

# Medición de pérdida de la potencia y retraso en la transmisión de datos en fibra óptica multimodo

Semillero de Comunicación de Datos Alexander Graham Bell  
Facultad de Ingeniería de Sistemas  
Escuela de Ciencias Naturales e Ingeniería  
Tatiana Pérez U, Oswaldo J Tarazona R, Hugo Vecino P.  
e-mail: {tperez, otarazona, hvecino}@unab.edu.co

## Resumen

En este documento se muestra el seguimiento realizado al laboratorio para empalmar una fibra multimodo usando conectores ST, medir la pérdida de potencia y el retraso en la transmisión de datos en la fibra óptica. Comparando estos valores teóricos con los valores estandarizados. A su vez mostraremos interfaces de un simulador que realiza los cálculos de pérdida de potencia y retraso en la transmisión de datos.

## Palabras claves:

Fibra óptica multimodo, pérdida de potencia, retraso en la transmisión.

## 1. Introducción

Este documento busca describir las características de transmisión de los cables de fibra óptica multimodo, ilustrar algunos problemas de transmisión, por medio de un simulador que mostrarán datos reales según las condiciones de envío definidas por el usuario; en paralelo se realizará un laboratorio de carácter académico e investigativo donde se mostrará como empalmar una fibra óptica multimodo usando conectores ST y se medirá la pérdida de potencia así como el retraso en la transmisión de datos..

## 2. Introducción a la fibra óptica

“La fibra óptica son filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) y plástico (cristales artificiales), de alta pureza extremadamente compactos y sumamente flexibles, cuyo grosor es similar al de un cabello humano (entre 2 y 125 micrones). Consta de un núcleo, refuerzos, un recubrimiento y una cubierta exterior. Estas son fabricadas a altas temperaturas y su proceso es computarizado [web1]”.

Mientras más puro es el vidrio, menor es la frecuencia con que se debe amplificar la señal [11]. En la figura 1 se muestra una gráfica de fibra óptica.



Figura 1: Fibra óptica [web2]

En la fibra óptica se habla de algunos términos como longitud de onda ( $\lambda$ ), velocidad de la luz ( $c$ ) y onda luminosa ( $f$ ).

En la fórmula se puede visualizar la relación de estos términos:

$$\text{fórmula 1: } \lambda = \frac{c}{f}$$

En el espectro electromagnético se sitúa en torno a frecuencias de  $10^{14}$  HZ y si se utiliza las técnicas MDF la capacidad potencial de este medio de transmisión sería  $10^7$  veces la de un cable coaxial y  $10^4$  veces la de radio-enlace de microondas [2].

El sistema de comunicaciones por fibra óptica se compone de una o varias fibras para cada dirección de transmisión, terminadas en sus extremos por un emisor y un receptor [3].

## 2.1 Ventajas de la Fibra Óptica:

- *Mayor capacidad o ancho de banda:* se manejan valores de cientos de MHZ hasta decenas de GHZ [web3].
- *Inmunidad a transmisiones cruzadas entre cables* [web3].
- *La atenuación es independiente de la velocidad de transmisión en la fibra* [4].
- *Inmunidad a interferencia estática y ruido:* por ser un medio dieléctrico [5].
- *La información que viaja por la fibra no se puede detectar, aunque si interceptar* [5].
- *El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos:* 190 (kg/km) [5].
- *Resistencia a extremos ambientales,* presenta un funcionamiento uniforme desde  $-55$  °C a  $+125$  °C [web2] [5].
- *Seguridad en cuanto a instalación, mantenimiento y economía de transporte* [web2] [5].

## 2.1.1 Desventajas de la Fibra Óptica:

- Una de las barreras actuales es la imposibilidad de conmutar un pulso

de luz entre diferentes circuitos de comunicación [11].

## 2.2 Los tipos de fibra óptica son

- **Monomodo:** La transmisión se da en un único modo, presenta un ancho de banda notablemente superior a la fibras multimodo ya que el diámetro del núcleo se reduce de 50 micrómetros a unos 8 a 10 micrómetros; el rayo de luz incide sobre la frontera núcleo/cubierta con un ángulo mucho menor entonces se tiene menos atenuación y dispersión [12]. De aquí su extensión en el uso de las telecomunicaciones. Su aplicación se da en: enlaces a larga distancia, gran flujo de información y cables submarinos [8] [web4].
- **Multimodo:** Se clasifica en dos tipo:
  - **Multimodo de salto de índice:** son aquellas en las que el índice de refracción del núcleo permanece invariable en toda su sección. Son las menos usadas en telecomunicaciones. “En este tipo de fibras coexisten varios modos de propagación, llegando cada uno de ellos en diámetro del núcleo” [6]. Permite transmitir una mayor cantidad de energía, consecuencias de la transmisión de más nodos; sus aplicaciones están en la electromedicina o la industria [7].
  - **Multimodo de índice gradual:** el índice de refracción del núcleo era variable a lo largo del radio mismo siendo mayor en el centro. Las trayectorias de los nodos son curvas, debido a la variación del índice [7].

Si desea ver algunas especificaciones de la fibra óptica puede consultar en [web9] [web10] [web6].

### 2.3 Las aplicaciones más importantes de la fibra óptica son [1]:

- Transmisiones a larga distancia
- Transmisiones metropolitanas
- Acceso a áreas rurales
- Bucles de abonado
- Redes de área local

### 2.4 Parámetros de transmisión:

**2.4.1 Atenuación:** la pérdida de atenuación interviene en el interior de la fibra óptica y se define como la relación entre las potencias luminosas a la salida y a la entrada, expresada en dB y calculada para determinada longitud de onda ( $\lambda$ ) [9] Como se aprecia en la fórmula2.

$$\text{Fórmula2: } P(\lambda) \text{ (dB)} = 10 \log \frac{P_t}{P_r}$$

$P_t$  = potencia del transmisor.

$P_r$  = potencia del receptor.

El coeficiente de atenuación  $\alpha(\lambda)$  se define como la atenuación por unidad de longitud, generalmente al km a esa longitud de onda [9] la fórmula3 expresa esta relación:

$$\text{Fórmula3: } \alpha(\lambda) = \frac{P(\lambda)}{L}$$

L: distancia en km entre las mismas.

Hay dos cosas importantes que se debe entender sobre pérdida de la inserción: Si el diámetro de base (o el NA) del lado que transmite los datos es más grande que el NA de la fibra que recibe datos, hay pérdida adicional. Esto se puede calcular por medio de la fórmula4.

$$\text{Fórmula4: } L_{dia} = 10 \text{ Log}10 \left( \frac{diar}{diat} \right)^2$$

$$LNA = 10 \text{ Log}10 \left( \frac{NAr}{NAt} \right)^2$$

Donde: Diámetro de  $L_{dia}$  = de la pérdida  $diar$  = el diámetro recibe el  $diat$  = el diámetro transmiten  $LNA$  = pérdida en fibra óptica [14].

**2.4.2 Dispersión:** define la capacidad máxima que por unidad de longitud se puede transmitir por una fibra [10].

Dispersión modal ( $\sigma_m$ ): son inherentes a la fibra multimodo, atendiendo a su naturaleza han de sumarse cuadráticamente.

Dispersión espectral ( $\sigma_e$ ) y Dispersión por efecto guíaondas ( $\sigma_g$ ): se suman de modo lineal ya que se refieren a cada modo. Esta suma es llamada dispersión cromática, el valor medio para la dispersión total se muestra en la fórmula5:

$$\text{Fórmula5: } \sigma^2 = \sigma_m^2 + (\sigma_e + \sigma_g)^2$$

**2.4.3 Retraso de la propagación:** es el tiempo que se toma la señal para viajar desde un punto a otro sobre un canal de transmisión [web11].

### 3. Laboratorio de Fibra Óptica

Para realizar el proceso de empalme de la fibra utilizaremos algunos instrumentos que se encuentran en el laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

El conector ST (ver figura 2) se utiliza dentro y fuera de edificios, en la seguridad, en la marina de guerra y usos industriales [web5].

El ST es el conector más popular para las redes con varios modos de funcionamiento. Tiene un montaje de la

bayoneta y una virola cilíndrica larga para sostener la fibra. La mayoría de las virolas son de cerámica, metal o plástico. Se debe asegurar la conexión con la fibra y que estén bien asentados ya que contienen resortes para evitar pérdidas en la luz de la fibra [web6].



Figura 2: conector ST [Web7]

Las pérdidas en un conector se producen por varios factores: mala alineación (radial y angular), reflexión en las superficies aire-vidrio, separación entre las fibras (necesaria para que no se rayen entre si), variaciones del tamaño del núcleo, de la apertura numérica de la fibra, etc. [web4]

Para empalmar una fibra óptica se requiere que el técnico alinee perfectamente los dos núcleos ya que se puede presentar fugaz de luz. Los núcleos se deben unir con precisión en seis dimensiones diferentes, (x, y, z) y en dimensiones angulares [13].

En la técnica básica para empalmar llamada *empalme por fusión*, se corta el cable (en este laboratorio usaremos, la cortadora disponible en el laboratorio de telecomunicaciones de la universidad autónoma de Bucaramanga, ver figura 3), este tipo de empalmes tienen pérdidas de 0.2 dB mientras que un empalme mecánico tiene pérdida de 0.5 dB [web4].

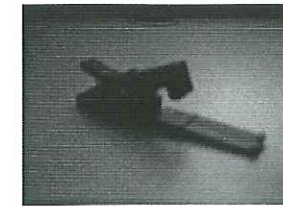


Figura 3: Cortadora de fibra óptica

Se pulen los extremos por empalmar y se funden estos con un arco eléctrico de alto voltaje, este proceso es muy delicado por esto se ejecuta bajo el uso de un microscopio [13], ver figura 4.



Figura 4: Microscope (400x) FT-Ms400, coaxial LED Siemon.

### 4. Simulador

El simulador esta hecho en el lenguaje de programación orientado a objetos JAVA. La principal operación que realiza este software es calcular la atenuación o pérdida de potencia y el retraso en la transmisión de datos, cuando el usuario ingrese los datos correspondientes.

#### 4.1 Descripción del Simulador

En la ventana principal del simulador se aprecia el titulo del simulador así como 4 pestañas que el usuario podrá acceder a su gusto, la primera de ellas es teoría como se ve en la figura 5.

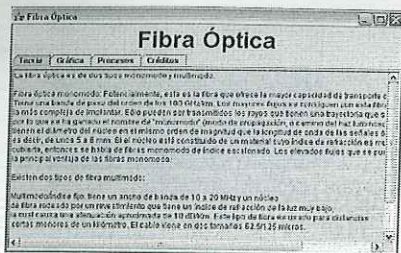


Figura 5: Teoría - Simulador

El usuario podrá leer una pequeña introducción acerca de la fibra óptica y observara algunas imágenes en la segunda pestaña, ver figura 6.

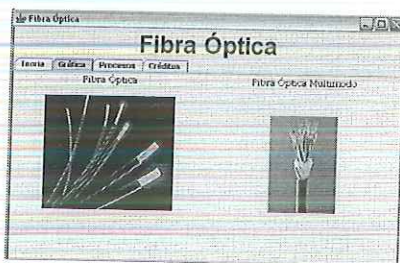


Figura 6: Gráfica - Simulador

La tercera pestaña indica los procesos que el usuario podrá llevar a cabo para realizar la simulación, tendrá la opción de ingresar datos como: "tipo de conector (ST o SC) y fibra óptica (monomodo o multimodo), cantidad de información a transmitir (en Gb, Mb, Kb, o bytes), potencia de entrada (dB), potencia de salida (dB) y distancia (km o m)".

El usuario podrá observar dos gráficas una donde se muestra la atenuación frente a la distancia y otra donde se simula el tiempo que gasta en transmitir datos del transmisor al receptor una vez de clic en el botón simular, así como valores prácticos en los datos de salida "velocidad de transmisión (bps), atenuación y tiempo de retraso. Ver figura 7.



Figura 7: Procesos - Simulador

Y en la última pestaña se accede a los créditos de los autores del programa. Ver Figura 8.



Figura 8: Créditos - Simulador

## 5. Resultados

En las siguientes gráficas (ver figura9 y figura10) se podrá apreciar la atenuación en una fibra óptica para distintas longitudes de onda.

En la figura9 se aprecia la gráfica de pérdida (dB/Km) vrs longitud de onda (nm).

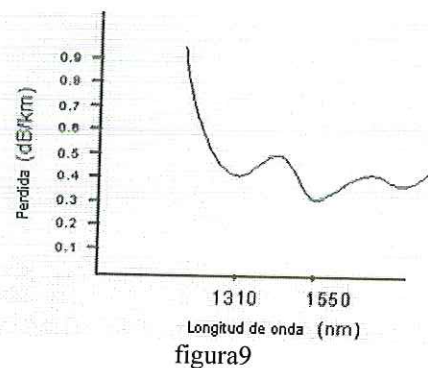


figura9

En la figura10 se observa la gráfica de atenuación (dB/Km) vrs longitud de onda (nm)

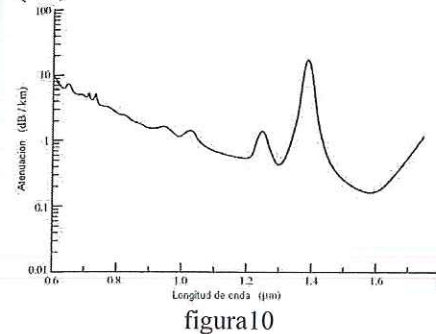


figura10

## 6. Conclusiones

Con este trabajo se concluye, que para fabricar las Fibras ópticas se requiere técnicas extremadamente precisas, porque el espesor de una fibra terminada es menor que la mitad del espesor de un cabello humano, donde es recomendable tener un control sobre las cantidades de impurezas ya que pueden ocasionar una grave atenuación de la señal. Si no se hace suficiente presión y precisión en el empalme de las fibras puede ocasionar pérdidas de luz y la señal se degrada. Estos empalmes o conexiones deben ser lo suficientemente firmes para que la fibra dure miles de horas portando vibraciones y soportando cambios constantes de temperatura. En las fibras ópticas, su frecuencia de error es muy baja porque son inmunes al ruido generado eléctricamente. De la práctica realizada se concluyo que las gráficas muestran la tendencia de la fibra a atenuarse conforme la longitud de onda aumenta. La absorción es mayor en longitudes de onda cortas mientras que la absorción de la luz aumenta con la longitud de onda y finalmente que la atenuación se puede reducir considerablemente al determinar la longitud de onda, o el color, de la luz seleccionada;

dependiendo de si usa fibra monomodo o fibra multimodo, y según el tipo de vidrio que se utilice para la fibra.

## 7. Autores

**Tatiana Pérez Uribe**, Estudiante de sexto semestre de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. Integrante del Semillero de Programación.

**Osvaldo Javier Tarazona Román**, Estudiante de sexto semestre de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. Integrante del Semillero de Programación.

**Hugo Vecino Pico**, Ingeniero de Sistemas y Docente de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

## 8. Referencias bibliográficas

- [1]: Stallings William. "Comunicaciones y redes de computadores". Pearson Prentice Hall, Sexta Edición. Pág. 110.
- [2]: Baltasar Rubio Martínez. "Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica". Ra-ma 1994. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. Pág. 22.
- [3]: Baltasar Rubio Martínez. "Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica". Ra-ma 1994. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. Pág. 27.
- [4]: Baltasar Rubio Martínez. "Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica". Ra-ma 1994. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. Pág. 28.
- [5]: Baltasar Rubio Martínez. "Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica". Ra-ma 1994. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. Pág. 30.
- [6]: Baltasar Rubio Martínez. "Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica". Ra-ma 1994. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. Pág. 47.

- [7]: Baltasar Rubio Martínez. "Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica". Ra-ma 1994. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. Pág. 48 - 49.
- [8]: Baltasar Rubio Martínez. "Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica". Ra-ma 1994. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. Pág. 53.
- [9]: Baltasar Rubio Martínez. "Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica". Ra-ma 1994. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. Pág. 57.
- [10]: Baltasar Rubio Martínez. "Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica". Ra-ma 1994. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. Pág. 64 - 65.
- [11]: Fitzgerald Jerry. Comunicación de Datos en los Negocios. Megabyte Noriega Editores. 1993. Editorial Limusa. Pág. 149.
- [12]: Fitzgerald Jerry. Comunicación de Datos en los Negocios. Megabyte Noriega Editores. 1993. Editorial Limusa. Pág. 151.
- [13]: Fitzgerald Jerry. Comunicación de Datos en los Negocios. Megabyte Noriega Editores. 1993. Editorial Limusa. Pág. 153.
- [web1]:<http://www.monografias.com/trabajos12/fibra/fibra.shtml>
- [web2]:[http://mailweb.udlap.mx/~lgojeda/telecom3/fibra\\_optica/tiposfo.htm](http://mailweb.udlap.mx/~lgojeda/telecom3/fibra_optica/tiposfo.htm)
- [web3]:<http://members.tripod.com/~glorsarm/index-4.html>
- [web4]:<http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/fibra.htm>
- [web5]:[http://www.bbelec.com/tech\\_articles/fiber\\_optic\\_technology.asp](http://www.bbelec.com/tech_articles/fiber_optic_technology.asp)
- [web6]:<http://www.lanshack.com/fiber-optic-tutorial-termination.asp>
- [web7]:<http://www.angelfire.com/wi/ociosonet/15.html>
- [web8]:[http://www.cisco.com/en/US/tech/tk482/tk876/technologies\\_tech\\_note09186a008011b406.shtml#topic5](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk482/tk876/technologies_tech_note09186a008011b406.shtml#topic5)
- [web9]:<http://www.jimhayes.com/lennie/w/fiber.html>
- [web10]:<http://cc.uoregon.edu/cnews/summer2000/fiber.html>
- [web11]:[http://html.rincondelvago.com/fibra-optica\\_16.html](http://html.rincondelvago.com/fibra-optica_16.html)