

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

Álvaro Benavides Flores  
abf.alvaro@gmail.com  
Universidad Técnica Del Norte

**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.

En la primera parte 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. En la segunda parte se 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.

**Palabras Claves:** Fibra Óptica, Diseño, DWDM, CNT E.P.

### 1. Evolución de la tecnología DWDM

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.

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 1 se muestra un esquema de la evolución de esta tecnología.



Figura 1. Evolución de la Tecnología DWDM  
Fuente: (Cisco Systems, Inc., 2001)

### 1.2. Tipos de Multiplexación

La multiplexación consiste en transportar varias señales en una sola, por un mismo canal de transmisión como muestra la figura 2. Existen  $n$  entradas a un multiplexor, que se conecta a un demultiplexor mediante un único enlace de datos (Figura 2). 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 2. 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).

### 1.3 Funcionamiento DWDM

El funcionamiento de un sistema DWDM consta de varias partes que están presentes a nivel físico

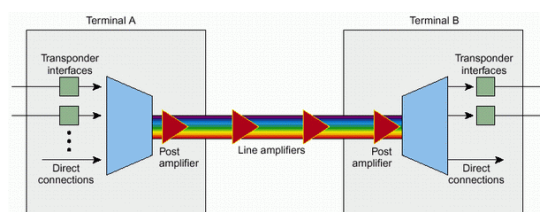


Figura 3. Esquema de un sistema DWDM  
Fuente: (Cardozo F.J., 2006)

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 multiplexador 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 demultiplexador 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 las señales recibidas.

### 1.4. 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.

#### 1.4.1. Espaciamiento del canal.

El espaciamiento 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 espaciamientos entre canales están estandarizados entre los 50 y 100 GHz, aunque la fibra puede alcanzar espaciamientos de canal de 200, 100, 50,25 o 12.5 GHz. Entre mayor espaciamiento de los canales menor será la diafonía, aunque incluso los equipos transmisores limitan el espaciamiento de los canales, lo que también limita obtener la máxima velocidad de datos por cada longitud de onda individual que se requiera transmitir.

#### 1.4.2 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

# UTN. Álvaro Benavides. DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA ÓPTICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA DWDM DESDE LA CIUDAD DE COTACACHI HASTA EL SECTOR DE APUELA

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.

## 1.4.3 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.

## 1.4.4. Codificación.

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.

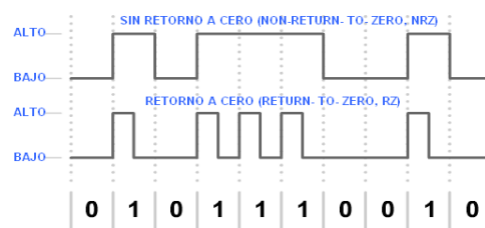


Figura 4. Codificación NRZ y RZ  
Fuente: (Urreña Leon Edsel Enrique, 2010)

## 1.4.5 Tasa 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.

## 1.4.6 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:

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

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.

## 2. DISEÑO DE RED CON FIBRA ÓPTICA

### 2.1 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

# UTN. Álvaro Benavides. DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA ÓPTICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA DWDM DESDE LA CIUDAD DE COTACACHI HASTA EL SECTOR DE APUELA

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.

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. En el nodo central Cerro Blanco se dispone de un equipo OSN 3500 para esta transmisión, equipo que transmite 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 5. Enlaces de la Regional 1.  
Fuente: (CNT E.P., 2014)

## 2.2 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.

### 2.2.1 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.

### 2.2.2 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), diferente a OptiX OSN 6800.

## 2.3 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 se Apuela, se desea transmitir voz, video y datos.

### 2.3.1 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 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:

# UTN. Álvaro Benavides. DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA ÓPTICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA DWDM DESDE LA CIUDAD DE COTACACHI HASTA EL SECTOR DE APUELA

$$\text{Longitud del enlace} \div \text{Longitud de Bobina} = \text{Numero de Bobinas}$$

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

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 6: Longitud del Enlace  
Fuente: (Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A., 2014)

### 2.3.2 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 transpondedora ND2 tenemos especificaciones en la siguiente tabla

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 mínima 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

Tabla 1. Características de funcionamiento ND2  
Fuente: (Huawei Technologies Co., 2008)

En la tarjeta transpondedora NS3 tenemos especificaciones en la tabla siguiente.

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 mínima de lanzamiento	dBm	-5
Desviación de Frecuencia 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
Mínima sobrecarga del Receptor	dBm	0
Máxima reflectancia	dB	-27

Tabla 2. Características de funcionamiento NS3  
Fuente: (Huawei Technologies Co., 2008)

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. 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.

### 2.3.2.1 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:

$$\begin{aligned} & \text{Pérdida Conector } x \# \text{ conectores} \\ & = \text{Pérdida Total por Conectores} \end{aligned}$$

$$0.1dB \times 2 = 0.2 \text{ dB}$$

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

### 2.3.2.2 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:

$$\begin{aligned} & \text{Pérdida Fusión } x \# \text{ Fusiones} \\ & = \text{Pérdida Total por Fusiones} \end{aligned}$$

$$0.1dB \times 12 = 1,2 \text{ dB}$$

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

Las Fusiones se representan en el AutoCAD como se muestra en la figura 7.



Figura 7: Fusión representada en AutoCAD  
Fuente: (Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A., 2014)

### 2.3.2.3 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:

$$\begin{aligned} & \text{Longitud Enlace } \div \text{ Pérdida /Km Fibra} \\ & = \text{Pérdida Desgaste Fibra} \end{aligned}$$

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

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

### 2.3.2.4 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.

$$\begin{aligned} & \text{Pérdida Total } x \text{ Margen Adicional pérdida} \\ & + 3 \text{ dB} = \text{Pérdida adicional} \end{aligned}$$

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

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

### 2.3.2.5 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.

$$\begin{aligned} & \text{Dispersión} \\ & = \text{Dispersión Fibra } x \text{ Ancho Espectral Fuente} \end{aligned}$$

$$D = D_c \Delta\lambda$$

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

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

$$\begin{aligned} & \text{Dispersión total} \\ & = \text{Dispersión } x \text{ Longitud Enlace} \end{aligned}$$

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

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

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.

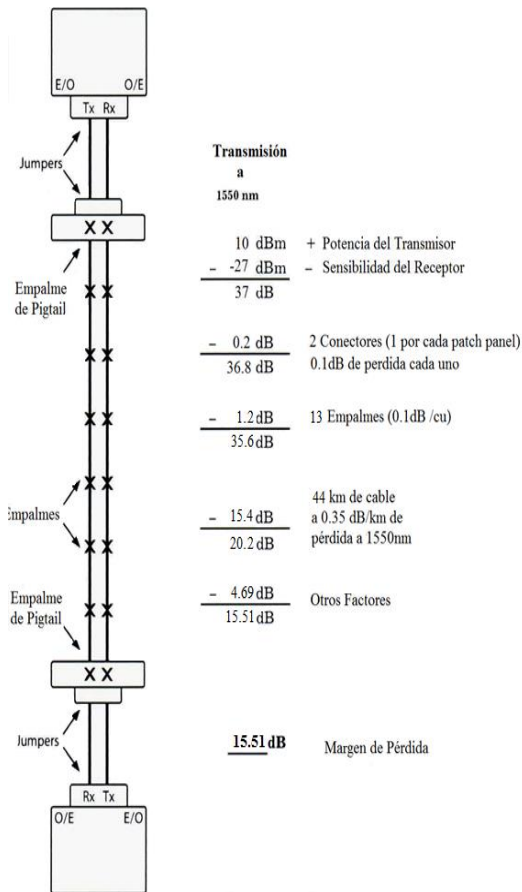


Figura 8. Presupuesto de pérdidas de enlace.  
Fuente: (Light Brigade, Inc., 2014)

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

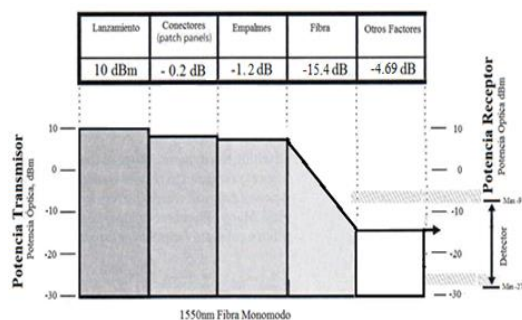


Figura 9. Presupuesto de Transmisión Monomodo  
Fuente: (Light Brigade, Inc., 2014)

### 3. 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 espaciamentos de canales, así teniendo cada espaciamento 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.

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.

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.

#### 4. 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 dañados al momento de ingresar el nuevo pigtail.

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.

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.

#### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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>

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

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.

Huawei Technologies Co. (2008). *DWDM Principle.* Ibarra.

Ing. Pascual F. (2009). *Monitorización de OSNR en Redes Ópticas.* Obtenido de <http://www.conectronica.com/Red>



es-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](http://186.42.96.211:8080/jspui/bitstream/123456789/1163/1/ST-CAPII.pdf)

*Optical Receivers*. (s.f.). Obtenido de  
Capitulo 11:  
[http://opt.zju.edu.cn/eclass/attach  
ments/2013-05/01-1369313883-  
194122.pdf](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/](http://www.fibraopticahoy.com/la-tecnologia-dwdm/)

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

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

## AUTOR

**Álvaro Fernando Benavides Flores.**



Nacido en Ibarra,  
Ecuador, el 20 de  
Diciembre de 1987.  
Realizó sus estudios  
secundarios en el  
Colegio Fisco misional  
“Sánchez y Cifuentes” de  
Ibarra.  
Estudiante de la  
Universidad Técnica del  
Norte en la Facultad de  
Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de  
Electrónica y Redes de Comunicación 2015.

## DESIGN FIBER OPTIC NETWORK USING DWDM TECHNOLOGY FROM COTACACHI CITY TO THE APUELA SECTOR

Álvaro Benavides Flores  
abf.alvaro@gmail.com  
Universidad Técnica Del Norte

**ABSTRACT** This project object to describe the design of a fiber optic network point to point using DWDM technology from an urban area to a rural area.

The first part describes all terms used in DWDM network design including terms such as calculating the dispersion, attenuation, signal direction, the operation itself presents DWDM. In the second part the design of the fiber optic network for the Apuela sector described, including the relevant calculations, type of cable, fiber type, attenuation of links, etc., listing all the elements necessary for the design presented.

**Keywords:** Fiber Optics, Design, DWDM, CNT E.P.

### 1. DWDM Technology Evolution

Digital TV transmission, voice, data, mobile telephony and the emergence of the Internet phenomenon have caused traffic information required high capacity media. The optical fibers in the field of communications began to be applied in voice telephony, but are currently totally or partially present in any communication system.

However, the growth rate in the transmission capacity required by these new services exponential and is the only technology that can currently meet this growth is dense multiplexing DWDM wavelength.

These systems are based on the ability of the fiber to transport different wavelengths (colors) simultaneously without mutual interference. Each wavelength represents an optical channel within the fiber. In the mid 1990s DWDM systems that were emerging they consisted of 16-40 channels and a spacing of 100-200 GHz.

In the late 1990s DWDM systems have evolved to the point that they are capable of having 64 parallel channels 160 and spaced every 25 to 50 GHz. In Figure 1 a diagram of the evolution of this technology is shown.



Figure 1 DWDM Technology Evolution  
Source: (Cisco Systems, Inc., 2001)

### 1.2. Multiplex Types

It is to transport multiplexing multiple signals into a single, for a same transmission channel as shown in Figure 2. There are  $n$  inputs to a multiplexer, which is connected to a demultiplexer by a single data link (Figure 2). The link is capable of carrying independent data channels. The multiplexer combines the  $n$  data input lines and passes through a higher data link capacity. The demultiplexer captures the multiplexed data stream, separates data according to the channel and sends them to the corresponding output lines.



Figure 2 Basic multiplexing scheme  
Source: (Cisco Systems, Inc., 2001)

The purpose of multiplexing is to make efficient use of the transmission lines at high speed. Multiplexing techniques allow multiple transmission sources sharing a transmission capacity on the same link.

Among the various technologies are multiplexing the time division multiplexing (TDM) multiplexing and wavelength division (WDM) the latter has its variants are: coarse division multiplexing wave (CWDM) and multiplexing division dense wavelength (DWDM).

### 1.3 DWDM operation.

Operating a DWDM system consists of several parts which are physically present

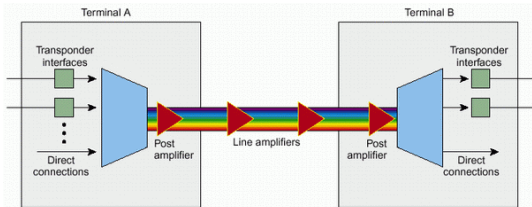


Figure 3. DWDM system scheme  
Source: (Cardozo F.J., 2006)

First you have the transponder interfaces input accepts wavelengths coming from the lasers that can be single mode or multimode. These wavelengths are mapped onto DWDM wavelengths according to the input signals you have, be they of different types of traffic.

After being mapped signals, they arrive at the multiplexer DWDM wherein the combination of signals occurs and are multiplexed into a single optical signal to be sent by the fiber.

Once multiplexed into a single fiber all signals always an inherent loss occurs due to the multiplexing is done and the more optical channels loss will be larger, will have is why after multiplexing an optical amplifier which can be placed all amplify optical signals without converting electric eliminating the inherent loss.

Although the initial inherent loss presenting system is eliminated, there degrading effects of signal through the optical fiber upon transmission of signals such as degradation, crosstalk or power loss of the optical signal, for which it can minimize the effects of signal degradation control of some variables such as channel spacing should submit the system for good transmission of signals without overlap, the tolerance of the wavelength and regulate levels of laser power, It is why in an optical link several optical amplifiers are used along transmission.

Even after regenerating the signal along the optical transmission problems small signal degradation will, that is why to reach the other end of the DWDM system pre-amplifier is placed before it enters the signal to the receiver, allowing reinforce the signal sent from the other end of the system.

Upon arriving at the receiving part of the system, the signal having the combination of

signals that were sent through the fiber from the transmitting part of the system reaches a demultiplexer that separates the signal to individual wavelengths, we can say that is the opposite of what is done in the transmitter portion of the system.

Finally the signals are detected by a photodetector which maps the signals according to the type of output required, which is included in the optical transponder where it performs opto-electric conversion of the received signals.

### 1.4. DWDM Transmission.

DWDM systems provide some important parameters for the optical signal transmission so that there is good data transport through the network.

#### 1.4.1. Channel spacing.

Channel spacing refers to the minimum frequency separation enters the different multiplexed signals of the fiber. As recommended by the ITU G.694.1 channel spacings are standardized enter the 50 and 100 GHz, although fiber channel spacings can reach 200, 100, 50.25 or 12.5 GHz.

Greater spacing between channels be less crosstalk, even though the transmitters limit the channel spacing, which also limits maximum data rate for each individual wavelength transmit as required.

#### 1.4.2 Signal Direction.

When it is referring to the signal direction, in which direction refers information can travel through the optical fiber; that is why DWDM systems have two ways to address the signal Unidirectional where all signals travel in a direction pampers through the fiber, but two fibers are required to make a full duplex communication. To avoid having to occupy another fiber for two-way communication is divided channel for a subchannel serves to transmit and the other serves to receive, this is called Bidirectional, but the only drawback of this system is that the width is reduced band to transmit information.

#### 1.4.3 Bandwidth.

It has been discussed a lot about the bandwidth of the optical fiber, but now already have seen its high bandwidth capacity that can support the optical fiber as a transmission medium. Some DWDM systems using lasers can achieve a bit rate of 10Gbps talking to transmit an STM-64 and have the ability to

multiplex up to 240 wavelengths, which reaches a maximum of 2.4Tbps in a single optical fiber. But depending on the laser DWDM systems can reach higher speeds and use all the bandwidth that could withstand the optical fiber is used. Today DWDM systems are capable of supporting speeds of 40 Gbps per wavelength multiplex channel 300 which could result in 12 Tbps transmit on the same optical fiber, provided taking into account the loss originating from switching systems and transmission.

#### 1.4.4. Coding.

The line code is the process of arranging the symbols that represent binary data in a particular pattern for transmission. More codes used in optical fiber communications with basic line are: no return to zero (non-return- total zero, NRZ), return to zero (total return- zero, RZ) and biphase, or Manchester.

The NRZ code represents binary 1s and 0s with two different light levels, which are constant during the bit duration. The presence of a high level of light in the duration of one bit represents a binary 1, while a low light level represents a binary 0.

The NRZ coding gives us very efficient system bandwidth utilization. However if there are long strings of 0s or 1s, causing lack of level transitions, can cause loss of synchronization. The RZ coding uses only half the bit duration for data transmission.

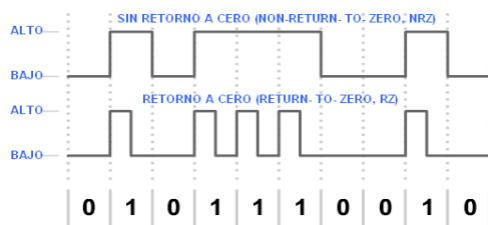


Figure 4 Coding NRZ and RZ  
Source: (Urreña Leon Edsel Enrique, 2010)

#### 1.4.5 Bit Error Rate (BER).

It is the rate at which errors occur, where a reception error corresponds to a 1 when 0 aired and vice versa. BER corresponds to the proposition then wrong about the bits transmitted in a given time interval bits, as follows:

BER = Number of wrong bits / number of bits transmitted.

So, you have a wrong in a bit transmission bit 1000 average BER is  $10^{-3}$ . The BER value is typically  $10^{-15}$  DWDM networks especially in long link.

#### 1.4.6 Optical Signal to Noise.

The OSNR is defined as the ratio between the average signal strength and noise for a particular optical channel. Typically, each channel is almost monochromatic modulated light (signal) on a noise power density that is distributed in a wide bandwidth. This noise comes mainly from optical amplifiers (ASE noise). The OSNR (in dB) can then be calculated as:

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

Where S is the average power (linear) signal and N is the average power (linear) noise equivalent bandwidth of the channel. Since the spectrum analyzer (OSA) with which the measurement is made has a resolution bandwidth actually measures both signal and noise depend on this particular value, so precautions must be taken into account.

## 2. FIBER OPTIC DESIGN NETWORK

### 2.1 Actual link CNT E.P.

At present the National Telecommunications Corporation CNT EP It has the largest coverage nationwide Internet service, but there are places where it is difficult to reach with fiber optics cover as is the Intag - Apuela. The only way Internet service is presented with Apuela via microwave from a repeater called San Vicente which becomes the only means of communication without a network backup.

CNT E.P. He has been working for this area with telephony using CDMA450 which have had many shortcomings as the outage, surge teams because of atmospheric rays, noise in the signal and few ports communicating subscribers. It was thought to internet service for the same technology but withdrew its failures since the site is a place of difficult access due to the geographical terrain presents.

The link address Apuela, is delivered from Cerro Blanco is the hub of communications in the city of Imbabura, this base is linked to a database Pugsucocha radio and transmitted to another base that is San Vicente season finally it is transmitted to the Apuela sector. In the central node Cerro Blanco OSN 3500 it has a team for this transmission, computer service that transmits voice and data at the same time and is composed of 2 STM64 (20 Gbit / s) for delivering different services of the Regional 1.

# UTN. Álvaro Benavides. DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA ÓPTICA UTILIZANDO TECNOLOGÍA DWDM DESDE LA CIUDAD DE COTACACHI HASTA EL SECTOR DE APUELA



Figure 5. Regional 1 Links  
Fuente: (CNT E.P., 2014)

## 2.2 DWDM equipment

The National Telecommunications Corporation CNT EP, presents installation of DWDM multiplexers OSN 6800 and OSN 8800 where TN52ND2 transponder cards and will find TN52NS3.

### 2.2.1 OptiX OSN 6800

OptiX OSN 6800 is a future-oriented according to the development trend of the metropolitan area network (MAN) on IP protocol as the core platform. OptiX OSN 6800 does the dynamic grooming at the optical layer and the flexible grooming electric layer with a completely new architecture. This platform enables the integration of multi enabling transport speed of up to 360 gigabytes at its core.

### 2.2.2 OptiX OSN 8800

OptiX OSN 8800 is a platform that can work with OptiX OSN 6800, have almost the same features except that OptiX OSN 8800 enables efficient transport of data with speeds from 1.28 T to 2.56 T, is why it is used for fiber optic backbones because of the reliability of data and enabling unlike the previous module using DWDM transmission.

OptiX OSN 8800 has 2 kinds of cabins, the first N63B having an OSN 8800 T32 and T16, it can accept up to 31 transport cards, the second N66B has an OSN 8800 T64, T32, T16, each of these works with a nominal voltage of 48V to 60V voltage and DC voltage range of -40V to 72V DC, for it contains a unit of DC power distribution (PDU), OptiX OSN 6800 different.

## 2.3 DWDM Design.

The design of optical fiber from Cotacachi to the Sector Apuela in the Intag area will have a topology point to point the central base or Node A will be located in the city of

Cotacachi and the recipient or Node B based on the sector Apuela is You want to transmit voice, video and data.

### 2.3.1 Link Length.

The link runs from the Central Cotacachi CNT EP Apuela to the switchboard. Considering that the link is point to point there will be referrals or short links to other points than the destination. The nominal bond has a length of 40km as seen in the drawings obtained from Empresa Electrica SA EMELNORTE where are the lengths from node CNT E.P. Cotacachi to the node CNT E.P. in Apuela, this value must be added the 10% chance causes, divided into reserves over the link every 500 meters left in the post to repair fiber optic cable for possible fractures. The reserve should be approximately 30 meters.

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

In total, the link will have a length of 44 Km including reserves for repair fiber optic cable. Each coil of optical fiber length presents 4km ie:

$$\text{Link Length} \div \text{Coil length} = \text{Coils Numbers}$$

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

A total of 11 coils are required to complete the proposed link design taking into account that each 4 kilometers respective joint are a total of 13 joints along with post installation including reserves, along with protective sleeves are made junction.

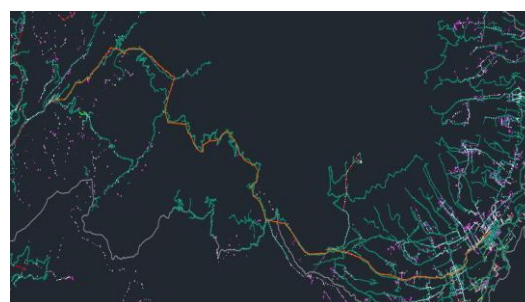


Figure 6: Link Length  
Fuente: (Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A., 2014)

### 2.3.2 Calculations

For calculations need all input and output parameters of DWDM equipment, the powers with which it works and allowable ranges for the transmission is favorable. For performing calculations always it takes the worst case to

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

have a wide range of margin in which to work upon installation.

In the transponder card ND2 have specifications in the following table

ND2		
Item	Unit	Value
Optical Module Type		800 ps/nm-C Band (Odd & Even Wavelength)-Fixed Wavelength-NRZ-PIN
Line Code	-	NRZ
<b>Transmitter Specifications</b>		
Maximum mean Launched Power	dBm	10
Minimum mean Launched Power	dBm	-3
Central Frequency	THz	192.10 to 196.05
Central Frequency Deviation	GHz	±10
Maximum -20dB spectral width	nm	0.3
Dispersion Tolerance	ps/nm	800
<b>Receiver Specifications</b>		
Receiver Type	-	PIN
Operating wavelength range	nm	1200 to 1650
Receiver Sensitivity	dBm	-27
Minimum Receiver Overload	dBm	0
Maximum Refelctance	dB	-27

*Table 1. ND2 Characteristics*  
*Fuente: (Huawei Technologies Co., 2008)*

In the transponder card NS3 have specifications in the following table.

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
Maximum mean Launched Power	dBm	10
Minimum mean Launched Power	dBm	-5
Central Frequency Deviation	GHz	±2.5
Maximum -20dB spectral width	nm	0.6
Minimum side mode suppression ratio	dB	35
Dispersion tolerance	ps/nm	-500 to 500
<b>Receiver Specifications</b>		
Receiver Type	-	PIN
Operating wavelength range	nm	1529 to 1561
Receiver Sensitivity	dBm	-27
Minimum Receiver Overload	dBm	0
Maximum Refelctance	dB	-27

*Table 2. NS3 Characteristics*  
*Fuente: (Huawei Technologies Co., 2008)*

The loss budget of an optical system which is derived from the difference between the light source at the transmitter output and the minimum sensitivity of the photodetector. This budget ensures that the optical power is sufficient and available to meet the specific values of quality in data transmission.

From this budget all system losses, fiber, splices, connectors are subtracted. If this amount exceeds the maximum amount of light emitted, the photodiode in the receiver will be supersaturated. This attenuation allows the power margin of a link can fall between the minimum or maximum power level of the receiver. From this number depends on the final loss measurements of installed and not specified engineering measures, the attenuator can be determined in the final stage of acceptance of the installation.

When budgets determined using DWDM loss, budget worst case loss at each wavelength must be used to determine the maximum transmission distance.

### 2.3.2.1 Connectors loss

In the design we have presented two connectors is one transmitter and one receiver that is, each connector has a typical loss of 0.1dB:

$$\text{Connector Loss} \times \# \text{ connectors} = \text{Total Connectors Loss}$$

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

It has 0.2dB of loss in the total link the connectors.

### 2.3.2.2 Splice loss.

Along the link in the current design a number of joints 12 because of the distances and the coupling coils thereof occur. Taking into account that all joints are melting has a splice loss of 0.1dB:

$$\text{Fusion Loss} \times \# \text{ Fusions} = \text{Total Fusions Loss}$$

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

It has a total of 1.2 dB of loss splices around the link.

Fusions are represented in the AutoCAD as shown in Figure 7.



Figura 7: Fusion displayed in AutoCAD  
Fuente: (Empresa Eléctrica EMELNORTE S.A., 2014)

### 2.3.2.3 Fiber Loss

The light along the fiber deteriorates why having a wear per kilometer, in this case using the G.655 fiber and transmitting in the 1550nm window shows a loss per kilometer of 0.35dB / km:

*Longitud Enlace ÷ Pérdida /Km Fibra = Pérdida Desgaste Fibra*

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

Along the 44km fiber link has a loss of 15.4 dB.

### 2.3.2.4 Factors Loss.

It should take into account that the optical fiber after a while has a wear by temperature, the power emitted, if the fiber splices breaks, that is why you must calculate a margin of loss required for installation including 3dB additional for future repairs or increased benefits in the link.

*Pérdida Total x Margen Adicional pérdida + 3 dB = Pérdida adicional*

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

A loss gives 4.69dB several factors, which would approach any 5 dB margin of error that may have on the worst case.

### 2.3.2.5 Total dispersion.

For data traveling at a good speed without degradation of pulse dispersion should be smaller, it takes into account the fiber dispersion having 1 km and multiply it by the total of the link to see if the dispersion is within the parameters the optical transmitter.

$$\text{Dispersion} = \text{Fiber Dispersion} \times \text{Spectral width Source}$$

$$D = D_c \Delta\lambda$$

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

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

$$\text{Total Dispersion} = \text{Dispersion} \times \text{Link Length}$$

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

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

Along the total link dispersion of 2.54 ps ie is within the parameters of the optical transmitter is presented.

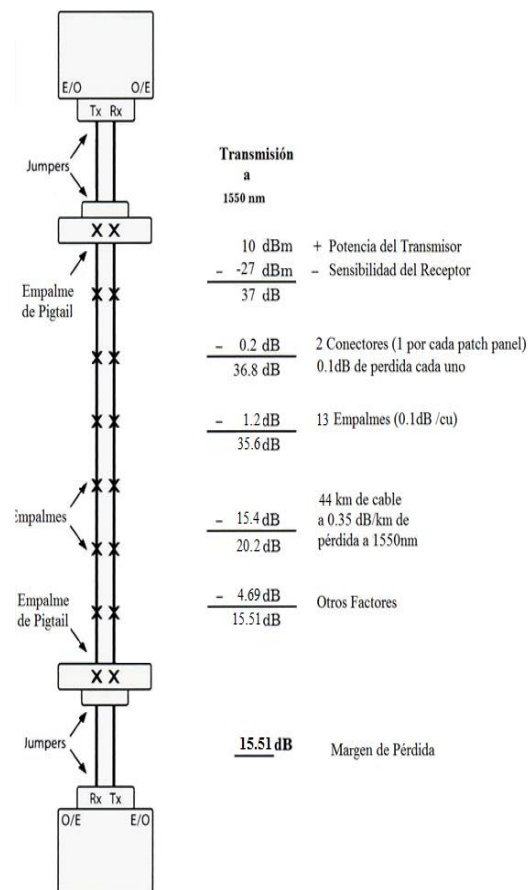


Figura 8. Link loss budget.  
Fuente: (Light Brigade, Inc., 2014)

Although all have a calculated loss loss margin 15.51dB.

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

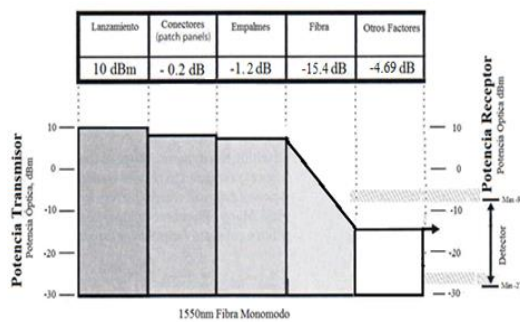


Figura 9. Transmission budget Singlemode  
Fuente: (Light Brigade, Inc., 2014)

### 3. CONCLUSIONS

All materials fiber optic network design are very important from the smallest to the network holding up the biggest transmitters and receivers are teams because they work together as a smaller connector that it is the interface between the optical fiber and the system as a post that is holding the fiber optic cable along the route.

DWDM transmission technology is a bit complex to understand but very efficient to implement as time allows saving physical space in a central equipment because the wavelengths can be sent over a single fiber by spacings channels and channel spacing having each bandwidth, so it is not necessary to use two fibers for bidirectional communication, with a single fiber and different transmission channels can be obtained such communication.

The DWDM technology is used in this work because it allows the connection of two plants located a long distance which does not allow us CWDM-reaching areas.

The transmitters and receivers are very sophisticated equipment and cover many messages simultaneously and having multiplexers demultiplexadoras cards and up to 40 channels allowing several communications quickly and safely, so the actual design to be implemented no teams They have any problems or want to saturate the transmit different types of traffic or include multiple messages simultaneously.

By having good throwing power and good sensitivity range on the receiver does not need amplification line in the middle range of the link so that the signal can be regenerated, because the transmitter power with which it is transmitted and low loss along the communication link seamlessly performed.

For future connections Intag area if you want to use optical fiber in other neighboring the Apuela industry places quietly may have links from fiber cable installed by bleeding the fiber optic cable which benefits many communities.

### AUTHOR

Álvaro Fernando Benavides Flores.  
Student Universidad Técnica del Norte.  
Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.  
Carrera de Electrónica y Redes de Comunicación 2015.

### 4. RECOMMENDATIONS

From this proposed design you can perform many applications through fiber optics, which would be a good choice for the development of the Intag such as Millennium Schools offered by the state or turn come through technology GPON to each of the homes in the Intag area.

When the road to the Intag be restored and can be taken as a recommendation to install a new Post which serve for the laying of optical fiber CNT EP since the power transmission line medium voltage does not need much maintenance as fiber optics, so the new Post help the maintenance of the fiber in the course of the years, taking into account the distances can be increased there by increasing the acquisition cost of fiber optics as well as the additional elements (fittings, turnbuckles, splice sleeves).

Bear in mind when opening the ODF to splice the fiber and external to be performed very carefully as there are other links spliced in the ODF and can be damaged when entering the new pigtail.

Taking into account the losses calculated when implementing the design, as are the maximum loss that can be obtained when the link attenuation on budget.

As a recommendation for another design almost equal to that is being presented take into account the link distance to be carried out and will continue to route due to geographical distances may be the route to follow the link.

Before designing a project to verify that technology it is going to use because equipment performance and price vary depending on the service and the technology used.

To know how far you are going to connect a cable with the following optical fiber reel consider the total distance of the reel is shortened due to reservations every 500 meters left.



To avoid buckling swing fiber optic cable due to the large distances between poles, the tensioning weight is placed so that the cable is more rigid and supports the swing in the wind.

## 5. REFERENCES

- 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>
- 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. (2014). *Informe de Enlaces de la Regional 1*. Ibarra.
- 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.
- Huawei Technologies Co. (2008). *DWDM Principle*. Ibarra.
- Ing. Pascual F. (2009). *Monitorización de OSNR en Redes Ópticas*. Obtenido de <http://www.conelectronica.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>
- 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/>
- 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.

## AUTHOR

**Álvaro Fernando Benavides Flores.**



Was born in Ibarra, Ecuador, on December 20, 1987.

Completed his secondary education at the College "Sánchez y Cifuentes" in Ibarra.

Student of the Universidad Técnica del Norte in the Engineering of Applied Science Faculty,

Electronics and Communication Networks Career 2015.