en la profesional, así como también a mis dos hermanos Karen e Ismael por ser parte indispensable de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar quiero agradecer a Dios por ser quien dirige todo lo que sucede en mi vida y gracias a Él estoy culminando una etapa más de mi vida.

Agradezco a mis padres por todo el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de muchos años. Por realizar esfuerzos para que nunca me falte nada en la vida, y por su amor incondicional de no esperar nada a cambio más que mi propio bien.

Agradezco a mis hermanos Karen e Ismael por ser parte fundamental de mi vida, por compartir sus risas que me han dado fuerzas para seguir adelante y nunca desmayar.

A la empresa CNT E.P. por permitirme realizar mi trabajo de grado en tan prestigiosa empresa. Así como también a la Universidad Técnica del Norte por su formación profesional.

A mis amigos por compartir momentos inolvidables dentro y fuera de clases los cuales nos han servido para forjarnos en la vida como buenos profesionales y sobre todo como Personas.

# ÍNDICE

<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>ELEMENTOS DE RED DE FIBRA ÓPTICA .....</b>	<b>1</b>
1.1 Cables de Fibra Óptica. ....	1
1.1.1 Tubos de almacenamiento.....	1
1.1.2 Diseño de cable.....	1
1.1.2.1 Distribución.....	1
1.1.2.2 Breakout.....	2
1.1.2.3 De Buffer holgado (Loose Buffered). ....	3
1.2 Patch Panels.....	4
1.3 Bandejas de empalme.....	5
1.4 Mangas de Empalmes.....	6
1.5 Pedestales.....	7
1.6 Conectores.....	8
1.6.1 Principales Componentes (ver figura 5).....	10
1.6.2 Factores de los conectores.....	10
1.6.3 Clases de Conectores.....	11
1.6.3.1 ST (Set and Twist).....	11
1.6.3.2 LC (Lucent Connector).....	11
1.6.3.3 FC (Ferrule Connector).....	12
1.7 Empalmes.....	13
1.7.1 Cortado para empalme.....	15
1.7.2 Clases de Cortadoras.....	16
1.7.2.1 Cortadora de diamante.....	16
1.7.2.2 Cortadora de Carburo.....	16
1.7.2.3 Hand Scribe.....	17
1.7.3 Clases de Empalmes.....	17
1.7.3.1 Empalme Mecánico.....	17
1.7.3.2 Empalme por Fusión.....	18
1.8 Multiplexores ópticos.....	23
1.9 Amplificadores ópticos.....	25
1.9.1 Tipos de amplificadores.....	25
1.9.1.1 Amplificadores de línea.....	25
1.9.1.2 Preamplificador Front – End.-.....	26

1.9.1.3 Amplificador de Potencia.-.....	26
1.10 Generadores de luz. ....	28
1.11 Detección óptica. ....	30
1.12 Racks. ....	31
.....	<b>31</b>
1.13 OPTICAL DISTRIBUTION FRAME (ODF).....	31
1.14 Patchcords y pigtails. ....	32
1.15 Tapones de anclaje y sellado ....	33
1.16 Marcadores electrónicos ....	34
1.17 Cinta de advertencia. ....	34
1.18 Herrajes. ....	35
1.18.1 Herrajes para cables ADSS. ....	36
1.18.2 Preformados de retención o terminales.....	37
1.18.3 Preformados de Paso o Suspensión.....	37
1.18.4 Tensores.....	38
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>39</b>
<b>EQUIPOS QUE DISPONE CNT E.P. PARA TRANSMISIÓN DWDM .....</b>	<b>39</b>
2.1 EQUIPAMIENTO INSTALADO.....	39
2.2 RACKS.....	42
2.2.1 FIJACIÓN AL PISO ANTIESTÁTICO O PISO FALSO.....	42
2.2.2 PISO DE CEMENTO .....	46
2.3 SUB - RACKS. ....	48
2.4 TENDIDO DE CABLES ELÉCTRICOS.....	49
2.4.1 Cableado de energía. ....	49
2.4.1.1 Conexión directa a breakers del sistema rectificador.....	53
2.4.1.2 Proyección de una DC-BOX entre el Rack y rectificador.....	54
2.4.2 Cableado de Tierra.....	55
2.5 TENDIDO DE CABLES ÓPTICOS .....	57
2.5.1 Instalación de Patch cords .....	57
2.6 INSTALACIÓN DE ESCALERILLA Y FIBER RUNNER.....	61
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>63</b>
<b>CARACTERISTICAS DE LAS REDES DWDM .....</b>	<b>63</b>
3.1 Evolución de la tecnología DWDM.....	63
3.2 Tipos de Multiplexación .....	64
3.2.1 Multiplexación por división de Tiempo (TDM). ....	65



3.2.2 Multiplexación por división de onda (WDM).....	67
3.2.2.1 Características Claves de un Sistema WDM.....	69
3.2.2.2 Clases de WDM. ....	70
3.2.2.2.1 CWDM. (Coarse Wavelength Division Multiplexing) .....	70
3.2.2.2.1.1 Ventajas. ....	70
3.2.2.2.2 DWDM. (Dense Wavelength Division Multiplexing).....	71
3.2.2.2.2.1 Ventajas de DWDM.....	74
3.3 Funcionamiento DWDM .....	77
3.3.1 Transmisión DWDM. ....	79
3.3.1.1 Espaciamiento del canal.....	79
3.3.1.2 Dirección de la señal. ....	80
3.3.1.3 Ancho de Banda. ....	80
3.3.1.4 Codificación.....	81
3.3.1.5 Potencia de la señal. ....	83
3.3.1.6 Tasa de Bit errado (BER). ....	83
3.3.1.7 Señal a Ruido Óptico. ....	84
3.3.2 Componentes de un sistema DWDM.....	84
3.3.2.1 Emisores o Transponders.....	85
3.3.2.2 Multiplexor y Demultiplexor. ....	85
3.3.2.3 Fibra óptica. ....	89
3.3.2.3.1 Fibra no Desplazada al punto de Dispersión (NDSF).....	90
3.3.2.3.2 Fibra Desplazada al punto de Dispersión (DSF). ....	91
3.3.2.3.3 Fibra no Desplazada a cero el punto de dispersión (NZ-DSF).....	91
3.3.2.4 Amplificador Óptico. ....	92
3.3.2.5 Receptor Óptico. ....	96
3.3.2.5.1 Requerimientos de los Detectores ópticos.....	98
3.3.2.5.2 Diodos PIN.....	99
3.3.2.5.3 Fotodiodos de Avalancha (APD).....	100
3.3.3 Topologías de redes DWDM. ....	101
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>106</b>
<b>DISEÑO DE RED CON FIBRA ÓPTICA .....</b>	<b>106</b>
4.1 Enlace Actual de CNT E.P. ....	106
4.2 Equipos DWDM.....	109
4.2.1 OptiX OSN 6800.....	109
4.2.2 OptiX OSN 8800.....	112

4.3 Localización Geográfica de Área .....	117
4.4 Diseño DWDM.....	119
4.4.1 Longitud del enlace.....	120
4.4.2 Ancho de Banda.....	121
4.4.3 Tipo de fibra.....	123
4.4.4 Conector Óptico .....	126
4.4.5 Cálculos .....	130
4.4.5.1 Cálculo de presupuesto de pérdidas.....	131
4.4.5.1.1 Pérdida por Conectores .....	132
4.4.5.1.2 Pérdida por Empalmes.....	132
4.4.5.1.3 Pérdida por desgaste de Fibra .....	133
4.4.5.1.4 Pérdida por varios Factores .....	133
4.4.5.1.5 Dispersión Total .....	134
4.4.6 Tipo de Cable.....	136
4.4.7 Instalación aérea.....	139
4.4.7.1 Planificación Adecuada de Instalación.....	145
4.4.7.2 Instalación por postería.....	146
4.4.7.2.2 Método de Instalación de enrollado retractable/ fijo .....	148
4.4.7.2.2.1 Instalación del remolque.....	148
4.4.7.2.2.2 Instalación del cable. Extracción del cable.....	149
4.4.7.2.2.3 Colocación de soportes de cable .....	150
4.4.7.2.2.4 Tensión del cable .....	150
4.4.8 Ruta en Planos .....	150
4.4.9 Elementos Adicionales.....	161
4.4.9.1 Herrajes.....	161
4.4.9.2 Tensores.....	163
4.4.9.3 Mangas de Empalme.....	165
4.4.9.4 ODFs .....	165
4.4.9.5 Pigtails y Patch Cords .....	165
4.4.10 Resumen de Materiales.....	166
4.4.11 Presupuesto.....	167
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>168</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>170</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>173</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>175</b>

Todos los anexos se encuentran en el CD adjunto .....	175
Anexo 1 Planos AutoCAD .....	175
Anexo 2 Estándar de fibra óptica ITU – T G.655 .....	175
Anexo 3 Estándar DWDM ITU-T G.694.1 .....	175
Anexo 4 Optix OSN6800 Product Overview .....	175
Anexo 5 Optix OSN8800 Product Overview .....	175
Anexo 6 Fotos. ....	175

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ejemplo de Patch Panels de Fibra Óptica.....	5
Figura 2. Ejemplos de Bandejas de Empalme para Fibra Óptica .....	6
Figura 3. Mangas de Empalme para Fibra Óptica .....	7
Figura 4. Pedestal de patcheo para fibra óptica .....	7
Figura 5. Conector y sus principales componentes. ....	9
Figura 6. Conector ST y sus componentes principales.....	11
Figura 7. Conector LC para fibra óptica .....	12
Figura 8. Conectores LC hembras y machos para fibra óptica.....	12
Figura 9. Conector FC y su acoplador.....	13
Figura 10. Cortadora de Diamante y sus componentes.....	16
Figura 11. Cortadora de Carburo y sus componentes. ....	17
Figura 12. Hand Scribe de diamante (Izq.) y Hand Scribe de Zafiro (Der.) .....	17
Figura 13. Sistema de Alineamiento de Perfil (PAS) .....	19
Figura 14. Técnica de empalme de Inyección y Detección Local (LID).....	20
Figura 15. Imagen de un OTDR detectando problemas en una fibra. ....	23
Figura 16. Ejemplo de un enlace multiplexado de lado y lado. ....	24
Figura 17. Amplificador de Línea. ....	26
Figura 18. Preamplificador Front – End. ....	26
Figura 19. Amplificador de Potencia.....	27
Figura 20. Amplificador de potencia a mitad de camino.....	28
Figura 21. Diferencia de salida entre un generador láser y un generador de luz LED.....	29
Figura 22. Racks instalados en CNT E.P.....	31
Figura 23. Optical Distribution Frame (ODF).....	32
Figura 24. Patchcord (Izq.) y Pigtail (Der.) .....	32
Figura 25. Diferentes clases de Tapones.....	33
Figura 26. Marcadores Electrónicos.....	34
Figura 27. Cintas de Advertencia .....	35
Figura 28. Herrajes Terminales. ....	36
Figura 29. Herrajes de Paso. ....	36
Figura 30. Herrajes de retención y ubicación en los postes. ....	37
Figura 31. Herrajes de retención y su manera de colocación.....	37
Figura 32. Preformados de paso o Suspensión.....	38
Figura 33. Tipos de Tensores y ubicación. ....	38
Figura 34. Diferentes tipos de subracks.....	41
Figura 35. Diagrama pernos de fijación para soporte de rack N63B .....	42
Figura 36. Diagrama de fijación de los expansivos en el piso falso para fijar gabinete .....	43
Figura 37 Ajuste de la altura de la base de fijación del rack al piso falso .....	44
Figura 38. Pasos a seguir para la correcta instalación del Gabinete.....	45
Figura 39. Distribuciones que más se repiten en las diferentes estaciones de CNT EP.....	46
Figura 40. Pernos de fijación para rack N63 .....	47
Figura 41. Fijación de rack en piso falso .....	47
Figura 42 : Sitio ROADM con un único OSN 8800.....	48
Figura 43. Ubicación de cables de energía sobre escalerilla.....	50

Figura 44. Ingreso de cables hacia el Gabinete por la parte superior .....	50
Figura 45. Fijación del cable a la PDU tanto lado A cómo lado B.....	51
Figura 46. Ingreso de cables hacia el Gabinete por la parte inferior .....	51
Figura 47. Recorrido de cables en el interior del gabinete .....	52
Figura 48. Tipo de conector que usa el equipo OSN 6800.....	52
Figura 49. Tipo de conector que usa el equipo OSN 8800.....	53
Figura 50. Esquema de conexión PDU de rack hacia rectificador.....	54
Figura 51. Esquema de conexión PDU de rack hacia DC Box y hacia rectificador .....	54
Figura 52. Conexiones dentro de una DC Box doble fuente .....	55
Figura 53. Aterramiento de racks .....	56
Figura 54. Aterramiento de Subracks .....	56
Figura 55. Instalación de Patchcords dentro del gabinete .....	57
Figura 56. Instalación de Patchcords para alcanzar tarjetas del subrack .....	58
Figura 57. Instalación de Patchcords utilizando fiber runner .....	59
Figura 58. Bandejas de fibra óptica.....	60
Figura 59. Orden de cable de fibra óptica.....	60
Figura 60. Organización de patchcords dentro de las bandejas de los ODF.....	61
Figura 61. Instalación de escalerillas y fiber runners.....	62
Figura 62. Aterrizaje de escalerillas .....	62
Figura 63. Evolución de la Tecnología DWDM .....	64
Figura 64. Esquema básico de multiplexación.....	65
Figura 65. Concepto de TDM .....	66
Figura 66. Esquema WDM .....	68
Figura 67. Sistema WDM unidireccional.....	68
Figura 68. Sistema WDM bidireccional.....	69
Figura 69. Principio DWDM.....	72
Figura 70. Tecnología TDM con DWDM.....	73
Figura 71. Esquema de un sistema DWDM.....	77
Figura 72. Codificación NRZ y RZ.....	82
Figura 73. Multiplexación y demultiplexación en un sistema Unidireccional .....	86
Figura 74. Multiplexación y Demultiplexación en un sistema Bidireccional .....	86
Figura 75. Demultiplexación por refracción de un prisma. ....	87
Figura 76. Difracción de Longitud de ondas por rejilla. ....	88
Figura 77. Matriz de Rejillas de Guías de Onda (AWG).....	89
Figura 78. Dispersión y longitud de onda .....	90
Figura 79. Diseño de un amplificador de fibra dopada de Erblio. ....	93
Figura 80. Amplificador Raman.....	95
Figura 81. Curva de ganancia Compuesta.....	96
Figura 82. Esquema de un receptor óptico.....	97
Figura 83. Conversión de Receptor óptico.....	97
Figura 84. Arquitectura Punto a Punto .....	103
Figura 85. Hub DWDM y Arquitectura de anillo Satelital .....	104
Figura 86. Arquitectura de Malla. ....	104
Figura 87. Arquitectura de malla y Anillo unidas un una arquitectura punto a punto.....	105
Figura 88. Enlaces de la Regional 1. ....	107
Figura 89. Enlace Radiofrecuencia Utilizable. ....	108

Figura 90. Topología Punto a Punto.....	109
Figura 91. Estructura general de la red WDM .....	110
Figura 92. Caja de distribución de potencia de OptiX OSN 6800.....	110
Figura 93. Subrack de OptiX OSN 6800 .....	111
Figura 94. Zona de Interfaz de OptiX OSN 6800 .....	111
Figura 95. DC PDU de OptiX OSN 8800 .....	113
Figura 96. Subrack T32 OptiX OSN 8800 .....	114
Figura 97. Subrack T64 OptiX OSN 8800 .....	114
Figura 98. Transponders TN55NS3 y TN53ND2 de OptiX OSN 8800 .....	115
Figura 99. Multiplexor M40 y Demultiplexor D40 de OptiX OSN 8800 .....	116
Figura 100. Configuración de 80 canales .....	117
Figura 101. Zona de Intag .....	119
Figura 102. Diagrama Unifilar desde Cotacachi a Apuela.....	120
Figura 103: Longitud del Enlace (Anexo 1).....	121
Figura 104. Valores de Dispersión Nominal de la fibra G.655. ....	125
Figura 105. Conector LC.....	126
Figura 106. Vistas de fibras pulidas por Microscopio. ....	129
Figura 107: Fusión representada en AutoCAD.....	133
Figura 108. Presupuesto de pérdidas de enlace.....	135
Figura 109. Presupuesto de Transmisión Monomodo.....	136
Figura 110. Fibra Óptica ADSS Monomodo de 6 hilos .....	138
Figura 111. Central CNT E.P. Cotacachi.....	140
Figura 112. Postería Vía a Cuicocha .....	141
Figura 113. Postería vía a la Zona de Intag .....	141
Figura 114. Entrada a la Zona de Intag. ....	142
Figura 115. Postería de media Tensión hacia Apuela. ....	142
Figura 116. Postería al Sector de Apuela. ....	143
Figura 117. Sector de Apuela. ....	143
Figura 118. Postería en el Sector de Apuela. ....	144
Figura 119. Central CNT. E.P. Apuela. ....	144
Figura 120. Instalación de fibra óptica por el método de desplazamiento de carrete.....	148
Figura 121. Instalación de fibra óptica por el método de desplazamiento de carrete.....	149
Figura 122: Recorrido de la fibra representada en AutoCAD .....	151
Figura 123. Reserva de Cable de Fibra óptica con Manga de Empalme.....	151
Figura 124: Reserva representada en AutoCAD .....	152
Figura 125: Código de Postería .....	161
Figura 126. Herraje Preformado de retención.....	162
Figura 127: Herraje tipo A en AutoCAD .....	162
Figura 128. Herraje de paso.....	163
Figura 129: Herraje tipo B en AutoCAD .....	163
Figura 130. Tensor de Fibra óptica.....	164
Figura 131: Tensor en AutoCAD.....	164

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de las clases de cables por su diseño.....	2
Tabla 2. TIA/EIA. 598 a Estándar de código de color de fibra óptica.....	4
Tabla 3. Identificación de Colores de Cableado.....	49
Tabla 4. Características de APDs comunes. ....	101
Tabla 5. Tipos de Fibras Monomodo.....	124
Tabla 6. Información técnica conector LC.....	127
Tabla 7. Desempeño de conector LC. ....	128
Tabla 8. Características de funcionamiento ND2.....	130
Tabla 9. Características de funcionamiento NS3 .....	131
Tabla 10. Características Mecánicas, Ambientales y Ópticas .....	139
Tabla 11. Colores de las Fibras Ópticas y tubos Holgados .....	139
Tabla 12. Distribución de Reservas, Fusiones, Herrajes y Tensores en Postes de los Planos del Anexo 1 .....	152
Tabla 13. Resumen de Materiales.....	166
Tabla 14. Presupuesto Referencial del Diseño.....	167

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo describir el diseño de una red de fibra óptica punto a punto mediante la tecnología DWDM desde una zona urbana hacia una zona rural.

El primer capítulo describe cada uno de los elementos en general que utiliza la fibra óptica como son multiplexores, amplificadores, bandejas de empalme, pigtails, patch cords, clases de fibras, etc., que son fundamentales para la instalación de una red de fibra óptica

El segundo capítulo describe los quipos que presenta la Corporación Nacional de Telecomunicaciones para la transmisión DWDM así como la instalación de la central en donde se encuentran los equipos.

El Tercer capítulo describe todos los términos DWDM usados en la red a diseñar incluyendo los términos a calcular como son la dispersión, atenuación, dirección de la señal, en sí el funcionamiento que presenta DWDM.

El cuarto capítulo describe el diseño de la red de fibra óptica para el sector de Apuela, incluyendo los cálculos correspondientes, tipo de cable, tipo de fibra, atenuaciones de los enlaces, etc., enumerando todos los elementos necesarios para el diseño presentado.



## **SUMMARY**

This project describes the fiber optic design network, point to point using DWDM technology from an urban area to a rural area.

The first chapter describes each of the elements in general that uses optical fiber such as multiplexers, amplifiers, splice trays, pigtails, patch cords, fiber classes, etc., that are essential for the installation of a fiber optic network

The second chapter describes the equipment having the “Corporación Nacional de Telecomunicaciones” for DWDM transmission as well as the installation of the plant where the equipment is.

The third chapter describes all terms used in DWDM network design including terms such as calculating the dispersion, attenuation, signal direction, the operation itself presents DWDM.

The fourth chapter describes the fiber optic design network for Apuela sector, including the calculations, cable type, fiber type, attenuation of links, etc., listing all the elements necessary for the design presented.

# CAPITULO I

## ELEMENTOS DE RED DE FIBRA ÓPTICA

### 1.1 Cables de Fibra Óptica.

#### 1.1.1 Tubos de almacenamiento.

Todo cable de fibra óptica debe contener a las fibras en los tubos de almacenamiento que es la primera capa de plástico ubicada alrededor de la fibra; esta puede ser de tubo flojo o como se la llamaría en inglés loose tube que presenta un diámetro entre 2 a 3 mm, o a su vez puede ser de tubo estrecho (tight buffered) que quiere decir que contiene a las fibras de manera apretada, con un diámetro de 0,9mm. (Beltrán Juan Pablo, 2012)

#### 1.1.2 Diseño de cable.

Al decir diseño nos referimos a la manera de empacar la fibra óptica por lo que la clasificación más importante es ya sea como buffer estrecho (tight) o de buffer holgado (loose).

##### *1.1.2.1 Distribución.*

Este diseño de cable es el más pequeño de los tipos de cable, estos cables son diseñados para segmentos punto a punto donde el espacio es una preocupación. Como todo cable para que pueda ser empleado debe cumplir con todos los códigos eléctricos nacionales para que pueda ser utilizado para diferentes aplicaciones. Se han encontrado cables de distribución de hasta 1008 fibras. Sus buffer estrechos presentan un recubrimiento de 900um y no tienen miembros de

fuerza individuales como los cables de buffer estrecho. Sus diferencias con otros cables de puede observar en la tabla 1.

### ***1.1.2.2 Breakout.***

Este estilo es de buffer estrecho, pero es diferente que el cable de buffer holgado debido a que cada una de las fibras cubiertas de 900um tiene su propio buffer y chaqueta exterior, a esto se le agrega que las sub unidades pueden variar en diámetros desde 1.1nm a 3.0nm. Estos cables están diseñados para soportar grandes presiones de estiramiento por lo que los conectores pueden ser terminados directamente en cada sub unidad. Sus diferencias con otros cables de puede observar en la Tabla 1.

***Tabla 1. Comparación de las clases de cables por su diseño.***

<b>Parámetro</b>	<b>Tight Tube</b>		<b>Loose Tube</b>
	<b>Distribución</b>	<b>Breakout</b>	
Peso	Liviano	Pesado	Medio
Tamaño	Pequeño	Grande	Medio
Radio de Curvatura	Pequeño	Grande	Medio
Micro curvatura	Mayor	Medio	Menor
Flexibilidad	Medio	Mejor	Peor
Resistencia Impacto	Menor	Medio	Mejor
Resistencia al Aplastamiento	Medio	Medio	Mejor
Cambio de atenuación a bajas temperaturas	Alto	Alto	Menor

*Fuente:* (Beltrán Juan Pablo, 2012)

### ***1.1.2.3 De Buffer holgado (Loose Buffered).***

Estos cables de tubo holgado son presentes en dos estilos principales que puede ser los hilados y los de tubo central; en ambos diseños las fibras ópticas están holgadas dentro del tubo del buffer por lo que permite ser ligeramente más larga que su cavidad de confinamiento, permitiendo el movimiento de la fibra dentro del cable. Esto es muy importante para las instalaciones en exterior donde la temperatura varía causando que el cable se pueda expandir o se pueda contraer. Sus diferencias con otros cables de puede observar en la Tabla 1. (Beltrán Juan Pablo, 2012)

En esta clase de diseño el tubo de buffer que contiene la fibra está usualmente relleno con un viscoso gel que permite repeler el agua en caso de filtraciones, por lo que en algunas fibras para reparación se puede utilizar polvo o taipe. Siendo este tipo de diseño el más común y más utilizado, los cables de tubo holgado pueden ser provistos en varias aplicaciones, incluyendo los armados de exteriores e interiores, soporte para comunicaciones totalmente dieléctricos, cables de tierra de potencia óptica.

El cable de buffer holgado al presentar varios tubos que contienen las fibras, estos son separados con tubos de color codificados que se repiten con el mismo código de color, el código de colores de los buffers del cable de fibra óptica se puede observar en el Tabla 2.

**Tabla 2. TIA/EIA. 598 a Estándar de código de color de fibra óptica.**

	1 = Azul
	2 = Naranja
	3 = Verde
	4 = Marrón
	5 = Gris
	6 = Blanco
	7 = Rojo
	8 = Negro
	9 =Amarillo
	10 =Violeta
	11 = Rosa
	12 =Celeste

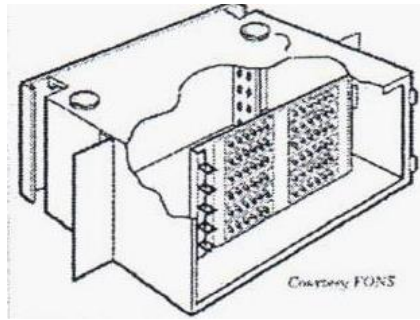
*Fuente:* (Olls Daniel, 2012)

## **1.2 Patch Panels.**

Los patch panels proveen una función de Cross conexión para proveer interconectividad entre los transmisores y receptores con los cables de planta externa (Figura 1). Además puede ser usado para proveer ruteo hacia o desde splitters ópticos, multiplexadores de longitud de onda y amplificadores ópticos.

Otra función de los patch panels es el proveer acceso físico para usar en pruebas y resolución de problemas sobre la fibra. Provee el punto de acceso para probar la OSP/ODN y para probar potencias del transmisor y receptor.

Es indispensable saber ordenar patch panels ya que se puede escoger de manera errónea las diferentes entradas. Además se debe considerar el crecimiento, etiquetamiento, ruteo del cable y la facilidad de acceso que se pueda obtener a cada uno de los patch panels que se pretenda utilizar. (Beltrán Juan Pablo, 2012)



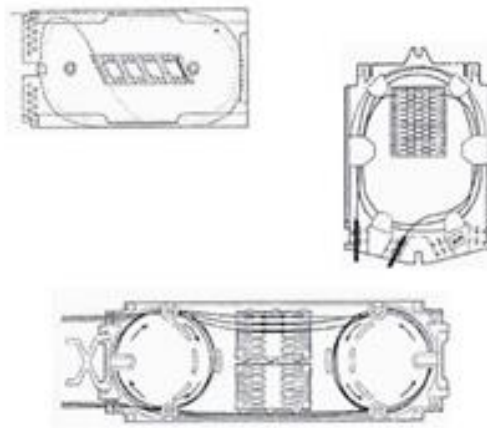
***Figura 1 Ejemplo de Patch Panels de Fibra Óptica.***

*Fuente:* (Beltrán Juan Pablo, 2012)

### **1.3 Bandejas de empalme.**

La administración efectiva de la fibra es la clave para todas las operaciones de empalme, además, podría representar el mayor tiempo de vida útil a lo largo de muchos años. Normalmente esta administración es encontrada en paneles distribuidores de fibra a lo que se refiere en interiores, cajas de planta externa y la mayoría de puntos de terminación. Hay varios métodos de administración en bandejas y son normalmente dados por el fabricante, como se puede observar en la figura 2.

Las claves esenciales que necesitan ser indicadas para la adecuada administración de la fibra son el almacenamiento de la reserva, el seguido de la fibra y la adecuada identificación de los hilos de fibra; si no se sigue las especificaciones de los fabricantes, se podría conseguir pérdidas elevadas de macro y micro curvaturas en las bandejas de almacenamiento. Además si no se lleva un adecuado etiquetamiento, se genera una gran pérdida de tiempo y esto es clave en especial en mantenimiento correctivos.



***Figura 2. Ejemplos de Bandejas de Empalme para Fibra Óptica***

*Fuente:* (Beltrán Juan Pablo, 2012)

## **1.4 Mangas de Empalmes.**

Las mangas de empalme son diseñadas para empalmar dos o más hilos de un cable a otro. La caja o manga puede permitir un fácil spliteo o ruteo de cables de fibra óptica desde múltiples ubicaciones. La caja o manga de empalme debe ser sellada ambientalmente para proteger las fibras. Las mangas deberían ser reinstaladas nuevamente. (Ver figura 3).

Las cajas o mangas de empalme deben ser compatibles o por lo menos concordar con la fibra que se está utilizando para que pueda abarcar toda la capacidad del cable de acuerdo a las fibras que presenten para poder tener una mejor organización de empales y fibras en su interior y evitar micro curvaturas que presenten pérdidas en la comunicación.

Se debe tomar en cuenta que la caja o manga de empalme debe permitir el re-empalmado de las fibras en caso de que el empalme inicial falle, permitiendo que el cable de fibra óptica llegue adecuadamente a la empalmadora y a su vez en su interior las fibras puedan acomodarse al movimiento de las mismas por los cambios térmicos que puede presentar.



**Figura 3. Mangas de Empalme para Fibra Óptica.**

*Fuente:* (AFL, 2015)

### **1.5 Pedestales.**

Los pedestales pueden proveer ruteo de fibra óptica, almacenamiento, patcheo y capacidad de empalme. El almacenamiento y ruteo de cable está en la base una vez que la fibra del cable es expuesta, entonces puede ser utilizada similarmente como una manga o gabinete. Los pedestales tienden a ser más pequeños que los distribuidores de fibra y proveen una opción para servir áreas y vecindarios.

Cuando se considera qué tipo de conector protegerá cada componente de un sistema óptico, se debe pensar si el montaje contiene splitters, electrónica, backups de batería, seguridad, alarmas. Esto determinará el tamaño y el estilo del montaje del pedestal.



**Figura 4. Pedestal de patcheo para fibra óptica**

*Fuente:* (Shenzhen Sopto Technology Co., 2010)



## 1.6 Conectores.

Los conectores ofrecen un medio mecánico para las partes terminales de las fibras ópticas hacia otras fibras o para activar dispositivos cuales conectaran transmisores, receptores y cables en enlaces operativos.

Lo primero que se debe tomar en cuenta en un conector de fibra óptica es cuanto minimiza la pérdida óptica a través de la interface de las fibras acopladas. Algunos conectores de alto rendimiento están clasificados como aquellos con menos de 0.75 dB de pérdida en aplicaciones de premisas y 0.1 dB para aplicaciones monomodo de alta velocidad. Las pérdidas ocurren por un acople inexacto de las fibras y por la condición de las superficies de los extremos de la fibra. (Beltrán Juan Pablo, 2012)

Como segundo punto para tomar en cuenta en un conector de fibra óptica es la de proveer mecánica, ambiental y estabilidad a la unión acoplada es decir debe ser un acoplamiento puro, que no presente impurezas y el acoplamiento sea exacto para que durante una transmisión no pueda variar la señal óptica transmitida.

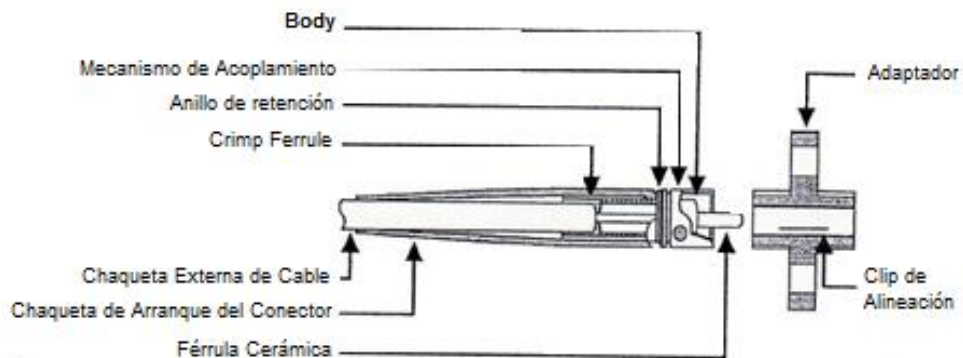
Existe un tercer punto a tratar en lo hay que tomar en cuenta con los conectores ópticos que la de minimizar reflexiones manteniendo el contacto físico entre las superficies de la fibra. Un conector ideal tendrá las siguientes características:

- Físicamente pequeño
- Utiliza un esquema de alineación de la fibra permitiendo bajas pérdidas
- Tener bajos valores de reflectancia
- Ser de construcción fuerte
- Ser fácilmente terminado en campo.

- Ofrecer excelente protección de la fibra y el cable.
- Ser de costo moderado.

Para poder minimizar las pérdidas de potencia óptica a través del acople de fibras, se debe cumplir con algunas condiciones como es la de la terminación de la fibra que debe ser ópticamente plana, como es el caso para las fibras Multimodo, a su vez debe ser radiada o angulada de acuerdo al acople necesitado y por último la más importante, la alineación que deben presentar las dos fibras deber ser precisa para prevenir grandes reflexiones en los acoples. (Beltrán Juan Pablo, 2012)

La prevención de grandes reflexiones en los conectores se proviene con técnicas como terminaciones de contacto físico, aunque las fibras también pueden ser pulidas en ángulos o esféricamente.



**Figura 5. Conector y sus principales componentes.**

*Fuente:* (Beltrán Juan Pablo, 2012)

### **1.6.1 Principales Componentes (ver figura 5).**

- Chaqueta Externa.- Diseñado para proveer ajuste del cable en el interface conector/cable
- Cuerpo.- Una parte típicamente de metal o plástico del conector que provee el centrado y estabilización de la fibra.
- Férula.- La parte de precisión de un conector óptico que provee el centrado y estabilización de la fibra. La fibra óptica es retenida en esta parte ya sea por adhesivo o por técnicas de crimpado. Usualmente consiste de un material fuerte como la cerámica, tungsteno, acero inoxidable. Típicamente el diámetro de la férula es de 1.25 mm o 2.5 mm.

### **1.6.2 Factores de los conectores.**

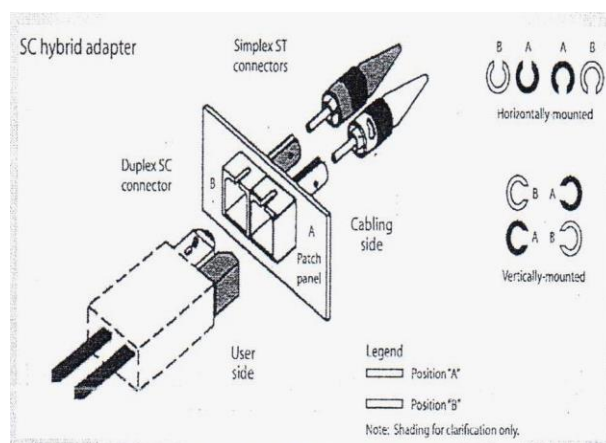
A factores de los conectores nos referimos a que es lo que se debe mirar en un conector para que no presente pérdidas. (Beltrán Juan Pablo, 2012)

- Baja pérdida (atenuación) – 0,1 dB por ITU-T G.671
- Repetibilidad – 0.2 dB por Telcordia GR-326-CORE
- Reflectividad -35 dB por ITU-T G.671
- Fuerza
- Pérdida de Inserción
  - 0.1 dB por la ITU-T G.671
  - 0.75 dB pérdida máxima por TIA/EIA-568-B.3

### 1.6.3 Clases de Conectores.

#### 1.6.3.1 ST (*Set and Twist*).

Esta clase de conector es reconocido por sólo un estándar (IEEE 10 BASE F). Disponible en versiones ST y STI, tiene una férula y utiliza un movimiento de empujar y doblar para conectarse al adaptador. Es usado en aplicaciones Multimodo y Monomodo. (Ver figura 5):



**Figura 6.** Conector ST y sus componentes principales.

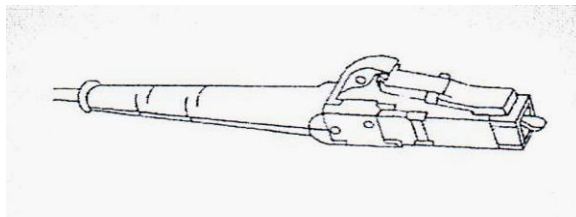
Fuente: (Beltrán Juan Pablo, 2012)

#### 1.6.3.2 LC (*Lucent Connector*).

Este conector es mucho más pequeño que el conector SC (Set and Connect) por lo tanto más comercial y utilizado, este conector fue diseñado como un conector push/pull, tiene una férula de 1.25 mm y un mecanismo externo de prensilla para un diseño compacto (ver figura 7). Puede ser utilizado para MM (Multimode) o SM (Simplex Mode). (Beltrán Juan Pablo, 2012)

Debido a su pequeño tamaño, se puede incrementar el número de conexiones en los paneles de interconexión, armarios y mangas hasta en un 50%. (Ver figura 8)

- Pérdida de inserción Monomodo = 0.1 dB – Pérdida de retorno  $\geq$  30 dB
- Pérdida de inserción Multimodo = 0.2 dB – Pérdida de retorno  $\geq$  50 dB



**Figura 7. Conector LC para fibra óptica**

*Fuente:* (Beltrán Juan Pablo, 2012)

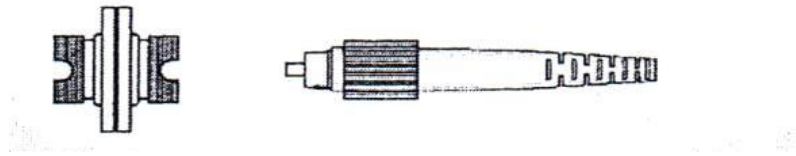


**Figura 8. Conectores LC hembras y machos para fibra óptica.**

*Fuente:* (Nahomy Nancy, 2013)

### **1.6.3.3 FC (Ferrule Connector)**

Es un conector simple con características de ingreso y férula de 2.5 mm, es popular en sistemas SM y de laboratorio (ver figura 9). Fue desplazado por los conectores SC y LC, aunque son muy utilizados para uso de entornos con altas vibraciones.



**Figura 9. Conector FC y su acoplador.**

*Fuente:* (Beltrán Juan Pablo, 2012)

## **1.7 Empalmes.**

Se denomina empalme óptico a la unión de dos fibras ópticas para poder maximizar la transmisión de luz de una fibra a otra.

Existen varios aspectos que afecta el rendimiento de un empalme óptico:

- Se puede obtener una mala alineación de las fibras lo que la tolerancia de la fibra disminuye y por lo tanto su efectividad de transmisión. El revestimiento puede variar en  $\pm 1$  en relación con la otra fibra que se está empalmando; así como también puede variar de la misma manera las dimensiones el núcleo.
- La estructura de la fibra puede variar de acuerdo con el fabricante y al momento de querer empalmar una fibra de un fabricante con la de otro, pueden no tener las mismas características y no ser la misma fibra que se está utilizando y se presentarán pérdidas al momento de la transmisión por lo que el empalme es deficiente.
- Al ser un empalme mecánico puede existir reflectividad por pequeñas fallas lo que afecta al rendimiento del sistema.
- Las herramientas de cortado pueden deteriorar el empalme, ya que la calidad de la cuchilla puede dejar micro roturas no perfectas y realizar un

empalme defectuoso, además se debe tomar en cuenta la longitud de corte que se va a realizar en el empalme para que no exceda el límite, mientras más cortes se emplee a lo largo de la fibra para realizar empalmes mayor será la deficiencia del rendimiento de la fibra óptica.

- Tomar en cuenta en el sitio en donde realizar los empalmes ya que la humedad y temperatura los afectarían, al producir micro moléculas de agua que pueden difractar la luz emitida por la fibra, así como las impurezas que puede presentar el medio ambiente como el polvo o suciedades microscópicas, por lo cual la limpieza es uno de los aspectos muy importantes a tomar en cuenta en los empalmes de las fibras ópticas.
- Aunque se tenga las mejores herramientas la fibra óptica no se empalma sola, es necesario un técnico especializado para realizar dichos empalmes es por eso que la calidad del empalme puede variar de acuerdo a la habilidad del técnico por lo que es la más importante al realizar dichos procesos, el cuál debe poseer el equipamiento necesario para realizar todos los procedimientos necesarios para que el empalme óptico tenga un buen rendimiento en el sistema.
- Para que el empalme óptico tenga una buena duración y no afecten en nada el rendimiento del sistema en el transcurso del tiempo se debe colocar buenos protectores de fusión y en una adecuada ubicación, los cuales protegen al empalme de efectos mecánicos como aplastamiento o tracción al momento de manipular la fibra óptica. (Beltrán Juan Pablo, 2012)

### 1.7.1 Cortado para empalme.

Existen varias cuestiones a considerar en el cortado de la fibra óptica:

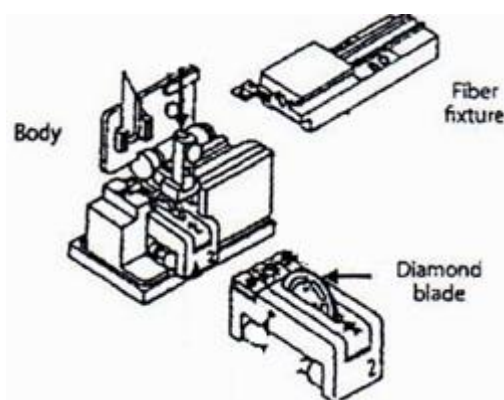
- a. **Exactitud.**- La herramienta que se va a utilizar en el cortado de la fibra debe ser exacta, entre más exacta sea, menor es la pérdida en el empalme. La herramienta de cortado no se deberá degradar por muchos cortados de fibra, ya que el cortado debe ser limpio y exacto sin dejar micro impurezas dentro de la fibra óptica.
- b. **Costo.**- El costo elevará de acuerdo a la calidad de corte que realice la herramienta; por ejemplo, a mayor costo de la herramienta mejor será la cuchilla que presente, como las de diamante, cerámica y cuchillas de zafiro, siendo las de diamante las más representativas y mucho más costosas en el caso de herramientas de corte para fibras ópticas.
- c. **Mantenimiento.**- Al ser la fibra un elemento tan delicado para poder fusionar se debe tener las herramientas en buen estado es por eso que se debe realizar un mantenimiento continuo a todas las herramientas que se utilice en el empalme de la fibra. Es muy importante que las herramientas puedan ser calibradas fácilmente.
- d. **Ajuste variable.**- Una herramienta que pueda ser ajustada para longitudes variables es ideal ya que puede obtenerse varios empalmes en una cierta distancia, lo que se ahorra tiempo al momento de empalmar fibras ópticas.
- e. **Longitud del Corte.**- La mayoría de fusionadoras tienen una específica longitud de corte. Las longitudes de corte específicas son cruciales para rendimientos de baja pérdida.



## 1.7.2 Clases de Cortadoras.

### 1.7.2.1 Cortadora de diamante

Esta cortadora es de alto rendimiento, puede realizar varios cortes a la fibra óptica sin desgastar su cuchilla y dejar micro impurezas (ver figura 10), es utilizada en su mayoría para empalmes monomodo. Presenta longitudes de corte ajustables para 250 y 900 um. (Beltrán Juan Pablo, 2012)

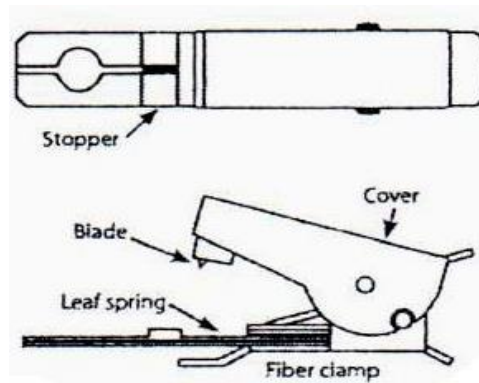


**Figura 10.** Cortadora de Diamante y sus componentes.

*Fuente:* (Beltrán Juan Pablo, 2012)

### 1.7.2.2 Cortadora de Carburo

Se asimila a una engrapadora (ver figura 11) en donde se debe de ubicar a la fibra sobre una superficie curvada y bajar la cuchilla para ser cortada ligeramente la fibra óptica, esta cortadora se utiliza más común en fibras multimodo debido a que presentan un núcleo mayor que las fibras monomodo, por lo cual no es recomendable utilizar en fibra monomodo debido a que la precisión no es muy buena en el corte. Se la utiliza para empalmar fibras y hacer pruebas de aceptación.



**Figura 11. Cortadora de Carburo y sus componentes.**

Fuente: (Beltrán Juan Pablo, 2012)

### 1.7.2.3 Hand Scribe

Es una cortadora comúnmente utilizada para conectorización, parecida a un esferográfico (ver figura 12) y poco recomendable para empalmes de medio tramo. El operador dibuja una línea ligeramente alrededor de la superficie de la fibra para luego empujarla y romperla.



**Figura 12. Hand Scribe de diamante (Izq.) y Hand Scribe de Zafiro (Der.)**

Fuente: (Beltrán Juan Pablo, 2012)

## 1.7.3 Clases de Empalmes.

### 1.7.3.1 Empalme Mecánico.

Son empalmes realizados manualmente sin necesidad de aparatos electrónicos, pero es necesario utilizar un OTDR ya que es susceptible a altas pérdidas, típicamente de 0.1 a 0.3 dB de pérdida por empalme. Debido a que es realizado manualmente no requiere de alimentación

eléctrica y solo se necesita de un kit de herramientas previamente calibradas y limpias, es excelente para casos de emergencia. El empalme mecánico no es recomendable para largos tramos, son usados solamente en ambiente en donde no existan muchos cambios físicos y naturales como son los interiores de los inmuebles, es por eso que son ideales para aplicaciones industriales, instalaciones de seguridad donde es normal la utilización de bajas cantidades de fibra óptica

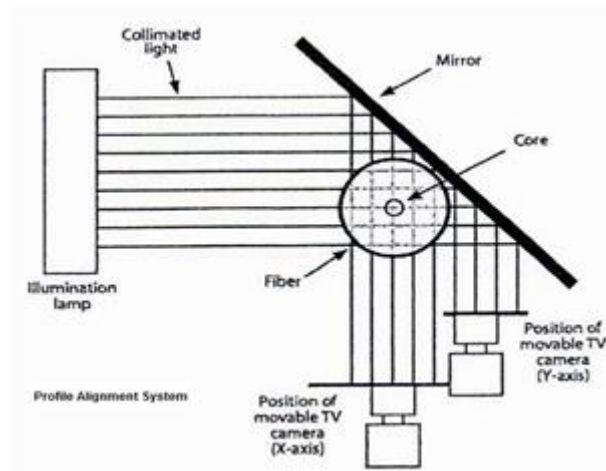
Anteriormente se tenía desventajas en los niveles de reflectancia y altas pérdidas de atenuación en comparación con los empalmes de fusión, sin embargo la mayoría de empalmes mecánicos tienen menos reflexión que los conectores terminados en campo debido al uso de fluidos para reducir la reflexión de Fresnel en los finales de la fibra.

#### ***1.7.3.2 Empalme por Fusión.***

Aunque el empalme mecánico represente significativamente un costo menor que al empalme por fusión, éste es el más utilizado debido a que es altamente confiable y no reflectivo y sirve para empalmes de largos tramos. El empalme por fusión compensa su costo cuando es usada en instalaciones con grandes cantidades de hilos de fibra óptica.

Las técnicas de empalme por fusión, Sistema de alineamiento de perfil (PAS) y la detección de inyección local (LID) son métodos de alineación que minimizan las pérdidas por fusión, son los más comunes que se utilizan actualmente; es por eso que la menor pérdida se obtiene cuando se utiliza las técnicas LID o PAS.

La técnica de alineación PAS (ver figura 13) transmite un arco de luz paralela a ángulos precisos a través de las fibras a ser fusionadas en donde se pueden observar imágenes del núcleo y del revestimiento mediante un monitor, luego las alinea tanto núcleo como revestimiento de acuerdo a ejes X y Y para tener menor pérdida, la misma luz que fue emitida en un inicio es direccionada a través de la fibra en ángulos exactos hacia los ejes de la fibra, en el punto de la fusión. (Beltrán Juan Pablo, 2012)

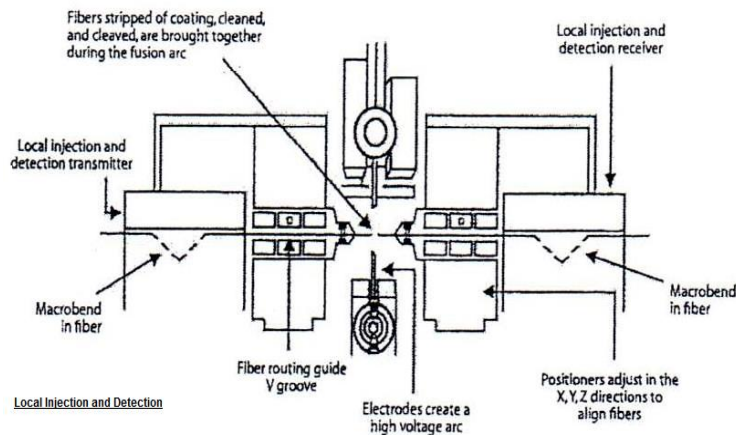


**Figura 13. Sistema de Alineamiento de Perfil (PAS)**

*Fuente:* (Beltrán Juan Pablo, 2012)

La técnica de empalme LID (ver figura 14) fue una técnica de alineación de núcleo original para optimizar la alineación de fibras monomodo, LID usa técnicas de macrodoblado para lanzar luz hacia la fibra antes del final de la fibra. Otra vez es usada una macrocurvatura en la fibra contraria a ser fusionada, pero esta vez es acoplada a un fotodetector para remover y medir la luz emitida. Todo este procedimiento le permite al procesador de la fusionadora alinear la fibra hacia donde el mayor nivel de potencia óptica es conseguido. Este tipo de fusinado son rápidos y exacto pero el costo es mucho mayor, por eso es recomendable solo utilizar en empalmes

de pigtails, donde el pigtail terminado puede ser medido directamente por el fotodetector. (Beltrán Juan Pablo, 2012)



**Figura 14. Técnica de empalme de Inyección y Detección Local (LID)**

Fuente: (Beltrán Juan Pablo, 2012)

En si un Equipo de empalme consiste siempre de 2 personas importantes:

1. El técnico empalmador, 2. Operador de OTDR.

El técnico empalmador es aquel que sigue una secuencia ordenada para realizar un buen empalme por fusión.

1. Se dispone a arreglar el lugar en donde se pretende realizar el empalme de la fibra óptica.
2. Prepara el panel en donde se va a mantener la fusión protegida, es decir la manga de protección para fusiones que contendrá todos los empalmes a salvo de otra rotura o disfunción de la fibra óptica.
3. Asegura los cables que contiene las fibras ópticas incluyendo aterrizajes del cable si es que existiera.
4. Comienza a abrir la vaina del cable con mucho cuidado sin que se provoque en la fibra daños que micro doblamiento o introducción de impurezas.

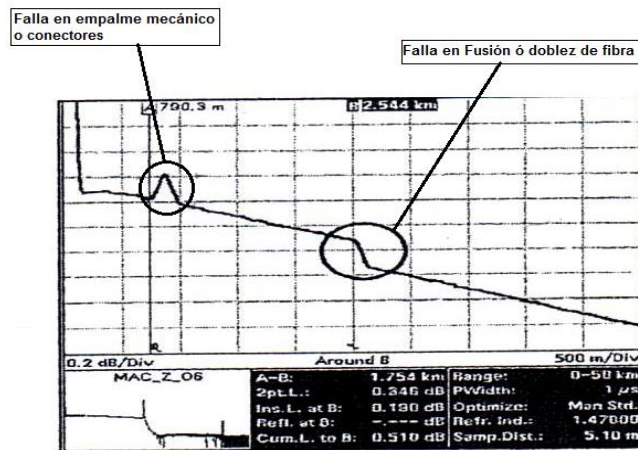
5. Enruta los buffers del cable que contienen las fibras ópticas a las bandejas de fibras.
6. Comienza a realizar el empalme por fusión:
  - a. Preparar la fibra para la fusión, tomar en cuenta la longitud que se va a desechar con la longitud del cable sobrante en el momento de la instalación, no debe exceder la longitud de la fibra a desecharse más que el cable sobrante.
  - b. Sacar el recubrimiento de la fibra óptica y se limpia cuidadosamente sin que la fibra se rompa y deje impurezas o micro filamentos no deseables.
  - c. Cortar la fibra con las herramientas antes vistas de una manera exacta.
  - d. Ubicar la fibra en el sistema de alineación por fusión.
  - e. Inspeccionar la cortada que no tenga ningún fallo y mantengan una cortada limpia.
  - f. Alinear las fibras correctamente tanto en núcleo como en revestimiento sin tener desfases en ninguna de las dos.
  - g. Realizar el empalme por fusión.
  - h. Verificar mediante una prueba visual si el empalme ha sido exitoso u no tiene fallas.
  - i. Mediante los termo-protectores, proteger la fibra fusionada.
  - j. Rutear las fibras de la manera más ordenada posible en las bandejas de empalmes.
7. Sellar las mangas correctamente:
  - a. Sellar la manga pero sin asegurarlo completamente.

- b. Hacer pruebas con un OTDR para verificar que la manga está cerrada correctamente y no ingresa nada de luz extraña a la de la fibra y efectos externos que puedan dañar a la fibra.
  - c. Una vez verificados que no exista ningún problema, se procede al sellado completo de las mangas de fusión.
8. Reubicar el cable a la posición inicial encontrada y colocar la manga de fusión de la manera más conveniente para una posible futura reparación. (Beltrán Juan Pablo, 2012)

El OTDR es un instrumento aplicado en las conexiones de fibra óptica, el cual nos permite certificar el rendimiento de los enlaces ópticos detectando algunos problemas como atenuación y fallas en los empalmes o conectores presentes (ver figura 15).

Para obtener resultados eficaces en la prueba con el OTDR se debe seguir ciertos pasos:

- El OTDR se configura antes de que se realice la fusión para tener listo en el momento de que la fusión ya este realizada y no se produzca inconvenientes.
- Almacenar varios trazos de medición para mantener un promedio único.
- Realizar medidas de longitudes de onda siempre en las más altas para obtener los límites de la fibra óptica.
- Imprimir una copia del resultado para poder comparar con lo que se tenía antes funcionando.



**Figura 15.** Imagen de un OTDR detectando problemas en una fibra.

Fuente: (Beltrán Juan Pablo, 2012)

## 1.8 Multiplexores ópticos.

“Es un dispositivo que procesa dos o más señales de luz a través de una sola fibra óptica, con el fin de aumentar la cantidad de información que puede ser llevado a través de una red. Estas señales a menudo se separan por un demultiplexor, lo que es contrario a un multiplexor, recibe una única señal de entrada y la distribuye sobre varias líneas de salida. Los Multiplexores trabajan mediante el aumento de la capacidad de transmisión de una fibra usando diferentes técnicas y tecnologías de fuente de luz. La Multiplexación se utiliza comúnmente en las redes de telefonía, transmisión/procesamiento de vídeo, radiodifusión digital y la radiodifusión analógica. El uso de un multiplexor también permite que los datos a ser enviados más lejos, de forma más segura y con menos interferencias electromagnéticas y de radiofrecuencia.” (Alicefiberstore, 2013)

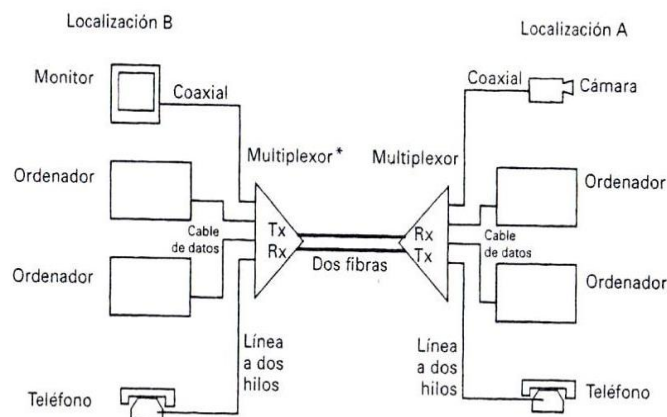
Al realizar una instalación con multiplexores permite combinar distintas señales en una única fibra óptica lo que nos reduce el número de fibras necesarias a



momento de una instalación, al igual que una gran cantidad de costos para enlaces de una larga longitud (ver figura 16).

Comúnmente los multiplexores disponen de ciertas capacidades para una buena administración de las redes, a lo que permite a un técnico controlar un multiplexor desde una ubicación central; es por eso que el personal que opera con multiplexores debe ser capacitado tanto por la empresa a utilizar como del fabricante del multiplexor. Esta clase de equipamiento se utiliza comúnmente por amplias redes portadoras de comunicaciones, como varias compañías de telefonía.

Algunos multiplexores pueden combinar un cierto número de señales sobre un enlace de transmisión de dos fibras ópticas, por lo cual tienen la capacidad de combinar diferentes clases de señales como voz, datos y video todos entremezclados.



**Figura 16. Ejemplo de un enlace multiplexado de lado y lado.**

Fuente: (Chomycz Bob, 2010)

## **1.9 Amplificadores ópticos.**

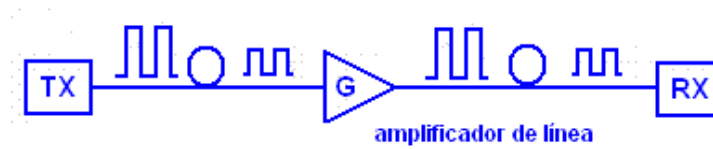
Los amplificadores ópticos comúnmente son utilizados para alcanzar grandes distancias de transmisión, por encima de los 200km, permitiendo que la señal no se degenera. Es recomendable utilizar solo con fibras monomodo ya que son estas fibras las que alcanzan una transmisión de mayor distancia, además incluyendo generadores de luz láser y operando en longitudes de onda entre los 1.310 o 1.550 nm. Los Amplificadores ópticos no convierten la señal óptica en eléctrica sino que refuerzan la intensidad de la señal producida por el láser.

Debido a que la potencia de salida que otorga el amplificador óptico es muy fuerte deben tomarse varias precauciones con el cuidado en los ojos, ya que podría quemar las corneas y quedar totalmente ciego el técnico que está manipulando el equipo amplificador; es por eso que el amplificador óptico debe conectarse únicamente a la corriente eléctrica cuando todas las fibras ópticas hayan sido completamente conectadas a su lugar adecuado.

### **1.9.1 Tipos de amplificadores.**

#### ***1.9.1.1 Amplificadores de línea.***

Son empleados en fibras monomodo y realiza la función de todo amplificador común, la que es de elevar el nivel de potencia de la señal y compensar las pérdidas sufridas por las propagación de la misma, se les denomina de línea ya que están ubicadas en la misma trayectoria de la fibra óptica o a veces son colocados en cascada como se muestra en la figura 17.

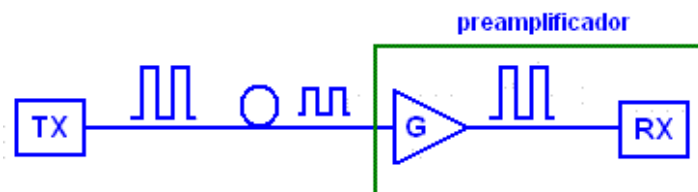


**Figura 17. Amplificador de Línea.**

Fuente: (Cadena; Cevallos; López, 2012)

### 1.9.1.2 Preamplificador Front – End.-

Esta clase de amplificador se encuentra a cierta distancia antes del receptor (ver figura 18). “Su misión es amplificar la señal antes de ser detectada por el fotodetector para mejorar así la relación señal ruido.” (Cadena; Cevallos; López, 2012)

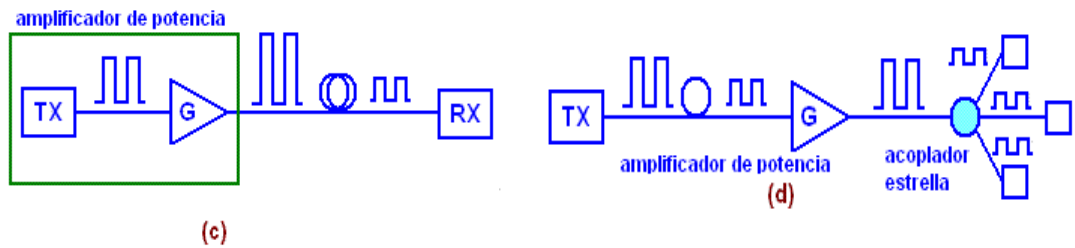


**Figura 18. Preamplificador Front – End.**

Fuente: (Cadena; Cevallos; López, 2012)

### 1.9.1.3 Amplificador de Potencia.-

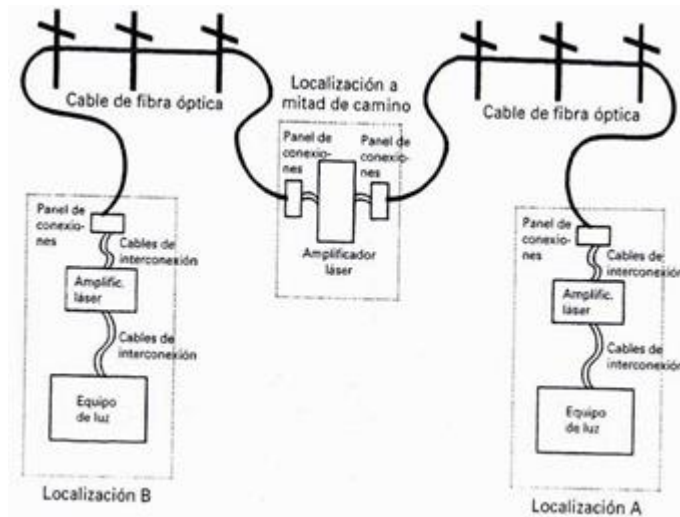
“Situándose a continuación de la fuente láser, se emplea para elevar el nivel de potencia de la señal e incrementar la distancia de transmisión. En la configuración de la figura 19 (c) su objetivo es compensar las pérdidas debidas al modulador externo. En la configuración de la figura 19 (d) busca compensar las pérdidas que sufre una señal al atravesar un divisor.” (Cadena; Cevallos; López, 2012) (Ver figura 18).



**Figura 19. Amplificador de Potencia.**

Fuente: (Cadena; Cevallos; López, 2012)

Para comenzar una amplificación, los equipos amplificadores suelen conectarse a los puntos donde se encuentran los equipos ópticos esto sirve para generar un refuerzo a la transmisión óptica; en ciertas ocasiones también se encuentran ubicados a la mitad del camino de una instalación (ver figura 20) con el fin de obtener la amplificación y el poder reforzar las señales ópticas débiles a lo largo de las rutas de fibra óptica, pero algunos amplificadores a la mitad del camino no regeneran la señal sino solamente la amplifican, por lo que en esos casos la distorsión que presentan los pulsos generados debido a la dispersión de la fibra se debe tratar con mucho cuidado a lo largo de la transmisión, es por eso que los amplificadores de medio camino requieren un pequeño control ambiental mediante un cierre hermético que lo aísla del exterior.



**Figura 20. Amplificador de potencia a mitad de camino.**

Fuente: (Chomycz Bob, 2010)

## 1.10 Generadores de luz.

Estos dispositivos son los encargados de convertir la señal eléctrica en señal óptica, emitiendo un haz de luz permitiendo la transmisión de los datos.

Existen dos tipos de generados de luz para los equipos ópticos en transmisiones por fibras ópticas: los diodos emisores de luz (LED) y láseres.

Los diodos emisores de luz en relación con los láseres son más baratos, pero generalmente se utilizan en distancias cortas o para una transmisión baja de datos.

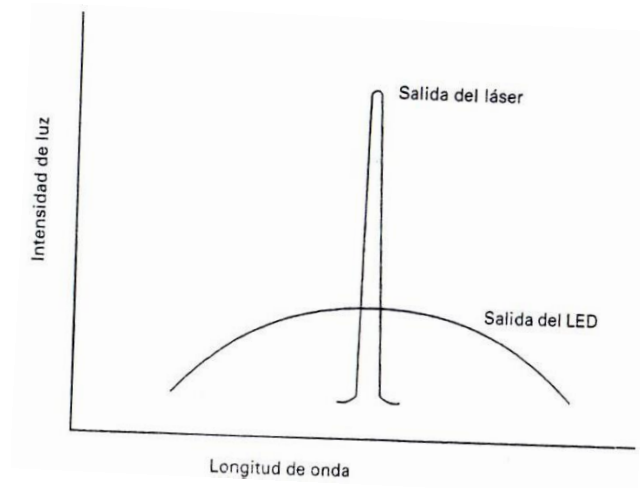
Típicamente los LED trabajan en longitudes de onda de 850nm y 1.310nm tomando en cuenta que los LED que trabajan en la longitud de onda de 850nm son los más baratos. La potencia generada por los LED es menor a la de láser (ver figura 21) pero es mucho más estable y fiable en los entornos medioambientales.

Los LED cubren un ancho espectral amplio que va desde los 20 hasta 80 nm.

Por el contrario los láseres son mucho más caros que los LED debido a que generan mayor potencia de luz (ver figura 21) que alcanzan mayores distancias y

una reducida anchura espectral. Las ventajas de utilizar un láser provienen del gran ancho de banda de modulación y transmisión de una gran cantidad de datos. Debido a que los láseres generan un gran haz de luz son utilizados para fibras ópticas monomodo por lo cual su potencia de luz cubre un espectro muy estrecho, usualmente de 3nm. La dispersión cromática que generan los láseres es muy baja generando un gran ancho de banda sobre la fibra óptica. Los láseres son sensibles a las variaciones de temperatura o a cualquier cambio en el medio ambiente, es por eso también que los láseres presentan horas de vida inferior a los LED.

Como siempre se debe tomar las debidas precauciones con los equipos ópticos especialmente con los láseres debido a que la potencia de salida es muy alta y por lo tanto pueden dañar los ojos, lo que no es recomendable mirar directamente hacia la luz de un láser o hacia una fibra acoplada a un láser. Para realizar el cambio de una fibra o la reparación de la misma se debe asegurar que los dispositivos generadores de luz hayan sido apagados. (Chomycz Bob, 2010)



**Figura 21. Diferencia de salida entre un generador láser y un generador de luz LED**

*Fuente:* (Chomycz Bob, 2010)

## **1.11 Detección óptica.**

La detección óptica tiene lugar en los circuitos receptores ópticos. El fotodetector es el elemento que recibe la señal de la fibra óptica y la convierte de nuevo en señal eléctrica. Los tipos más comunes de detección óptica son los fotodiodos PIN (Positive- Intrinsic- Negative) y los fotodiodos APD (Avalanche Photodiode).

Los fotodiodos PIN son utilizados más comúnmente en aplicaciones de comunicaciones de corta distancia por lo que son mucho más económicos, pero requieren de gran potencia de una señal óptica para poder generar una señal eléctrica.

Los fotodiodos APD son utilizados en transmisiones de más larga distancia que los fotodiodos anteriores ya que son más sensibles a los niveles de luz óptica más bajos, por ende son más caros y son sensibles a las variaciones de temperatura.

El funcionamiento de un detector óptico consiste en aceptar la luz solamente si cumple los niveles predeterminados que el fabricante ha fijado. Si presenta un nivel de luz excesivo, debido a que no existen atenuaciones a lo largo de la transmisión, el equipo receptor se saturará y el equipamiento no funcionará, por lo que se coloca varios atenuadores a lo largo del enlace óptico hasta que el detector óptico reciba la luz adecuada dentro de su rango de funcionamiento. Por el contrario si la luz es demasiado débil el detector óptico no será capaz de recibir la señal transmitida por lo que se retira la atenuación provista en los enlaces y se la amplifica mediante los amplificadores ópticos, comúnmente se lo realiza para enlaces de larga distancia. (Chomycz Bob, 2010)

## 1.12 Racks.

Los Racks o armarios son soportes metálicos (ver figura 22) que sirven para colocar paneles de distribución Ópticos (ODFs), bandejas de empalme, equipos, elementos y cables de patcheo. Las medidas de cada rack están estandarizadas para que todos los equipos de cualquier fabricante puedan caber dentro de un rack. Los racks pueden ser abiertos, cerrados, para montar sobre pared, abatibles.



*Figura 22. Racks instalados en CNT E.P.*

*Fuente: (CNT E.P., 2013)*

## 1.13 OPTICAL DISTRIBUTION FRAME (ODF)

“Elemento usado como punto de interconexión entre cable de fibra proveniente de la planta externa y equipos activos. Suele ser una caja metálica que posee uno o varios puertos de ingreso de cables, y un área de patcheo con faceplates con adaptadores o transiciones, en la cual se conecta la terminación del cable de fibra por el un extremo y el patchcord hacia el equipo activo por el otro extremo. Dentro del ODF se colocan las bandejas de empalme, en donde se albergan las fusiones de fibra. Los ODF son de capacidades variables, y así mismo pueden tener varios tipos de adaptadores. Es conveniente que los ODFs contengan un área



para las reservas de los patchcords y que sean de bandeja deslizable.” (Nahomy Nancy, 2013)



**Figura 23. Optical Distribution Frame (ODF)**

*Fuente:* (Nahomy Nancy, 2013)

### **1.14 Patchcords y pigtails.**

Los patchcords con cables de fibra óptica que interconectan 2 equipos pueden ser muy cortos o largos, su función es conectar los ODFs a equipos activos es por eso que presentan conectores a ambos lados y presentan una chaqueta de 2mm.

Un pigtail es un cordón de fibra que a un lado presenta un conector que sirve de interfaz a los equipos y al otro lado la fibra desnuda (ver figura 24) para ser empalmada al cable principal o a una manga de empalme. El pigtail comúnmente es corto y sin equipos activos en el medio.



**Figura 24. Patchcord (Izq.) y Pigtail (Der.)**

*Fuente:* (Nahomy Nancy, 2013)

## 1.15 Tapones de anclaje y sellado

“Son accesorios que sirven para proteger la red canalizada o directamente de Fibra Óptica, contra ingreso de roedores, lodos, gases, agua o cualquier tipo de contaminante que obstruya o dañe la canalización. Utilizan caucho expansible que garantiza la hermeticidad del sello efectuado.

Deben ser elaborados de partes y piezas que resisten las condiciones extremas de utilización. Deben tener un diseño especial que permite utilizarlos en redes existentes como en instalaciones nuevas.

Existen 3 tipos de tapones: ciegos, abiertos o simplex y n-furcados:

- Tapones ciegos son aquellos que se usan para bloquear el ducto que queda libre en un triducto o biducto.
- Tapones abiertos son aquellos que ajusta la fibra al ducto.
- Tapones n-furcados son aquellos que fijan los ductos a la tubería PVC.

En caso de no contar con tapones, se puede usar provisionalmente espuma expansiva. Dado que están expuestos a condiciones climáticas extremas, es deseable que sean hechos de plásticos en lugar de metálicos y además el caucho debe soportar dichas condiciones.” (Nahomy Nancy, 2013)



**Figura 25. Diferentes clases de Tapones.**

*Fuente:* (Nahomy Nancy, 2013)

## 1.16 Marcadores electrónicos

“Son discos plásticos con una bobina en su interior y que se usan para la identificación tanto de recorridos, rutas y puntos críticos de una red de fibra óptica directamente enterrada. Permite identificar puntos claves de la red construida, lo que implica una optimización de tiempo y recurso al momento de trabajo de mantenimiento

Se colocan directamente enterrados. Son elemento totalmente pasivo, no requiere mantenimiento.” (Nahomy Nancy, 2013)



*Figura 26. Marcadores Electrónicos.*

*Fuente:* (Nahomy Nancy, 2013)

## 1.17 Cinta de advertencia.

“Es una cinta de PVC cuya función es indicar o prevenir que existe un tendido de fibra óptica cuando se está realizando una nueva canalización. En la nueva canalización, la retroexcavadora se encontrar primero con la cinta antes de romper la fibra. Debe ser de alto coeficiente elástico (300%) y resistencia al ser enterrada. Se tiende entre la ductería y la superficie. Para FO, se suele usar el color naranja.” (Nahomy Nancy, 2013)



*Figura 27. Cintas de Advertencia*

*Fuente:* (Nahomy Nancy, 2013)

## **1.18 Herrajes.**

Son accesorios de acero galvanizado cuya principal función es sujetar el cable al poste.

Los Herrajes terminales son aquellos que se usan cuando el tramo del cable sujetado es muy grande (3 postes) o cuando existe un cambio de dirección muy pronunciado (generalmente mayor a 8 grados). (Nahomy Nancy, 2013)

Los Herrajes de paso son aquellos que se usan cuando únicamente se requieren sujetar el cable al poste, en tramos cortos o en tramos rectos, regularmente se usan en conjunto con collarines o con cinta acerada.

Cuando el cable de fibra es Figura 8, se pueden usar los mismos herrajes que se usaban en cobre.



**Figura 28. Herrajes Terminales.**

*Fuente:* (Nahomy Nancy, 2013)



**Figura 29. Herrajes de Paso.**

*Fuente:* (Nahomy Nancy, 2013)

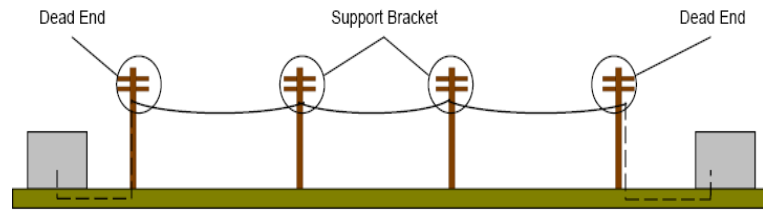
### **1.18.1 Herrajes para cables ADSS.**

Son herrajes constituidos por láminas metálicas reviradas, cuya función es sujetar al cable. Su fabricación es delicada, ya que ejercen presión y fricción directa sobre la chaqueta del cable, lo cual evita su deslizamiento. Existen herrajes de paso y de retención. Suelen ser usados cuando el pandeo es muy grande. Se fabrican según el pandeo y el tipo de cable.

Los herrajes de retención se utilizan cada cierta distancia (regularmente cada 3 postes) y cuando el cable va a dar curva o a bajar a cámaras.

Los herrajes de suspensión se utilizan en tramos muy largos y rectos.

Ambos se utilizan en conjunto (Figura 30).

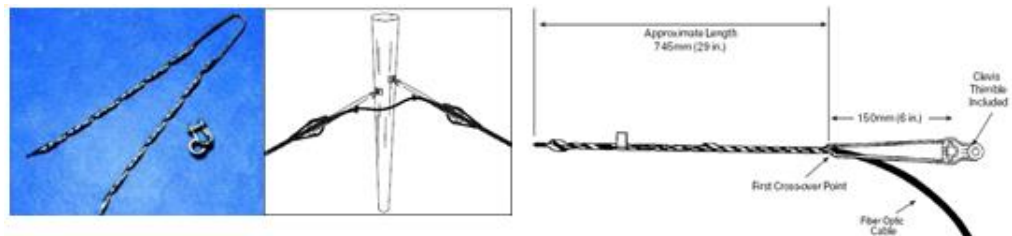


**Figura 30. Herrajes de retención y ubicación en los postes.**

*Fuente:* (Nahomy Nancy, 2013)

### 1.18.2 Preformados de retención o terminales

Suelen usarse accesorios adicionales para tener un mayor radio de curvatura a través una mayor separación desde el poste. (Nahomy Nancy, 2013)

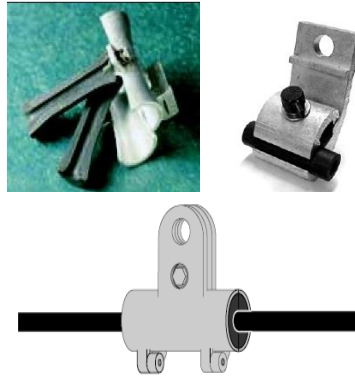


**Figura 31. Herrajes de retención y su manera de colocación.**

*Fuente:* (Nahomy Nancy, 2013)

### 1.18.3 Preformados de Paso o Suspensión

Son utilizados la mayoría para suspender al cable en caso de que exceda el holgado y no influyen en la transmisión óptica. (Figura 32)



**Figura 32. Preformados de paso o Suspensión.**

*Fuente:* (Nahomy Nancy, 2013)

#### **1.18.4 Tensores**

Son elementos de plásticos que se usan como grapas para sujetar el cable.

Se utilizan en todos los postes sea para paso o retención, actúan ejerciendo presión directa sobre el cable, suelen ser usados en zonas urbanas.



**Figura 33. Tipos de Tensores y ubicación.**

*Fuente:* (Nahomy Nancy, 2013)

## **CAPITULO II**

# **EQUIPOS QUE DISPONE CNT E.P. PARA TRANSMISIÓN DWDM**

### **2.1 EQUIPAMIENTO INSTALADO**

El proyecto DWDM Nacional de la CNT EP, presenta la instalación de equipos multiplexores DWDM OSN 6800 y OSN 8800 modelos T32 y T64, en racks modelo N63B y N66B respectivamente.

Los equipos constan de un conjunto de tarjetas, a saber, tarjetas de multiplexación M40, tarjetas de de-multiplexación D40, tarjetas de línea, tarjetas de tributarios, tarjetas tipo transponder, tarjetas de Cross Connection, tarjetas de amplificación; las cuales se distribuyen en los equipos multiplexores, para más detalle en los equipos OSN 8800, está instalado las tarjetas de tributario, tarjetas de Cross Connection y tarjetas transponder, mientras que las tarjetas multiplexoras, amplificadoras, de protección se instala en los equipos OSN 6800.

Las tarjetas transponder que se manejan en este proyecto son TN52ND2 y la TN52NS3 que se encuentran en los equipos Optix OSN como se puede ver en los anexos 4 y 5, donde se muestra las características técnicas de los equipos. La tarjeta TN52ND2 es una tarjeta tipo transponder con dos interfaces coloreadas tipo DWDM la cual permite el mapeo de señales ODUk (0, 1, 2) a canales de transporte óptico tipo OTU2 (10.71Gbit/s), mientras que, la tarjeta TN52NS3 es una tarjeta tipo línea con una interface coloreada tipo DWDM la cual permite el



mapeo de señales ODUk (0, 1, 2, 3) a canales de transporte óptico tipo OTU3 (43,02Gbit/s).

Para interconectar las señales del cliente existen tarjetas de tributario tipo TOA, las cuales pueden procesar servicios FE, GE, STM1 a STM16 y tarjetas TQX que procesan señales a nivel de 10 GE y STM-64.

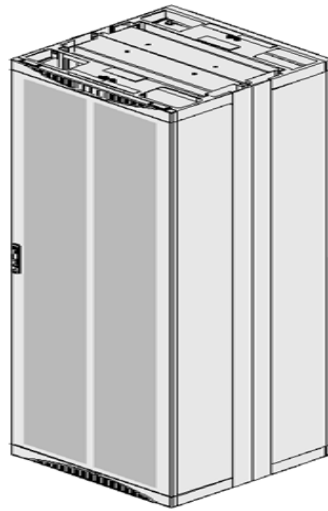
Para la conexión de fibras en el lado cliente se utiliza Optical Distribution Frame (ODF) los cuales están dentro de Racks modelo GPX147-R2, los cuales cuentan con espaciamiento para 5 regletas de conectores de fibra óptica de 72 puertos cada uno.

A continuación se presentan los diferentes tipos de racks que existen en la estación dentro del proyecto DWDM NACIONAL de CNT EP. En el cuadro también se incluyen las medidas de este tipo de racks.

La figura 34 también incluye los diferentes tipos de subracks, que se utiliza en el proyecto, así como sus características en cuanto a medidas.



Gabinete N63B  
(600mm(W) x300 mm(D)  
x 2200 mm (H))



Gabinete N66B (600 mm  
(W) x 600 mm (D) x 2200  
mm (H))



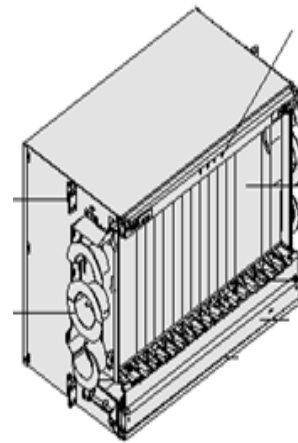
Gabinete ODF GPX147-R2  
(800mm(W)×300mm(D)×2200mm  
(H))



OSN8800 T64 (498 mm  
(W) × 580 mm (D) × 900  
mm (H))



OSN8800 T32 (498 mm (W)  
× 295 mm (D) × 900 mm (H))



OSN6800 (497 mm (W) x 295 mm  
(D) x 400 mm (H))

**Figura 34. Diferentes tipos de subracks**

*Fuente:* (CNT E.P., 2013)

## 2.2 RACKS

Existen los gabinetes N63B, N66B o GPX147-R2 en ambientes indoor, se dividen en dos:

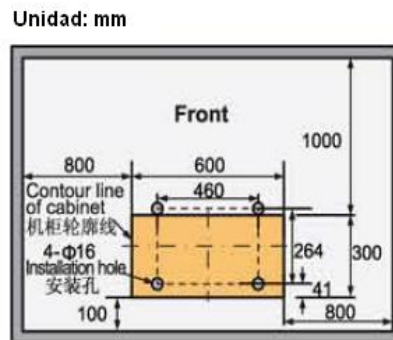
- Instalación en cemento
- Instalación en piso antiestático.

Según cada uno de los casos, el procedimiento de instalación que se produjo es de la siguiente forma. Para este caso, se tomará como ejemplo la instalación de gabinetes o racks N63B.

### 2.2.1 FIJACIÓN AL PISO ANTIESTÁTICO O PISO FALSO

Para la instalación sobre Piso Antiestático o piso falso se siguió los siguientes pasos:

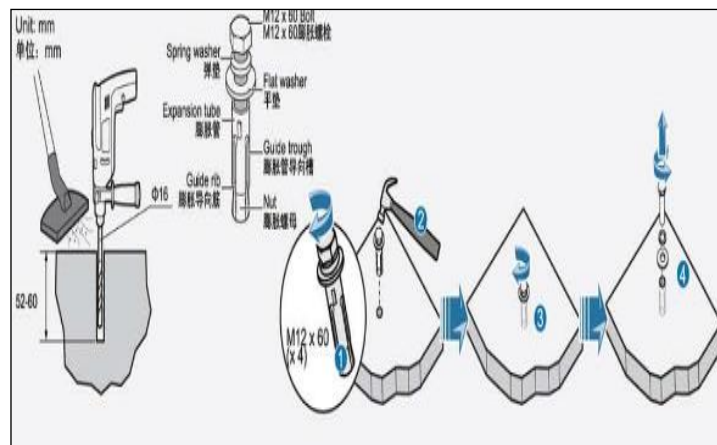
- De acuerdo a la información del site survey se ubica el lugar donde el rack debe ser instalado, se procede a marcar las posiciones donde deben ser instalados los pernos de fijación de la base de soporte del rack, como se indica en la figura 35.



*Figura 35. Diagrama pernos de fijación para soporte de rack N63B*

*Fuente: (CNT E.P., 2013)*

- A continuación se procede a abrir los orificios para los pernos de fijación con la ayuda de un taladro y utilizando la broca adecuada para esta perforación.
- Pasó seguido, atornillar los pernos de fijación a los chazos expansivos en el sentido de las manecillas del reloj, introducirlo en el orificio, martillarlos para un correcto acople, desatornillar el perno y verificar que el chazo quede firmemente instalado como se muestra en la figura 36.

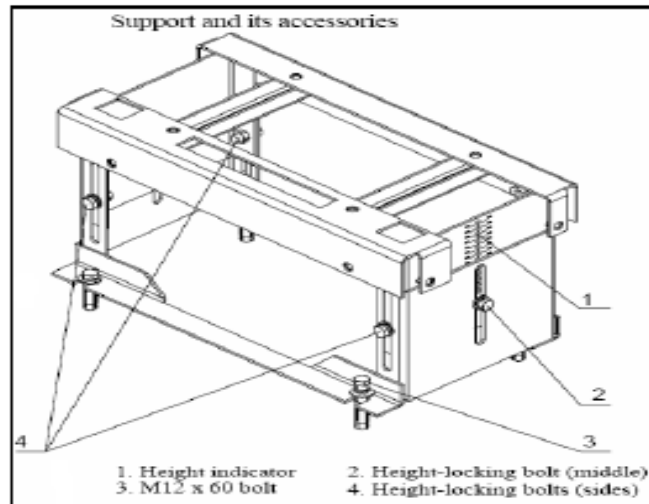


**Figura 36. Diagrama de fijación de los expansivos en el piso falso para fijar gabinete.**

*Fuente:* (CNT E.P., 2013)

- Después de haber realizado todas las perforaciones se debe hacer limpieza del sitio de modo que en el lugar no queden residuos de la perforación.
- Luego de realizar los orificios se debe colocar el soporte en posición y se debe ajustar al suelo con los pernos de fijación sin olvidar de colocar las correspondientes arandelas de presión.
- Una vez fijado el soporte se debe ajustar la altura del mismo, para esto se debe medir desde el piso hasta la altura de la

baldosa del piso falso y a esa medida restarle 5 cm. El resultado es la altura que debe tener el soporte del rack.

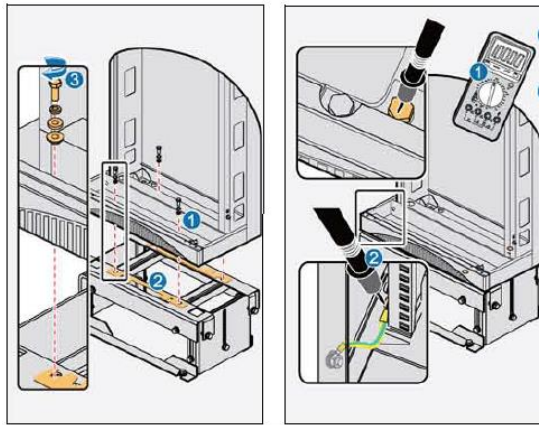


**Figura 37 Ajuste de la altura de la base de fijación del rack al piso falso**

*Fuente:* (CNT E.P., 2013)

- La instalación del rack debe hacerse directamente sobre el soporte instalado colocando las plantillas de aislamiento para evitar contacto entre el soporte y el rack. Se deben colocar los pernos de fijación sujetando el rack al soporte instalado. Los pernos de fijación deben tener arandelas de presión planas y aislantes garantizando así el completo aislamiento entre el rack y el soporte.
- Por último se debe medir la resistencia entre el perno de fijación y el perno de tierra del sub-rack. Esta medida debe estar por encima de los  $5M\Omega$  para garantizar el completo aislamiento del rack y se debe realizar en todos los pernos de fijación.

- De ser requerido por el cliente la baldosa de piso falso debe ser cortada de tal forma que se adapte al rack instalado.

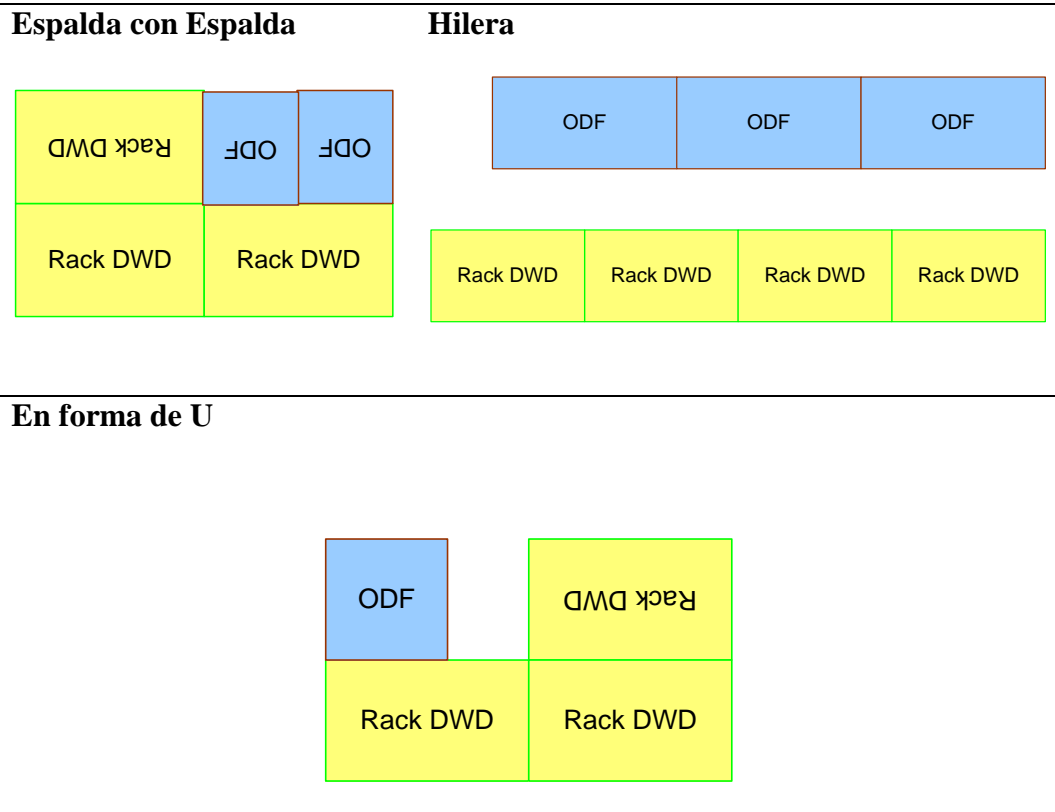


**Figura 38. Pasos a seguir para la correcta instalación del Gabinete**

*Fuente: (CNT E.P., 2013)*

- Se debe considerar también, los diferentes tipos de configuraciones que se tienen en el proyecto DWDM Nacional, para la distribución de los diferentes gabinetes. Las distribuciones se pueden dividir en:
  - Racks Espalda con Espalda
  - Hilera
  - Formando una U

En la figura 39 se muestra las distribuciones que más se repiten en las diferentes estaciones de CNT EP.

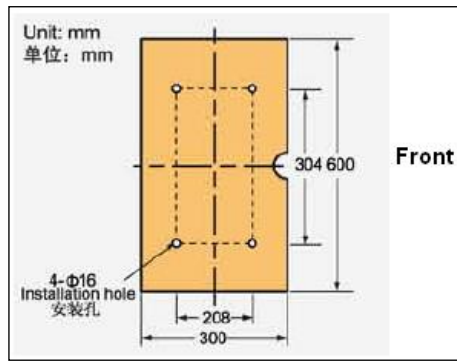


*Figura 39. Distribuciones que más se repiten en las diferentes estaciones de CNT EP*

*Fuente: (CNT E.P., 2013)*

### 2.2.2 PISO DE CEMENTO

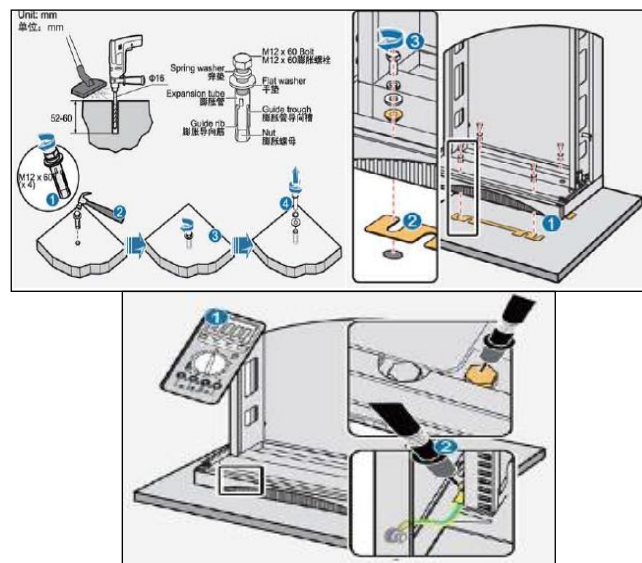
- Este tipo de instalación se diferencia del anterior en que no se necesita un soporte para el rack, este último se fija directamente al suelo. Para este escenario se deben ubicar los pernos de fijación como se ilustra en la siguiente figura 40.



**Figura 40. Pernos de fijación para rack N63**

*Fuente:* (CNT E.P., 2013)

- En este caso se colocan las plantillas aislantes entre el suelo y el rack asegurando que la resistencia medida entre los pernos de fijación y tierra del rack sea mayor a 5MΩ.



**Figura 41. Fijación de rack en piso falso**

*Fuente:* (CNT E.P., 2013)

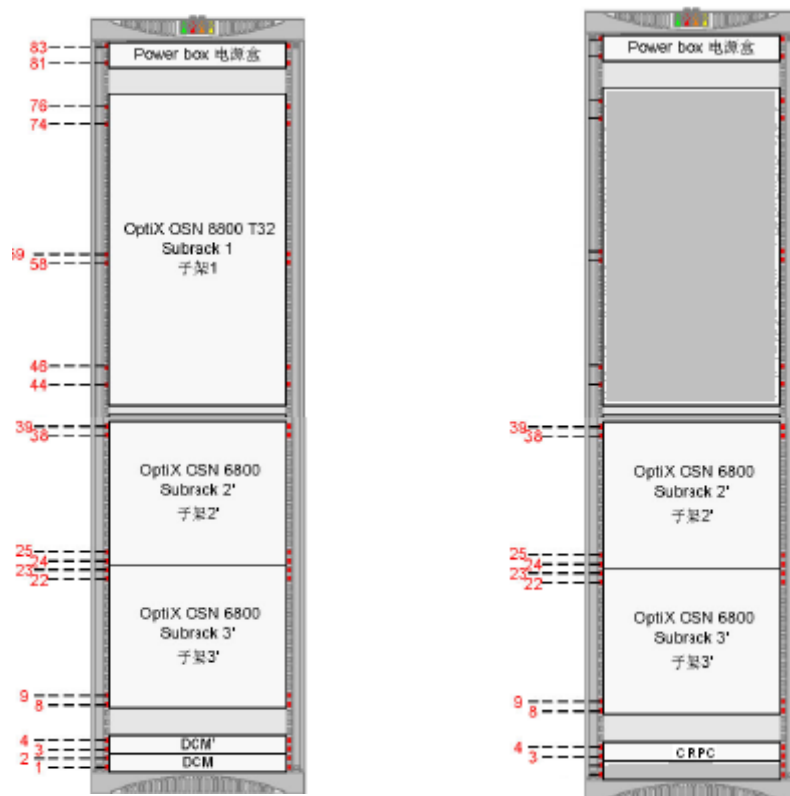
- En ambos tipos de instalaciones se debe asegurar que los racks queden nivelados y fijados de manera adecuada. Este tipo de racks



trae unos pernos de nivelación que se utilizan para nivelar el rack en caso de ser necesario.

### 2.3 SUB - RACKS.

El proyecto DWDM Nacional CNT EP, tiene instalado nodos ROADM (Reconfigurable optical add-drop multiplexer), FOADM (Fixed Optical Add-Drop Multiplexer) y OLA. En los nodos ROADM se tiene en general dos tipos de distribución en los racks, el primer tipo conformado por 1 OSN8800 y 2 OSN6800 y un segundo donde se instalara 2 OSN6800.



**Figura 42 : Sitio ROADM con un único OSN 8800**

*Fuente: (CNT E.P., 2013)*

## 2.4 TENDIDO DE CABLES ELÉCTRICOS

En el proyecto DWDM NACIONAL los equipos son instalados en gabinetes N63B y N66B, los cuales ofrecen secciones determinadas para la instalación de:

- Cableado de energía y tierra
- Cableado de fibra óptica

### 2.4.1 Cableado de energía.

De acuerdo a la identificación por colores manejada por Huawei, el cable de energía instalado se identifica de la siguiente forma:

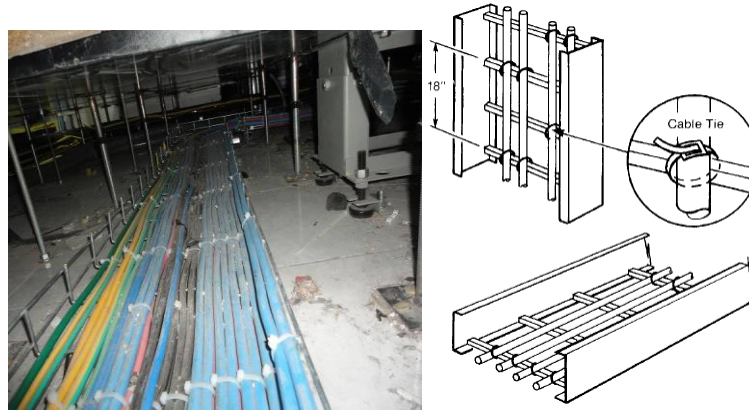
*Tabla 3. Identificación de Colores de Cableado*

Tipo de cable	Voltaje	Color
Energía	-48 [V]	Azul
Energía	+0 [V]	Negro
Tierra PGND	Referencia	Amarillo / Verde

*Fuente:* (Huawei Technologies Co., 2008)

Los cables de energía son tendidos sobre escalerillas metálicas quedando amarrados en forma de bloque de máximo 8 cables (4 azules y 4 negros), el ingreso de los cables al equipo se la realiza por el medio del rack. Durante el recorrido por la escalerilla se debe evitar el cruce entre bloques de cable. Los bloques de cables son amarrados a la escalerilla cada dos peldaños si el tendido del mismo es en forma recta. Si el tendido da una curva se coloca amarres en las esquinas de la curva.

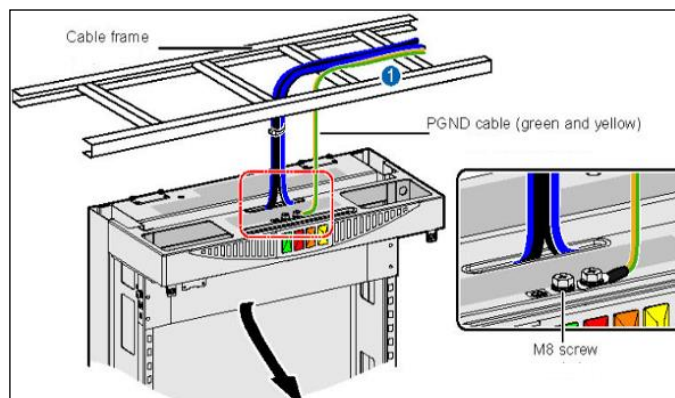
El cableado de energía va por un costado de la escalerilla y utiliza amarras plásticas blancas de 10, 15 o 30 cm, para fijar los bloques de cables a la escalerilla.



**Figura 43. Ubicación de cables de energía sobre escalerilla**

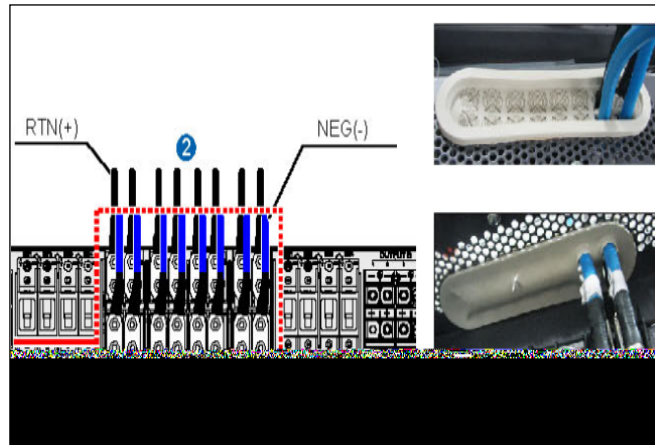
*Fuente:* (CNT E.P., 2013)

El cableado de energía entra al rack, si es por la parte superior, por las entradas especificadas para este tipo de cable y en lo posible tratando que los cables bajen al rack en forma vertical. Como se muestra en las siguientes gráficas 44 y 45.



**Figura 44. Ingreso de cables hacia el Gabinete por la parte superior**

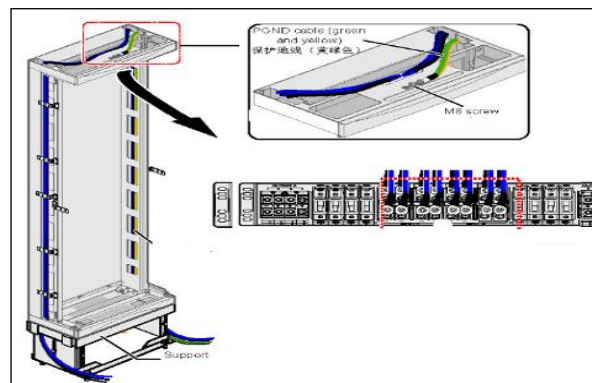
*Fuente:* (CNT E.P., 2013)



**Figura 45. Fijación del cable a la PDU tanto lado A cómo lado B**

*Fuente: (CNT E.P., 2013)*

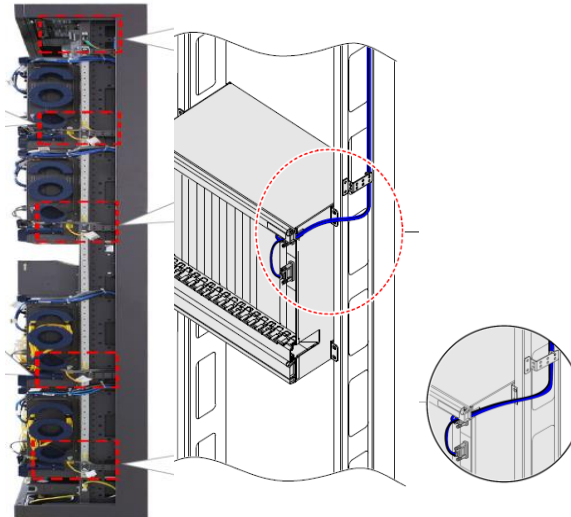
En el caso de que el cableado de energía llegue por piso falso al rack, la entrada de estos se hace por las entradas inferiores posteriores del rack y sigue el recorrido como se muestra en la figura 46 hasta llegar a la PDU.



**Figura 46. Ingreso de cables hacia el Gabinete por la parte inferior**

*Fuente: (CNT E.P., 2013)*

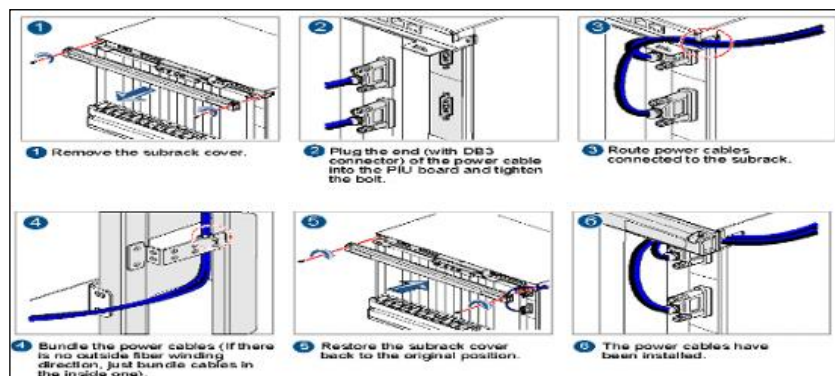
El recorrido del cable de energía dentro del rack (cable alimentación rack o cable alimentación sub-racks) va siempre por la parte posterior de modo que no obstruya el paso de fibras ópticas.



**Figura 47. Recorrido de cables en el interior del gabinete**

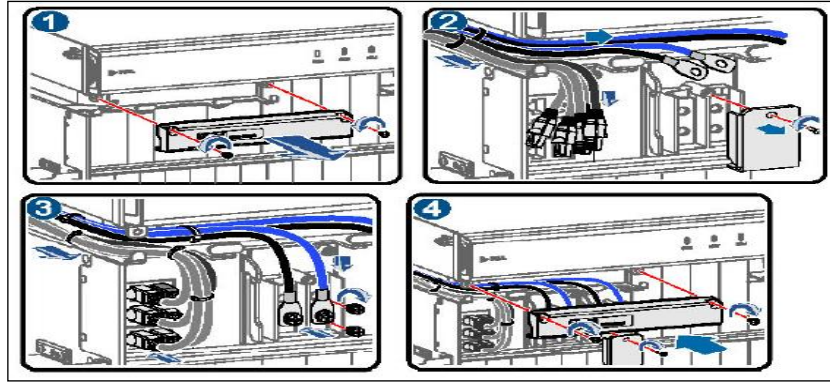
Fuente: (CNT E.P., 2013).

En el proyecto DWDM Nacional de CNT se instaló equipos 8800 y 6800 los cuales cuentan con unas ranuras especiales para la entrada de cables de poder al sub-rack como se muestra en las siguientes figuras 48 y 49.



**Figura 48. Tipo de conector que usa el equipo OSN 6800**

Fuente: (CNT E.P., 2013)



**Figura 49. Tipo de conector que usa el equipo OSN 8800**

*Fuente: (CNT E.P., 2013)*

Las tarjetas de energía (PIU) en los OSN6800 están ubicadas en la parte derecha del equipo, por lo cual los cables que alimentan este sub-rack bajan por la parte derecha del rack (mirándolo de frente), Los subracks vienen conectados de fábrica y utilizan conectores DB3, los cuales contienen un polo negativo y uno positivo.

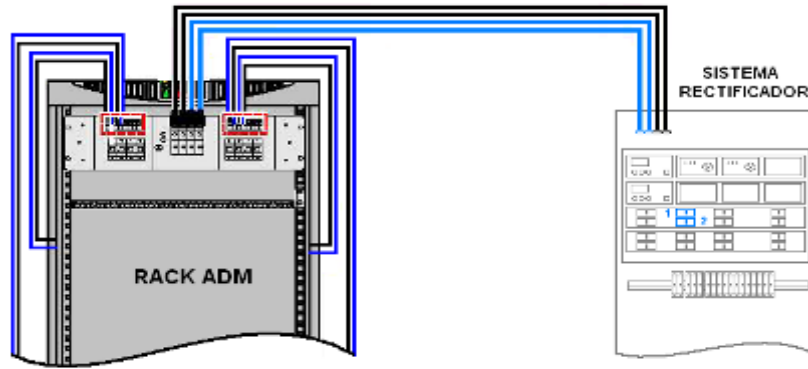
Para energizar los racks donde se instalan los equipos multiplexores se presentan los siguientes dos escenarios.

#### **2.4.1.1 Conexión directa a breakers del sistema rectificador.**

En esta opción se utiliza los breakers asignados en el TSS y se extiende 2 corridas de cable para energizar las fuentes del rack (1+1 hot - standby).

En este caso se dispone de 2 breakers por rack en el rectificador existente:

Se entiende por corrida la conexión completa de la fuente de alimentación PDU del rack (1 cable azul + 1 cable negro), se debe considerar, el lado A y lado B de la PDU, por lo que se necesitarán 2 corridas por rack.

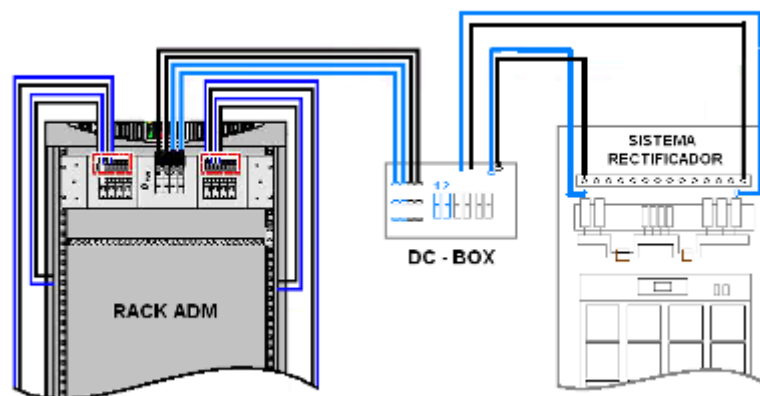


**Figura 50. Esquema de conexión PDU de rack hacia rectificador**

*Fuente: (CNT E.P., 2013)*

**2.4.1.2 Proyección de una DC-BOX entre el Rack y rectificador.**

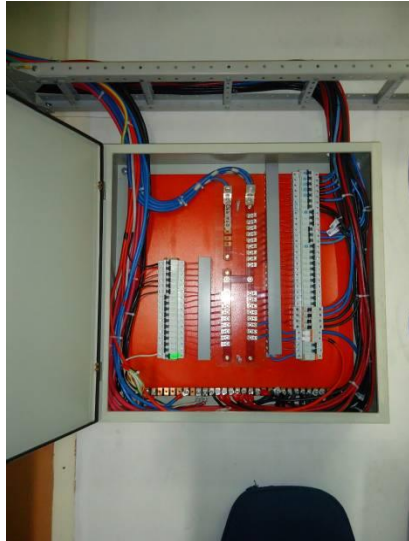
En esta opción está instalado un tablero de distribución intermedio que está energizado desde dos breakers de la regleta principal de distribución DC del sistema rectificador para esta instalación se utilizará cable de 35 mm<sup>2</sup> de diámetro. Desde la DC-Box hasta el rack de equipos se deberá pasar 2 corridas de cables por rack (1+1 hot - standby).



**Figura 51. Esquema de conexión PDU de rack hacia DC Box y hacia rectificador**

*Fuente: (CNT E.P., 2013)*

La conexión dentro del DC box se muestra en la siguiente figura 52. Se recomienda hacer una pequeña curvatura de modo de dejar un pequeño remanente de cable. Tener presente que por cada rack de equipos hay doble alimentación (protección 1+1).



*Figura 52. Conexiones dentro de una DC Box doble fuente*

*Fuente: (CNT E.P., 2013).*

Las conexiones en los distintos puntos (breakers, DC BOXs, rectificadores, PDU, barra de tierra) deben garantizar el aislamiento del cable, para evitar la generación de corto circuito y afectar la operación de este y demás equipos.

#### **2.4.2 Cableado de Tierra.**

En los sitios donde existe barra de tierra con espacio disponible, se utiliza estos espacios para conectar a tierra los diferentes elementos de la instalación. Para el cable a la barra de tierra se deben utilizar terminales tipo ojo de diámetro apropiado, que son conectores de aluminio con alta conductividad para alcanzar un alto rendimiento eléctrico y protección de



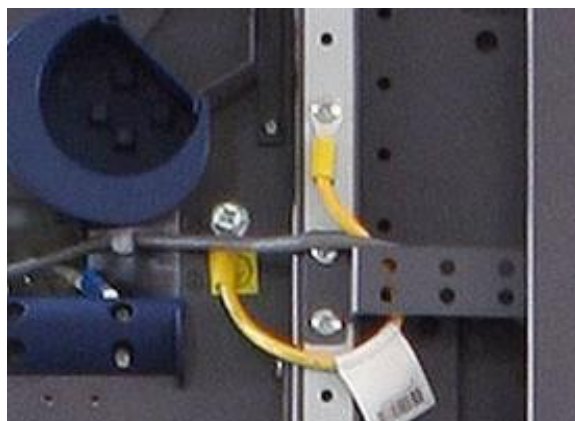
los equipos, lo que permite un alto rendimiento del sistema por muchos años de vida útil. Después de fijado el conector al cable desnudo se utiliza termo incogible de forma que no quedan filamentos de cobre expuestos como se muestra en la figura 53.



***Figura 53. Aterramiento de racks***

*Fuente:* (CNT E.P., 2013)

En el caso de sub racks, los mismos poseen cables de aterraje específicos, los cuales vienen unidos al chasis de los sub racks y son unidos al chasis del rack para garantizar el aterrizaje. En la siguiente figura 54 se muestra los cables de aterraje de los sub racks.



***Figura 54. Aterramiento de Subracks***

*Fuente:* (CNT E.P., 2013)

## 2.5 TENDIDO DE CABLES ÓPTICOS

### 2.5.1 Instalación de Patch cords

Se recomienda que dentro del gabinete del equipo el patch cord debe ser sujetado con velcro, haciendo camas de fibras de tamaño moderado (máximo 20 fibras por cama). Debe ser organizada evitando cruces entre camas de fibra.

---



---

Fibra entrando por la parte inferior del rack (piso falso)

Fibra entrando por la parte superior del rack (piso cemento)

---

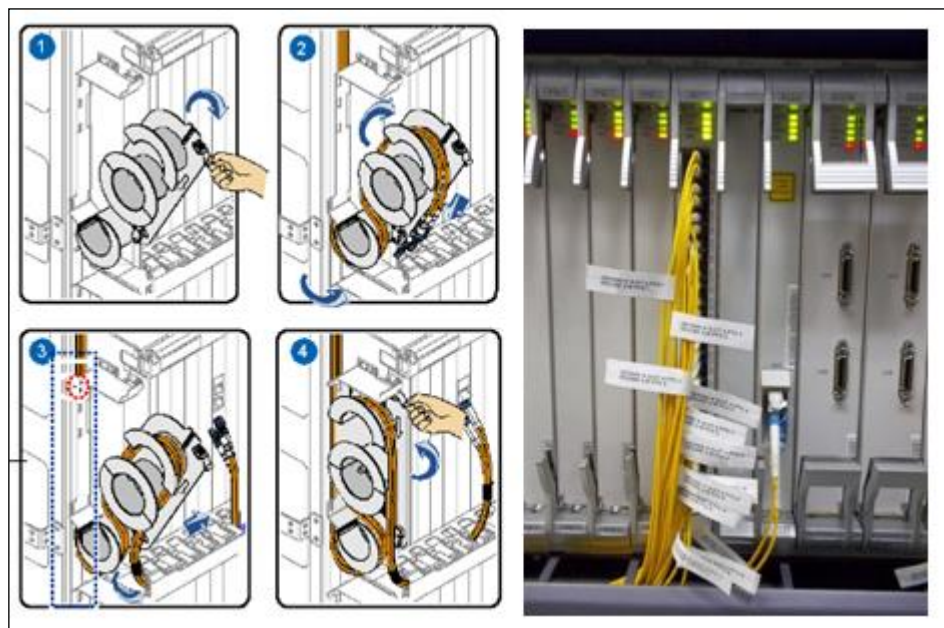
**Figura 55. Instalación de Patchcords dentro del gabinete**

*Fuente:* (CNT E.P., 2013)

En caso de existir sobrante de fibra dentro del rack, este está arreglado en los organizadores laterales que poseen los sub racks, de forma que la fibra entra libremente hacia las tarjetas del sub-rack.

Dentro de las canaletas para fibra que traen los equipos no existe reserva de fibra en exceso, para lo cual se considera el uso patchcords de tamaño apropiado.

Se conecta la fibra de tal forma que el tramo entre la tarjeta, a la cual se conecta, y la canaleta de fibra del sub-rack quede lo más vertical posible, y de esta forma evita que se confundan con fibras de tarjetas vecinas y para permitir el libre acceso y/o retiro a las tarjetas del sub-rack.



**Figura 56. Instalación de Patchcords para alcanzar tarjetas del subrack**

*Fuente: (CNT E.P., 2013)*

Para el recorrido de la fibra óptica dentro de la sala de equipos está instalado canaleta (fiber runner) cuya instalación se realiza teniendo en cuenta lo determinado en el site survey y siguiendo las recomendaciones de instalación dictadas por el fabricante.

Dentro de la canaleta la fibra viajan de forma organizada formando camas compactas de fibra con ayuda de velcro (velcro al menos cada 50cm). Se recomienda que dentro de la canaleta la fibra sea organizada en los mismos grupos realizados dentro del gabinete. En caso especial donde se deba pasar fibra por escalerilla, esta debe estar protegida por tubo corrugado.



***Figura 57. Instalación de Patchcords utilizando fiber runner***

*Fuente:* (CNT E.P., 2013)

La fibra entra a los ODFs por los orificios destinados para este propósito y es arreglada de forma organizada en los distribuidores de fibra de tal modo que la fibra entra de manera limpia a las bandejas donde se alojan los puertos de conexión.



***Figura 58. Bandejas de fibra óptica***

*Fuente:* (CNT E.P., 2013)

Dentro de los cubículos ODF donde se conecta la fibra no existe sobrantes de fibra, y está organizado de tal forma que se pueda cerrar y abrir fácilmente la tapa de los cubículos.



***Figura 59. Orden de cable de fibra óptica***

*Fuente:* (CNT E.P., 2013)

Para el tipo de ODF que trae los puertos de conexiones dentro de bandejas, se deja cierto remanente de fibra en la bandeja como lo indica la siguiente figura.



*Figura 60. Organización de patchcords dentro de las bandejas de los ODF*

*Fuente: (CNT E.P., 2013)*

## **2.6 INSTALACIÓN DE ESCALERILLA Y FIBER RUNNER**

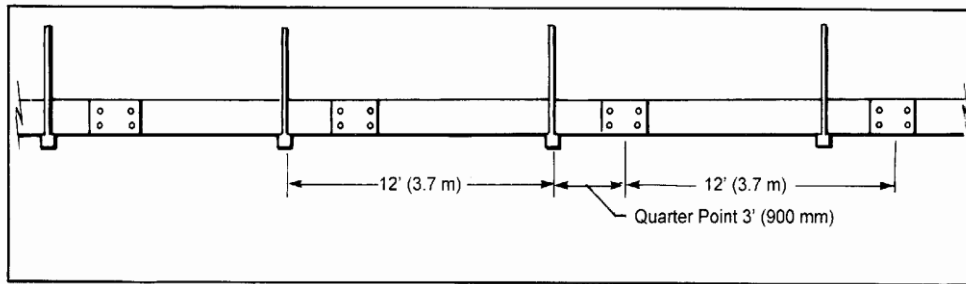
El recorrido de escalerilla y fiber runner se establece con el cliente en el momento del site survey, de igual forma, si se va o no a utilizar escalerilla y/o fiber runner existente. Este recorrido dependerá de la distribución y ubicación que se acuerde con el cliente para los nuevos racks en cada sitio.

En el momento de la instalación se verificó que el layout del sitio no ha cambiado con respecto a lo plasmado en el site survey. En caso de que hubiera existido obstrucciones en la ruta acordada en el site survey se debe acordar con el cliente la solución.

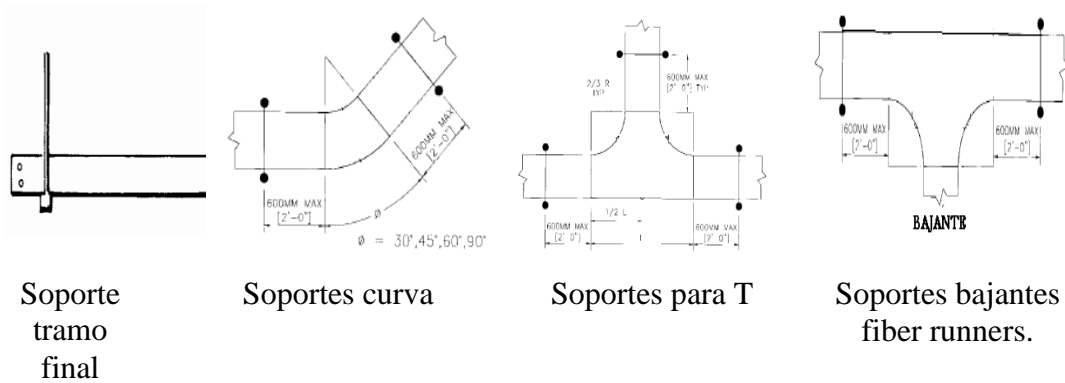
La instalación en lo posible esta al mismo nivel de la escalerilla/fiber runner ya instalado (distancia al techo y/o al piso), y se une con esta en los puntos que se acordaron.

Se utilizara escalerilla vertical para la distancia de la escalerilla horizontal al punto de conexión sea mayor y/o igual a 50cm. Se utilizan bajantes en los fibers runners sobre los racks DWDM y ODF para el ingreso y salida de fibra.

Las escalerillas son soportadas a techo, a piso y/o pared. Los fibers runners se fijan a techo, a pared, a racks y a escalerilla.



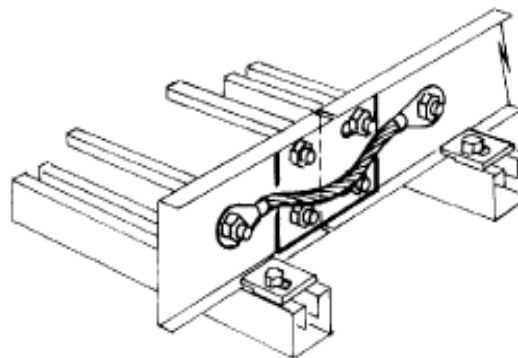
Recomendación ubicación soportes tramos de escalerilla y/o Fiber runner.



**Figura 61. Instalación de escalerillas y fiber runners**

Fuente: (Huawei Technologies Co., 2008).

En el caso particular de la escalerilla, todos los tramos de esta están aterrizados. Para esto, el tramo más cercano a la barra de tierra se conecta a esta y se va conectando el resto de tramos en cadena.



**Figura 62. Aterrizaje de escalerillas**

Fuente: (Huawei Technologies Co., 2008)

## CAPITULO III

### CARACTERISTICAS DE LAS REDES DWDM

#### 3.1 Evolución de la tecnología DWDM

“En la década de los 90 tuvo lugar un increíble crecimiento de la necesidad de la capacidad en las comunicaciones, tanto en términos de velocidad como en cobertura geográfica. La transmisión de TV digital, voz, datos, la telefonía móvil y la aparición del fenómeno Internet han hecho que el tráfico de la información requiera de medios de elevada capacidad. Las fibras ópticas en el campo de las comunicaciones se empezaron a aplicar en telefonía de voz, pero actualmente están presentes total o parcialmente en cualquier sistema de comunicación.

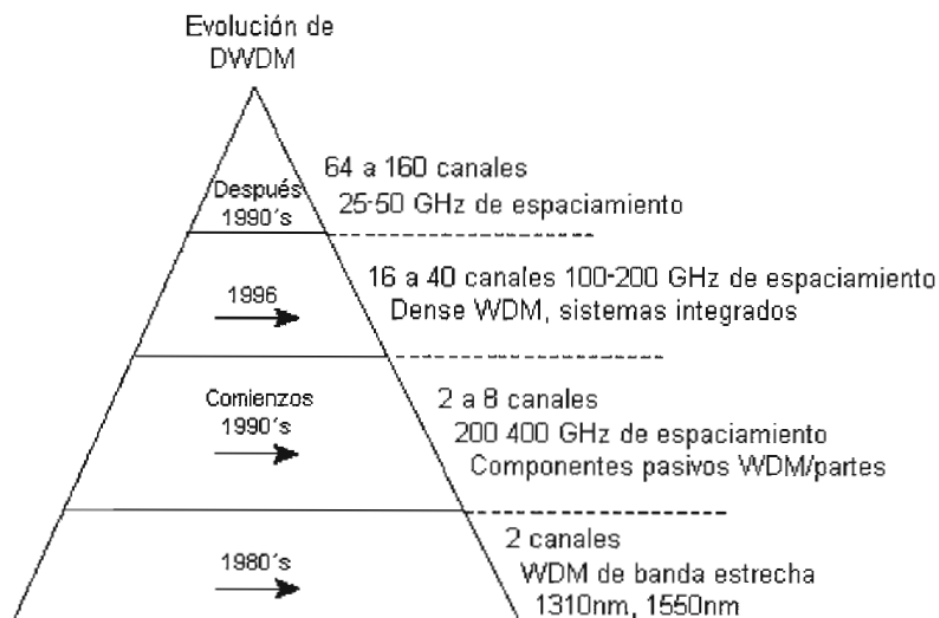
No obstante, el índice de crecimiento en la capacidad de transmisión exigido por estos nuevos servicios es exponencial y la única tecnología que actualmente puede afrontar este crecimiento es el multiplexado denso en longitud de onda DWDM.

Estos sistemas están basados en la capacidad de la fibra en transportar diferentes longitudes de onda (colores) simultáneamente sin mutua interferencia. Cada longitud de onda representa un canal óptico dentro de la fibra.” (Rodríguez Asís, 2010)

A mediados de la década de 1990 los sistemas DWDM que estaban emergiendo consistían de 16 a 40 canales y un espaciado de 100 a 200 GHz. A finales de la década de 1990 los sistemas DWDM han evolucionado hasta el punto de que son capaces de tener 64 a 160 canales en paralelo y espaciados cada 25 o 50 GHz.

En la figura 63 se muestra un esquema de la evolución de esta tecnología.





**Figura 63. Evolución de la Tecnología DWDM**

*Fuente:* (Cisco Systems, Inc., 2001)

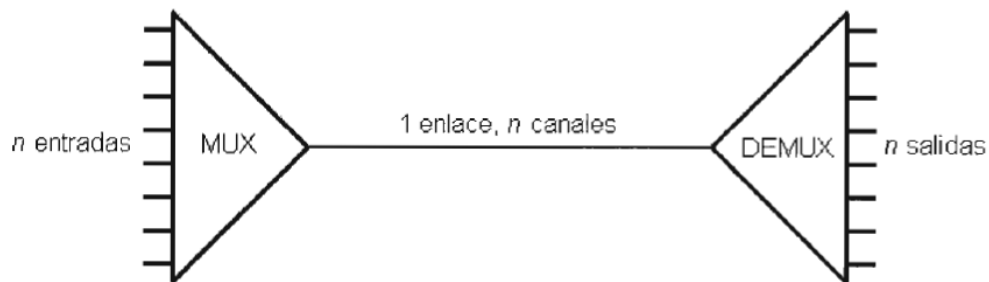
El desarrollo de las redes ópticas desde su inicio está ligado a los requerimientos de los mercados de telecomunicaciones y consecuentemente, el desarrollo de DWDM se ha debido a tres factores colocados por orden de importancia:

- Agotamiento de la fibra en la red metropolitana.
- Necesidad de aprovechar las capacidades de las redes ópticas existentes.
- Habilidad de proveer servicios y sumar nuevos.

### 3.2 Tipos de Multiplexación

La multiplexación consiste en transportar varias señales en una sola, por un mismo canal de transmisión como muestra la figura 64. Existen  $n$  entradas a un multiplexor, que se conecta a un demultiplexor mediante un único enlace de datos (Figura 64). El enlace es capaz de transportar  $n$  canales de datos independientes. El

multiplexor combina los datos de las  $n$  líneas de entrada y los transmite a través de un enlace de datos de capacidad superior. El demultiplexor capta la secuencia de datos multiplexados, separa los datos de acuerdo con el canal y los envía hacia las líneas de salida correspondientes.



**Figura 64. Esquema básico de multiplexación.**

*Fuente:* (Cisco Systems, Inc., 2001)

El objetivo de la multiplexación es hacer un uso eficiente de las líneas de transmisión de alta velocidad. Las técnicas de multiplexación permiten que varias fuentes de transmisión compartan una capacidad de transmisión sobre un mismo enlace.

Entre las varias tecnologías de multiplexación encontramos a la multiplexación por división de tiempo (TDM) y la multiplexación por división de longitud de onda (WDM) esta última presenta sus variantes que son: las multiplexación por división de onda gruesa (CWDM) y la multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM).

### **3.2.1 Multiplexación por división de Tiempo (TDM).**

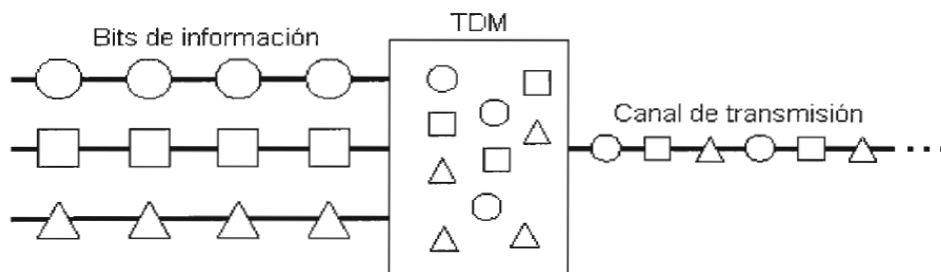
La necesidad de multiplexación está dirigida por el hecho de que en la mayoría de aplicaciones es mucho más económico transmitir datos a una tasa de velocidad mayor sobre una simple fibra, que transmitir a menores tasas sobre múltiples fibras.

Técnica en la que se le puede asignar ancho de banda a la información de múltiples canales a través de un solo cable basado en ranuras de tiempo pre asignadas.

Se asigna ancho de banda a cada canal sin tener en cuenta si la estación tiene datos para transmitir.

Es utilizada primeramente para señales digitales, pero puede aparecer en multiplexación analógica. El dominio de tiempo es dividido en algunas ranuras de tiempo de longitud fija, una por cada sub canal.

TDM aumenta la capacidad de transmisión de un enlace dividiendo el tiempo en intervalos más pequeños de forma que los bits de las múltiples entradas se puedan transportar por el enlace aumentando el número de bits por segundo. Figura 65



**Figura 65. Concepto de TDM**

*Fuente:* (Cisco Systems, Inc., 2001)

TDM puede ser extendido hacia un acceso por múltiple división de tiempo (TDMA) donde algunas estaciones conectadas al mismo medio físico, por ejemplo comparten la misma frecuencia de canal, se pueden comunicar.

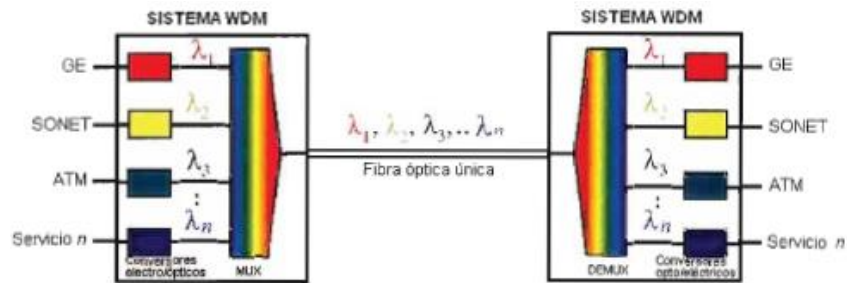
TDM permite transmitir y recibir switches telefónicos para crear canales dentro de un stream de transmisión. Una señal estándar de voz tiene una tasa de datos de 64 Kbps. Un circuito TDM corre a un ancho de banda más alto de señal, permitiendo al ancho de banda ser dividido en tramas de tiempo para cada señal de voz, la cual es multiplexada hacia la línea por tiempo para cada señal de voz, la cual es multiplexada hacia la línea por el transmisor. Si la trama TDM consiste en n tramas de voz el ancho de banda de la línea es  $n \times 64$  Kbps.

### **3.2.2 Multiplexación por división de onda (WDM)**

“La multiplexación por división de onda (WDM, Wave División Multiplexing) es conceptualmente la misma que FDM (Frequency Division Multiplexing), exceptuando que la multiplexación y la demultiplexación involucran señales luminosas transmitidas a través de canales de fibra óptica. La idea es la misma: se combinan distintas señales sobre frecuencias diferentes. Sin embargo, la diferencia es que las frecuencias son muy altas. Las bandas de luz muy estrechas de distintas fuentes se combinan para conseguir una banda de luz más ancha. En el receptor, las señales son separadas por el demultiplexor.” (Cortez Bonilla H., 2009)

Los sistemas que son basados en WDM aumentan la capacidad de transportar mayor información mediante el medio físico, en este caso la fibra óptica, que es diferente a como utiliza TDM (Time-Division Multiplexing). WDM dentro de una determinada banda asigna varias longitudes de onda a las señales ópticas entrantes, es por eso que cada longitud de onda ingresan a la fibra y en la recepción son demultiplexadas y siempre cada una de las señales que emite WDM las transporta de forma

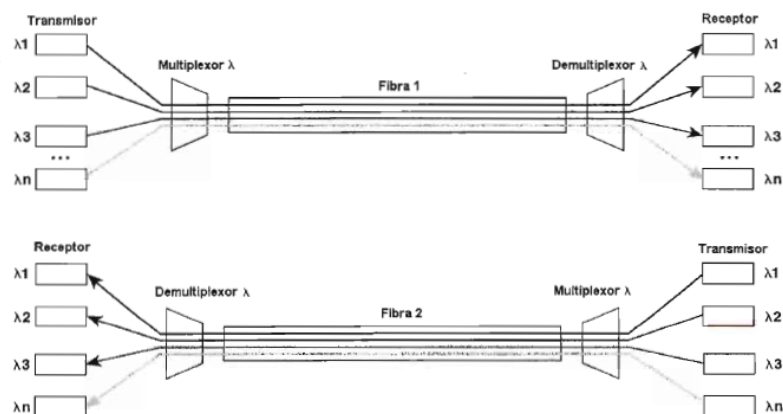
independiente de las demás señales, no como TDM que envía en un solo slot de tiempo varias señales conjuntas, ya que WDM facilita que cada canal tenga su propio ancho de banda dedicado. Véase en la Figura 66:



**Figura 66. Esquema WDM**

*Fuente:* (Fuentes P., 2006)

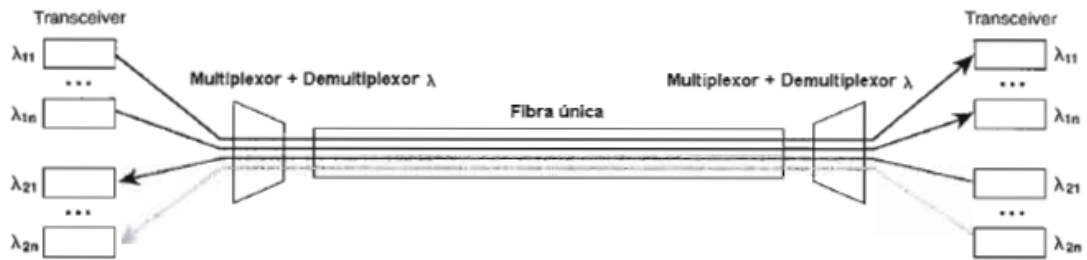
Existen dos sistemas de WDM en los cuales se puede clasificar como son los sistemas WDM unidireccionales y los sistemas WDM bidireccionales. Los sistemas unidireccionales son aquellos que multiplexa varias longitudes que son transmitidas por la fibra 1 en un solo sentido, al final se encontrará el dispositivo final WDM que demultiplexará dichas longitudes de onda, que después de ser procesada la información enviada y si es necesario enviara otra información por otra fibra 2, como se ve en la figura 67.



**Figura 67. Sistema WDM unidireccional.**

*Fuente:* (Fuentes P., 2006)

Al contrario del sistema WDM unidireccional, el sistema WDM bidireccional es capaz de transmitir y recibir varias longitudes de onda por la misma fibra óptica, los equipos terminales son los responsables de multiplexar y demultiplexar las longitudes de onda para así ser transmitidas o recibidas respectivamente, como se muestra en la figura 68.



**Figura 68. Sistema WDM bidireccional**

*Fuente:* (Fuertes P., 2006)

### 3.2.2.1 Características Claves de un Sistema WDM.

- **Mejora la Capacidad.-** En los enlaces punto a punto mejora la capacidad de transmisión. Si cada longitud de onda soporta un canal de red independiente de unos pocos gigabits por segundo, WDM puede incrementar la capacidad de un sistema óptico drásticamente con cada canal de longitud de onda adicional.
- **Transparencia.-** Cada canal óptico puede ser capaz de transportar cualquier formato de transmisión. Usando diferentes longitudes de onda, información digital o analógica puede ser enviada simultáneamente e independientemente sobre la misma fibra sin la necesidad de una estructura de señal común. Característica empleada por los proveedores de servicios Triple-play.

- **Routeo de longitud de onda.-** En lugar de usar la electrónica para poder cambiar las señales ópticas en el nodo, una red de ruteo de longitud de onda puede proveer una conexión pura end to end entre usuarios. Esto se consigue con rutas de luz que son ruteadas y cambiadas en nodos intermedios en la red. En algunos casos, las rutas de luz pueden ser convertidas de una longitud de onda a otra a lo largo de la ruta.

### **3.2.2.2 Clases de WDM.**

#### **3.2.2.2.1 CWDM. (Coarse Wavelength Division Multiplexing)**

Los sistemas CWDM actualmente son utilizados para transportar voz, datos, video y servicios multimedia. Son ideales para redes de fibra con tramos cortos hasta de 50 km para lo cual no necesitan regeneradores de señal o amplificadores ópticos. Éstos sistemas CWDM pueden trabajar con láseres de 2.5 Gbps de velocidad de bit y multiplexa hasta 18 longitudes de onda, lo que provee un máximo de 45 Gbps sobre una fibra óptica. Los sistemas CWDM presentan un transceiver en donde se acopla tanto el transmisor como el receptor láser.

##### **3.2.2.2.1.1 Ventajas.**

- a) Los sistemas CWDM presentan una tecnología con un hardware más barato, un menor consumo de energía y una reducida cantidad de equipos, para lo cual tiende a ser menos costoso, tomando en cuenta que el menor costo también conlleva a la menor distancia de operación,

menor capacidad de transmisión y menores canales de multiplexación en relación a los sistemas DWDM.

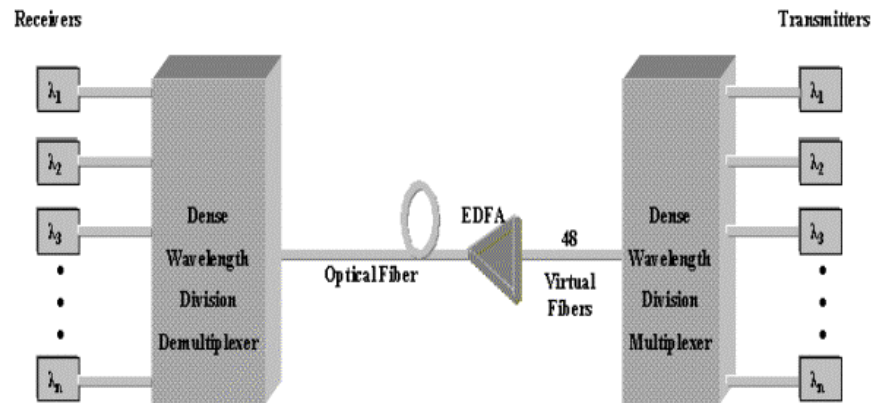
- b) Los sistemas CWDM son ideales para arquitecturas LAN ya que presentan un gran incremento de ancho de banda. Los sistemas CWDM al utilizar fibra Multimodo conjuntamente con los costos al migrar la tecnología Ethernet a un siguiente nivel serían relativamente bajos de acuerdo a la capacidad de transmisión que se lograría utilizando cerca de los 10Gbps.
  
- c) Los sistemas CWDM también pueden ser utilizados en las redes metropolitanas ya que pueden trabajar sobre transmisiones digitales banda base de hasta 75km, tomando en cuenta que el retorno analógico se tiene un alcance más reducido debido a la relación señal a ruido que presenta. CWDM sería una buena opción para los sistemas de bucle de abonado como son FTTC (Fiber To The Cabinet), FTTB (Fiber To The Building) o FTTH (Fiber To The Home) que se caracterizan por enlaces de hasta 20 km.

#### 3.2.2.2.2 DWDM. (*Dense Wavelength Division Multiplexing*).

La Multiplexación por División de Onda Densa es utilizada para permitir la incrementación en la capacidad de transmisión de una fibra Óptica. Para esto se transmiten múltiples señales en distintas longitudes de onda en una sola fibra, obteniendo cada señal una única longitud de onda o a su vez un determinado color en el espectro de luz, las cuales son transmitidas juntas y



combinadas en una sola señal. A continuación se muestra en la figura 69 un sistema de Multiplexación por División de Onda Densa.



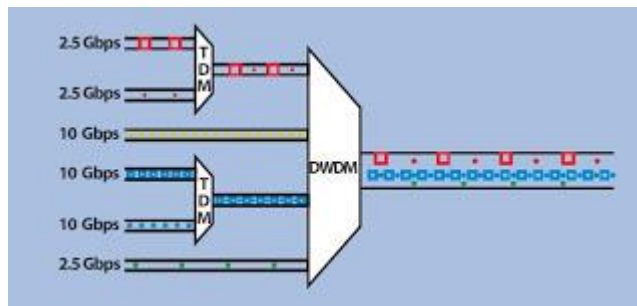
**Figura 69. Principio DWDM**

*Fuente:* (Muniz Bandeira Otto)

DWDM mediante multiplexores permite combinar una gran cantidad de canales ópticos y enviarlos a una sola fibra los cuales son transmitidos simultáneamente y pueden ser amplificados al mismo tiempo. DWDM presenta la capacidad de transmitir varias señales de diferentes formatos y al obtener un medio de transmisión como la fibra óptica, poder alcanzar velocidades de transmisión muy altas.

Como se puede observar en la figura anterior, se utiliza un EDFA (Erbium Doped Fiber), es un amplificador óptico utilizado en DWDM, que sirve para aumentar su ganancia del sistema.

Uno de los grandes beneficios de la tecnología DWDM es el hecho de que no es necesario usar nuevas fibras o realizar un nuevo tendido de fibra, sino que puede usarse la misma fibra para transmitir con DWDM requiriendo únicamente hacer cambios o instalar los módulos necesarios para DWDM. A futuro es posible aumentar mucho más la capacidad de las fibras por medio del uso de técnicas mixtas de modulación como son TDM y DWDM en la figura 70 puede verse como funciona: (Graham Bell A., 2010)



**Figura 70. Tecnología TDM con DWDM**

*Fuente:* (Graham Bell A., 2010)

Mientras TDM genera flujos de bits más rápido, sean estos sincrónicos o asincrónicos, a su vez pueden ingresar al sistema DWDM. Los flujos que vienen del sistema TDM son multiplexados para ser transmitidos a través de la fibra óptica como se muestra en la figura anterior.

Como se ha visto los sistemas de Multiplexación por División de Onda Densa son ideales para redes ópticas de largo alcance, aunque no se descarta la posibilidad de utilizarlas para un pequeño alcance. Al referirse de largas distancias estamos hablando de longitudes mayores a 100km, y al

referirse a cortas distancias igualmente son longitudes menores a los 100km, por lo que estas redes pueden ser utilizadas para enlaces troncales o enlaces metropolitanos de gran demanda de capacidad.

En las redes que son de larga distancia se puede observar la combinación del sistema DWDM y los amplificadores de línea, los cuales nos brindan una transmisión costo efectiva muy buena, transmitiendo tasas de bit que se pueden agregar en el transcurso de la transmisión a través de la fibra óptica. Es por eso que las grandes empresas que utilizan la fibra óptica como medio de transmisión, evitan colocar gran cantidad de fibras ópticas ahorrándose en costo de reparación y mantenimiento, así como en el costo del material.

Actualmente los sistemas DWDM usan como emisor de luz láser, que comúnmente presentan una velocidad de bit de 10 Gbps y a su vez multiplexar 240 longitudes de onda, lo que puede ser transmitido en una fibra óptica hasta 2.4 Tbps de ancho de banda. Pero al obtener un mejor emisor de luz los sistemas DWDM podrían alcanzar velocidades de 40 Gbps por cada longitud de onda con una cantidad de 300 canales multiplexados al mismo tiempo, lo que alcanzaría un ancho de banda estimado de 12 Tbps en una sola fibra óptica.

#### *3.2.2.2.2.1 Ventajas de DWDM.*

- a) Los sistemas DWDM tienen la ventaja de transmitir varios formatos de datos como ATM, Gigabit Ethernet, ESCON y SONET/SDH, es decir

presenta una arquitectura de nivel físico transparente. A su vez puede enviar información sincrónica o asincrónica, digital o analógica mediante una misma fibra óptica.

- b) Presenta una gran escalabilidad, ya que puede acoplarse a anillos de fibra óptica ya existentes de varias redes MAN o redes empresariales, cubriendo así la gran demanda de ancho de banda que se requiera utilizar.
- c) En la actualidad gracias a los sistemas DWDM se puede determinar de manera más rápida el fallo de la red de fibra óptica permitiendo una reparación más rápida y dinámica en las conexiones de redes que facilitan los proveedores.
- d) En los sistemas DWDM no es necesario abarcar un gran ancho de banda para iniciar un red empresarial, los sistemas DWDM permiten ir creciendo de acuerdo a la demanda de ancho de banda que requiera una empresa, reduciendo así los costos de implementación inicial e ir implementando de a poco su sistema completo DWDM.
- e) DWDM ya que presenta como medio de transmisión la fibra óptica puede incrementar su velocidad de transmisión significativamente y así multiplicar su capacidad para ser transmitida en una única fibra.
- f) DWDM permite realizar la construcción de anillos de fibra óptica de una manera más fácil y poder transmitir para dos lugares distintos

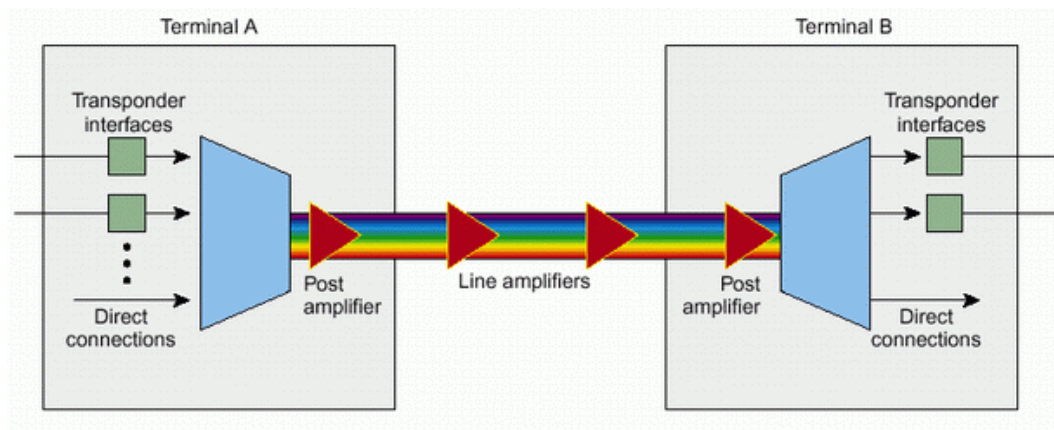
mediante una sola fibra, en la actualidad algunos anillos de fibra óptica emiten dos señales diferentes mediante 2 fibras diferentes a lo que DWDM nos permite enviar 2 señales diferentes sobre la misma fibra, si una señal se perdiera inmediatamente se enviaría por la otra, como un sistemas de Backup.

- g) Al utilizar un sistema DWDM, las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones permiten brindar una mejor calidad del servicio beneficiando tanto al consumidor como al proveedor.
- h) La expansión de redes ópticas era muy costosa, ya que se debía implementar nueva infraestructura para poder agregar más ancho de banda o cubrir más territorio, pero con DWDM es mucho más sencillo debido a que se basa solo en las multiplicaciones en una sola fibra alcanzando mayores distancias y mayores velocidades.
- i) Con los sistemas DWDM se pueden conectar distintos lugares alejados de la ciudadanía del país permitiendo incursionar en el sector de las escuelas, colegios y universidades, permitiendo la transmisión de Voz, Datos y Video, lo que permitiría a personas de educación media poder prepararse mediante bibliotecas virtuales a través de la Internet.
- j) Los sistemas DWDM permiten una interacción de datos segura, lo que en el sistema financiero es muy importante, permitiendo una actualización de datos rápida y confiable, ya que en este campo no se

puede tener errores por lo que podría generar una banca rota a cualquier sistema financiero mediante el más mínimo error.

### 3.3 Funcionamiento DWDM

El funcionamiento de un sistema DWDM consta de varias partes que están presentes a nivel físico como se puede observar en la figura 71.



*Figura 71. Esquema de un sistema DWDM*

*Fuente: (Cardozo F.J., 2006)*

- Primero se tiene el transponder de las interfaces de entrada que acepta las longitudes de onda que provienen de los láseres que pueden ser monomodo o Multimodo. Estas longitudes de onda son mapeadas a longitudes de onda DWDM de acuerdo a las señales de entrada que se tenga, sean estas de diferente tipo de tráfico.
- Después de ser mapeadas las señales, llegan al multiplexor DWDM en donde se produce la combinación de señales y son multiplexadas en una sola señal óptica para ser enviadas por la fibra.

- Una vez multiplexadas a una sola fibra todas las señales siempre se presenta una pérdida inherente debido a la multiplexación que se realiza y mientras más canales ópticos se tenga la pérdida será mayor, es por eso que después de la multiplexación se coloca un amplificador óptico que permite amplificar todas las señales ópticas sin necesidad de una conversión eléctrica eliminando la pérdida inherente.
- Aunque se elimine la pérdida inherente inicial que presenta el sistema, existe efectos degradantes de señal a través de la fibra óptica al momento de la transmisión de señales como son la degradación, diafonía o pérdida de potencia de la señal óptica, para lo cual se puede minimizar los efectos de la degradación de la señal con el control de algunas variables como el espaciado entre canales que debe presentar el sistema para su buena transmisión de señales sin solaparse, la tolerancia de la longitud de onda y regular los niveles de potencia del láser, es por eso que en un enlace óptico se utilizan varios amplificadores ópticos a lo largo de la transmisión.
- Aún después de regenerar la señal a lo largo de la transmisión óptica se tendrá pequeños problemas de degradación de la señal, es por eso que para llegar al otro extremo del sistema DWDM se coloca un pre-amplificador antes de que ingrese la señal al receptor, lo que permite reforzar la señal enviada desde el otro extremo del sistema.
- Al llegar a la parte receptora del sistema, la señal que presenta la combinación de señales que fue enviada a través de la fibra desde la

parte transmisora del sistema llega a un demultiplexor que separa la señal a longitudes de onda individuales, se puede decir que es lo opuesto de lo que se realiza en el parte transmisora del sistema.

- Por último las señales son detectadas por un fotodetector el cual mapea las señales según el tipo de salida que se requiera, el cual está incluido en el transponder óptico en donde se realiza la conversión opto-eléctrica de la señales recibidas.

### **3.3.1 Transmisión DWDM.**

Los sistemas DWDM presentan algunos parámetros de gran importancia para la transmisión de señales ópticas para que exista un buen transporte de datos a través de la red.

#### ***3.3.1.1 Espaciamento del canal.***

El espaciamento del canal se refiere a la mínima frecuencia de separación entre las diferentes señales multiplexadas de la fibra. Según la recomendación de la UIT G.694.1 los espaciamentos entre canales están estandarizados entre los 50 y 100 GHz, aunque la fibra puede alcanzar espaciamentos de canal de 200, 100, 50,25 o 12.5 GHz.

Entre mayor espaciamento de los canales menor será la diafonía, aunque incluso los equipos transmisores limitan el espaciamento de los canales, lo que también limita obtener la máxima velocidad de datos por cada longitud de onda individual que se requiera transmitir.



### **3.3.1.2 Dirección de la señal.**

Cuando se refiere a la dirección de la señal, se refiere en qué sentido puede viajar la información a través de la fibra óptica; es por eso que los sistemas DWDM presentan dos maneras de dirección de la señal, la Unidireccional en donde todas las señales viajan en una misma dirección a través de la fibra, pero se necesitarían dos fibras para realizar una comunicación full dúplex. Para no tener que ocupar otra fibra para la comunicación en ambos sentidos se subdivide al canal para que un subcanal sirva para transmitir y otro sirva para recibir, a esto se la denomina Bidireccional, aunque el único inconveniente de este sistema es que se reduce el ancho de banda al transmitir la información.

### **3.3.1.3 Ancho de Banda.**

Se ha discutido mucho sobre el ancho de banda de la fibra óptica, pero en la actualidad ya se ha podido comprobar su gran capacidad de ancho de banda que puede soportar la fibra óptica como medio de transmisión. Algunos sistemas DWDM que usan láseres pueden alcanzar una velocidad de bit de 10Gbps hablando de transmitir un STM-64 y tienen la capacidad de multiplexar hasta 240 longitudes de onda, lo que alcanza un máximo de 2.4Tbps en una sola fibra óptica. Pero dependiendo del láser que se utilice los sistemas DWDM pueden alcanzar velocidades superiores y aprovechar todo el ancho de banda que podría soportar la fibra óptica. En la actualidad los sistemas DWDM son capaces de soportar velocidades de 40 Gbps por cada longitud de onda con 300 canales multiplexados lo que en resultado se podría transmitir 12 Tbps sobre una misma fibra óptica, siempre y

cuando tomando en cuenta la pérdida que se origina en los sistemas de conmutación y transmisión.

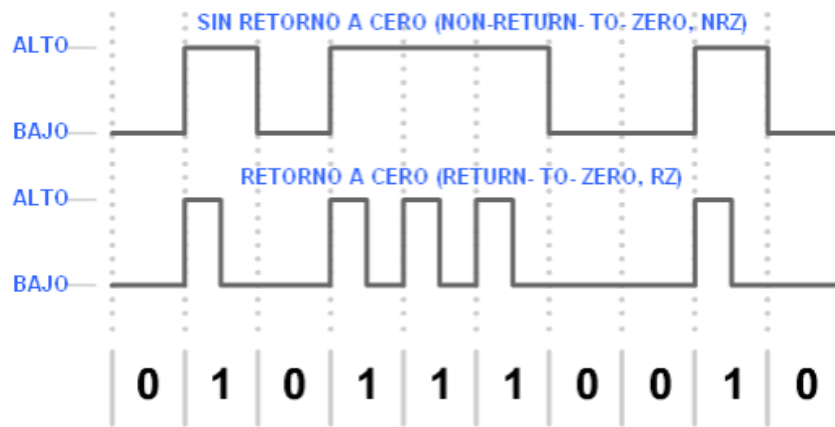
#### ***3.3.1.4 Codificación.***

Una señal digital es una señal discontinua que cambia de un estado a otro en pasos discretos. La forma más popular de modulación digital es la modulación digital binaria, o de dos niveles. En la modulación binaria se conmuta la señal óptica de un nivel de potencia bajo a un nivel de potencia alto. En los sistemas digitales se usan varias técnicas de modulación, que analizaremos aquí.

El código de línea es el proceso de arreglar los símbolos que representan datos binarios en un patrón particular para la transmisión. Los códigos de línea básicos más usados en comunicaciones con fibras óptica son: sin retorno a cero (non-return- to- zero, NRZ), retorno a cero (return- to- zero, RZ), y bifásico, o Manchester.

El código NRZ representa 1s y 0s binarios con dos niveles de luz distintos, que son constantes durante la duración del bit. La presencia de un nivel alto de luz en la duración de un bit representa un 1 binario, mientras que un nivel bajo de luz representa un 0 binario.

La codificación NRZ nos brinda un aprovechamiento muy eficaz del ancho de banda del sistema. Sin embargo, si existen largas cadenas de caracteres de 1s o de 0s, que causan carencia de transiciones de nivel, pueden provocar pérdida de sincronización. La codificación RZ utiliza solamente la mitad de la duración del bit para la transmisión de datos.



**Figura 72. Codificación NRZ y RZ**

*Fuente:* (Urreña Leon Edsel Enrique, 2010)

En la codificación RZ, la mitad de un período de un pulso óptico presente en la primera mitad de la duración del bit representa un 1 binario. Mientras que un pulso óptico está presente en la primera mitad de la duración del bit, el nivel de luz retorna a cero durante la segunda mitad (Figura 72). Un 0 binario se representa por la ausencia de pulso óptico durante toda la duración del bit. Como la codificación RZ usa sólo la mitad de la duración del bit para la transmisión de datos, requiere un ancho de banda dos veces el de la codificación NRZ. Largas cadenas de caracteres de 0s, que causan carencia de transición de nivel, pueden provocar pérdida de sincronización.

La gran ventaja que ofrece la transmisión digital es que tiene una aceptable relación de señal a ruido (SNR) en el receptor óptico. Los sistemas de comunicaciones digitales pueden tolerar grandes cantidades de pérdida y dispersión de la señal sin deteriorar la capacidad del receptor de distinguir entre un 1 y un 0 binario. La señalización digital reduce también los

efectos que la temperatura y la no linealidad de las fuentes ópticas producen en el rendimiento del sistema. La no linealidad de la fuente y las variaciones de la temperatura afectan seriamente la transmisión analógica. La transmisión digital proporciona un mejor rendimiento en la mayoría de los sistemas complejos y sistemas de comunicaciones de larga distancia (long-haul). En los sistemas de corta distancia (short-haul), el costo y la complejidad de los equipo de conversión analógico a digital, y digital a analógico, en algunos casos, compensan las ventajas de la transmisión digital. (Urreña Leon Edsel Enrique, 2010)

#### ***3.3.1.5 Potencia de la señal.***

La potencia de la señal depende de muchos factores que se presentan en la transmisión óptica, comenzando desde el transmisor hasta el receptor existen varios fenómenos que pueden hacer decrecer la potencia de la señal con la cual es transmitida. Esta señal además decrece exponencialmente tan solo con la distancia, es decir a mayor distancia menor será el alcance de la señal por su potencia. A parte de la distancia se incluye varios sucesos como atenuación, dispersión, conversión opto-eléctrica y varios efectos no lineales en la fibra, se tiene una señal desgastada y con menor potencia para ser recibida por el detector óptico.

#### ***3.3.1.6 Taza de Bit errado (BER).***

Es la tasa a la cual los errores ocurren, donde un error corresponde a la recepción de un 1 cuando un 0 fue transmitido y viceversa. Corresponde el BER entonces a la proporción de bits errados respecto a los bits transmitidos en un determinado intervalo de tiempo, así:

BER= Número de bits errados/ números de bits transmitidos.

Así, se tiene un bit errado en una transmisión de 1000 bits promedio el BER es  $10^{-3}$ . El valor de BER típicamente en DWDM es de  $10^{-15}$  especialmente en redes de largo enlace. (Maria Soledad Jiménez, 2010)

### **3.3.1.7 Señal a Ruido Óptico.**

La OSNR se define como la relación entre la potencia media de señal y de ruido para un determinado canal óptico. Habitualmente, cada canal consiste en luz modulada prácticamente monocromática (señal) sobre una densidad de potencia de ruido que se distribuye en un gran ancho de banda. Este ruido proviene principalmente de los amplificadores ópticos (ruido ASE). La OSNR (en dB) puede entonces calcularse como:

$$\text{OSNR(dB)} = 10 \log_{10} \left( \frac{S}{N} \right)$$

Donde S es la potencia media (lineal) de señal y N es la potencia media (lineal) de ruido en el ancho de banda equivalente del canal. Dado que el analizador de espectros (OSA) con el que se realiza la medida tiene un ancho de banda de resolución, en realidad las medidas tanto de señal como de ruido dependen de este valor concreto, por lo que hay que tener en cuenta ciertas precauciones. (Ing. Pascual F., 2009)

### **3.3.2 Componentes de un sistema DWDM.**

Un sistema DWDM presenta dos clases de componentes; los activos que son aquellos componentes de una red de fibra óptica que son alimentados con corriente eléctrica para que puedan funcionar, los pasivos son aquellos

componentes que no necesitan una alimentación de corriente eléctrica para su funcionamiento.

A continuación se verá brevemente algunos componentes indispensables que se utilizan en una red óptica DWDM como son: Los emisores o transponders, Multiplexores y demultiplexores, Fibra óptica, amplificadores ópticos y Receptores.

### ***3.3.2.1 Emisores o Transponders.***

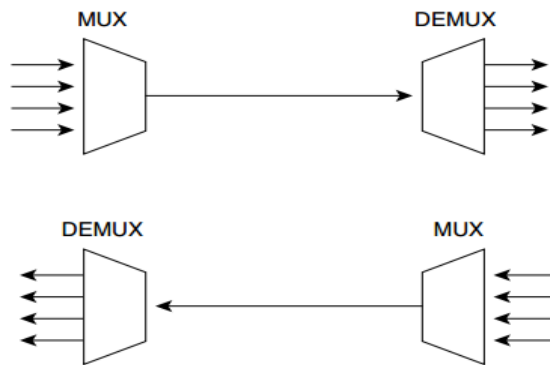
Los emisores o transponders ópticos que se utilizan en un sistema DWDM están conformados por fuentes de luz son los láseres, que permiten el envío de los datos después de haber convertido la señal eléctrica que viene en formato de bits a pulsos ópticos que se encuentran en una frecuencia específica. Estos láseres permiten emitir una gran potencia de emisión de luz al compararlos con los emisores de luz LEDs, lo que permite llegar a mayores distancias. Los láseres emiten un pulso de luz que tiene misma fase y misma frecuencia y obtienen un ancho espectral estrecho.

### ***3.3.2.2 Multiplexor y Demultiplexor.***

Dado que los sistemas DWDM envían señales de varias fuentes sobre una sola fibra, deben incluir algunos medios para combinar las señales entrantes. Esto se hace con un multiplexor, que tiene longitudes de onda ópticas de múltiples fibras y las converge en una viga. En el extremo receptor, el sistema debe ser capaz de separar los componentes de la luz de modo que puedan ser detectados discretamente. Los demultiplexores realizan esta función mediante la separación del haz recibido en sus

componentes de longitud de onda y el acoplamiento a las fibras individuales. La demultiplexación debe hacerse antes de que se detecte la luz, porque fotodetectores son dispositivos de banda ancha inherentes que no pueden detectar selectivamente una sola longitud de onda.

En un sistema unidireccional (ver Figura73), hay un multiplexor en el extremo emisor y un demultiplexor en el extremo receptor. Dos sistemas serían necesarios en cada extremo para la comunicación bidireccional, y se necesitaría dos fibras separadas.



**Figura 73. Multiplexación y demultiplexación en un sistema Unidireccional**

*Fuente:* (Cisco Systems, Inc., 2001)

En un sistema bidireccional, existe un multiplexor / demultiplexor en cada extremo (véase la figura 74) y la comunicación es sobre un solo par de fibras.

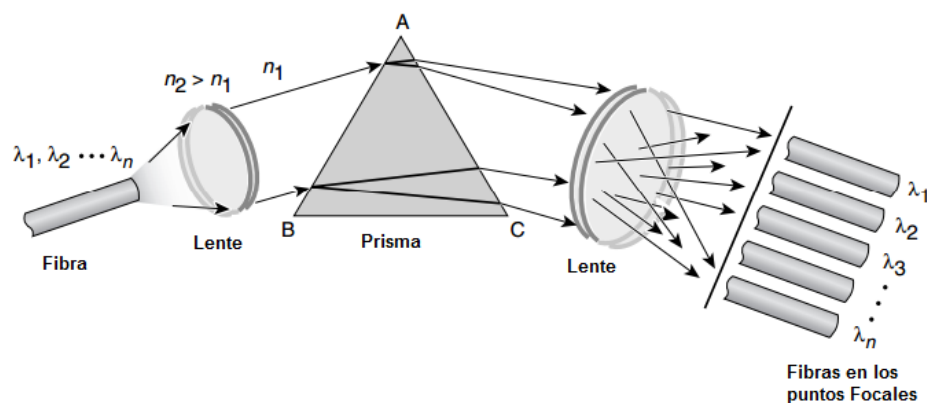


**Figura 74. Multiplexación y Demultiplexación en un sistema Bidireccional**

*Fuente:* (Cisco Systems, Inc., 2001)

Multiplexores y demultiplexores pueden ser pasivos o activos en el diseño. Diseños pasivos se basan en prismas, rejillas de difracción, o filtros, mientras que los diseños activos se combinan dispositivos pasivos con filtros sintonizables. Los principales desafíos en estos dispositivos es minimizar la diafonía y maximizar la separación de canales. Cross-talk es una medida de lo bien que se separan los canales, mientras que la separación de canales se refiere a la capacidad de distinguir cada longitud de onda.

Una forma simple de multiplexación o demultiplexación de la luz se puede hacer utilizando un prisma. La Figura 75 demuestra el caso de demultiplexación. Un haz paralelo de luz policromática incide sobre una superficie del prisma; cada longitud de onda se refracta de diferente manera. Este es el efecto "arco iris". En la luz de salida, cada longitud de onda se separa de la siguiente por un ángulo. Una lente enfoca entonces cada longitud de onda hasta el punto donde tiene que introducir una fibra. Los mismos componentes se pueden utilizar a la inversa para multiplexar diferentes longitudes de onda en una sola fibra.

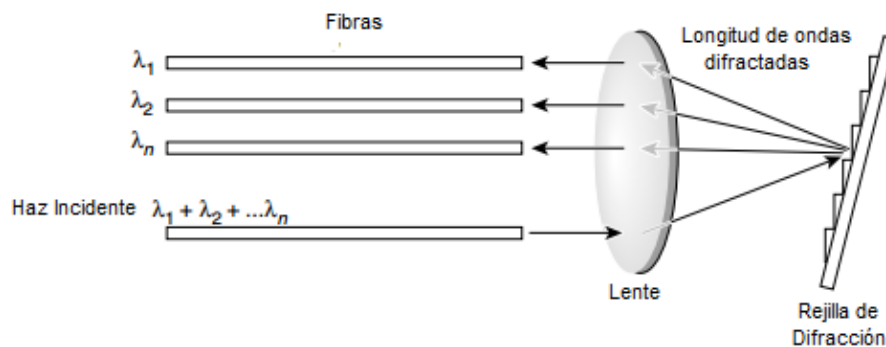


**Figura 75. Demultiplexación por refracción de un prisma.**

Fuente: (Cisco Systems, Inc., 2001)



Otra tecnología se basa en los principios de la difracción y de la interferencia óptica. Cuando una fuente de luz policromática incide sobre una rejilla de difracción (véase la figura 76), cada longitud de onda se refracta en un ángulo diferente y por lo tanto a un punto diferente en el espacio. El uso de un lente, estas longitudes de onda se pueden enfocar sobre las fibras individuales



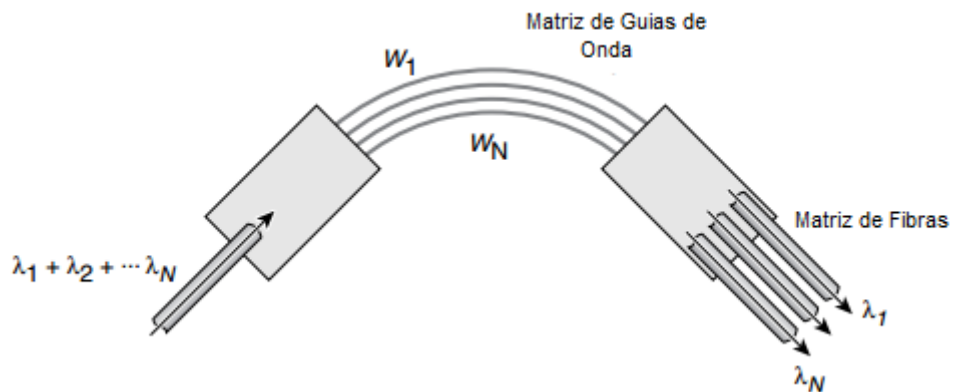
**Figura 76. Difracción de Longitud de ondas por rejilla.**

*Fuente:* (Cisco Systems, Inc., 2001)

Las matrices de rejillas de guía de ondas (AWG) también se basan en los principios de difracción. Un dispositivo de AWG, a veces llamado un router de guía de ondas óptica o router de rejilla de guía de ondas, se compone en una serie de guías de onda curvadas con una diferencia fija en la longitud del camino entre canales adyacentes (véase la figura 77).

Las guías de ondas están conectadas a cavidades en la entrada y la salida. Cuando la luz entra en la cavidad de entrada, es difractado y entra en la matriz de la guía de ondas. Allí la diferente longitud óptica de cada guía de onda introduce un retardo de fase en la cavidad de salida, donde se acopla una matriz de fibras. El proceso resulta que diferentes longitudes de onda

tengan la interferencia máxima en diferentes lugares correspondientes a los puertos de salida. (Cisco Systems, Inc., 2001)



**Figura 77. Matriz de Rejillas de Guías de Onda (AWG)**

Fuente: (Cisco Systems, Inc., 2001)

### 3.3.2.3 Fibra óptica.

Para un sistema DWDM se necesita un medio físico de transporte que satisfaga todas las necesidades que se obtenga en la transmisión, es por eso que la fibra óptica es el medio físico adecuado para una transmisión DWDM debido a sus ventajas que se obtiene al poder transmitir mediante un medio óptico como son la velocidad de transmisión y su ancho de banda.

Según las recomendaciones de la UIT de tiene diferentes clases de fibras ópticas utilizadas en la transmisión DWDM:

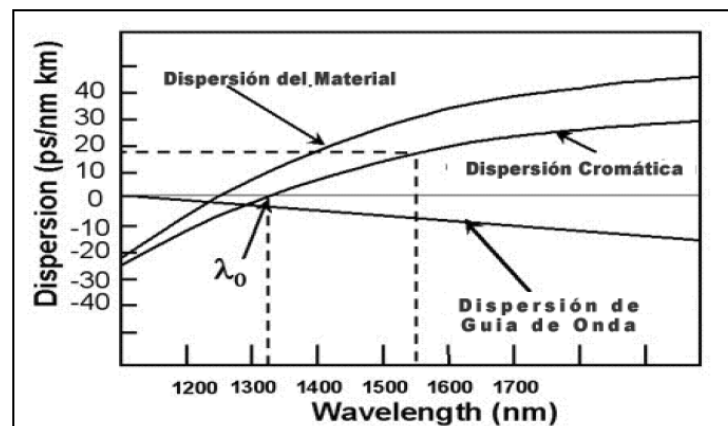
- Fibra NDSF (Fibra de Dispersión no Desplazada); Recomendación UIT G.652
- Fibra DSF (Fibra de Dispersión Desplazada); Recomendación UIT G.653

- Fibra NZDSF (Fibra de Dispersión Desplazada no nula);  
Recomendación UIT G.655 (The Fiber Optic Association Inc.,  
2014)

### 3.3.2.3.1 Fibra no Desplazada al punto de Dispersión (NDSF).

Las Fibras NDSF también llamadas monomodo estándar está diseñada para usarla en la segunda ventana a los 1310nm.

Se usa esta ventana ya que en esta longitud de onda se tiene una dispersión cromática cercana a cero. Esta es una longitud de onda útil, pero no es ideal. La pérdida de una fibra de vidrio es menor a 1550nm y los amplificadores dopados de Erblio operan en este rango como se puede ver en la figura 78:



**Figura 78. Dispersión y longitud de onda**

*Fuente:* (CDAD Curso Teórico Práctico de Fibra Óptica, 2010)

En estas fibras, la dispersión cromática aumenta gradualmente arriba de los 1310 hasta que alcance aproximadamente 17ps/ (nm-km) a los 1550nm. (CDAD Curso Teórico Práctico de Fibra Óptica, 2010)

#### *3.3.2.3.2 Fibra Desplazada al punto de Dispersión (DSF).*

La primera fibra con dispersión desplazada fue diseñada para una dispersión cero a una longitud de onda de 1550nm. Esto fue realizado incrementando la magnitud de la dispersión de guía de onda, como se muestra en la figura 78 anterior. Este tipo de fibra utiliza la tercera ventana.

Este diseño trabaja muy bien para los sistemas de transmisión de señales en la región de la longitud de onda de dispersión cero. Sin embargo, si el sistema transmite múltiples longitudes de onda en la región de los 1550nm, las señales en las diferentes longitudes de onda pueden mezclarse unas a otras, generando ruido que degrada la señal de los sistemas, por eso estas fibras no sirven para aplicaciones DWDM.

#### *3.3.2.3.3 Fibra no Desplazada a cero el punto de dispersión (NZ-DSF).*

El aumento en la dispersión era un problema para los proveedores de res de fibra que quisieron usar la atenuación baja de la ventana de los 1550nm para la transmisión de gran velocidad en los tramos largos. La fibra de dispersión desplazada (DSF) perfecciona esa longitud de onda para la transmisión de gran velocidad desplazando 0 a los 1550nm. DSF trabaja bien, con tal, que sólo una longitud de onda se transmita en la fibra.

Sin embargo, cuando se intentó usar en DSF la DWDM, los problemas se elevaron. Para cubrir las necesidades de la tecnología DWDM se crea el tipo de fibra NZ-DSF cuyo diseño es hacer la dispersión baja en 1550nm pero que no llegue a cero y poder utilizar DWDM sin los efectos de la mezcla de cuatro ondas.

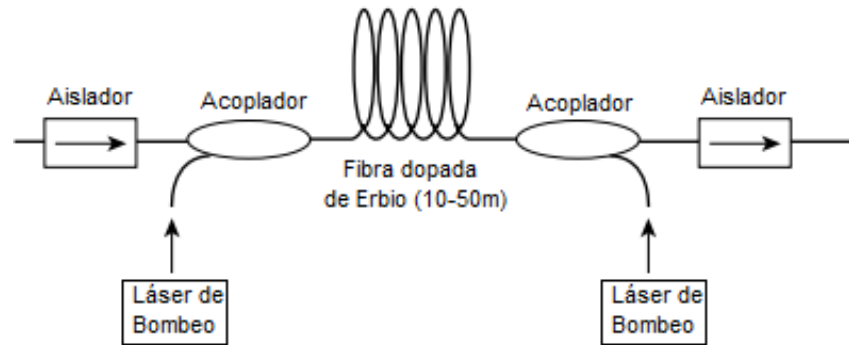
#### **3.3.2.4 Amplificador Óptico.**

Debido a la atenuación, hay límites con la duración de un segmento de fibra que puede propagar una señal con integridad antes de que tenga que ser regenerada. Antes de la llegada de los amplificadores ópticos, había un repetidor para cada señal transmitida. Los amplificadores ópticos han hecho posible amplificar todas las longitudes de onda a la vez y sin conversión óptica-eléctrica-óptica. Además de ser utilizado en los enlaces ópticos, los amplificadores ópticos también pueden ser utilizados para aumentar la potencia de la señal después de multiplexación o antes de la demultiplexación, en donde se puede introducir la pérdida en el sistema.

Los amplificadores más usados en los sistemas DWDM son el EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) y el amplificador RFA (Raman Fiber Amplifier). Para hacer posible transportar gran cantidad de información DWDM y que sea capaz de transmitir a largas distancias, el EDFA es la clave que permite brindar esta tecnología. Al mismo tiempo ha sido una fuerza impulsora en el desarrollo de los otros elementos de red y tecnologías. El Erblio es un elemento de tierras raras que cuando se excita, emite luz alrededor de 1,54 $\mu$ m de longitud de onda con baja pérdida en las fibras ópticas utilizadas en DWDM. La figura 79 muestra un diagrama simplificado de un EDFA. Una señal débil entra en la fibra dopada de erbio, en el que la luz a 980nm o 1480nm se inyecta usando un láser de bombeo.

Esta luz inyectada estimula los átomos de erbio para liberar su energía almacenada en forma de luz adicional a 1550nm. Como este proceso continúa por la fibra, la señal se hace más fuerte. Las emisiones

espontáneas en el EDFA también añaden ruido a la señal; esto determina el factor de ruido de un EDFA.



**Figura 79. Diseño de un amplificador de fibra dopada de Erbio.**

*Fuente:* (Cisco Systems, Inc., 2001)

Los parámetros clave de rendimiento de los amplificadores ópticos son ganancia, plenitud de ganancia, nivel de ruido, y la potencia de salida. Los EDFAs son típicamente capaces de obtener ganancias de 30 dB o más y una potencia de salida de 17 dB o más. Los parámetros de destino al seleccionar un EDFA, sin embargo, son de bajo ruido y ganancia plana. La ganancia debe ser plana porque todas las señales deben ser amplificadas de manera uniforme. Mientras que la ganancia de la señal proporcionada con la tecnología EDFA es dependiente de la longitud de onda inherentemente, se puede corregir con filtros de aplanamiento de ganancia. Dichos filtros se construyen a menudo en EDFAs modernos.

Un nivel bajo de ruido es un requisito ya que el ruido, junto con la señal, se amplifica. Debido a que este efecto es acumulativo, y no puede ser filtrada, la relación señal a ruido es un factor limitante en el número de

amplificadores que se pueden concatenar y, por lo tanto, la longitud de un único enlace de fibra.

En la práctica, las señales pueden viajar hasta 120 km entre amplificadores. En distancias más largas de 600 a 1000 km la señal debe ser regenerada. Eso es porque el amplificador óptico simplemente amplifica las señales y no realiza las funciones 3R (remodelar, retemporizar, retransmitir). Los EDFAs están disponibles para la banda C y la banda L. (Cisco Systems, Inc., 2001)

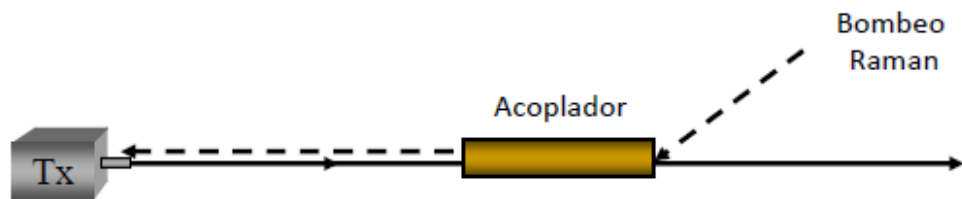
El amplificador Raman se basa en el efecto Raman, *SRS Stimulated Raman Scattering*. Esta no linealidad de las fibras ópticas tiene lugar cuando ésta es atravesada por una radiación monocromática de alta intensidad. Bajo ciertas condiciones, la radiación interactúa con el material dando como resultado la aparición de una nueva longitud de onda, de mayor intensidad que la inicial.

El efecto Raman estimulado, en principio es similar a una emisión estimulada, fenómeno en el cual se basan los amplificadores de fibra dopada (Figura 80). En la emisión estimulada, el fotón que interactúa con el medio provocando la emisión estimulada de otro fotón sigue presente. En el caso del Raman estimulado, después de la interacción entre el fotón y el medio, se genera un nuevo fotón de menor energía (menor frecuencia) y la diferencia de energía se transfiere al material dando lugar a vibraciones moleculares, desapareciendo el fotón inicial.

Las frecuencias que se pueden generar dependen las frecuencias características de las moléculas que componen el material. Si al tiempo que pasa por la fibra óptica la señal de bombeo pasa otra señal con una frecuencia característica del material, esta frecuencia será estimulada.

Los amplificadores RAMAN presentan un gran ancho de banda que alcanza a los 6THz, presentan una potencia de bombeo alta, una potencia de saturación alta cerca del orden de 1W, una figura de ruido próxima a 3dB y su principal problema es su fuente de Bombeo.

Comparado con una EDFA, la utilización de amplificadores Raman produce una mejor distribución de potencia a lo largo de la fibra óptica, reduciendo los efectos no lineales



**Figura 80. Amplificador Raman**

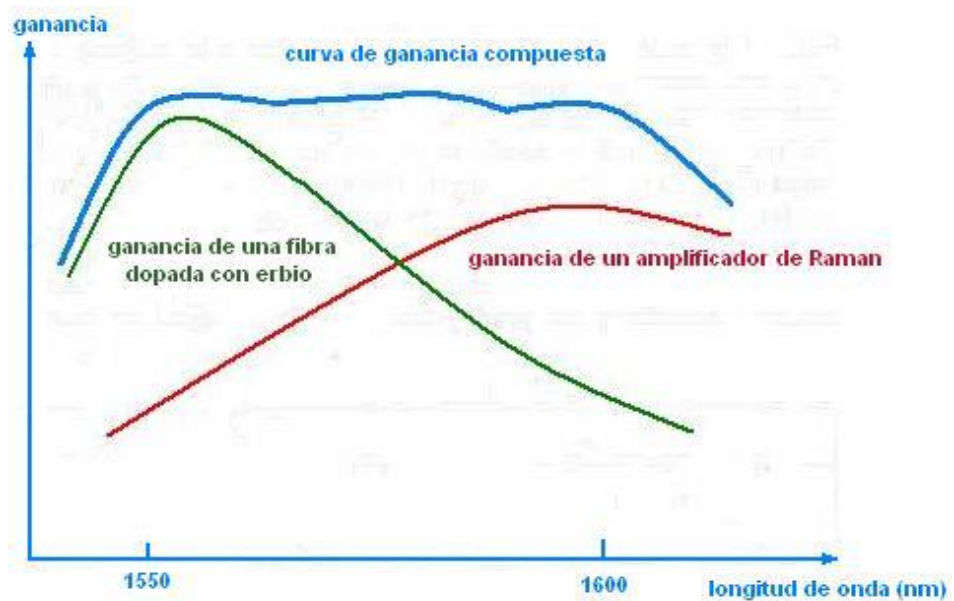
*Fuente:* (Cadena; Cevallos; López, 2012)

Los principales inconvenientes que presentan estos amplificadores es la necesidad de una alta potencia de bombeo, cercana a 1W. Por el contrario una de sus ventajas es que cubre un margen de longitudes de onda no cubierto por los EDFA, por lo que pueden emplearse de forma complementaria. Este hecho queda reflejado en la siguiente figura, en la que se representa de forma aproximada las zonas de trabajo de cada uno. Como se ve empleando ambos amplificadores se obtiene en el rango



comprendido entre los 1530 y 1600 nm una curva ganancia prácticamente plana.

A continuación se presenta un Diagrama de las curvas de ganancia que presentan los dos amplificadores y su ganancia compuesta (Figura 81). (Fuertes P., 2006)



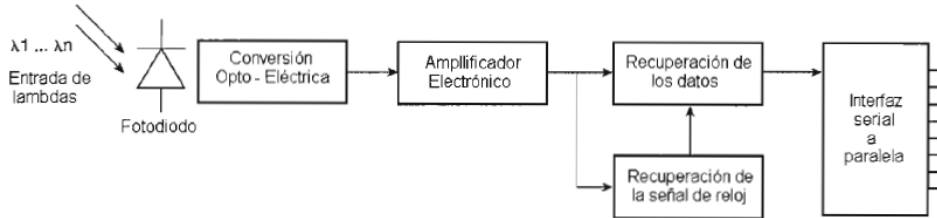
**Figura 81. Curva de ganancia Compuesta**

Fuente: (Cadena; Cevallos; López, 2012)

### 3.3.2.5 Receptor Óptico.

Los receptores detectan los pulsos ópticos y los convierten a señales eléctricas, comúnmente denominados bits. Típicamente usan fotodiodos para convertir la energía de los fotones a electrones. Los receptores usados en sistemas DWDM son mucho más complejos, porque tienen que trabajar

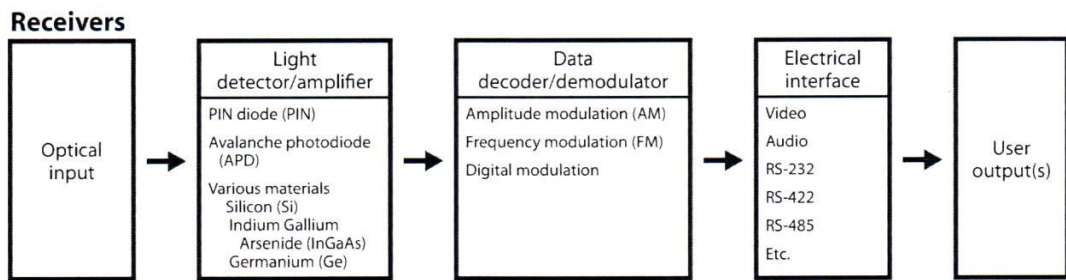
con todas las velocidades de bit especificadas y protocolos. En la figura 82 se muestra un sencillo esquema de un receptor óptico.



**Figura 82. Esquema de un receptor óptico**

*Fuente:* (Fuentes P., 2006)

Los detectores ópticos, también conocidos como los fotodiodos y fotodetectores, realizan la función inversa de la fuente de luz, que convierten las señales ópticas entrantes en señales eléctricas que se pueden procesar con circuitos convencionales dentro del receptor óptico.



**Figura 83. Conversión de Receptor óptico**

*Fuente:* (Light Brigade, Inc., 2014)

El receptor convierte y decodifica la señal óptica de nuevo en señales eléctricas a través del uso de cualquier fotodetector sea PIN o APD. Esta señal recibida y amplificada se envía a un decodificador de datos o

demodulador que convierte la señal eléctrica en protocolo de usuario y el formato (Voz, video y datos).

Hay tres parámetros utilizados para caracterizar un fotodiodo: la capacidad de respuesta, la sensibilidad y la velocidad. La capacidad de respuesta es la corriente de salida dividida por la potencia de entrada y tiene unidades A / watt. La sensibilidad es el mínimo de la señal, que puede ser detectada en presencia de ruido del fotodiodo y preamplificador. La velocidad es la rapidez con que el fotodiodo puede modular la luz. (Light Brigade, Inc., 2014)

#### *3.3.2.5.1 Requerimientos de los Detectores ópticos.*

- Modulación Rápida
- Rápido ascenso y descenso de tiempos.
- Alta sensibilidad.
- Alta capacidad de respuesta.
- Alta ganancia
- Alta fiabilidad, Larga vida de uso y baja tasa de error.
- Bajo costo
- Baja recepción de ruido
- Longitud de onda compatible con la fuente y la fibra.
- Gran tamaño (comparado con el diámetro del núcleo de la fibra).

(Light Brigade, Inc., 2014)

### 3.3.2.5.2 Diodos PIN.

Los fotodiodos reciben y convierten los pulsos ópticos en pulsos eléctricos. La señal óptica al final del enlace usualmente es atenuada y presenta poca potencia, resultando en una corriente de salida relativamente baja a la captación del fotodiodo. Por lo tanto, un fotodiodo se utiliza normalmente con un preamplificador sensible y estos se instalan normalmente juntos para mejorar el rendimiento.

El tipo más común de diodo usado es el diodo PIN (Positive - Intrinsic - Negative), los diodos son relativamente baratos y no requieren grandes cantidades de energía, pero están limitados en la sensibilidad. Son utilizados en tramos cortos por lo general.

El rendimiento del receptor óptico se basa en una serie de parámetros operativos esenciales, tales como:

- Rango dinámico: Es el rango de potencia de entrada óptica en la que el receptor puede operar con éxito para reproducir la señal de información transmitida.
- Sensibilidad: Es el nivel de potencia de entrada mínimo requerido para la reproducción de la señal de información transmitida.
- Respuesta de frecuencia: Es una medida de la linealidad en todo el ancho de banda específico del receptor.

(Light Brigade, Inc., 2014)

### 3.3.2.5.3 *Fotodiodos de Avalancha (APD).*

Los fotodiodos de avalancha son fotodiodos que producen ganancia, por ejemplo, amplificación, y se utilizan generalmente con pérdida en exceso o sistemas de larga distancia. El inconveniente es la mayor complejidad del circuito y el costo. Los APDs utilizan ganancia de corriente interna para amplificar la fotocorriente en aproximadamente de 10 a 50 veces. Esto se logra mediante la aplicación de una gran tensión inversa a través del fotodiodo. A medida que el APD detecta la luz, la fotocorriente generada es amplificada por un proceso interno y resulta en una salida de corriente mucho más alto.

La ganancia APD es muy sensible a la cantidad de tensión de polarización inversa y la temperatura ambiente. Cuanto mayor sea la temperatura, mayor debería ser la tensión de polarización con el fin de mantener la misma cantidad de ganancia. Por lo tanto, a fin de que permanezca constante, la tensión inversa se debe ajustar para dar cuenta de las variaciones de temperatura. Correctamente polarizado, los APDs proporcionan de 4 a 10 dB de ganancia. Una pérdida típica de fibra monomodo es de 0,25 dB / km, lo que corresponde a un adicional de 16 a 40 km de fibra.

En un sistema de telecomunicaciones utilizan la temperatura sofisticada y ganancia de estabilización de circuitos para asegurar que la sensibilidad del receptor permanezca constante. Con el fin de reducir los costos, receptores ópticos con APDs en sistemas estándar ITS (Intelligent Transport Systems) suelen utilizar el APD con sólo una pequeña cantidad de ajustes de temperatura o tensión de polarización.

Dado que los receptores ópticos se encuentran normalmente en instalaciones controladas ambientalmente, la variación de temperatura y por lo tanto la ganancia de APD son relativamente constante y no afectaría negativamente al rendimiento del sistema de transmisión. (Light Brigade, Inc., 2014)

Los fotodiodos APD se encuentran de diferentes componentes, los cuales presentan cambios a la hora de ponerlos en funcionamiento, en la Tabla 4 se presentan las características de los APDs más comunes.

**Tabla 4. Características de APDs comunes.**

<b>Parámetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Silicio</b>	<b>Germanio</b>	<b>InGaAsP</b>
Longitud de onda	$\lambda$	um	0.4 - 1.1	0.8 - 1.8	1.0 - 1.7
Capacidad de Respuesta	$R_{APD}$	A/W	80 - 130	3 a 30	5 a 20
Ganancia APD	M		100 - 500	50 - 200	10 a 40
Minima corriente	$I_d$	nA	0.1 - 1	50 - 500	1 a 5
Tiempo de Subida	$T_r$	ns	0.1 - 2	0.5 - 0.8	0.1 - 0.5
Ancho de Banda	$\Delta_v$	GHz	0.2 - 1	0.4 - 0.7	1 a 10
Voltage Polarizado	$V_b$	V	200 -250	20 - 40	20 - 30

*Fuente:* (Optical Receivers)

**InGaAsP (Indium, Gallium, Arsenide, Phosphide):** Indio, Galio, Arseniuro, Fósforo.

### 3.3.3 Topologías de redes DWDM.

Las topologías de redes se basan en muchos factores, incluyendo las aplicaciones a utilizar y protocolos propuestos, distancias diferentes, uso y formas de acceso y topologías de redes antiguas; debido a esto se puede encontrar topologías como las siguientes:

- Topología punto a punto que se basa en conectar distintas ubicaciones sea direccional o bidireccional sin conexiones intermedias entre estos dos puntos.
- Topología anillo que sirve para conectar varios puntos entre sí, comúnmente se realiza en accesos residenciales o en empresas comerciales.
- Topología malladas que se utiliza para interconectar varios puntos con sus respectivos enlaces de backbone.

En la actualidad se utilizan comúnmente las topologías punto a punto y en anillo. Con los enlaces punto a punto sobre DWDM entre grandes centros empresariales, solamente hay la necesidad como premisa de usuario, convertir el tráfico de aplicación a longitudes de onda específicas y su multiplexación.

En las topologías punto a punto se pueden implementar con o sin OADM (Optical add/drop Multiplexer). Estas redes se caracterizan por velocidades ultra altas de canal (10 a 40 Gbps), de alta integridad y fiabilidad de la señal, y la restauración de vía rápida. En redes de larga distancia entre el transmisor y el receptor puede ser de varios cientos de kilómetros, y el número de amplificadores necesarios entre los puntos finales suele ser inferior a 10. En redes MAN, a menudo no se necesitan amplificadores (figura 84). (Cisco Systems, Inc., 2001)

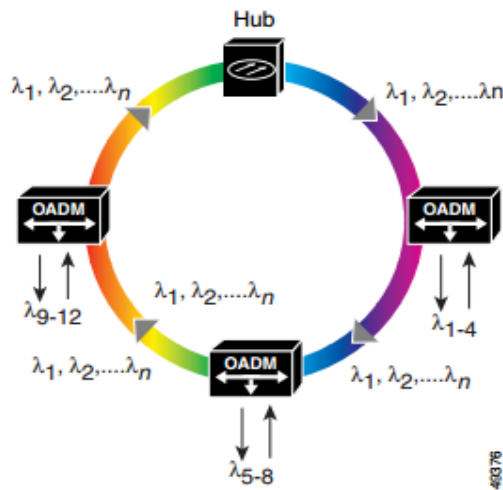


**Figura 84. Arquitectura Punto a Punto**

*Fuente:* (Cisco Systems, Inc., 2001)

La topología en anillo es la más común en las redes metropolitanas. Las configuraciones en anillo se pueden instalar con uno o más sistemas DWDM, soportando cualquier tipo de tráfico, o pueden tener un concentrador y unos o más nodos OADMs. En el nodo del concentrador el tráfico se origina, se termina y se controla y a su vez da conectividad con otras redes establecidas. En los nodos OADMs, las longitudes de onda seleccionadas son removidas o añadidas mientras que las demás pasan de forma transparente (Figura 85). De esta manera, las arquitecturas en anillo permiten que los nodos suministren acceso a elementos de red como ruteadores, conmutadores o servidores con añadir o remover canales de longitud de onda en el dominio óptico. Sin embargo incrementando el número de OADMs, la señal tiene más pérdidas y se puede necesitar amplificación. (Cisco Systems, Inc., 2001)



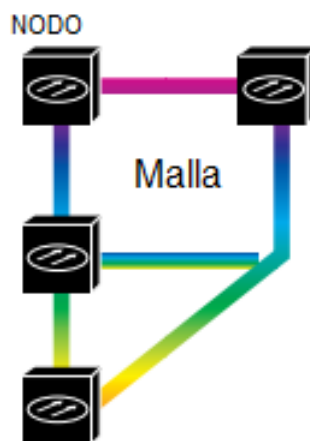


**Figura 85. Hub DWDM y Arquitectura de anillo Satelital**

*Fuente:* (Cisco Systems, Inc., 2001)

A medida que las redes evolucionan, las arquitecturas punto a punto y en anillo aún tendrán cabida, pero la malla suministra una topología más robusta. Este desarrollo es habilitado por la introducción de las conexiones cruzadas y los interruptores que en algunos casos reemplazan ópticos configurables y en otros casos complementan dispositivos DWDM fijos.

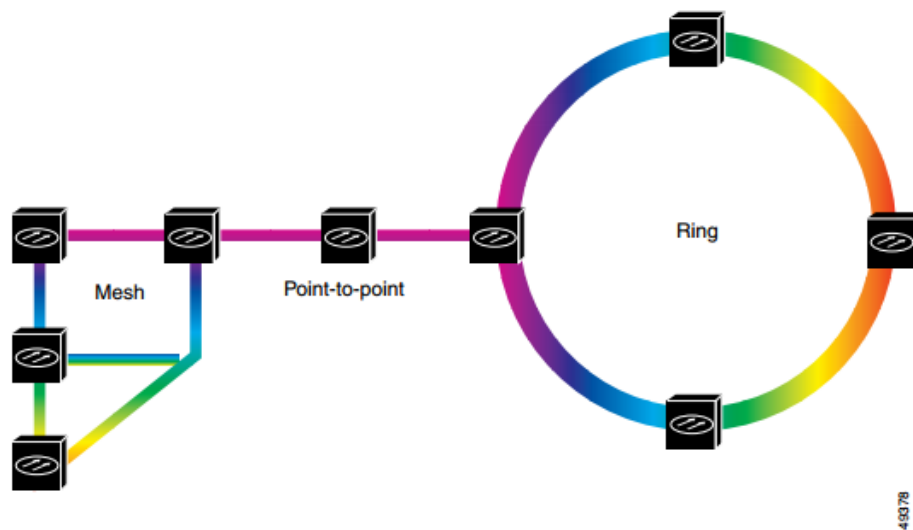
Figura 86.



**Figura 86. Arquitectura de Malla.**

*Fuente:* (Cisco Systems, Inc., 2001)

Desde el punto de vista del diseño, hay un camino evolutivo graciosa disponible de punto a punto a la malla topologías. Al comenzar con punto a punto de enlaces, equipados con nodos OADM al principio de flexibilidad, y posteriormente interconexión de los mismos, la red puede evolucionar en una malla sin un rediseño completo. Además, la malla y topologías de anillo pueden estar unidos por enlaces punto a punto (Figura 87).



**Figura 87. Arquitectura de malla y Anillo unidas un una arquitectura punto a punto**

*Fuente:* (Cisco Systems, Inc., 2001)

Las redes malladas requieren un alto grado de inteligencia para realizar las funciones de enrutamiento, señalización y gestión de la red, es por eso que se necesita un software adecuado de gestión.

## CAPITULO IV

### DISEÑO DE RED CON FIBRA ÓPTICA

#### 4.1 Enlace Actual de CNT E.P.

En la actualidad la Corporación Nacional de telecomunicaciones CNT E.P. presenta la mayor cobertura a nivel Nacional de servicio de Internet, pero hay lugares a los cuales le es difícil llegar a cubrir con fibra óptica como es la Zona de Intag – Apuela. La única vía de servicio de Internet que presenta con Apuela es vía microonda desde una repetidora llamada San Vicente lo cual se convierte en la única vía de comunicación sin tener una red de backup.

CNT E.P. ha estado trabajando para esta zona con telefonía mediante CDMA450 los cuales han tenido muchas fallencias como el corte de servicio, sobretensiones en los equipos por causa de rayos atmosféricos, ruido en la señal al comunicarse y escasos puertos de abonados. Se pensaba dar el servicio de internet por la misma tecnología pero por sus fallos se desistió ya que el sitio es una localidad de difícil acceso debido al terreno geográfico que presenta. Tomando en cuenta también sus carreteras en mal estado, el mal clima que presenta y muchos inconvenientes topográficos que permiten la deficiencia del enlace de radio frecuencia que está instalado actualmente, además se convierte en un gran inconveniente dar mantenimiento a dichos equipos que dan el servicio de internet. Para brindar un buen servicio a la zona de Intag y de manera exitosa se debería colocar varias radio - bases como la existente pero se suma al problema el alto costo de adquisición de infraestructura así como incluir más personal para instalación, mantenimiento y operación de la misma.

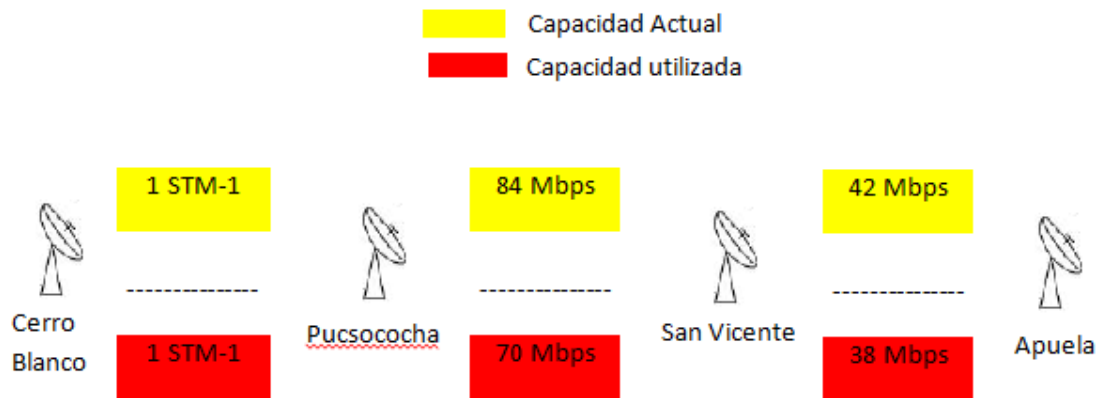
El enlace con dirección Apuela, es entregado desde Cerro Blanco que es el nodo central de comunicaciones en la ciudad de Imbabura, esta base se enlaza con una radio base de Pugsucocha y transmite a otra estación base que es San Vicente, finalmente es transmitido hasta el sector de Apuela (ver Figura 88 ). En el nodo central Cerro Blanco se dispone de un equipo OSN 3500 para esta transmisión, equipo que trasmite el servicio de voz y datos a la misma vez y se encuentra compuesto de 2 STM64 (20 Gbit/s) repartiendo para diferentes servicios de la Regional 1.



**Figura 88. Enlaces de la Regional 1.**

*Fuente:* (CNT E.P., 2014)

Desde el nodo central de Cerro Blanco se transmite una señal de 1 STM-1 hacia la radio base de Pugsucocha, para luego ser transmitida hacia San Vicente a 84Mbps y en el tramo final hacia el sector de Apuela se transmite 42Mbps (ver figura 89), aunque no toda la capacidad está siendo utilizada, igual se tiene problemas de conexión entre la estación de San Vicente y Apuela.



**Figura 89. Enlace Radiofrecuencia Utilizable.**

*Fuente:* (CNT E.P., 2014).

Los habitantes de Apuela exigen tener una conexión a internet a mayor velocidad y menor precio, que mediante vía microonda no se puede dar las prestaciones adecuadas para el uso del servicio de internet. Es por eso que el diseño actual servirá para suprimir las falencias de conexión, tomando en cuenta que de la fibra óptica seguirá la ruta del alimentador trifásico de energía que posee una postería ya existente.

La comunicación con el mundo de la internet se ha hecho importante para un buen nivel de educación y negocios como tal, inclusive para comunicación entre personas que se encuentran en otros países, las cuales tienen el mismo derecho que todos al querer acceder a un servicio básico como se ha convertido la Internet.

## 4.2 Equipos DWDM

La corporación nacional de Telecomunicaciones CNT E.P., presenta en su instalación de equipos multiplexores DWDM OSN 6800 y OSN 8800 en donde se encuentran las tarjetas transponder TN52ND2 y la TN52NS3.

### 4.2.1 OptiX OSN 6800

OptiX OSN 6800 es una plataforma orientada hacia el futuro de acuerdo con la tendencia de desarrollo de la red de área metropolitana (MAN) con protocolo IP como núcleo. OptiX OSN 6800 logra el grooming dinámico en la capa óptica y el grooming flexible de la capa eléctrica con una arquitectura completamente nueva. Esta plataforma permite la integración de multiservicios permitiendo una velocidad de transporte de hasta 360 Gigas en su núcleo.

OptiX OSN 6800 puede soportar diferentes redes de acuerdo a su topología sea Punto a Punto, Anillo o Malla, para el diseño actual utilizaremos la topología punto a punto como se muestra en la figura 90.



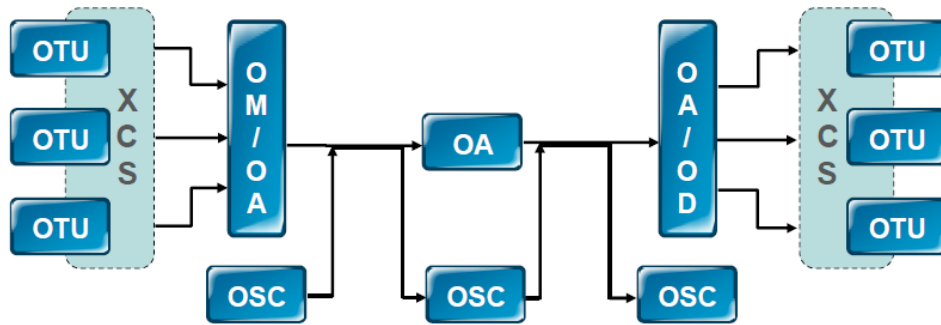
**Figura 90. Topología Punto a Punto**

*Fuente:* (Huawei Technologies Co., 2008)

La estructura general del sistema de red WDM de longitud de ondas de N-Trayectorias es (Figura 91):

- Unidad transpondedor óptico (OTU)
- Unidad de conexión cruzada (XCS)

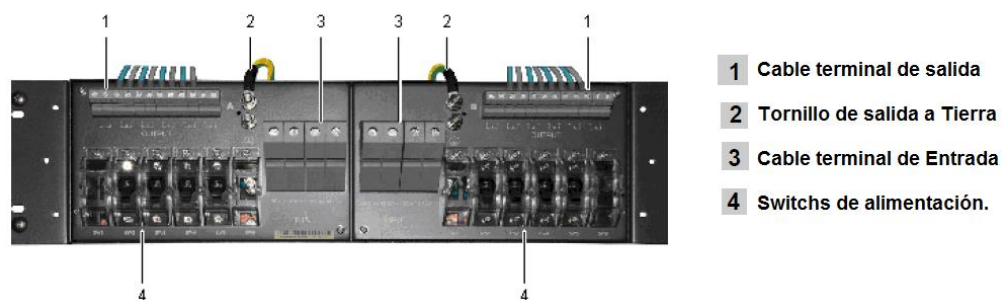
- Unidad multiplexor óptico / Unidad De-multiplexor óptico (OM / OD)
- Amplificador óptico (OA)
- Canal de supervisión óptico (OSC)



**Figura 91. Estructura general de la red WDM**

*Fuente:* (Huawei Technologies Co., 2008)

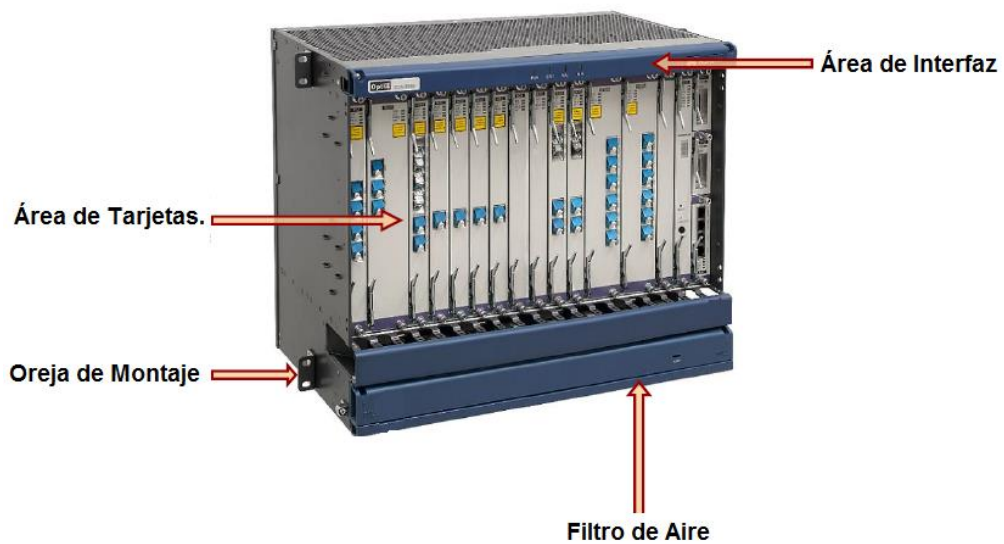
OptiX OSN 6800 presenta un rack abierto de 23 pulgadas, su consumo máximo de potencia de 4800W con una tensión nominal de trabajo de -48V a 60 VDC y una gama de voltaje de -40VDC a 72VDC, el control de todos estos parámetros se encarga la caja de distribución de potencia y voltaje DC como se muestra en la figura 92:



**Figura 92. Caja de distribución de potencia de OptiX OSN 6800**

*Fuente:* (Huawei Technologies Co., 2008)

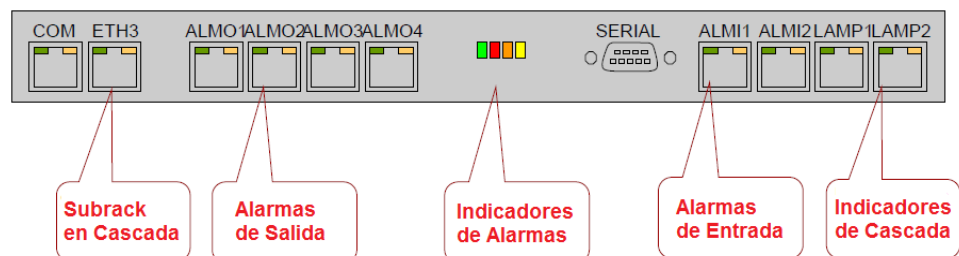
OptiX OSN 6800 presenta en su estructura subracks en donde van las tarjetas multiplexoras y los transponder para la transmisión WDM (figura 93):



**Figura 93. Subrack de OptiX OSN 6800**

Fuente: (Huawei Technologies Co., 2008)

En el área de interfaces existen varios indicadores tanto de entrada como de salida indicándonos las alarmas de funcionamiento (figura 94):



**Figura 94. Zona de Interfaz de OptiX OSN 6800**

Fuente: (Huawei Technologies Co., 2008)

OptiX OSN 6800 procesa dos canales de supervisión en direcciones opuestas, soporta una transmisión hasta de 48 dB y opera con una longitud de onda en los 1550nm, permite hasta 3 tarjetas de módulo de adición

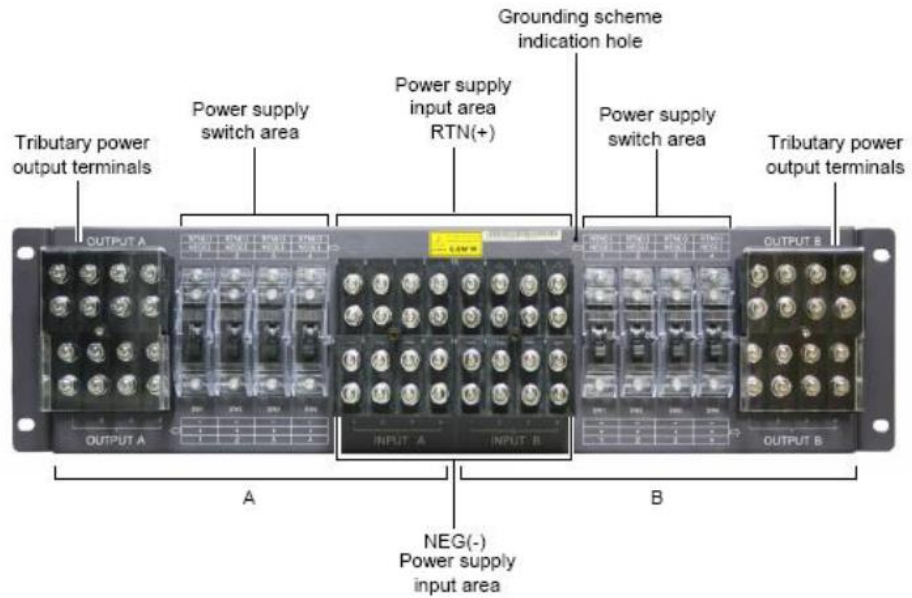


óptica reconfigurable, 2 tarjetas de multiplexión y demultiplexión de longitud de onda selectiva con 4 puertos de conmutación cada una, además de tarjetas amplificadoras de 80 canales de señales ópticas en banda C, monitorización en línea mediante la transmisión. En cuanto a detección óptica permite detectar la potencia óptica del canal, la longitud de onda central, la señal a ruido óptico, el número de longitudes de onda en la trayectoria óptica principal, realiza la monitorización en el sistema de longitudes de onda con un espaciamiento de 50Ghz entre canales.

#### **4.2.2 OptiX OSN 8800**

OptiX OSN 8800 es una plataforma que puede trabajar conjuntamente con OptiX OSN 6800, presentan casi las mismas características con la diferencia que OptiX OSN 8800 permite un transporte eficiente de los datos con una velocidad desde de 1.28 T hasta 2.56 T, es por eso que es utilizado para realizar backbones de fibra óptica debido a la fiabilidad de los datos y así permitiendo a diferencia del módulo anterior la transmisión mediante DWDM.

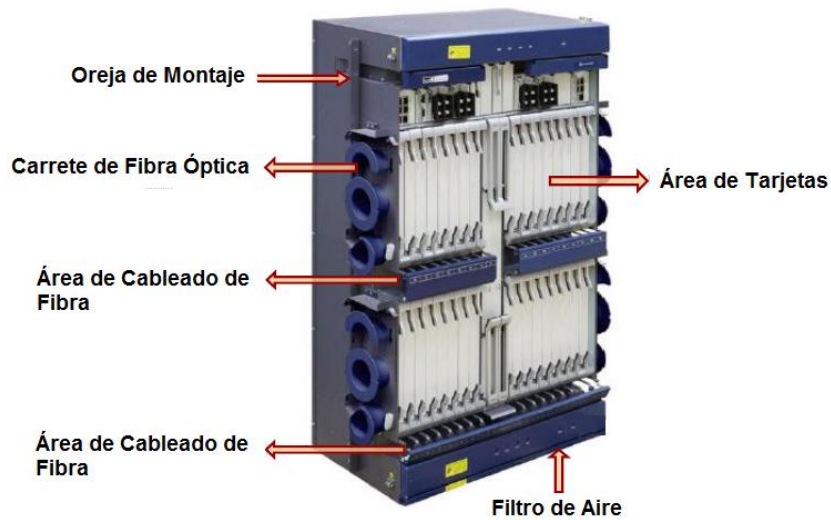
OptiX OSN 8800 presenta 2 clases de cabinas, la primera N63B que presenta una OSN 8800 de T32 y T16, es decir puede aceptar hasta 31 tarjetas de transporte, la segunda N66B presenta una OSN 8800 de T64, T32, T16, cada una de estas trabaja con una tensión nominal de voltaje de -48V a 60v DC y una gama de voltaje de -40V a 72V DC, para ello contiene una unidad de distribución de alimentación DC (PDU), (Figura 95) diferente a OptiX OSN 6800.



**Figura 95. DC PDU de OptiX OSN 8800**

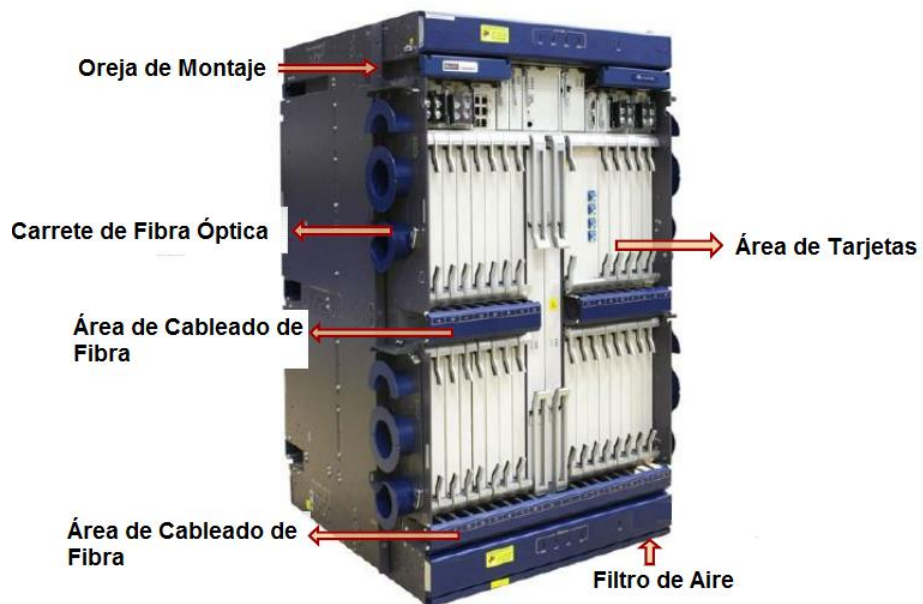
*Fuente:* (Huawei Technologies Co., 2008)

Como se mencionó anteriormente la plataforma OptiX OSN 8800 presenta 2 cabinas, que son denominadas subracks, en donde se encuentran todas las tarjetas que permiten el funcionamiento, el subrack T32 (Figura 96) es más angosto que el subrack T64 (figura 97) debido a que el T64 se puede insertar tarjetas tanto en la parte delantera como en la parte trasera a diferencia que el T32 que solo permite colocar tarjetas en la parte delantera.



**Figura 96. Subrack T32 OptiX OSN 8800**

*Fuente:* (Huawei Technologies Co., 2008)

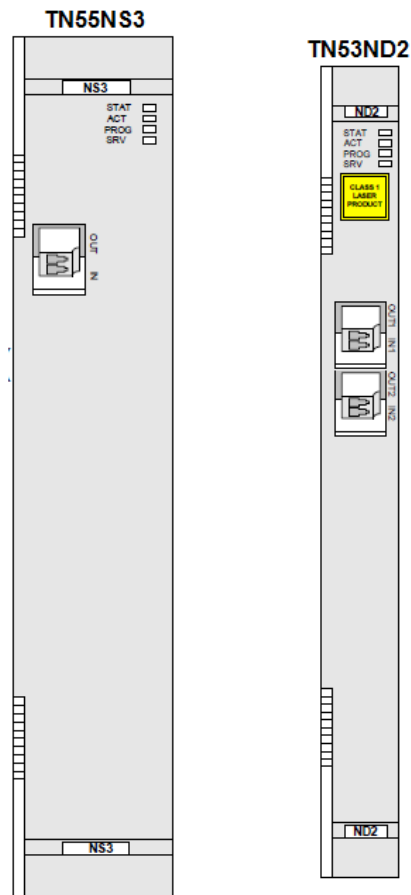


**Figura 97. Subrack T64 OptiX OSN 8800**

*Fuente:* (Huawei Technologies Co., 2008)

Para realizar la transmisión de los datos mediante la luz, presenta la OTU (Optical Transponder Unit), unidad de transpondedor óptico, presenta longitudes de onda sintonizables de hasta 80 longitudes de onda por canal para transmisión WDM permitiendo el bucle de retorno del

cliente. Presenta las tarjetas TN55NS3 y TN53ND2 (figura 98) como tarjetas emisoras de datos mediante la fibra óptica, permiten entre 40 y 80 longitudes de onda con una potencia de 10mW a 136mW, la cual es peligrosa e invisible para el ojo humano y emite luz sin atenuación alguna.



**Figura 98. Transponders TN55NS3 y TN53ND2 de OptiX OSN 8800**

*Fuente:* (Huawei Technologies Co., 2008).

OptiX OSN 8800 presenta multiplexores M40 (Figura 99), que multiplexa hasta 40 canales ajustando la potencia óptica de cada señal antes de realizar la multiplexación conjuntamente con la monitorización continua de cada una de las señales, y demultiplexores D40 (Figura 99), que demultiplexa 40 canales al mismo tiempo de la misma manera que la

multiplexación ajusta la potencia óptica de cada señal antes de ser demultiplexadas.

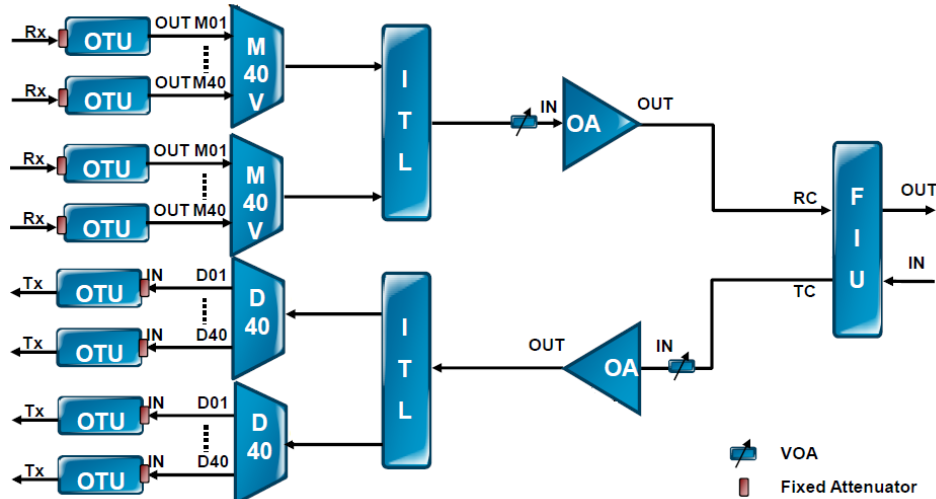


**Figura 99. Multiplexor M40 y Demultiplexor D40 de OptiX OSN 8800**

*Fuente:* (Huawei Technologies Co., 2008)

OptiX OSN 8800 permite amplificadores de 80 canales de señales ópticas en banda C con un ajuste constante de ganancia y monitorización continua de las señales, de la misma manera bloquea la ganancia de algunas señales para no dañar la recepción del detector óptico. Presenta una ganancia de 20dB a 31dB por señal óptica permitiendo la regeneración de cada una de ellas, en fibras G.652 permite una ganancia de 19dB a 33dB y en fibras G.655 permite ganancias de 19dB a 35dB

La unión de las plataformas OptiX OSN 6800 y OptiX OSN 8800 permite realizar una transmisión óptica confiable, segura y rápida de hasta 80 canales en banda C como se muestra en la configuración de la figura 100.



*Figura 100. Configuración de 80 canales*

*Fuente: (Huawei Technologies Co., 2008)*

Para diferentes longitudes de onda es recomendable que el subrack de la OSN 8800 sea configurado como el subrack maestro debido a la mayor capacidad de información que presenta en relación a la OSN 6800.

### 4.3 Localización Geográfica de Área

Gracias a la fibra óptica permite enviar información segura además de conectar diferentes lugares con una arquitectura moderna, fácil, rápida y confiable en lugares donde pueda ser difícil llegar con la tecnología GPS o básicamente con líneas de comunicación eléctricas debido a la infraestructura que acarrea cada una de ellas y la cobertura que permite para que los datos sean seguros.

Debido a la gran demanda que ofrece la Internet y la necesidad de comunicarse ya no solo por vía celular sino también por vía electrónica, se ha dado la facilidad de llegar a diferentes partes mediante la navegación en la Internet, para ello la velocidad y fiabilidad de los datos es una característica importante para dicha acción, lo que la fibra óptica nos facilita la utilización y sacar el provecho de la Internet gracias a su velocidad de transmisión de los datos ayudando así a lugares pobres en el sector comercial, bancario, educativo y médico.

Es por eso que en el diseño actual que se presenta se deberá tomar las consideraciones necesarias para dar cobertura a la zona de Intag y ver de manera estratégica la ubicación del nodo en el sector de Apuela, ya que el sector debe ser estratégico para poder abarcar mayor cobertura en la Zona de Intag

Apuela es una parroquia perteneciente al cantón Cotacachi ubicada en la Zona de Intag, se encuentra al noroeste del Ecuador, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura. Limitando al norte con las parroquias de Cuellaje e Imantag; al Sur con Plaza Gutiérrez y Vacas Galindo; al Este con Imantag y al Oeste con Peñaherrera. Se encuentra en su mayor parte en plena zona andina de la cordillera occidental, al pie del Cotacachi. Se asienta entre los 1.600 y 2.000 metros de altitud; su clima es templado, sub-andino y sub-tropical. Tiene páramos. Las precipitaciones medias anuales de lluvia van desde 1000 a 3000 milímetros, la temperatura promedio de 18°. La extensión de la parroquia es de 220,8 km<sup>2</sup>. Las distancias y tiempos entre Apuela y Cotacachi son de 60 Km. y 2h30 (Asociación el Rosal, 2010)

La red de fibra óptica seguirá la ruta del alimentador trifásico en media tensión a la zona de Intag que tiene una longitud de 40 Km desde la central de CNT E.P. Cotacachi tomando la vía a Cuicocha, pasando por la comunidad Muenala,

siguiendo por la carretera para llegar la comunidad de La Delicia, luego se pasara por Santa Rosa para luego bajar a Apuela (Figura 101).



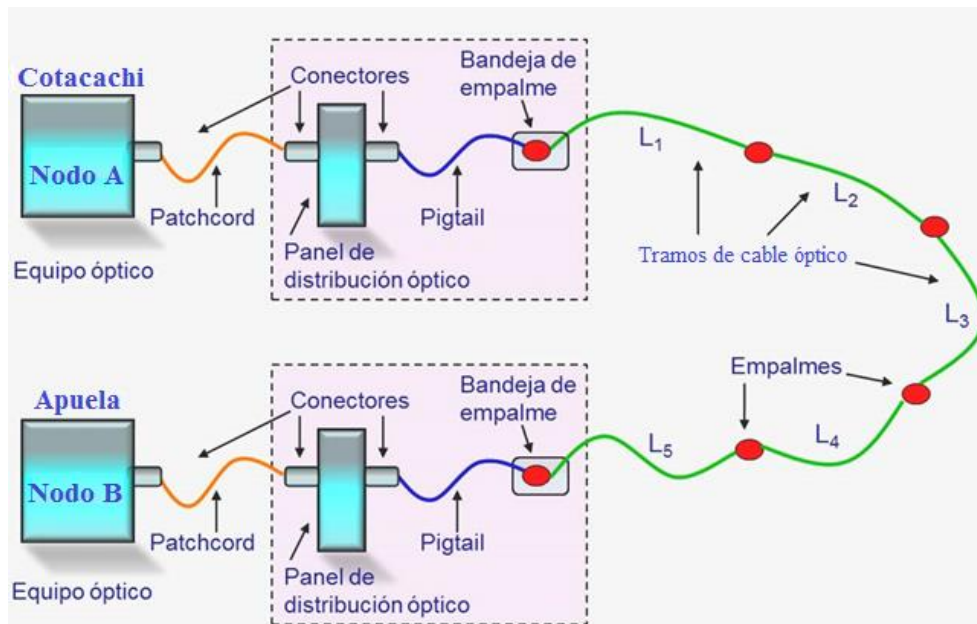
**Figura 101. Zona de Intag**

*Fuente:* (Asociación el Rosal, 2010)

#### **4.4 Diseño DWDM**

El diseño de fibra óptica desde Cotacachi hasta el Sector de Apuela en la Zona de Intag tendrá una topología Punto a Punto la base central o Nodo A estará localizada en la ciudad de Cotacachi y la base receptora o Nodo B en el sector de Apuela (Figura102) , se desea transmitir voz, video y datos.





**Figura 102. Diagrama Unifilar desde Cotacachi a Apuela.**

*Fuente:* (Edison Coimbra, 2011)

#### **4.4.1 Longitud del enlace.**

El enlace abarca desde la Central de Cotacachi CNT E.P. hasta la centralilla de Apuela.

Tomando en cuenta que el enlace es punto a punto no habrá derivaciones o enlaces cortos hasta otros puntos que no sea el destino. El enlace nominal presenta una longitud de 40km como se puede apreciar en los planos (Anexo 1) obtenidos de la Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A. en donde se encuentran las longitudes desde el nodo de CNT E.P. Cotacachi hasta el nodo de CNT E.P. en Apuela, a este valor se debe sumarle el 10% de causas fortuitas, divididas en reservas a lo largo del enlace que se dejan cada 500 metros en la postería para reparación del cable de fibra óptica por si hay roturas. La reserva debe tener unos 30 metros aproximadamente.

$$10\% \text{ de } 40\text{km} = 4 \text{ Km}$$

En total el enlace tendría una longitud de 44Km incluido reservas para reparación del cable de fibra óptica. Cada bobina de cable de fibra óptica presenta 4Km de longitud es decir:

*Longitud del enlace ÷ Longitud de Bobina = Numero de Bobinas*

$$44\text{km de enlace} \div \frac{4\text{km}}{\text{bobina}} = 11 \text{ bobinas.}$$

Se necesita un total de 11 bobinas para completar el enlace propuesto en el diseño tomando en cuenta que cada 4 kilómetros se realizará los respectivos empalmes que son en total 13 empalmes a lo largo de la instalación con postería incluyendo las reservas, junto con las mangas protectoras de empalmes.



*Figura 103: Longitud del Enlace (Anexo 1)*

Fuente: (Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A., 2014)

#### **4.4.2 Ancho de Banda.**

El sistema que ofrece CNT E.P. nos permite crear una red DWDM de 80 canales con espaciamiento de 50 GHz cada uno y lambdas de 10Gbps y 40Gbps; y permitiendo el crecimiento a un sistemas con canales de

100Gbps a futuro, esto se realiza tan solo con la inserción de tarjetas de lado del cliente y de línea, racks, subracks lo que no representa modificación alguna sobre la capa óptica de la red ni interrupción de los servicios previamente configurados.

El diseño DWDM implementado en la CNT E.P. permite realizar un eficiente uso de ancho de banda del sistema mediante la compartición de recursos y longitudes de onda. Gracias a la matriz OTN que dispone el equipo, es posible hacer la cross conexión de sub-longitudes de onda para llenar una longitud de onda de gran capacidad 10G, 40G, 100G y hacer el transporte más eficiente.

Tomando en cuenta que se desea transmitir voz, video y datos, el ancho de banda facilita el envío de la información de estos requerimientos.

El ancho de banda estimado de una transmisión de voz se determina de acuerdo a la codificación de audio y al protocolo que se desee utilizar por ejemplo:

**Ejemplo 1:** (Dr. Ing. Joskowicz José, 2013)

El envío de voz sobre redes de paquetes se utiliza el estándar RTP, que se monta sobre UDP, el que a su vez se monta sobre IP y que viaja por Ethernet.

Para una ventana de 20ms y con codificación de audio G7.11 Ley A, Se obtienen 160 bytes de voz por trama

$$\text{Bytes de voz/trama} = 64\text{kb/s} * 20 \text{ ms} / 8 = 160 \text{ bytes}$$

El paquete IP (incluyendo los protocolos RTP y UDP) agrega 40 bytes adicionales

$$\text{Bytes de paquetes IP} = 160 + 40 = 200 \text{ bytes}$$

La trama Ethernet agrega otros 26 bytes:

$$\text{Bytes de trama Ethernet} = 200 + 26 = 226 \text{ bytes}$$

En este ejemplo, cada 20 ms se genera 226 bytes que se deben enviar por la LAN. Esto equivale a un ancho de banda de 90,4 kb/s (compárese con los 64 kb/s de flujo de audio)

$$\text{Ancho de Banda LAN} = 226 * 8 / 20 \text{ ms} = 90.4 \text{ kb/s}$$

De la misma manera el cálculo de ancho de banda para video es similar al de voz, dependiendo de la codificación de empaquetamiento que se utilice incluyendo los paquetes del protocolo en el que se vaya a enviar, una codificación de video en MPEG-4 puede alcanzar un ancho de banda de hasta 150 Mbps y al aumentarle el empaquetamiento de datos del protocolo a enviar puede aumentarse el tamaño hasta en un 10%.

#### **4.4.3 Tipo de fibra.**

Al escoger un tipo de fibra es muy importante tomar en cuenta en que ventana óptica se desea transmitir ya que no todas las fibras ópticas pueden enviar información sobre la ventana que se requiera, debido a eso la fibra óptica puede ofrecer diferentes ventajas en relación a pérdidas, ancho de banda dispersión, que son las principales característica que puede ofrecer la fibra óptica.

Tomando en cuenta también la distancia del enlace que son 44km se podría decir que una fibra multimodo que alcanza distancias de no más de 2km no sería útil para este diseño, al contrario de esta fibra existe la monomodo que alcanza distancias de hasta 300km debido a su baja dispersión y a que la luz se transmite por el centro del núcleo sin rebotes y con mínimas pérdidas, es por eso que se ha escogido como fibra ideal al diseño la fibra monomodo, en la tabla 5 se observa varios tipos de esta fibra con sus diferentes características.

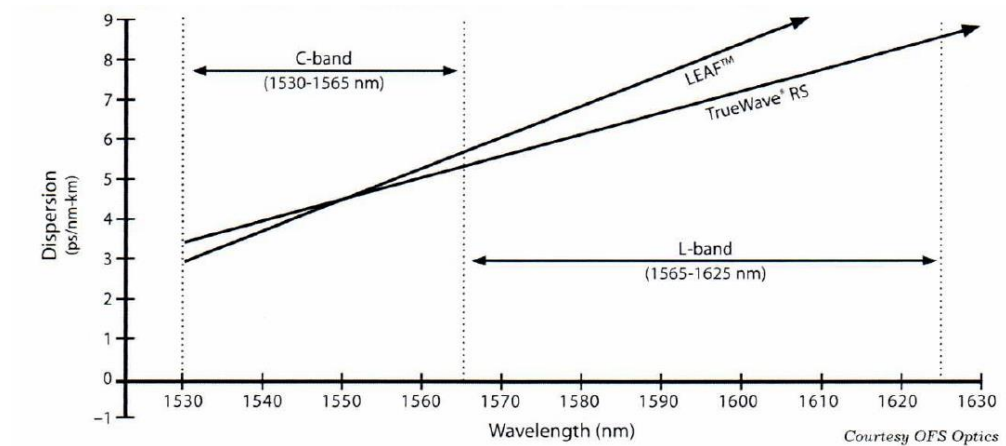
**Tabla 5. Tipos de Fibras Monomodo**

	Fibra 9/125 G.652/g.652D		Fibra 9/125 G.655	
	1310 nm	1550 nm	1310 nm	1550 nm
Pérdidas por Km	0.5 dB/Km	0.4 dB/Km	0.5 dB/Km	0.35 dB/Km
Dispersión	0.092 ps/nm x Km	17 ps/nm x Km	7 a 25 ps/nm x Km	0.1 ps/nm x Km
Optimizada en	Minima Dispersión y pérdida Moderada	Alta Dispersión y pérdida muy baja	Alta dispersión y perdida moderada	Dispersión muy baja y pérdida muy baja

*Fuente:* (Light Brigade, Inc., 2014)

Como se puede observar la fibra G.655 presenta la menor pérdida por kilómetro y de igual manera presenta una dispersión muy baja. Se debe tomar en cuenta en el diseño con fibra monomodo que la longitud de onda en la que se va a trabajar coincida con el cálculo de ancho de banda debido a que la atenuación puede disminuir pero así mismo el ancho de banda óptico disminuirá de la misma manera conjuntamente al realizar la multiplexación por división de onda densa (DWDM).

La fibra G.655 está diseñada para las tecnologías DWDM y amplificadores ópticos que operan a 1550 nm debido a sus valores de dispersión menores que las otras fibras. Mayor información en la recomendación ITU-T G.655.



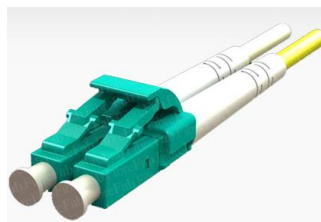
**Figura 104. Valores de Dispersión Nominal de la fibra G.655.**

*Fuente:* (Light Brigade, Inc., 2014)

Cuando se aplica DWDM con ocho o más canales alrededor de 1550 nm, una no linealidad de la fibra conocida como Mezcla de Cuatro Ondas (FWM) es encontrada. FWM es una armónica de tercer orden que puede ser comparada con la composición de triple beat (CTB) que se encuentra en los sistemas de CATV. El cerrar la separación entre canales y la dispersión son los dos factores principales que causan FWM. FWM se produce con ninguna o muy poca dispersión en la ventana de 1550 nm. La fibra NZDS agrega una pequeña cantidad de dispersión positiva o negativa en la ventana de 1550 nm, cosa que permite que todos los canales que se mueven a velocidades ligeramente diferentes a través de la fibra puedan reducir o eliminar el FWM. Algunas diferencias principales al comparar fibras G.655 para fibras G.652 son sus núcleos típicamente más pequeños, y superiores cortes longitudes de onda. (Light Brigade, Inc., 2014)

#### 4.4.4 Conector Óptico

Los conectores básicamente son utilizados para terminar una fibra óptica la cual deberá ser conectada sea al transmisor o receptor óptico, en el diseño que estamos presentando se utilizará los conectores más utilizados actualmente para fibras monomodo que son los conectores LC (Figura105), sea para instalaciones en el subrack como para pigtaills que serán instalados en la salida del transmisor y a la llegada al receptor.



*Figura 105. Conector LC*

*Fuente:* (Specification Sheet Panduit, 2015)

El conector LC presenta un tamaño pequeño y rentable para aplicaciones de fibra óptica, además de muchas ventajas como la reducción de espacio en la transmisión, presenta un diseño similar al de RJ, al hacer un clic audible al momento de conectarlo.

El conector LC utiliza una férula de cerámica de 1.25 mm y está disponible para PC y APC en monomodo, para seguridad al momento de la desconexión presenta capuchones estándar adecuados para el cable de 2 mm y 3 mm de diámetro, que es colocado con un método de crimpado para retener el cable. Más especificaciones técnicas a continuación en la tabla 6.

**Tabla 6. Información técnica conector LC**

<i>Especificaciones del conector:</i>	Conector compatible con FOCIS-10. Excede los requisitos TIA/EIA-568-B.3
<i>Compatibilidad de fibra:</i>	Multimodo 62,5/125 $\mu$ m (OM1), 50/125 $\mu$ m (OM2), 10GbE Fibra 50/125 $\mu$ m (OM3) o fibra monomod (OS1)
<i>Tipos de cable de fibra:</i>	Cable con funda 1,6mm-2,0mm (duplex o simplex) o fibra protegida de 900 $\mu$ m (sólo simplex)
<i>Tipo de manguito de acoplamiento:</i>	Cerámica de circonio de 1,25 mm, pre-radio
<i>Pérdida por inserción:</i>	< 0,10dB típica (monomod y multimodo)
<i>Pérdida de retorno:</i>	> 20dB (multimodo), > 40dB (monomodo)

**Fuente:** (Specification Sheet Panduit, 2015)

La pérdida de inserción se presenta como una atenuación que se agrega por la presencia del conector debido a que al momento de conectar con un equipo deja una brecha de aire para que las superficies pulidas de la fibra no se dañen durante el proceso de conexión o desconexión de los equipos.

La pérdida de retorno, es una pérdida que es causada por el reflejo de la luz emitida. Al momento de medir la pérdida de retorno se diferencia entre el nivel de luz reflejada y la luz incidente.

Según la recomendación TIA/EIA-568-B.3 el desempeño del conector en algunas características son diferentes de acuerdo a la monomodo o multimodo como se puede ver en la tabla 7.



**Tabla 7. Desempeño de conector LC.**

Descripción	Procedimiento del test y rendimiento requerido por TIA/EIA-568-B.3	Rendimiento
Flexibilidad	100 ciclos –180 a 180 grados. Pérdida máxima por inserción 0,75dB. Pérdida mínima de retorno 20dB (MM), 26dB (SM)	< 0,1dB pérdida adicional
Impacto	8 caídas desde 1,8m. Pérdida máxima por inserción 0,75dB. Pérdida mínima de retorno 20dB (MM), 26dB (SM)	< 0,1dB pérdida adicional
Alta temperatura	4 días a 60°C tras un acondicionamiento posterior FOTP-6. Pérdida máxima por inserción 0,74dB. Pérdida mínima de retorno 20dB (MM), 26dB (SM)	< 0,1dB pérdida adicional
Humedad	4 días a 90-95% HR y 40°C. Pérdida máxima por inserción 0,74dB. Pérdida mínima de retorno 20dB (MM), 26dB (SM). Cambio máximo durante el test 0,4Db	< 0,1dB pérdida adicional
Retención de cable	11,24 lbs. a 0 grados. 4,4 lbs. a 90 grados. Pérdida máxima por inserción 0,74dB. Pérdida mínima de retorno 20dB (MM), 26dB (SM). Pérdida adicional máxima de 0,5dB	< 0,1dB pérdida adicional
Durabilidad	500 ciclos de acoplamiento/desacoplamiento. Pérdida máxima por inserción 0,74dB. Pérdida mínima de retorno 20dB (MM), 26dB (SM)	< 0,1dB pérdida adicional
<b>Pérdida por inserción</b>	Pérdida máxima por inserción 0,74dB. Pérdida mínima de retorno 20dB (MM), 26dB (SM)	<b>&lt; 0,1dB típica (MM y SM)</b>
Torsión	10 ciclos. 2,5 derecha, 5 izquierda, 2,5 derecha. Pérdida máxima por inserción 0,74dB. Pérdida mínima de retorno 20dB (MM), 26dB (SM)	< 0,1dB pérdida adicional
<b>Pérdida de retorno</b>	Mínima 20dB (MM), mínima 26dB(SM)	<b>&gt;20dB (MM), &gt;40dB (SM)</b>
Resistencia del acoplamiento	7,4 lbs. a 0 grados. Pérdida máxima por inserción 0,74dB. Pérdida mínima de retorno 20dB (MM), 26dB (SM)	< 0,1dB pérdida adicional
Baja temperatura	4 días a 0°C. Pérdida máxima por inserción 0,74dB. Pérdida mínima de retorno 20dB (MM), 26dB (SM). Cambio máximo durante el test 0,3dB	< 0,1dB pérdida adicional

**Fuente:** (Specification Sheet Panduit, 2015)

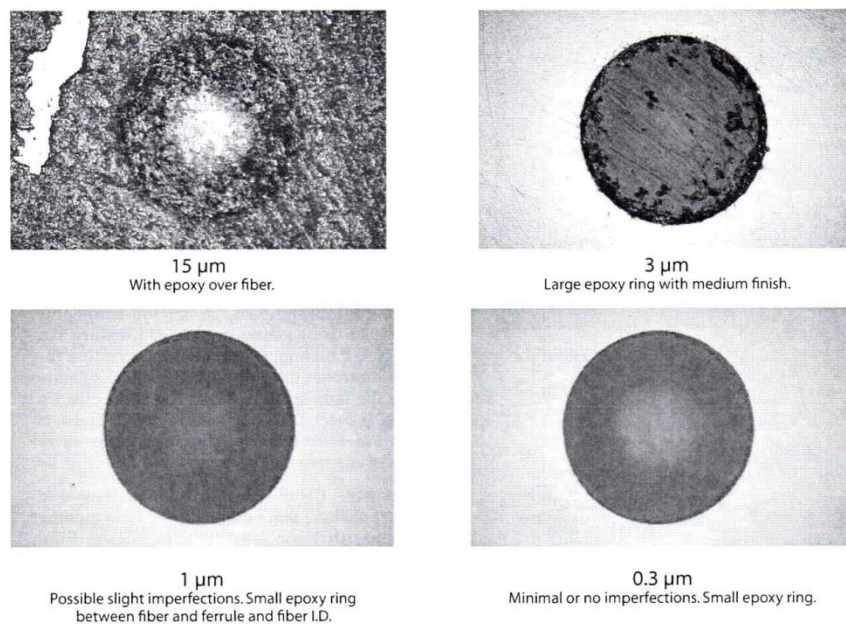
Debido a que el conector termina en su férula, se debe tener mucho cuidado con la contaminación y con el pulido de la misma, ya que el tan solo toque de con la yema del dedo en la férula, ésta se contamina y al momento de transmitir se tendrá muchas pérdidas.

Para realizar un buen pulido de la fibra se necesita 4 clases de papel pulidor 15, 3, 1 y 0,3 micras, el primero que es de 15 micras es el más grueso que permite el pulido de la fibra expuesta, se mantiene mediante el cuerpo del conector con una mano y con la otra el papel pulidor y se realiza movimientos circulares, hasta que la fibra expuesta desaparezca y se acerque más a la férula este paso es necesario por si al momento de cortar el exceso se haya cortado de mala forma.

Luego se limpia la férula con alcohol saturado, insertado en la herramienta limpiadora de férulas, a continuación se toma el papel pulidor de 3 micras y se asienta la férula sobre él, haciendo movimientos en forma de un 8 se continúa el proceso de pulido de la fibra, el movimiento se lo realiza

durante unas 20 o 30 veces según sea necesario. Después se limpia el conector nuevamente y se inspecciona con un microscopio si todavía existe impurezas en la férula o en la fibra es necesario más pulido.

Si aún con el paso anterior no se tiene un pulido perfecto se necesitará el papel de pulido de 1 micra, y realizar el mismo procedimiento que se hizo con el papel de 3 micras, de la misma manera con un movimiento continua en forma de 8. Existe veces que el último papel de pulido de 0.3 micras no es necesario ya que con los pasos anteriores ya se tiene un pulido casi perfecto, es decir que tanto férula como núcleo de la fibra están limpios, pero existen veces en que el pulido del núcleo a pesar de los pulidos todavía presenta imperfecciones (Figura 106).



**Figura 106. Vistas de fibras pulidas por Microscopio.**

*Fuente:* (Light Brigade, Inc., 2014)

#### 4.4.5 Cálculos

Para realizar los cálculos necesitamos todos los parámetros de entrada y salida del Equipo DWDM, es decir las potencias con las que trabaja y los rangos permitidos para que la transmisión sea favorable. Para la realización de los cálculos se tomará siempre el peor de los casos para tener un gran rango de margen en el que se pueda trabajar al momento de la instalación.

En la tarjeta transponedora ND2 tenemos especificaciones en la tabla 8

**Tabla 8. Características de funcionamiento ND2**

ND2		
Item	Unit	Value
Optical Module Type		800 ps/nm-C Band (Odd & Even Wavelength)-Fixed Wavelength-NRZ-PIN
Codigo de Linea	-	NRZ
<b>Especificaciones del Transmisor</b>		
Potencia Máxima de Lanzamiento	dBm	10
Potencia minima de Lanzamiento	dBm	-3
Frecuencia Central	THz	192.10 to 196.05
Desviación de la frecuencia Central	GHz	±10
Maximo ancho espectral a -20 dB	nm	0.3
Tolerancia de Dispersión	ps/nm	800
<b>Especificaciones del Receptor</b>		
Tipo de Receptor	-	PIN
Rango de Longitud de onda operativa	nm	1200 to 1650
Sensibilidad del Receptor	dBm	-27
Mínima sobrecarga del Receptor	dBm	0
Reflectancia Máxima	dB	-27

*Fuente:* (Huawei Technologies Co., 2008)

En la tarjeta transponedora NS3 tenemos especificaciones en la tabla 9.

**Tabla 9. Características de funcionamiento NS3**

NS3		
Item	Unit	Value
Optical Module Type		500 ps/nm-C Band-Tunable Wavelength
<b>Especificaciones del Transmisor</b>		
Rango de frecuencia Operativa	THz	192.10 to 196.05
Potencia máxima de lanzamiento	dBm	10
Potencia minima de lanzamiento	dBm	-5
Desviacion de Frecuancia central	GHz	±2.5
Maximo ancho espectral a -20dB	nm	0.6
Minimum side mode suppression ratio	dB	35
Dispersion tolerance	ps/nm	-500 to 500
<b>Especificaciones del Receptor</b>		
Tipo de receptor	-	PIN
Rango de longitud de onda operativa	nm	1529 to 1561
Sensibilidad del Receptor	dBm	-27
Minima sobrecarga del Receptor	dBm	0
Máxima reflectancia	dB	-27

*Fuente:* (Huawei Technologies Co., 2008)

#### 4.4.5.1 Cálculo de presupuesto de pérdidas.

El presupuesto de pérdida de un sistema óptico que se deriva de la diferencia entre la fuente de luz de salida en el transmisor y la sensibilidad mínima del fotodetector. Este presupuesto se asegura que la potencia óptica sea la suficiente y esté disponible para satisfacer los valores específicos de calidad en la transmisión de los datos.

A partir de este presupuesto todas las pérdidas del sistema, la fibra, empalmes, conectores se restan. En caso de que esta cantidad sea superior a la máxima cantidad de luz que se emite, el fotodiodo en el receptor será sobresaturado. En este caso, se requerirá el uso de un atenuador óptico.

Esta atenuación permite que el margen de potencia de un enlace pueda caer entre el mínimo o máximo de un nivel de potencia del receptor. Desde este número depende de las mediciones finales de pérdida instalados y no las medidas de ingeniería especificados, el atenuador puede ser determinado en la fase final de aceptación de la instalación.

Cuando sea determinado los presupuestos de pérdida utilizando la tecnología DWDM, el presupuesto de pérdida del peor caso en cada longitud de onda debe ser utilizado para determinar la distancia de transmisión máxima.

#### *4.4.5.1.1 Pérdida por Conectores*

En el diseño presentado contamos con dos conectores uno que es del transmisor y otro que es del receptor, cada conector presenta una pérdida típica de 0.1dB es decir:

$$\textit{Pérdida Conector} \times \# \textit{ conectores} = \textit{Pérdida Total por Conectores}$$

$$0.1dB \times 2 = 0.2 dB$$

Se tiene 0.2dB de pérdida por en el total del enlace por los conectores.

#### *4.4.5.1.2 Pérdida por Empalmes*

A lo largo del enlace en el diseño actual se presenta un número de 12 empalmes debido a la distancias de las bobinas y al acoplamiento de las mismas. Tomando en cuenta que todos los empalmes son por fusión se tiene una pérdida de 0.1dB por empalme es decir:

$$\textit{Pérdida Fusión} \times \# \textit{ Fusiones} = \textit{Pérdida Total por Fusiones}$$

$$0.1dB \times 12 = 1,2 dB$$

Se tiene un total de 1.2 dB de pérdida por los empalmes en todo el enlace.

Las Fusiones se representan en el AutoCAD (Anexo 1) como se muestra en la figura 107.



**Figura 107: Fusión representada en AutoCAD**

Fuente: (Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A., 2014)

#### 4.4.5.1.3 Pérdida por desgaste de Fibra

La luz a lo largo de la fibra se va deteriorando es por eso que presenta un desgaste por kilómetro, en este caso utilizando la fibra G.655 y transmitiendo en la ventana de 1550nm presenta una pérdida por kilómetro de 0.35dB/Km es decir:

$$\text{Longitud Enlace} \div \text{Pérdida /Km Fibra} = \text{Pérdida Desgaste Fibra}$$

$$44km \times \frac{0.35dB}{km} = 15,4dB$$

A lo largo del enlace de 44km de fibra se tiene una pérdida de 15,4 dB.

#### 4.4.5.1.4 Pérdida por varios Factores

Se debe tomar en cuenta que la fibra óptica después de un tiempo presenta un desgaste por la temperatura, la potencia que emite, empalmes por si se

rompe la fibra, es por eso que se debe calcular un margen de pérdida necesario para la instalación incluyendo 3dB adicionales por futuras reparaciones o aumento de prestaciones en el enlace.

$$\text{Pérdida Total} \times \text{Márgen Adicional} \text{ pérdida} + 3 \text{ dB} = \text{Pérdida adicional}$$

$$16.9 \text{ dB} \times 10\% + 3 \text{ dB} = 4,69 \text{ dB}$$

Una pérdida por varios factores nos da 4.69dB, lo que aproximaríamos a 5 dB por cualquier margen de error que se pueda tener en el peor de los casos.

#### 4.4.5.1.5 Dispersión Total

Para que los datos viajen a una buena velocidad sin degradación de pulso la dispersión debe ser la menor, se toma en cuenta la dispersión que tiene la fibra en 1 km y multiplicarlo por el total del enlace para saber si la dispersión está dentro de los parámetros del transmisor óptico.

$$\text{Dispersión} = \text{Dispersión Fibra} \times \text{Ancho Espectral Fuente}$$

$$D = D_c \Delta\lambda$$

$$D = 0,1 \frac{\text{ps}}{\text{nm} \times \text{km}} \times 0,6 \text{ nm}$$

$$D = 0,06 \frac{\text{ps}}{\text{km}}$$

$$\text{Dispersión total} = \text{Dispersión} \times \text{Longitud Enlace}$$

$$\Delta t = D \times l$$

$$\Delta t = 0,06 \frac{\text{ps}}{\text{km}} \times 44 \text{ km} = 2,54 \text{ ps}$$

A lo largo del enlace se presenta un total de 2,54 ps de dispersión es decir que está dentro de los parámetros del transmisor óptico.

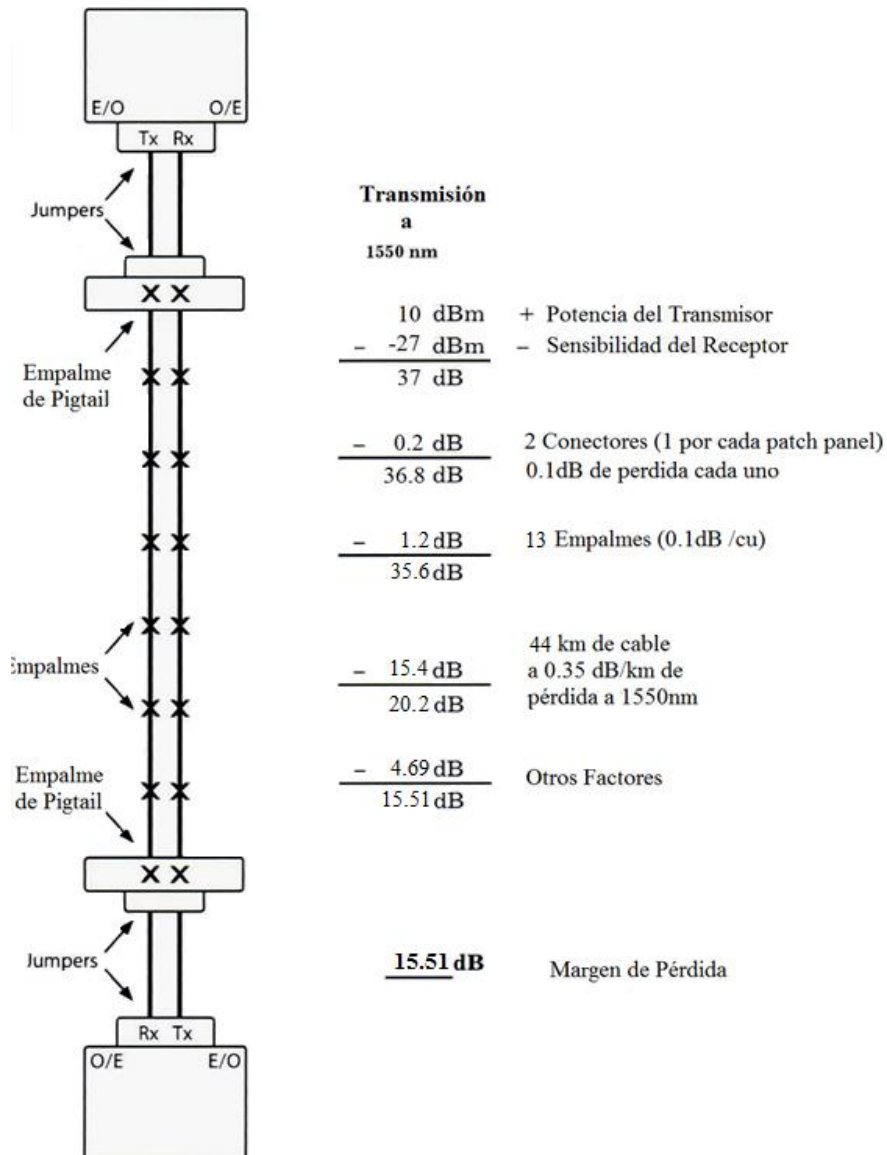
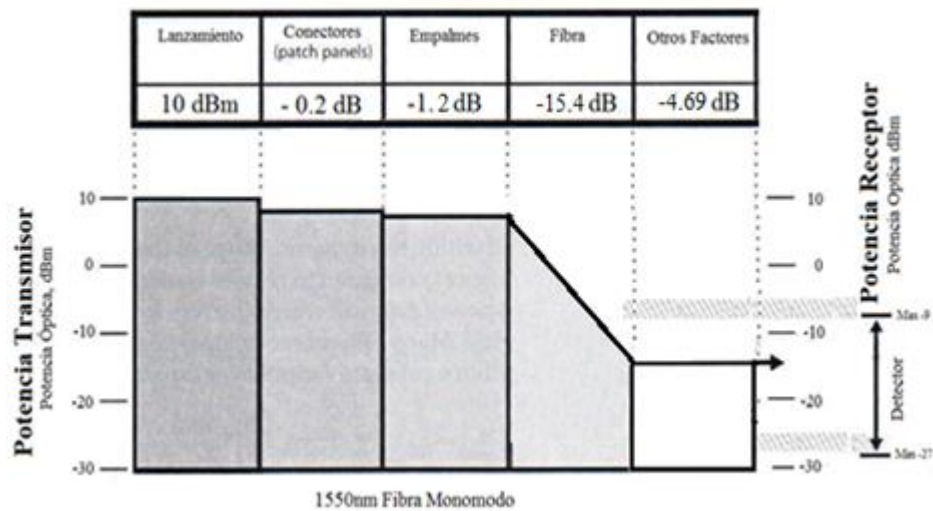


Figura 108. Presupuesto de pérdidas de enlace.

Fuente: (Light Brigade, Inc., 2014)

A pesar de todas las pérdidas calculadas se tiene un margen de pérdida de 15.51dB.





**Figura 109. Presupuesto de Transmisión Monomodo**

*Fuente:* (Light Brigade, Inc., 2014)

Se puede observar en la figura 109 que mediante la transmisión por fibra monomodo en la ventana 1550 se mantiene en los límites de la detección del Receptor, iniciando con la potencia del transmisor, incluyendo todas las pérdidas previstas en el enlace, hasta la detección de potencia del receptor.

#### 4.4.6 Tipo de Cable.

CNT E.P. Instala cables de fibra óptica monomodo ADSS de las siguientes denominaciones:

Cable de Fibra óptica monomodo de 6 hilos ADSS

Cable de Fibra óptica monomodo de 12hilos ADSS

Cable de Fibra óptica monomodo de 24 hilos ADSS

Cable de Fibra óptica monomodo de 48 hilos ADSS

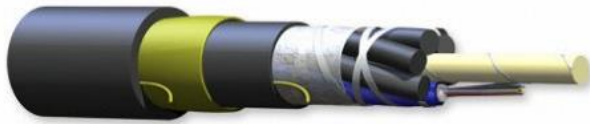
Para el diseño actual se utilizará el cable de Fibra óptica de 6 hilos ADSS, el cual ya ha sido utilizado y comprobado su eficiencia por la CNT E.P. en otros enlaces ya realizados.

Con el aumento de la demanda de servicios de Internet y banda ancha en las zonas urbanas, así como en las zonas rurales, como es el caso de Apuela en la Zona de Intag, es necesario la instalación de cable totalmente dieléctrico auto soportable (ADSS) de fibra óptica para satisfacer esta demanda. Este cable mayormente es utilizado en donde existan líneas eléctricas y al momento de la instalación no es necesario desenergizar dichos circuitos eléctricos.

Todos los cables ADSS tienen un núcleo central de fibra de vidrio reforzado con plástico (FRP, Fiberglass Reinforced Plastic) con un elemento anti pandeo. Los espacios alrededor del elemento anti-pandeo son cantidades variables de tubos holgados rellenos de gel que contienen las fibras ópticas, que bloquean las aglutinaciones de agua. Alrededor de todos estos elementos está una envoltura del núcleo que no permite la absorción de humedad. En algunos de los cables ADSS hay una camisa interior de polietileno. La siguiente capa contiene los hilos de aramida, que es el miembro de resistencia de cable. Luego viene una envoltura central no absorbente de humedad. La camisa exterior de polietileno varía de espesor. Cuando el cable se va a instalar adyacente a un lugar de extremadamente alto voltaje (EHV) de la línea eléctrica, su cubierta exterior es un polímero reticulado con aditivos anti-seguimiento.

Cabe señalar que los hilos de aramida, son el miembro de resistencia del cable, ya que no permiten la torsión del cable durante la instalación.

Los cables ADSS grandes requieren una gran cantidad de hilos de aramida para la fuerza de tensión y esto se aplica envolviendo hilos de aramida helicoidalmente alrededor del núcleo del cable. Cuando se requiere una gran cantidad de aramida, se envuelven en varias capas y éstas se aplican a menudo en direcciones de giro contrario. Esto le da un diseño equilibrado de torsión, que al causar un giro del cable, una capa de aramida se cancela por la siguiente capa. Las diferentes capas a diferentes distancias del núcleo tienen diferentes efectos de torsión, más el propio núcleo es helicoidal y contribuirán a la torsión total en el cable (Figura 110). Así que es muy difícil conseguir un diseño totalmente equilibrado para la torsión.



*Figura 110. Fibra Óptica ADSS Monomodo de 6 hilos*

*Fuente: (Telnet, 2015)*

El cable de fibra óptica ADSS está siendo diseñado y manufacturado de acuerdo con la norma IEEE P-1222, que es el estándar mundial para cables ADSS.

El cable ADSS es apto para instalaciones aéreas en red externa con un excelente performance óptica y mecánica (Tabla 10). Además posee un código de colores para los tubos holgados (Tabla 11).

**Tabla 10. Características Mecánicas, Ambientales y Ópticas**

Condiciones Ambientales – Carga NESC Light	
Velocidad máxima del Viento ( km/h )	95
Carga Extra (N/m)	0,7
Manguito de hielo (mm)	-
Radio Mínimo de Curvatura Con Tensión (mm)	20 x diámetro externo del cable
Radio Mínimo de Curvatura Sin Tensión (mm)	10 x diámetro externo del cable
Resistencia al aplastamiento (N /10cm)	1x peso del cable por km, máximo de 2200
Temperatura de Operación (°C)	-20 hasta +65

**Fuente:** Cable de fibra óptica ADSS de Telcon.

**Tabla 11. Colores de las Fibras Ópticas y tubos Holgados**

Fibra Óptica / Tubo Holgado	Color	Fibra Óptica / Tubo Holgado	Color
1	Azul	7	Rojo
2	Naranja	8	Negro
3	Verde	9	Amarillo
4	Marrón	10	Violeta
5	Gris	11	Rosa
6	Blanca	12	Turquesa

**Fuente:** Cable de fibra óptica ADSS de Telcon.

#### **4.4.7 Instalación aérea.**

Como se ha visto que los cables de fibra óptica ADSS son totalmente dieléctricos, pueden ser instalados por torres de alta y media tensión o por postes de alumbrado eléctrico tranquilamente, ya que no presentarán ningún inconveniente con la tensión de voltaje que transportan dichas torres.

En el diseño actual presentado se realizará la instalación mediante postes de alumbrado eléctrico y de media Tensión hasta llegar al sector de Apuela en la Zona de Intag como se puede observar en los planos del Anexo 1. Este recorrido será desde el centro de Cotacachi en donde se encuentra la central de CNT E.P. exactamente desde la dirección Sucre 14-27 y García Moreno (Figura 111).



*Figura 111. Central CNT E.P. Cotacachi.*

**Fuente:** Autor.

Luego recorrerá la ciudad pasando por el alumbrado eléctrico para unirse en la vía a Cuicocha con los postes de media Tensión, en total son 356 postes a lo largo de la instalación por postería. A continuación se muestra algunas de las fotos por donde se realizará la instalación aérea de la fibra óptica. Más fotos se encuentran en el Anexo 6.



*Figura 112. Postería Vía a Cuicocha*

**Fuente:** Autor



*Figura 113. Postería vía a la Zona de Intag*

**Fuente:** Autor.



*Figura 114. Entrada a la Zona de Intag.*

**Fuente:** Autor.



*Figura 115. Postería de media Tensión hacia Apuela.*

**Fuente:** Autor.



*Figura 116. Postería al Sector de Apuela.*

**Fuente:** Autor.



*Figura 117. Sector de Apuela.*

**Fuente:** Autor.





*Figura 118. Postería en el Sector de Apuela.*

**Fuente:** Autor



*Figura 119. Central CNT. E.P. Apuela.*

**Fuente:** Autor.

#### ***4.4.7.1 Planificación Adecuada de Instalación.***

Se debe tener una planificación de instalación para no tener inconvenientes al momento de actuar ir al campo real de la instalación. Para ellos se determinarán los siguientes puntos de planificación:

- Se debe identificar la ubicación de los empalmes, como se puede observar en los planos del Anexo 1, asegurándose el acceso disponible a dichos empalmes.
- Luego se evalúa los postes y en que parte se realizara el anclado del cable de fibra óptica, ya que debe estar a una cierta distancia tanto del alambrado eléctrico como de la base del poste.
- Verificar si no existe cruces entre algunas líneas de tensión diferente a la que se está siguiendo.
- Al momento de la instalación de procederá a la señalización de zonas de seguridad y zonas en las que se está trabajando.
- Se debe verificar que todos los equipos de instalación estén funcionando de la mejor forma para no tener dificultades a la mitad del tramo y dejar pendiente la instalación por compostura de maquinaria o herramientas.
- La máquina que contiene el carrete de fibra óptica deberá estar bien posicionada al momento de que comienza la instalación, de eso dependerá que el cable de fibra óptica no tenga problemas de tracción al momento de soltarlo o que se pueda deslizar obteniendo golpes en la fibra y se

produzca macro curvaturas provocando pérdidas de transmisión.

- El carrete de fibra óptica comenzará a soltar el cable de manera constante y controlada para tener un equilibrio mecánico y eliminando la tensión al momento de la instalación.
- Se deberá sujetar el cable de fibra óptica al poste con las herramientas necesarias para evitar la excesiva tensión del cable, ya que de esto dependerá la vida útil del mismo, ya que a mucha tensión puede romperse y por ende el corte de comunicación.
- Tener en cuenta la distancia que se va instalando para dejar suficiente cable para el empalmado con el siguiente carrete de cable de fibra óptica.
- Sujetar las mangas de empalme cuidadosamente en el cable de fibra y continuar con la instalación en el recorrido planteado.
- Al terminar la instalación externa y la realizar las pruebas pertinentes para ver si se cumple con los parámetros de pérdida antes planteados.

#### ***4.4.7.2 Instalación por postería.***

Para la instalación en la postería del cable auto soportado ADSS de forma aérea se tiene dos métodos de instalación, el método de instalación con desplazamiento de carrete y el método de enrollado retractable/ fijo.

#### 4.4.7.2.1 Método de Instalación con desplazamiento de carrete.

El método de desplazamiento es la manera más simple de colocar el cable de tubo central auto soportado (Figura 120).

- Acople el cable al accesorio de la línea de poste en el primer poste del tendido de cable. Deje suficiente cable adicional para facilitar el empalme. El cable debería poder alcanzar el suelo, pasar por un camión/remolque de empalme y colocarse en una caja de empalme. Si tiene dudas sobre la longitud, conviene dejar cable de más y no de menos. Cubra el extremo del cable abierto para prevenir la contaminación con la suciedad o humedad.
- Enrolle el cable, teniendo cuidado de no exceder el radio mínimo de curvatura y ate el bucle a la parte posterior del poste.
- Conecte a tierra y acople el blindaje al primer poste. El contacto con el blindaje se establece mediante una abrazadera serrada que perfora la chaqueta para alcanzar el blindaje.
- Los soportes de cable deberían instalarse en todos los postes no enmarcados en configuraciones de accesorios terminales. Desenrolle el cable desde arriba del carrete y colóquelo manualmente en el soporte de cable.
- Continúe desenrollando el cable lenta y uniformemente para mantener una tensión pareja de tracción. Si la tracción del cable es inconsistente, esto puede hacer que el cable se ‘balancee’ y se dañe en los bloques del poste. No permita que el carrete del cable sobregire y deje que la reserva del cable se quite del carrete. (Se requerirá el uso de los frenos.)

- Levante el cable de los soportes del cable y colóquelo en la abrazadera de suspensión una vez que la ruta del cable se haya tensionado según las instrucciones. Tensione el cable cada vez que se presenten configuraciones de accesorios terminales. Conecte a tierra y acople el blindaje en estas ubicaciones después de haber tensionado el cable. *Fuente:* (Empresa de Telecomunicaciones de Pereira S.A., 2009)



**Figura 120. Instalación de fibra óptica por el método de desplazamiento de carrete**

*Fuente:* (Empresa de Telecomunicaciones de Pereira S.A., 2009)

#### 4.4.7.2.2 Método de Instalación de enrollado retractable/ fijo

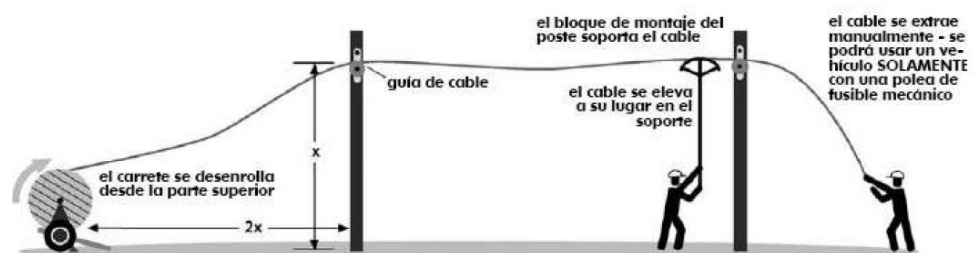
Debido a que es difícil conectar a tierra el cable de tubo central auto soportado durante el enrollado retractable, deberán tomarse medidas de precaución durante la instalación. Esto es particularmente cierto si la servidumbre de paso se comparte con cable de alimentación. Siga cada precaución de seguridad eléctrica incluyendo el uso de guantes aislados.

##### 4.4.7.2.2.1 Instalación del remolque.

El remolque deberá colocarse en línea con el alambre y a doble distancia de la guía de instalación al piso desde la guía. Esto impedirá que el cable roce el poste (o carrete) o que se acople a la guía. Si el remolque no se

puede ubicar allí, mueva la guía de instalación y el remolque del cable a un poste adyacente.

El cable debería desenrollarse desde la parte superior del carrete del cable. El desenrollo del cable desde el carrete debería originar una fuerza descendente en el enganche del remolque. Asegure las ruedas del remolque. Ajuste los frenos según sea necesario. Coloque barreras y conos protectores según necesite para proteger a los peatones como se ve en la figura 121.



**Figura 121. Instalación de fibra óptica por el método de desplazamiento de carrete**

*Fuente:* (Empresa de Telecomunicaciones de Pereira S.A., 2009)

#### 4.4.7.2.2.2 Instalación del cable. Extracción del cable.

Acople el agarre de cable del tamaño correcto. De inmediato acople un fusible y una línea de extracción al agarre. Deberá prestarse atención a la tensión infringida sobre el cable. No hay un método práctico de monitorear la tensión en el cable mismo.

Aunque se recomienda que el cable de fibra óptica se extraiga manualmente, solamente se podrá usar un vehículo junto con un fusible mecánico o un dinamómetro.

#### 4.4.7.2.2.3 Colocación de soportes de cable

Use soportes de cable diseñados para acoplarse directamente a los accesorios del poste. Tire del cable a lo largo de la línea del poste y levántelo para llevarlo a los soportes de cable con un levantador de cable o manualmente desde un camión.

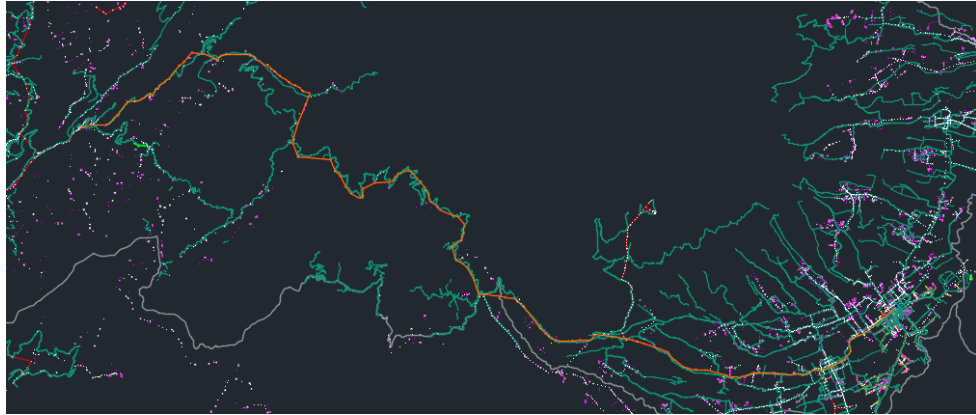
#### 4.4.7.2.2.4 Tensión del cable

Por lo general, el cable de fibra óptica debería tensionarse entre cada cuatro a seis postes y cada rotación en la línea del poste, aunque esto puede variar, dependiendo de sus circunstancias. **Fuente:** (Empresa de Telecomunicaciones de Pereira S.A., 2009)

### 4.4.8 Ruta en Planos

Toda la ruta que seguirá el cable de fibra óptica se encuentra en los planos adjuntados en el Anexo 1. Tomando en cuenta que cada 4 Km se realiza un empalme de fibra para continuar la ruta con el siguiente carrete. Los planos están en una escala de 1:4000 es decir que cada milímetro significa 4 metros en la escala real. Para tener los 4km de una bobina sería en total 1 metro en la escala de los planos.

El recorrido de la fibra se representa en los planos de AutoCAD (Anexo 1) de un color anaranjado como se puede ver en la figura 122.



**Figura 122: Recorrido de la fibra representada en AutoCAD**

*Fuente:* (Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A., 2014)

Se debe tomar en cuenta que las reservas de 30 metros cada una son para las reparaciones de roturas del cable de fibra óptica y es por eso que se debe tener acceso a los postes en los cuales se desea dejar dichas reservas (Figura 123), como se sigue la ruta del alimentador trifásico los postes ya tienen su propia numeración.



**Figura 123. Reserva de Cable de Fibra óptica con Manga de Empalme**

*Fuente:* Instalación de Fibra Óptica CNT

Las Reservas se representan en el AutoCAD como se muestra en la figura 124.





**Figura 124: Reserva representada en AutoCAD**

Fuente: (Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A., 2014)

Comenzando desde la central de CNT E.P. Cotacachi en las calles Sucre y García Moreno la distribución de los postes es la siguiente:

**Tabla 12. Distribución de Reservas, Fusiones, Herrajes y Tensores en Postes de los Planos del Anexo 1**

Numeración de Postería	Fusión o Reservas	Tipo de Herraje	Tensores
Nodo Cotacachi	Fusión ODF		
H2P666	Reserva 30m	Tipo A	
H2P665		Tipo B	
H2P664		Tipo B	
H2P663		Tipo B	
HAP659		Tipo B	
H2P658		Tipo B	
H2P657		Tipo B	
H2P656		Tipo B	
H2P525		Tipo B	
H2P524		Tipo B	
H2P523		Tipo B	
HAP522		Tipo B	
H2P521	Reserva 30m	Tipo B	
H2P520		Tipo B	
H2P519		Tipo B	
H2P518		Tipo B	
H2P517		Tipo B	

H2P516		Tipo B	
H2P515		Tipo B	
H2P514		Tipo B	
H2P513		Tipo B	
H2P1074		Tipo B	
H2P1075	Reserva 30m	Tipo B	
H2P1076		Tipo B	
H2P1077		Tipo B	
H2P1078		Tipo B	
H2P1079		Tipo B	
H2P1080		Tipo B	
H2P1081		Tipo B	
H3P1083		Tipo B	
H3P1094		Tipo B	
H3P1095	Reserva 30m	Tipo B	
H3P1097		Tipo B	
H3P1099		Tipo B	
H3P1101		Tipo B	
H3P1102		Tipo B	
H3P1310		Tipo B	
H3P1311		Tipo B	
H3P1312		Tipo B	
H3P1313		Tipo B	
H3P1325	Reserva 30m	Tipo B	
H3P1326		Tipo B	
H3P1342		Tipo B	
H3P1343		Tipo B	
H3P1344		Tipo B	
H3P1345		Tipo B	
H3P1346		Tipo B	
H3P1347		Tipo A	
H3P1348		Tipo A	Tensoros
H3P1349	Reserva 30m	Tipo B	
H3P1350		Tipo B	Tensoros
H3P1360		Tipo B	
H3P1361		Tipo B	
H3P1363		Tipo B	
H3P1365		Tipo B	
H3P1367		Tipo B	
H3P1368	Reserva 30m	Tipo B	
H3P1369		Tipo B	
H3P1379		Tipo B	
H3P1382		Tipo B	Tensoros

H3P1384		Tipo B	
H3P11173		Tipo B	
H3P1385		Tipo B	
H3P1386		Tipo B	
H3P1387	Reserva 30m	Tipo B	
H3P1388		Tipo B	
H3P1389		Tipo B	
H3P1390		Tipo B	
H3P1391		Tipo B	
H3P4112		Tipo B	
H3P1451		Tipo B	
H3P1452	Reserva 30m	Tipo B	
H3P1600		Tipo B	
H3P1601		Tipo B	
H3P1602		Tipo B	
H3P1603		Tipo B	
H3P1604		Tipo B	
H3P1605		Tipo A	
H3P1610		Tipo B	Tensores
H3P1613	Reserva 30m	Tipo B	
H3P1614		Tipo B	
H3P1702		Tipo B	Tensores
H3P1703		Tipo B	Tensores
HP1704		Tipo B	Tensores
H3P8066	Fusión y reservas	Tipo B	
H3P2538		Tipo B	
H3P2540		Tipo A	
H3P2542		Tipo A	
H3P2544		Tipo B	
H3P2547		Tipo B	
H3P2548	Reserva 30m	Tipo B	
H3P2549		Tipo B	
H3P2550		Tipo B	
H3P2551		Tipo B	
H3P2555		Tipo B	Tensores
H3P2557		Tipo B	Tensores
H3P2559		Tipo B	
H3P2560		Tipo B	
H3P12027	Reserva 30m	Tipo B	
H3P2561		Tipo B	
H3P2562		Tipo B	
H3P4659		Tipo B	
H3P2564		Tipo B	

H3P12028		Tipo B	
H3P2565		Tipo B	
H3P4660		Tipo B	
H3P2566		Tipo B	
H3P5632		Tipo B	
H3P2567		Tipo B	
H3P5633	Reserva 30m	Tipo B	
H3P2568		Tipo B	
H3P5634		Tipo B	
H3P269		Tipo B	
H3P5490		Tipo B	
H3P2570		Tipo B	
H3P5679		Tipo B	
H3P2571		Tipo B	
H3P5680		Tipo B	
H3P2575		Tipo B	Tensores
H3P5681		Tipo B	
H3P12029		Tipo B	Tensores
H3P2581		Tipo B	
H3P5686	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P12030		Tipo B	
H3P5687		Tipo B	
H3P2680		Tipo B	Tensores
H3P12031		Tipo B	
H3P2685		Tipo B	
H3P5690		Tipo B	
H3P2686		Tipo B	
H3P5691		Tipo B	
H3P2687		Tipo B	
H3P2688		Tipo B	
H3P2698	Reserva 30m	Tipo B	
H3P2699		Tipo A	
H3P2711		Tipo B	
H3P2712		Tipo A	
H3P2713	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P2722		Tipo B	Tensores
H3P2732		Tipo B	
H3P2733	Reserva 30m	Tipo B	
H3P2734		Tipo B	
H3P2735		Tipo B	
H3P2756		Tipo B	
H3P2757	Fusión y reservas	Tipo B	Tensores
H3P2758		Tipo B	

H3P2759		Tipo B	
H3P2760	Reserva 30m	Tipo B	
H3P2761		Tipo B	
H3P2762		Tipo B	
H3P2763		Tipo A	Tensores
H3P2767		Tipo B	
H3P2768	Reserva 30m	Tipo B	
H3P2769		Tipo B	Tensores
H3P2770		Tipo B	
H3P2771		Tipo B	
H3P2772		Tipo A	
H3P2773	Reserva 30m	Tipo B	
H3P2774		Tipo A	
H3P2777		Tipo B	
H3P2778	Reserva 30m	Tipo B	
H3P2779		Tipo B	
H3P2780		Tipo B	
H3P2783	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P2784		Tipo B	
H3P2785		Tipo B	
H3P2786		Tipo B	
H3P2787	Reserva 30m	Tipo B	
H3P2788		Tipo A	Tensores
H3P2790		Tipo B	
H3P4277		Tipo B	
H3P4278	Reserva 30m	Tipo B	
H3P4279		Tipo B	
H3P4280		Tipo B	Tensores
H3P4283	Fusión y reservas	Tipo B	
H3P4284		Tipo B	Tensores
H3P4288		Tipo A	Tensores
H3P4292	Reserva 30m	Tipo B	
H3P4293		Tipo B	
H3P4294		Tipo A	
H3P12105		Tipo A	
H3P12106	Reserva 30m	Tipo B	
H3P12107		Tipo B	
H3P12108		Tipo B	
H3P12109		Tipo B	
H3P4301		Tipo B	Tensores
H3P4302	Reserva 30m	Tipo B	
H3P4303		Tipo B	
H3P4304		Tipo B	

H3P4305		Tipo A	Tensores
H3P4306	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4318		Tipo B	
H3P4319		Tipo A	Tensores
H3P4320		Tipo B	
H3P4321		Tipo B	
H3P4322		Tipo B	
H3P4323	Reserva 30m	Tipo B	
H3P4324		Tipo B	
H3P4325		Tipo B	Tensores
H3P4328		Tipo B	
H3P4329		Tipo B	
H3P4330	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4340		Tipo B	
H3P4341		Tipo B	
H3P4342		Tipo B	Tensores
H3P4346		Tipo B	
H3P4347	Reserva 30m	Tipo B	
H3P4348		Tipo A	
H3P4624		Tipo B	Tensores
H3P4625	Fusión y reservas	Tipo B	Tensores
H3P4626		Tipo A	Tensores
H3P4628	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4630		Tipo B	
H3P4631		Tipo B	
H3P4636		Tipo B	
H3P4637	Reserva 30m	Tipo B	
H3P4638		Tipo A	Tensores
H3P4639		Tipo A	Tensores
H3P4641	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4643		Tipo B	Tensores
H3P4645	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4647		Tipo B	Tensores
H3P4649		Tipo A	Tensores
H3P4651	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4104		Tipo B	Tensores
H3P4653		Tipo A	Tensores
H3P4656	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P4661		Tipo B	
H3P4662		Tipo A	Tensores
H3P4664	Fusión y reservas	Tipo B	
H3P4665		Tipo B	Tensores
H3P4667		Tipo B	Tensores

H3P4668	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P4670		Tipo A	Tensores
H3P4672		Tipo B	
H3P4673	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4675	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P4677		Tipo B	
H3P4678	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P4680	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P4682		Tipo B	
H3P4683		Tipo A	Tensores
H3P4685		Tipo A	Tensores
H3P4688	Reserva 50m	Tipo A	Tensores
H3P4690	Reserva 50m	Tipo B	Tensores
H3P4693	Reserva 50m	Tipo A	Tensores
H3P4695		Tipo B	Tensores
H3P4697	Fusión y reservas	Tipo B	
H3P4698		Tipo B	
H3P4699		Tipo B	
H3P4700		Tipo B	Tensores
H3P4703	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P4705	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P4708	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P4711		Tipo B	Tensores
H3P4713		Tipo A	Tensores
H3P4715	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P4717		Tipo A	Tensores
H3P4719	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4722	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4725		Tipo A	Tensores
H3P4728	Fusión y reserva 50m	Tipo A	Tensores
H3P4730	Reserva 50m	Tipo B	Tensores
H3P11995		Tipo A	Tensores
H3P4734	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4737	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4741	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4744	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4747		Tipo B	
H3P4750		Tipo B	
H3P4753	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4756		Tipo B	Tensores
H3P4759	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P4762	Fusión y Reservas	Tipo B	Tensores
H3P4764		Tipo A	Tensores

H3P4765		Tipo B	Tensores
H3P4766		Tipo B	Tensores
H3P4767	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P4768		Tipo B	
H3P4769		Tipo B	
H3P4770		Tipo B	
H3P4771	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4772		Tipo B	
H3P4773		Tipo A	Tensores
H3P4774	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4775		Tipo A	Tensores
H3P4776		Tipo A	Tensores
H3P4777		Tipo B	
H3P4778	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4779		Tipo B	Tensores
H3P3805		Tipo A	Tensores
H3P3804		Tipo A	Tensores
H3P3803		Tipo B	
H3P3802		Tipo B	
H3P3800	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4783		Tipo A	Tensores
H3P4788		Tipo A	Tensores
H3P4793		Tipo B	
H3P4794		Tipo B	
H3P4795	Reserva 30m	Tipo B	
H3P4796		Tipo B	
H3P4797		Tipo A	Tensores
H3P12018		Tipo B	
H3P12019		Tipo A	
H3P4799		Tipo A	
H3P12020		Tipo B	
H3P12021		Tipo B	
H3P4800	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P12022		Tipo B	Tensores
H3P4801		Tipo B	
H3P12023		Tipo B	
H3P4802		Tipo A	
H3P4804	Fusión y Reservas	Tipo B	Tensores
H3P4811	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4813		Tipo A	Tensores
H3P4816		Tipo B	
H3P4817	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P4949	Reserva 30m	Tipo B	Tensores



H3P4955		Tipo B	Tensores
H3P4958	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4959	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P4961		Tipo B	
H3P4962		Tipo B	
H3P11950		Tipo B	
H3P11951	Reserva 30m	Tipo B	
H3P4963		Tipo B	Tensores
H3P4964		Tipo A	Tensores
H3P4965		Tipo B	
H3P4966		Tipo A	Tensores
H3P4968		Tipo A	Tensores
H3P4969		Tipo B	
H3P4970	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P4972		Tipo B	
H3P4973		Tipo B	
H3P4975		Tipo A	Tensores
H3P4977		Tipo A	Tensores
H3P4978		Tipo B	
H3P4979		Tipo B	
H3P4980		Tipo B	
H3P4981	Reserva 30m	Tipo B	
H3P4982		Tipo A	Tensores
H3P4983		Tipo B	
H3P4984		Tipo B	
H3P4985	Fusión y Reservas	Tipo B	Tensores
H3P4987		Tipo A	Tensores
H3P4990	Reserva 30m	Tipo B	
H3P4991		Tipo B	Tensores
H3P4994	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P4995		Tipo B	Tensores
H3P4997		Tipo B	Tensores
H3P4999	Reserva 30m	Tipo B	Tensores
H3P5048	Reserva 30m	Tipo A	Tensores
H3P5087		Tipo B	Tensores
H3P5085		Tipo A	Tensores
H3P5084		Tipo B	
H3P5083		Tipo B	
H3P5081	Reserva 30m	Tipo B	
Apuela	Fusión ODF	Tipo B	

Fuente: (Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A., 2014). (Anexo 1)

La Numeración de cada uno de los postes se encuentra pintada de color azul como se indica en la figura 125.



*Figura 125: Código de Postería*

*Fuente: Codificación puesta por la Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A.*

#### **4.4.9 Elementos Adicionales**

Los elementos adicionales son todos aquellos que sirven para que la instalación y el funcionamiento del cable de fibra óptica sea el mejor.

##### **4.4.9.1 Herrajes.**

Para el diseño actual propuesto utilizaremos las dos clases de herrajes para cables ADSS como se puede ver en el Capítulo I los preformados de retención y los de paso o suspensión.

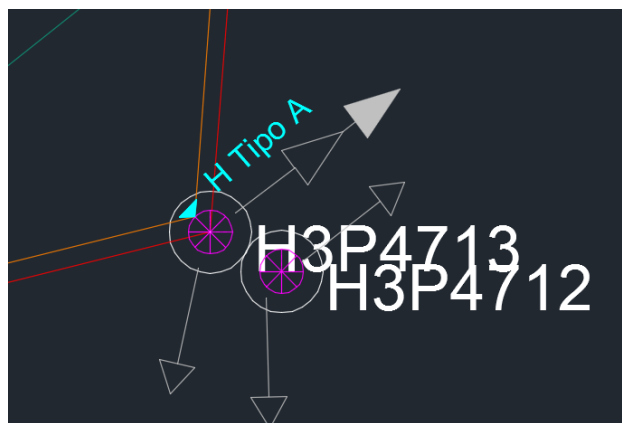
Se necesitarán 71 herrajes preformados de retención o tipo A, los cuales se colocan al inicio y al final de la ruta de instalación de fibra y para cambiar el sentido de la misma y deben acoplarse perfectamente al poste como se ve en la figura 126.



**Figura 126. Herraje Preformado de retención**

Fuente: Foto tomada De instalación de Fibra de CNT E.P.

Los herrajes de tipo A se representan en el AutoCAD como se muestra en la figura 127.



**Figura 127: Herraje tipo A en AutoCAD**

Fuente: (Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A., 2014)

También se necesitarán 287 herrajes de paso o tipo B los cuales permitirán que el pandeo del cable sea menor de poste a poste y pueda presentarse roturas por caos ambientales como es la lluvia o el viento, tomar en cuenta que la fibra óptica en cada poste debe tener una curva para el estiramiento o congelamiento del cable como se muestra en la figura 128.



**Figura 128. Herraje de paso.**

*Fuente:* Foto tomada De instalación de Fibra de CNT E.P.

Los herrajes de tipo B se representan en el AutoCAD como se muestra en la figura 129.



**Figura 129: Herraje tipo B en AutoCAD**

*Fuente:* (Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A., 2014)

#### **4.4.9.2 Tensores**

En la trayectoria de instalación hasta llegar a la zona de Intag se tiene distancias largas que mediante el viento podría romperse el cable de fibra es por eso que se utilizarán tensores en algunos de los postes donde exceda

los 500 metros de pandeado para que no ocurra ningún inconveniente con la instalación y el mantenimiento del cable de fibra óptica. Se necesitaran alrededor de 127 tensores para colocar en el cable de fibra óptica que se sujeta al poste (Figura 130).

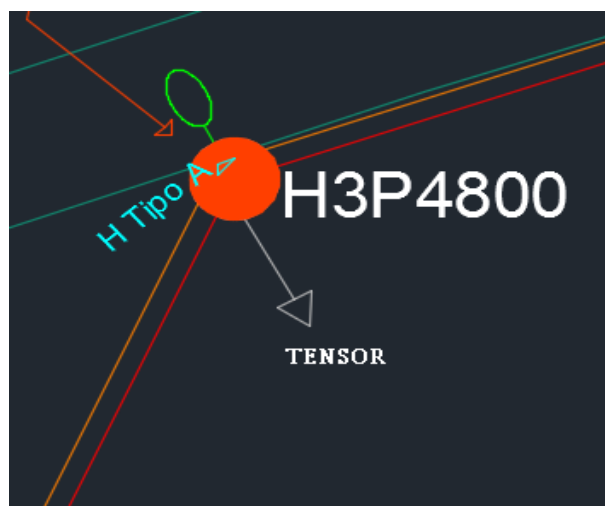
En algunos casos para evitar que el pandeado de fibra oscile con el viento se incluyen pesas para que la rigidez del cable sea más fuerte y no sea propenso a roturas o doblamientos.



**Figura 130. Tensor de Fibra óptica.**

*Fuente:* Foto tomada De instalación de Fibra de CNT E.P.

Los Tensores se representan en el AutoCAD como se muestra en la figura 131.



**Figura 131: Tensor en AutoCAD.**

*Fuente:* (Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A., 2014)

#### ***4.4.9.3 Mangas de Empalme***

Debido a la distancia que tiene el enlace, sobrepasa para que con un solo carrete de fibra se llegue al destino, en este caso Apuela, es por eso que se realizará varios empalmes a lo largo de la ruta los cuales deben ser protegidos mediante las mangas de empalme.

Para este diseño se necesitaran 11 mangas de empalmes las cuales contendrán las fibras desnudas y las protegerán de cualquier daño externo.

#### ***4.4.9.4 ODFs***

Los cables de fibra óptica tanto de inicio como de fin salen y llegan a un distribuidor de fibra que se encuentra en cada una de las centrales, origen y destino, aquí es en donde se fusionan los cables que provienen del exterior. Como en la central de Cotacachi ya se obtiene un ODF funcionando no se tomaría en cuenta para este diseño, pero para el sector de Apuela se debe tomar en cuenta un ODF de 6 puertos para la fusión con los pigtails de fibra conectados a un conector de salida.

#### ***4.4.9.5 Pigtails y Patch Cords***

Después de la llegada del cable de planta externa llegará al ODF en donde se fusionará con un pigtail, es decir se necesitará 2 pigtails, tanto del ODF de la central de Cotacachi como de la central de Apuela.

Así mismo para interconectar los ODFs a los equipos transmisores y receptores se necesitará 2 patch Cords de lado y lado.

Al ser una transmisión DWDM en caso de necesitar enviar otra información a parte de la requerida no se necesitaría más pigtails o patch cords debido a la multiplexación en la misma fibra.

#### 4.4.10 Resumen de Materiales.

*Tabla 13. Resumen de Materiales*

Material	Característica	Cantidad
Equipos DWDM	Huawei OSN 6800 y OSN 8800	1
Tarjetas Transponder	TN52ND2 Y TN52NS3	2
Fibra Óptica	Fibra Monomodo 9/125 G.655	1
Carrete Cable de fibra óptica	ADSS 6 hilos	11
Conector de Fibra	LC	2
Herrajes Tipo A	Preformados de Retención	71
Herrajes Tipo B	De paso	287
Tensores	Metálicos y con pesas	127
Mangas de Empalme	Plástico o Fibra de Carbono	11
ODFs	6 Puertos	1

**Fuente:** Autor.

#### 4.4.11 Presupuesto.

En base a los materiales planteados en la Tabla 13 es posible determinar un presupuesto referencial de lo que implicaría implementar el diseño, es por eso que a manera de resumen se puede extraer el presupuesto expuesto en la tabla 14. Cabe recalcar que los precios de los equipos activos OSN 6800 y OSN 8800 no se pueden exponer debido a la confidencialidad de la empresa.

*Tabla 14. Presupuesto Referencial del Diseño.*

<b>Material</b>	<b>Característica</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Fibra Óptica Total (metros)	Monomodo 6 hilos	44000	2.49	109560
Conector de Fibra	LC	2	2.1	4.2
Herrajes Tipo A	Preformados de Retención	71	16.82	1194.22
Herrajes Tipo B	De Paso	287	16.48	4729.76
Tensores	Metálicos	127	1.35	171.45
Mangas de Empalme	Fibra de Carbono	11	169.32	1862.52
ODFs con pigtails lc	6 Puertos	1	228.84	228.84
Empalme Aéreo (10pares)	Fusión	11	74.52	819.72
			<b>SUBTOTAL</b>	<b>118570.71</b>
			<b>IVA 12%</b>	<b>12704.005</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>131274.715</b>

**Fuente:** (CNT E.P., 2015)



## CONCLUSIONES

- Todos los materiales de fibra óptica para el diseño de red son muy importantes desde el más pequeño que sostiene a la red hasta el más grande que son los equipos transmisores y receptores debido a que funcionan en conjunto, los más pequeños como un conector que es la interfaz entre la fibra óptica y el sistema así como un poste que es el que sostiene al cable de fibra óptica en el recorrido.
- La tecnología de transmisión DWDM es un poco compleja para entenderla pero muy eficiente a momento de implementarla ya que permite el ahorro de espacio físico en una central de equipos debido a que las longitudes de onda pueden ser enviadas a través de una sola fibra mediante los espaciamientos de canales, así teniendo cada espaciamiento del canal su ancho de banda, por lo cual no es necesario utilizar dos fibras para una comunicación bidireccional, con una sola fibra y por diferentes canales de transmisión se puede obtener dicha comunicación.
- Los conectores son muy sensibles al tacto debido a que en su férula se deja fácilmente impurezas y por ende daña al núcleo de la fibra ensuciándolo de la misma manera y presentando una transmisión con muchas pérdidas, es por eso que se debe tener mucho cuidado al instante de manipularlo.

- Las cortadoras de fibra presentan una cuchilla sumamente afilada que son capaz de cortar la fibra de vidrio transversalmente, pero aunque el corte sea extremadamente bueno la fibra siempre tendrá que ser pulida para evitar malos empalmes por micro roturas en el núcleo.
- La tecnología DWDM es utilizada en este trabajo debido a que permite la conexión de dos centrales ubicadas a larga distancia lo que CWDM no nos permite en zonas de largo alcance.
- Las mangas de empalme son necesarias para cuidar todos los empalmes sea por fusión o mecánico, tanto a lo largo de la instalación como el mantenimiento del cable por alguna rotura, es por eso que debe ser colocada de manera estratégica para que sirva en ocasiones futuras para otros empalmes.
- Los equipos transmisores y receptores son muy sofisticados y abarcan muchas comunicaciones al mismo tiempo ya que presentan tarjetas multiplexadoras y demultiplexadoras de hasta 40 canales lo cual permite varias comunicaciones de manera rápida y segura, por lo que en el diseño actual al ser implementado los equipos no tendrán ningún problema ni se saturarán al querer transmitir diferente tipo de tráfico o incluir varias comunicaciones al mismo tiempo.

- Al tener buena potencia de lanzamiento y un buen rango de sensibilidad en el receptor no se necesita tener amplificación de línea en el intervalo medio del enlace para que la señal pueda ser regenerada, ya que con la potencia del transmisor con la que se transmite y las bajas pérdidas a lo largo del enlace la comunicación se realizará perfectamente.
- Para conexiones futuras de la Zona de Intag por si se quiere utilizar fibra óptica en otros lugares aledaños al sector de Apuela, tranquilamente se podrá tener enlaces a partir del cable de fibra ya instalado, mediante un sangrado del cable de fibra óptica lo que beneficia a muchas comunidades.

## **RECOMENDACIONES**

- A partir de este diseño planteado se puede realizar muchas aplicaciones a través de la fibra óptica, lo cual sería una buena opción para el desarrollo de la zona de Intag como por ejemplo las Escuelas del Milenio que ofrece el Estado o a su vez llegar mediante la tecnología GPON a cada uno de los hogares en la Zona de Intag.
- Para cuando la carretera a la Zona de Intag se encuentre ya restaurada se puede tomar como recomendación instalar una nueva postería la cual sirva para el tendido de la fibra óptica de CNT E.P. ya que la línea de transmisión eléctrica de media tensión no necesita

mucho mantenimiento como la fibra óptica, por lo cual la nueva postería ayudaría al mantenimiento de la fibra en el transcurso de los años, tomando en cuenta que las distancias pueden aumentarse lo que aumentaría el costo de adquisición de la fibra óptica así como de los elementos adicionales (Herrajes, tensores, mangas de empalme).

- Tener muy en cuenta al momento de abrir el ODF para empalmar con la fibra externa ya que se debe realizar con mucho cuidado ya que existen otros enlaces empalmados en el ODF y pueden ser dañado al momento de ingresar el nuevo pigtail.
- Al momento de realizar los conectores tener muy en cuenta que debe ser pulido de manera correcta hasta que se tenga una férula limpia y el núcleo de la fibra de la misma manera, para no tener inconvenientes en la comunicación revisar con un microscopio si se encuentra en buen estado.
- Utilizar todos los materiales limpios, así como el instalador debe estar aseado las manos para realizar los empalmes y conectores ya que al mínimo contacto con la fibra ésta se contamina.
- Tomar muy en cuenta las pérdidas calculadas al momento de implementar el diseño, ya que son las pérdidas máximas que se pueden obtener al momento del enlace según el presupuesto de atenuación.

- Como recomendación para realizar otro diseño casi igual al que se está presentando tomar muy en cuenta la distancia del enlace que se pretende realizar y que ruta se seguirá, debido a que las distancias geográficas pueden ser diferentes a la ruta a seguir del enlace.
- Antes de diseñar un proyecto verificar que tecnología se va a usar debido a que los equipos varían en funcionamiento y precio según el servicio y la tecnología usada.
- Al momento de instalar la fibra en los postes, tener precaución los las líneas de tensión, para ello aunque el cable de fibra no sea conductor de corriente utilizar guantes y zapatos dieléctricos por precaución.
- En los empalmes intermedios, realizarlos en un lugar adecuado y tener mucho cuidado con los restos de fibra, ya que son muy pequeños pueden impregnarse en la ropa o en otros casos hasta ingerirse de vía oral y provocar infecciones.
- Para saber a qué distancia se va a empalmar un cable con el siguiente carrete de fibra óptica tomar en cuenta que la distancia total del carrete se acorta debido a las reservas que se dejan cada 500 metros.
- Para evitar la oscilación del pandeo del cable de fibra óptica debido a las grandes distancias entre postes, se coloca los tensores con pesas para que el cable sea más rígido y soporte la oscilación por el viento.

## Bibliografía

(s.f.).

AFL. (2015). *Splice Closure*. Obtenido de <http://www.aflglobal.com/Products/Fiber-Outside-Plant/IDEAA/IDEAA-Splice-Closure-Sealed.aspx>

Alicefiberstore. (2013). *Tecnología de Fibra Óptica Multiplexor*. Obtenido de <http://alicefiberstore.bligoo.com/tecnologia-de-fibra-optica-multiplexor>

Asociación el Rosal. (2010). *Turismo Comunitario en el Rosal*. Obtenido de [http://turismoelrosalintag.blogspot.com/p/contacto\\_1.html](http://turismoelrosalintag.blogspot.com/p/contacto_1.html)

Beltrán Juan Pablo. (2012). *Curso de Diseño de Fibra Óptica*. Quito.

Cadena; Cevallos; López. (2012). *Amplificadores Ópticos*.

Cardozo F.J. (Marzo de 2006). *Sistemas de Telecomunicaciones*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos33/telecomunicaciones/telecomunicaciones.shtml>

CDAD Curso Teórico Práctico de Fibra Óptica. (2010). *Metodología de diseño de redes de Fibra Óptica*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2448/5/T-ESPE-014122-3.pdf>

Chomycz Bob. (2010). *Instalaciones de Fibra óptica*. Madrid.

Cisco Systems, Inc. (04 de Junio de 2001). *Introduction to DWDM Technology*. Obtenido de [http://www.cisco.com/application/pdf/en/us/guest/products/ps2011/c2001/ccmigration\\_09186a00802342cf.pdf](http://www.cisco.com/application/pdf/en/us/guest/products/ps2011/c2001/ccmigration_09186a00802342cf.pdf)

CNT E.P. (2013). *Instalación de Equipos*. Ibarra.

CNT E.P. (2014). *Informe de Enlaces de la Regional 1*. Ibarra.

CNT E.P. (2015). Lista de Precios para instalación de Fibra Óptica. Ibarra, Imbabura, Ecuador.

Cortez Bonilla H. (17 de Diciembre de 2009). *Ingeniería de las telecomunicaciones*. Obtenido de Multiplexación: <http://ingenieriatelecomunicacionesunadlibano.blogspot.com/2009/12/multiplexacion.html>

Dr. Ing. Joscowicz José. (Agosto de 2013). *Voz, Video y Telefonía sobre IP*. Obtenido de <http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/ccu/material/docs/Voz%20Video%20y%20Telefonía%20sobre%20IP.pdf>

Edison Coimbra. (23 de Abril de 2011). *Transmisión de Datos por Fibra óptica*. Obtenido de [http://turismoelrosalintag.blogspot.com/p/contacto\\_1.html](http://turismoelrosalintag.blogspot.com/p/contacto_1.html)

- Empresa de Telecomunicaciones de Pereira S.A. (2009). *Normas de Construcción e Instalación de Fibras Ópticas*. Pereira.
- Empresa Eléctrica. (2014). Planos de Media Tensión . Cotacachi, Imbabura, Ecuador.
- Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A. (2014). Planos de Media Tensión. Cotacachi, Imbabura, Ecuador.
- Fuertes P. (2006). *Estudio y Diseño de un Backbone de Fibra óptica para un Carrier con Tecnología DWDM y soporte GMPLS*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Graham Bell A. (17 de Mayo de 2010). *Información sobre Tecnologías y Telecomunicaciones*. Obtenido de [http://telecomjournalelsalvador.blogspot.com/2010/05/fibra-optica-la-luz-al-servicio-de-las\\_17.html](http://telecomjournalelsalvador.blogspot.com/2010/05/fibra-optica-la-luz-al-servicio-de-las_17.html)
- Huawei Technologies Co. (2008). *DWDM Principle*. Ibarra.
- Ing. Pascual F. (2009). *Monitorización de OSNR en Redes Ópticas*. Obtenido de <http://www.conectronica.com/Redes-Opticas/Monitorizaci%C3%B3n-de-OSNR-en-redes-%C3%B3pticas.html>
- Light Brigade, Inc. (2014). *Design, Installation and Maintenance Fiber Optic Networks*. USA.
- Maria Soledad Jiménez. (2010). *II Canal de Transmisión*. Obtenido de <http://186.42.96.211:8080/jspui/bitstream/123456789/1163/1/ST-CAPII.pdf>
- Muniz Bandeira Otto. (s.f.). *WDM e suas Tecnologias*. Obtenido de Capitulo 4: [http://www.gta.ufrj.br/grad/04\\_1/wdm/dwdm.html](http://www.gta.ufrj.br/grad/04_1/wdm/dwdm.html)
- Nahomy Nancy. (04 de Julio de 2013). *Elementos de Fibra Óptica*. Obtenido de <http://www.slideshare.net/NancyNahomy/capitulo-4-elementos-red-de-fibra-optica>
- Olls Daniel. (10 de Noviembre de 2012). *Codigo de Colores de Fibra Óptica*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/112759941/Codigos-de-colores-Fibra-Optica>
- Optical Receivers*. (s.f.). Obtenido de Capitulo 11: <http://opt.zju.edu.cn/eclass/attachments/2013-05/01-1369313883-194122.pdf>
- Rodríguez Asís. (12 de Diciembre de 2010). *La tecnología DWDM*. Obtenido de <http://www.fibraopticahoy.com/la-tecnologia-dwdm/>
- Shenzhen Sopto Technology Co. (2010). *FTTH Fibra Acceso Caja de Terminales*. Obtenido de [http://es.made-in-china.com/co\\_soptotech/product\\_FTTH-Fiber-Access-Terminal-Box-FDB-0164-\\_esiyyugg.html](http://es.made-in-china.com/co_soptotech/product_FTTH-Fiber-Access-Terminal-Box-FDB-0164-_esiyyugg.html)
- Specification Sheet Panduit. (2015). *Conector de Fibra Óptica LC*. Obtenido de <http://sistemamid.com/preview.php?a=81235>

Telnet. (2015). *Fibra Óptica ADSS Monomodo 6 Hilos*. Obtenido de [https://www.telnetron.com/index.php?route=product/product&product\\_id=4027#.VLxJt9KG9ch](https://www.telnetron.com/index.php?route=product/product&product_id=4027#.VLxJt9KG9ch)

The Fiber Optic Association Inc. (2014). *Guide to Fiber Optics & Premises Cabling*. Obtenido de <http://www.thefoa.org/tech/smf.htm>

Urreña Leon Edsel Enrique. (2010). *Transmisión de dato Digitales*. Madrid.

## **ANEXOS**

**Todos los anexos se encuentran en el CD adjunto**

**Anexo 1 Planos AutoCAD**

**Anexo 2 Estándar de fibra óptica ITU – T G.655**

**Anexo 3 Estándar DWDM ITU-T G.694.1**

**Anexo 4 Optix OSN6800 Product Overview**

**Anexo 5 Optix OSN8800 Product Overview**

**Anexo 6 Fotos.**