



**Universidad Autónoma del Estado de
Hidalgo**
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SERVICIO DE
INTERNET DEDICADO CON ANCHO DE
BANDA E3”,**

**Tesis que para obtener el Título de
INGENIERO EN ELECTRONICA Y
TELECOMUNICACIONES**

Presenta

Calderón Suarez Ricardo

Hernandez Rosas Emmanuel Jhovani

Bajo la dirección de

M. C. Rogelio Efraín Escorcía Hernández

MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO, JUNIO DEL 2009

MEXICO

Agradecimientos

Primeramente, doy Gracias a Dios por haberme concedido el Don de la vida y permitir llegar hasta el día de hoy.

También doy gracias a mis padres por el apoyo recibido durante mi formación y a mis hermanos por su ejemplo.

Especialmente, agradezco a la mujer más Maravillosa y que tuve la suerte de encontrar, mi esposa Rosy. A ti princesa te doy gracias por la paciencia, la confianza, el apoyo, el ejemplo, el amor y el aliento que me das día a día. Mil Gracias Corazón.

Dedicatorias

Agradezco a Dios que me da la oportunidad de poder finalizar por completo mis estudios.

A mi Papa que sin su apoyo no hubiese podido lograrlo

*A mi Mama que con sus palabras de aliento me daba ánimos para seguir luchando por mis
sueños.*

*A todas y cada una de esas personas que estuvieron en el momento indicado para darme
palabras de sabiduría.*

¡A ti Ricardo por haberme invitado a culminar uno de nuestros sueños... gracias amigo!

*Al Maestro Rogelio por habernos tenido paciencia y asesorarnos para lograr una meta
más... gracias por todo.*

*Especialmente a ti Bebe mi futura esposa que me das la ilusión día tras día desde que estas
a mi lado para hacer cada día mejor las cosas.*

Agradecimientos

Damos gracias a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por haber abierto sus puertas para que pudiésemos prepararnos y así ser útiles a la sociedad.

A su vez reiteramos los agradecimientos al Maestro Rogelio Escocía por habernos asesorado en este trabajo de investigación.

A cada uno de los sinodales que estuvieron presentes en la ceremonia de titulación.

Índice General

| | |
|---|----|
| Dedicatorias..... | II |
| Agradecimientos..... | IV |
| Conceptos Básicos | 1 |
| 1.1 Definición de Telecomunicaciones | 1 |
| 1.2 Sistema Básico de Comunicaciones | 1 |
| 1.3 Tipos de Información..... | 1 |
| 1.4 Medio de Transmisión y Tipo de Señales..... | 2 |
| 1.4.1 Medio de transmisión | 2 |
| 1.4.2 Tipos de señales | 3 |
| 1.4.2.1 Señales Analógicas | 3 |
| 1.4.2.2 Señales Digitales | 5 |
| 1.5 Ancho de Banda..... | 6 |
| 1.6 Procesos de la conversión Analógico a Digital (A/D). | 7 |
| 1.6.1 Muestreo | 8 |
| 1.6.2 Cuantización..... | 9 |
| 1.6.3 Codificación | 10 |
| 1.7 Ancho de banda para señales digitales..... | 10 |
| 1.8 Estructuras de las señales | 11 |
| 1.8.1 Multiplexación | 11 |
| 1.8.2 Origen del E1..... | 13 |
| 1.8.2.1 TDM | 16 |
| 1.8.3 Jerarquías de Transmisión para señales digitales | 17 |
| 1.8.3.1 Definición de PDH | 17 |
| 1.8.3.2. La multiplexación por división de frecuencia (MDF) o del inglés <i>Frequency División Multiplexing</i> | 18 |
| 1.8.3.3. Multiplexación por división de longitud de onda (WDM, del inglés <i>Wavelength División Multiplexing</i>) | 18 |

| | |
|--|----|
| 1.8.3.4. LA INFRAESTRUCTURA PDH..... | 19 |
| 1.8.3.5 ESTANDARES PDH | 19 |
| 1.8.3.6 DESVENTAJAS PDH | 19 |
| 1.8.3.7. Estructuras del PDH..... | 20 |
| 1.8.3.7.1 Multiplexores E1 | 20 |
| 1.8.3.7.2 Multiplexores DH..... | 21 |
| 1.8.3.8 VENTAJAS PDH | 21 |
| 1.9 Codificación | 21 |
| 1.9.1 Codificación digital unipolar | 22 |
| 1.9.2 Codificación digital polar | 22 |
| 1.10 Codificación NRZ | 22 |
| 1.11 CODIFICACION RZ..... | 23 |
| 1.12 Codificación digital bipolar | 23 |
| 1.13 Características del código HDB3 | 24 |
| 1.14 Código HDB3 | 24 |
| Señales de Transporte | 28 |
| 2.1 Tecnologías de acceso | 28 |
| 2.2 Medios Guiados | 28 |
| 2.2.1 Cobre | 28 |
| 2.2.1.1 Acceso al bucle de abonado | 29 |
| 2.2.2 Cable Coaxial..... | 29 |
| 2.2.3 Fibra Óptica..... | 30 |
| 2.3 Medios no guiados | 30 |
| 2.3.1 Punto Multipunto | 31 |
| 2.3.2 Punto a Punto | 32 |

| | |
|--|-----------|
| FIBRA ÓPTICA | 34 |
| 3.1 Orígenes de la Fibra Óptica | 34 |
| 3.3 Fibras Monomodo y Multimodo | 37 |
| 3.3.1 Fibra Óptica Monomodo | 37 |
| 3.3.2 Fibra Óptica Multimodo | 40 |
| 3.4 Fibra de Dispersión sin Cambios (Dispersion-Unshifted Fiber)..... | 40 |
| 3.5 Fibra de Dispersión con Cambios (Dispersion-Shifted Fiber)..... | 41 |
| 3.6 1550 nm Fibra Óptica con Pérdidas Mínimas (1550-nm Loss-Minimized Fiber). | 41 |
| 3.7 Fibra con Dispersión sin Cero (NonZero-Dispersion Fiber)..... | 41 |
| 3.8 Atenuación en Fibra Óptica..... | 44 |
| 3.2 Protección de redes ópticas | 46 |
| 3.2.1 Elementos Principales Sobre la Protección de redes | 47 |
| CREACIÓN DEL ENLACE | 50 |
| 4.1 RESUMEN HISTORICO DEL PROVEEDOR AXTEL..... | 50 |
| 4.1.1 Historia | 50 |
| 4.1.2 Tecnología..... | 52 |
| 4.1.2.1 Cable de fibra óptica | 53 |
| 4.1.2.2 Acceso Inalámbrico Fijo..... | 53 |
| 4.1.2.3 Radio punto a multipunto | 54 |
| 4.1.2.4 Radio punto a punto | 54 |
| 4.2 Historia del Cliente..... | 55 |
| 4.3 Método Propuesto. | 55 |
| 4.4 Elementos para el enlace mediante Fibra Óptica | 56 |
| 4.5 Equipos usados en el enlace..... | 57 |
| 4.6 Elaboración del Cableado | 58 |

| | |
|---|----|
| 4.6.1 Cableado Micro coaxial | 58 |
| 4.6.2 Cableado de la Fibra Óptica..... | 60 |
| 4.6.2.1 Descripción del Empalme por Fusión..... | 61 |
| 4.7 Equipos usados para Pruebas | 62 |
| 4.7.1 Equipo Acterna..... | 62 |
| 4.5.2 Equipo HP para ANCHO DE BANDA | 63 |
| 4.8 Trayectorias de los cableados | 64 |
| 4.9 Pruebas Finales | 66 |
| 4.10 Aceptación del Servicio | 68 |
| Bibliografía | |

Índice de Tablas y Figuras

| | |
|--|---|
| Figura 1. Representación Gráfica de la Amplitud de una Señal Análoga. | 4 |
| Figura 2. Representación Grafica de la Frecuencia de una Señal Análoga | 4 |
| Figura 3. Ruido en Señales Análogas | 5 |
| Figura 4. Analogía de la codificación a Digital. | 6 |
| Figura 5. Espectro de ancho de Banda | 7 |
| Figura 6. Señal Muestreada 1 | 8 |
| Figura 7. Señal cuantificada 1 | 8 |
| Figura 8. Muestreos de señal | 9 |

| | |
|---|----|
| Figura 9. FDM Y TDM | 13 |
| Figura 10 Jerarquía PDH del Estándar Europeo | 14 |
| Figura 11. Norma Americana y Norma Europea | 15 |
| Figura 12. TDM | 16 |
| Figura 13. Multiplexacion TDM 1 | 17 |
| Figura 14. Multiplexor para E1 1 | 20 |
| Figura 15. Multiplexor para DH 1 | 21 |
| Figura 16. Señal Digital Original | 25 |
| Figura 17. Señal Digital Codificada | 25 |
| Figura 18. Señal Digital Original | 25 |
| Figura 19. Señal Digital Codificada | 26 |
| Figura 20. Comparación de Señales Digitales Original y Codificada. | 26 |
| Figura 21. Representación de un Sistema Punto a Multipunto. | 31 |
| Figura 22. Representación de un Sistema Punto a Punto. | 32 |
| Figura 23. Componentes de la Fibra Óptica | 35 |
| Figura 24. Componentes de La Fibra Óptica. | 36 |
| Figura 25. Fibra Óptica con protección contra roedores, resistente a la corrosión para aplicaciones en ducto o aéreas. Disponibles desde 2 hasta 16 fibras ópticas en bobinas de hasta 10 km. | 38 |
| Figura 26. Típico Diámetro Externo y Diámetros del Núcleo para Dos Fibras Comunes Multimodo y una Fibra de Modo Simple | 40 |
| Figura 27. Fibra Óptica Monomodo. | 42 |
| Figura 28. Atenuación de una Típica Fibra Óptica Hecha de silicio | 45 |
| Figura 29. Grafica de Dispersión Cromática contra Longitud de Onda | 46 |
| Figura 30. Muestra la trayectoria del cableado de fibra óptica del sitio del cliente al proveedor | 56 |
| Figura 31. Conector BNC-RG58 para Cable Micro coaxial. | 59 |
| Figura 32. Cable armado con conectores BNC-RG58 Macho y RP-SMA Macho | 59 |
| Figura 33. . Jumper de Fibra Óptica 1 | 60 |
| Figura 34. Fibra Óptica sin forro 1 | 61 |
| Figura 35. Limpieza de Fibra Óptica 1 | 61 |
| Figura 36. Utilización de Cortadora de Fibra Óptica | 62 |
| Figura 37. Equipo de Medición Acterna | 63 |
| Figura 38. Equipo De Medición HP. | 64 |
| Figura 39. Trayectoria del cableado de Fibra Óptica y Microcoaxial dentro del Shelter. | 65 |
| Figura 40. Trayectoria del Cableado dentro de la Co-ubicación para Clientes. | 66 |
| Figura 41. Muestra la Pantalla del Equipo al Término de la Prueba sin Errores. | 67 |
| Figura 42. Muestra la Configuración del Equipo. | 68 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Tabla de Equivalencias | 11 |
| Tabla 2. Tabla que muestra la Relación del Incremento del ancho de Banda | 15 |
| Tabla 3. Jerarquía de Transmisión para Señales Digitales. | 20 |
| Tabla 4. Relación de Perdida en db/km de los Diversos Medios de Transmisión | 39 |

Objetivos

Objetivo General

- Realizar y describir la implementación de un servicio de internet dedicado con un ancho de banda de un E3 usando como medio de enlace Fibra Óptica.

Objetivo Especifico

- Describir el proceso, tecnología y lo que conlleva la implementación de un servicio de internet dedicado
- Describir el modo de interconexión entre empresas de telecomunicaciones en crecimiento.

Justificación

Hoy en día, en casi todos lados se escucha hablar de cómo la tecnología va ganando terreno y con ello los beneficios de realizar todo desde tu propia casa, solo basta tener una conexión habilitada a la internet. Estos “**Beneficios**” nos hacen ir adecuando e innovando en cuanto mejor tecnología en todos los aspectos y ámbitos, para disminuir el tiempo de realización de cualquier actividad usando nuestra computadora ejemplo, compras de cualquier tipo, Transacciones bancarias, comunicación a cualquier parte entre otras muchas cosas, así mismo ya no solo basta tener la computadora, sino también la conexión más rápida a internet, razón por la cual la mayoría de las compañías que brindan el servicio de conexión a internet con mejores características y compiten por ofrecer una mayor velocidad y un mejor ancho de banda por un menor precio.

En continuación con esta oferta-demanda de los servicios, ya no solo ofrecen eso, si no ya en la actualidad muchas empresas dedicadas a ofrecer servicio de televisión se unieron y están ofreciendo el ya conocido triple play, un servicio que engloba el tradicional servicio de televisión con el de la telefonía y el codiciado internet de banda ancha.

Para mejorar y ofrecer este tipo de servicio hasta hoy no existe un mejor medio de transmisión que la Fibra Óptica y aprovechando todos los beneficios que en consecuencia tienen, en este trabajo de Tesis se describe la implementación del servicio de Internet dedicado con un ancho de banda de un E3 utilizando Fibra Óptica.

Resumen

Desde que el hombre inicio su existencia en la tierra, tuvo la necesidad de la comunicación con sus semejantes y a través del tiempo ha logrado comunicarse apoyándose, no sólo de su voz; si no de diferentes instrumentos que al paso del tiempo han desarrollándose para tener una mejor y más eficiente comunicación, sobre todo a distancias muy considerables.

El presente trabajo comprende la implementación de servicio dedicado de internet con un ancho de banda de un E3 para el cliente Metrored, usando como acceso Fibra Óptica

Generalmente para la implementación de estos servicios es utilizado un enlace de MW. Debido a que el sitio donde actualmente se brinda este servicio, no se tiene infraestructura para la implementación del servicio como es comúnmente implementado y aprovechando que el cliente ya cuenta con los medios de acceso directamente desde el hub donde se le entregara el incremento de capacidad para el mismo incrementar sus servicios y ofrecer una mejor calidad y obteniendo beneficios como la facilidad de incrementar su ancho de banda de acuerdo a su demanda.

Capítulo 1

Conceptos Básicos

1.1 Definición de Telecomunicaciones

Deducimos por Telecomunicaciones, el envío de cualquier tipo energías de información a distancia. Desde tiempos remotos el ser humano ha tratado de enviar mensajes utilizando la tecnología disponible para ellos en ese momento.

Conforme fue avanzando la sociedad, los mensajes fueron siendo más complejos y a su vez se volvieron indispensables para la actividad económica y productiva. (Calderón Ricardo, marzo 2009)

1.2 Sistema Básico de Comunicaciones

En un sistema de comunicaciones básica existen cuatro elementos:

Emisor: Parte del sistema llámese equipo u/o persona que genera la información a transmitir.

Medio: Es atreves del cual se transmite el mensaje o información.

Receptor: Persona o equipo que recibe la información transmitida.

Información: Mensajes enviados entre el Emisor y el Receptor.

1.3 Tipos de Información.

En telecomunicaciones se manejan cuatro tipos de información: Voz, video, datos e imagen.

A continuación, vamos a explicar con mayor detalle las características de cada tipo de información:

Conceptos Básicos

a) Voz: Componente acústico del lenguaje producido de forma normal por la vibración de los pliegues vocales de la laringe; en la gran mayoría de los casos, a la comunicación que utiliza una línea de telefonía común y corriente (<http://www.akademisyen.com/eqitim/espanishdic9.asp>).

b) Video: Este tipo de información se refiere en general a la transmisión de imágenes en movimiento.

c) Datos: Este tipo de tráfico es de particular importancia debido a su alto crecimiento en los últimos años. Se define como datos a la información que es generada e interpretada por computadoras.

d) Imagen: Este tipo de información se refiere a la transmisión de gráficos, dibujos o fotografías que se encuentren en formato electrónico. En un sentido estricto se les puede considerar como formato de datos.

(M. Castró y A. Colmenar. Guía multimedia: Sistemas básicos de comunicaciones. Ed. RA-MA, 1999)

1.4 Medio de Transmisión y Tipo de Señales

1.4.1 Medio de transmisión

El medio de transmisión constituye el soporte físico a través del cual emisor y receptor pueden comunicarse en un sistema de transmisión de datos. Distinguimos dos tipos de medios: guiados y no guiados. En ambos casos la transmisión se realiza por medio de ondas electromagnéticas.

Los **medios guiados** conducen (guían) las ondas a través de un camino físico, ejemplos de estos medios son el cable coaxial, la fibra óptica y el par trenzado.

Los **medios no guiados** proporcionan un soporte para que las ondas se transmitan, pero no las dirigen; como ejemplo de ellos tenemos el aire y el vacío.

La naturaleza del medio junto con la de la señal que se transmite a través de él constituye los factores determinantes de las características y la calidad de la transmisión. En el caso de medios guiados es el propio medio el que determina principalmente las limitaciones de la transmisión: velocidad de transmisión de los datos, ancho de banda que puede soportar y espaciado entre repetidores. Sin embargo, al utilizar medios no guiados

resulta más contundente en la transmisión el espectro de frecuencia de la señal producida por la antena que el propio medio de transmisión. (<http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/Mtransm.html>)

1.4.2 Tipos de señales

En telecomunicaciones existen dos tipos de señales digitales y analógicas. Haciendo hincapié que las señales más utilizadas en la actualidad son las digitales. Sin embargo, explicaremos la diferencia entre ambos tipos:

1.4.2.1 Señales Analógicas

Nuestros sentidos perciben estas señales. De hecho, el ejemplo típico es la voz humana. Al hablar, nuestras cuerdas vocales vibran, esta vibración es transmitida al aire gracias a que nuestra boca funciona como una caja de resonancia. Una analogía de esto, sería un instrumento de cuerdas como la guitarra. La caja de la guitarra permite que la vibración se amplifique y pueda ser escuchada a mayor distancia.

Cuando hablamos enunciamos palabras distintas, las cuales pueden ser agudas o graves y siempre estamos variando el volumen de nuestra emisión. Estos cambios se presentan continuamente en el tiempo, de ahí que definimos una señal analógica como “cualquier señal que sufre variaciones constantes en el tiempo”. ¿Qué es lo que puede cambiar en una señal analógica? Para poder responder a este cuestionamiento tenemos que explicar las características de una señal, estas son conocidas como: Amplitud y Frecuencia.

- **Amplitud:** Se define como la intensidad de una señal en un instante de tiempo dado. La figura 1 presenta una grafica de la voz, en la que se observan “crestas” de tamaño distinto. Cada una de ellas representa un cambio de amplitud en la señal. Para comprender el concepto de una manera sencilla, hagamos una similitud con el volumen de la voz. Si aumentamos el volumen, esa cresta aumentará de tamaño, si lo disminuimos, reducirá el tamaño.

Conceptos Básicos

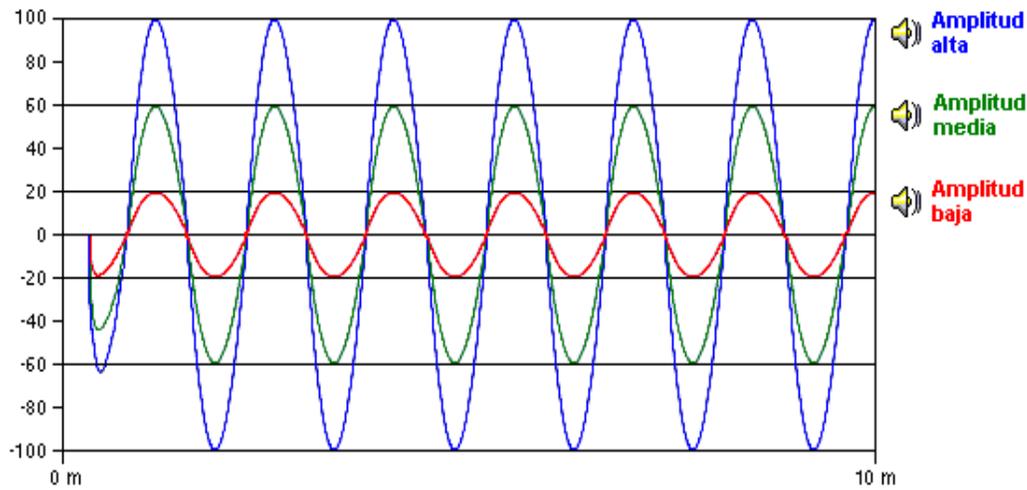


Figura 1. Representación Gráfica de la Amplitud de una Señal Analógica.

- **Frecuencia:** Este concepto es muy importante. Algunas de las distintas definiciones de frecuencia que existen, encontramos: “Numero de eventos por unidad de tiempo”. Heinrich Hertz se dedicó a estudiar estas señales y observó una forma que siempre se presentaba en ellas. A esta forma le puso el nombre de “ciclo” y se dio cuenta que se repetía continuamente, por lo que definió que la frecuencia sería “el número de ciclos que se presentan por segundo ya la unidad para nombrarla el Hertz ($\text{Hz} = 1 \text{ ciclo/seg}$).

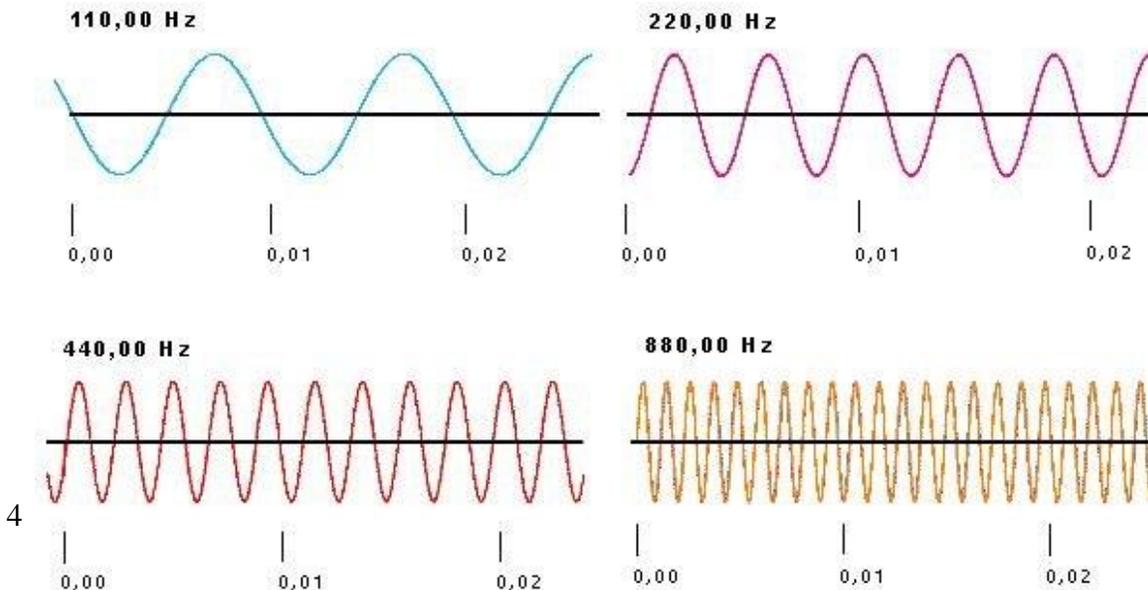
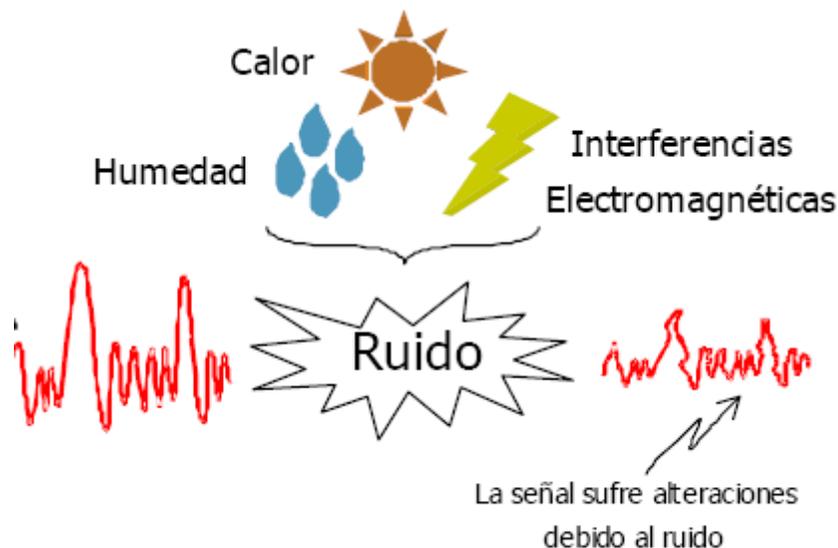


Figura 2. Representación Gráfica de la Frecuencia de una Señal Analógica

Como es de esperarse “el ruido” afecta a las señales que viajan por los medios de transmisión (ver **figura 3**). Por pequeñas que puedan llegar a ser, estas distorsiones afectan a la señal y por consiguiente la **calidad de su información**.

En las señales analógicas los cambios se presentan de manera aleatoria (no es posible predecirlos), y cualquier variación en su valor es **imposible corregir**. De ahí que cuando tenemos sistemas analógicos, siempre existirá un “ruido” de fondo. Debido a lo anterior, se crearon las señales digitales.



1.4.2.2 Señales Digitales

Figura 3. Ruido en Señales Análogas

Regularmente cuando escuchamos la palabra “digital” automáticamente lo relacionamos con “calidad”. Esto no es casualidad, precisamente el objetivo de estas señales es eliminar el ruido que teníamos con las señales analógicas.

El principal problema que se debía corregir, era la cantidad de variaciones de las señales analógicas. Para disminuirlas, tuvieron que “codificarlas”

Conceptos Básicos

para que solo presentara un par de cambios: 1 ò 0. Estos valores reciben el nombre de “bits”

Para imaginar de una manera practica la descripción anterior, veamos la figura 4. Si un valor de la señal analógica es 2.5, al codificarlo se representaría como: 10110011. Si hacemos lo mismo con todos los valores,

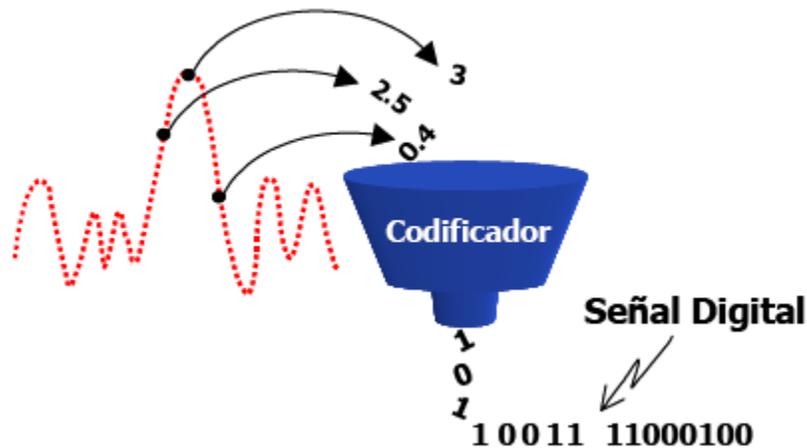


Figura 4. Analogía de la codificación a Digital.

el resultado será una señal que solo cambia entre 1 y 0.

Las señales digitales no dejan de estar expuestas al ruido, pero a diferencia de las análogas, es posible eliminarlo. Si la señal con ruido tiene un valor mayor que uno que se usa de referencia (umbral de decisión), se toma como un 1, si es menor es un 0. Un ejemplo práctico sería, cuando al convertir una película que está en un formato de mayor capacidad, para poder transformarlo (codificarlo) a un formato más pequeño que ocupe menos espacio donde vaya a ser guardado posteriormente. De esta manera, se genera una señal idéntica a la que se envió originalmente, por lo que el ruido se elimina y con ello obtenemos una información con calidad.

1.5 Ancho de Banda

Es la traducción del término inglés bandwidth. Cantidad de bits que pueden viajar en un espacio de tiempo por un medio físico (cable coaxial, par trenzado o fibra óptica entre otros) de forma que cuanto mayor sea el ancho de banda, más rápido se obtendrá la información. Se mide en Megabits por segundo (Mbps). Un ejemplo de ancho de banda es el de una línea ADSL de 256 kbps. Teóricamente puede

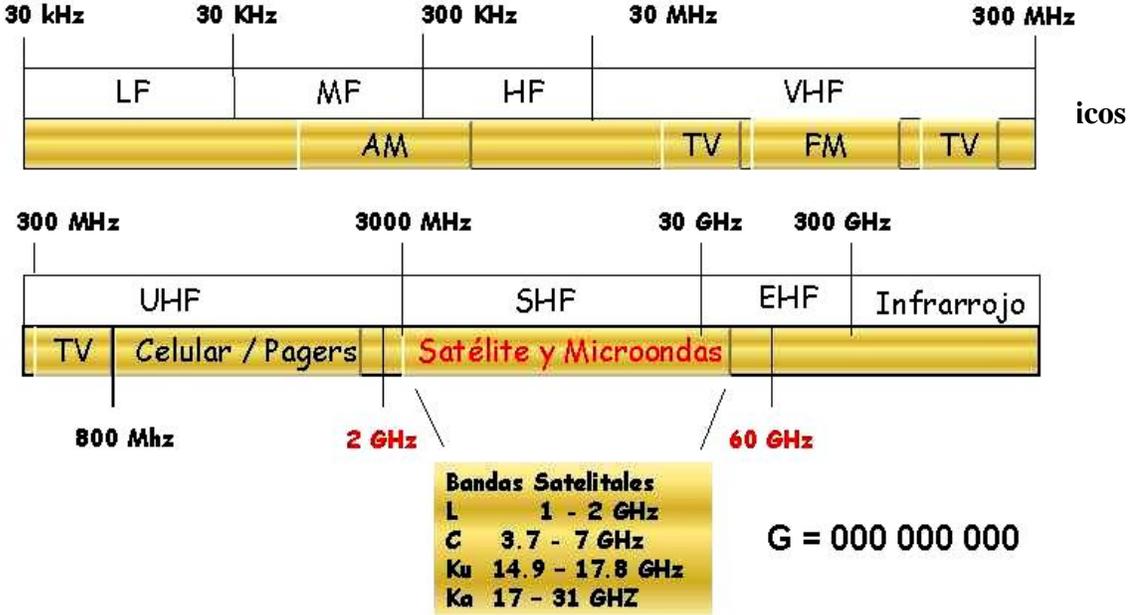


Figura 5. Espectro de ancho de Banda

enviar 256000 bits por segundo. Esto es en realidad la tasa de transferencia máxima permitida por el sistema, que depende del ancho de banda analógico, de la potencia de la señal, de ruido y de la codificación de canal. Como hemos dicho, el ancho de banda puede ser más amplio o estrecho. Un ejemplo de banda estrecha es la realizada a través de la línea telefónica, y un ejemplo de banda ancha es la que se realiza por medio de una conexión DSL (Digital Subscriber Line), microondas, cable, módem o T1. Cada tipo de conexión tiene su propio ancho de banda analógico y su tasa de transferencia máxima. El ancho de banda digital influye directamente sobre la calidad de los enlaces. (<http://www.hooping.net/glossary/ancho-de-banda-4.aspx>)

1.6 Procesos de la conversión Analógico a Digital (A/D).

Consiste en la traducción de los valores de tensión eléctrica analógicos que ya han sido cuantificados (ponderados) al sistema binario, mediante códigos preestablecidos. La señal analógica va a quedar transformada en un tren de impulsos digital (sucesión de ceros y unos). La codificación que se realiza mediante el sistema binario está basada en el álgebra de Boole.

La conversión Analógico-Digital consta de varios procesos:

- **Muestreo**
- **Cuantización**
- **Codificación**

Conceptos Básicos

1.6.1 Muestreo

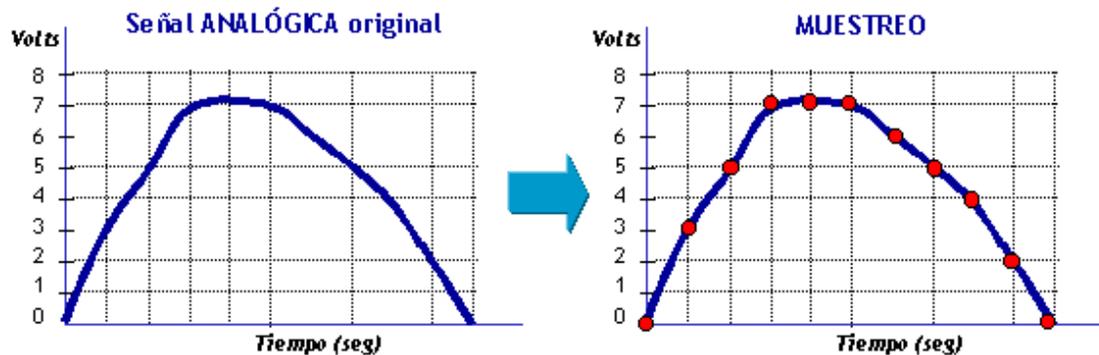


Figura 6. Señal Muestreada 1

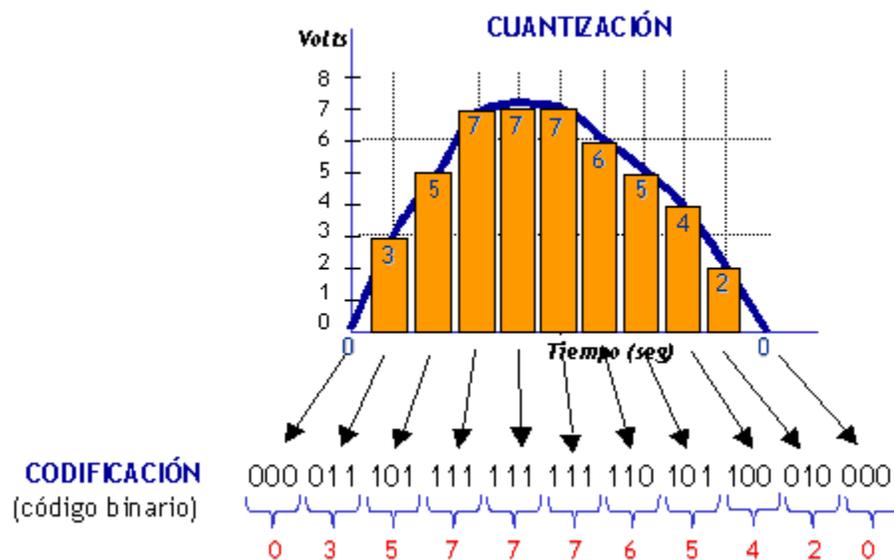


Figura 7. Señal cuantificada 1

Toda la tecnología digital (audio, video) está basada en la técnica de muestreo (sampling en inglés). En música, cuando una grabadora digital toma una muestra, básicamente toma una *fotografía fija* de la *forma de onda* y la convierte en bits, los cuales pueden ser almacenados y procesados. Comparado con la grabación analógica, la cual está basada en registros de voltaje como patrones de magnetización en las partículas de óxido de la cinta magnética. El muestreo digital convierte el voltaje en números (0s y 1s) los cuales pueden ser fácilmente

representados y vueltos nuevamente a su forma original. ¿Qué razón de muestreo es la suficiente para que al ser digitalizada una señal analógica y al realizar el proceso contrario, digital-analógico, la señal sea idéntica [o casi idéntica] a la original?

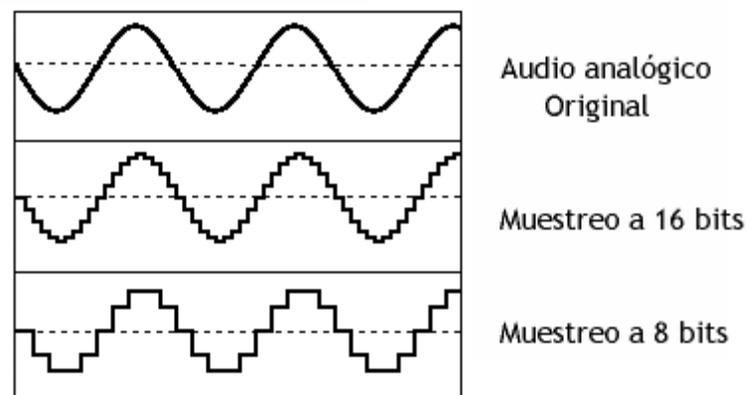
La respuesta es el Teorema de Nyquist, el cual se refiere a que no debe ser confundido o asociado con la cuantificación, proceso que sigue al de muestreo en la digitalización de una señal y que, al contrario del muestreo, no es reversible (se produce una pérdida de información en el proceso de cuantificación, incluso en el caso ideal teórico, que se traduce en una distorsión conocida como error o ruido de cuantificación y que establece un límite teórico superior a la relación señal-ruido). Dicho de otro modo, desde el punto de vista del teorema, las muestras discretas de una señal son valores exactos que aún no han sufrido redondeo o truncamiento alguno sobre una precisión determinada, esto es, aún no han sido cuantificadas. El teorema demuestra que la reconstrucción exacta de una señal periódica continua en banda base a partir de sus muestras es matemáticamente posible si la señal está limitada en banda y la tasa de muestreo es superior al doble de su ancho de banda.

1.6.2 Cuantización

Es el proceso de convertir valores continuos [voltajes] en series de valores discretos. Por ejemplo, el audio digital [MP3, WAV, etc.] tienen dos características bien importantes, el muestreo (tiempo) y la cuantización (nivel).

Mientras que el muestreo representa el tiempo de captura de una señal, la cuantización es el componente amplitud del muestreo. En otras palabras, mientras que el muestreo mide el tiempo (por instancia 44,100 muestras por segundo), la cuantización es la técnica donde un evento analógico es medido dado un valor numérico.

Calidad de Sonido y bits



Con muestreos a más bits, la señal es más cercana a la original

Figura 8. Muestreos de señal

Conceptos Básicos

Para hacer esto, la amplitud de la señal de audio es representada en una serie de pasos discretos. Cada paso está dado entonces por un número en código binario que digitalmente codifica el nivel de la señal. La longitud de la palabra determina la calidad de la representación. Una vez más, una palabra más larga, mejor la calidad de un sistema de audio (comparando una palabra de 8 bits con una de 16 bits o 32 bits) (ver figura).

1.6.3 Codificación

La codificación es la representación numérica de la cuantización utilizando códigos ya establecidos y estándares. El código más utilizado es el código binario, pero también existen otros tipos de códigos que son empleados.

A continuación, se presenta una tabla donde se representan los números del 0 al 7 con su respectivo código binario. Como se ve, con 3 bits, podemos representar ocho estados o niveles de cuantización.

En general

- $2^{(n)}$ = Niveles o estados de cuantización
- donde n es el número de bits.

1.7 Ancho de banda para señales digitales

El ancho de banda digital es la cantidad de datos que pueden ser transportados por algún medio en un determinado período de tiempo (generalmente segundos). Por lo tanto, a mayor ancho de banda, mayor transferencia de datos por unidad de tiempo (mayor velocidad).

Esto es bastante relevante, como sabemos uno de los objetivos de las telecomunicaciones, es el envío de información entre distintos puntos, con rapidez y calidad.

El ancho de banda no es como una tubería, sino más bien como un teleférico muy rápido (esta analogía es original de Nicholas Negroponte en su libro "El mundo digital"). El problema es que hay demasiados paquetes compitiendo por subirse al teleférico, por lo que hay una larguísima cola de acceso. Además, suele ocurrir que -inexplicablemente- hay paquetes que tardan demasiado en subirse al

teleférico; parecen perezosos, poco rápidos o tontamente permiten a otros saltarse la cola.

La analogía anterior representa el concepto de ancho de banda para señales digitales, solo que, en vez de hablar de paquete en Teleféricos, manejamos 1's y 0's (bits). Es importante recordar que cualquier archivo, video o llamada telefónica puede ser enviado digitalmente. Como hemos mencionado, las señales digitales estas formadas por bits. Mientras mayor sea el número de bits que transmito por segundo, mas rápido viaja la información.

Para la expresión de los distintos anchos de banda existen múltiplos y equivalencias que se muestran en la siguiente tabla:

| Múltiplo | Equivalencia |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1 kilobit por segundo (Kbps) | Mil bits por segundo |
| 1 megabit por segundo (Mbps) | Un millón de bits por segundo |
| 1 Gigabit por segundo (Gbps) | Mil millones de bits por segundo |
| 1 Terabit por segundo (Tbps) | Un millón de bits por segundo |

Tabla 1. Tabla de Equivalencias

1.8 Estructuras de las señales

Si cada compañía de telecomunicaciones generara señales con ancho de banda de acuerdo a sus intereses, la comunicación entre ellas sería muy difícil. Es como si dos personas quisieran platicar en dos idiomas distintos.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), organismo europeo, definió la manera en que debíamos aumentar el ancho de banda.

Primeramente, tomo como base la voz. Al digitalizar la voz, en las redes de telefonía, se crea una señal de 64,000 bits por segundo (64 Kbps), la cual llamaremos, canal. La UIT llamó a esta señal, canal E0.

1.8.1 Multiplexación

Conceptos Básicos

La acción de Multiplexar consiste es acomodar varias vertientes en un solo flujo, sin que ello represente un congestionamiento. Esto permite optimizar el uso de un camino. En el flujo común, se debe de tener mayor velocidad.

La tarea básica de un Multiplexor digital es combinar ese número de flujos de impulsos de entrada (tributarios) en un solo flujo de impulsos de salida, con una velocidad digital bruta que es algo mayor que la suma de las velocidades de los tributarios y viceversa.

La necesidad de medios de comunicación de mayor capacidad condujo a la invención de técnicas que permitieran un mismo medio para hacer viajar varias señales.

Existen dos maneras de realizar la Multiplexión:

Multiplexión FDM (Frequency División Multiplexing) Multiplexión por división de frecuencia, para señales analógicas.

Multiplexión TDM (Time División Multiplexing) Multiplexión por división de Tiempo, para señales digitales.

En ambos esquemas, el ancho de banda en el medio compartido es igual a la suma de anchos de banda de las señales a Multiplexar.

En FDM se divide el ancho de banda disponible en canales para ser multiplexados sobre un mismo medio. Por ejemplo, en telefonía cada canal puede transportar una llamada telefónica.

En TDM se utiliza el ancho de banda completo y se divide su uso en canales o intervalos de tiempo, en donde cada intervalo de tiempo es un turno para volver a transmitir. La Multiplexión por División de Tiempo TDM es la que utilizamos para señales digitales y es la que analizaremos

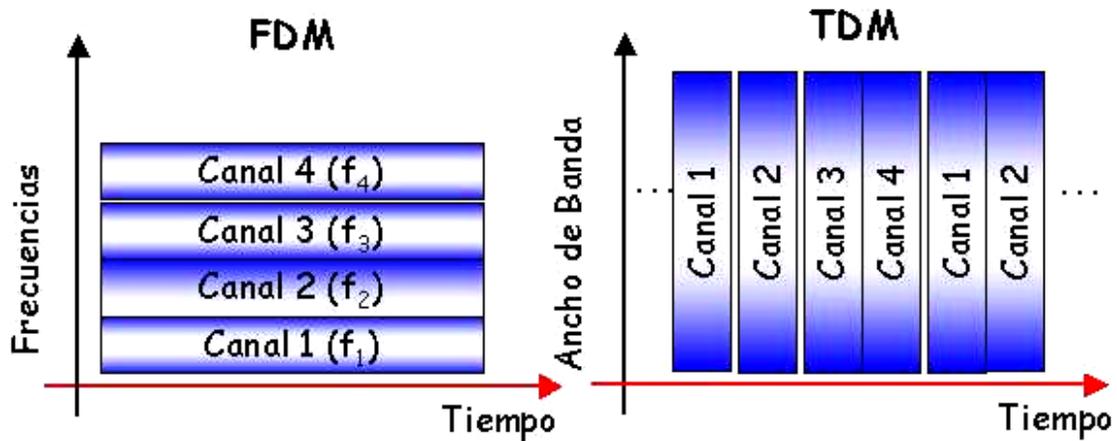


Figura 9. FDM Y TDM

1.8.2 Origen del E1

Para poder realizar un enlace con un ancho de banda de un E1 se tiene que multiplexar 30 canales más 2 adicionales, que solamente son útiles para los equipos de telecomunicaciones. Así, tenemos en todas 32 canales. El ancho de banda de la señal resultante es de $32 \times 64 \text{ Kbps} = 2048 \text{ Kbps}$ o lo que es lo mismo **2.048 Mbps**. A esta señal se le conoce como E1 y es muy utilizada en los servicios que se entregan a los clientes.

En consecuencia, con el aumento de los anchos de banda dentro de esta Jerarquía Europea se sigue con el E2 que lo conforman 120 canales con una velocidad 8.448 Mbps que de acuerdo a su equivalencia serian 4E1's. Así a su vez para obtener un mayor ancho de banda en el canal la siguiente trama es el E3 que está conformado por 480 canales de Información con una velocidad de 34.368 Mbps lo que equivale a 4E2's y es lo mismo a 16 E1's y por Ultimo nos encontramos con el E4 el cual cuenta con 1920 canales para información, con una velocidad de 139.264Mbps, lo que equivale a 4E3's, 16E's y 64E1's.

Conceptos Básicos

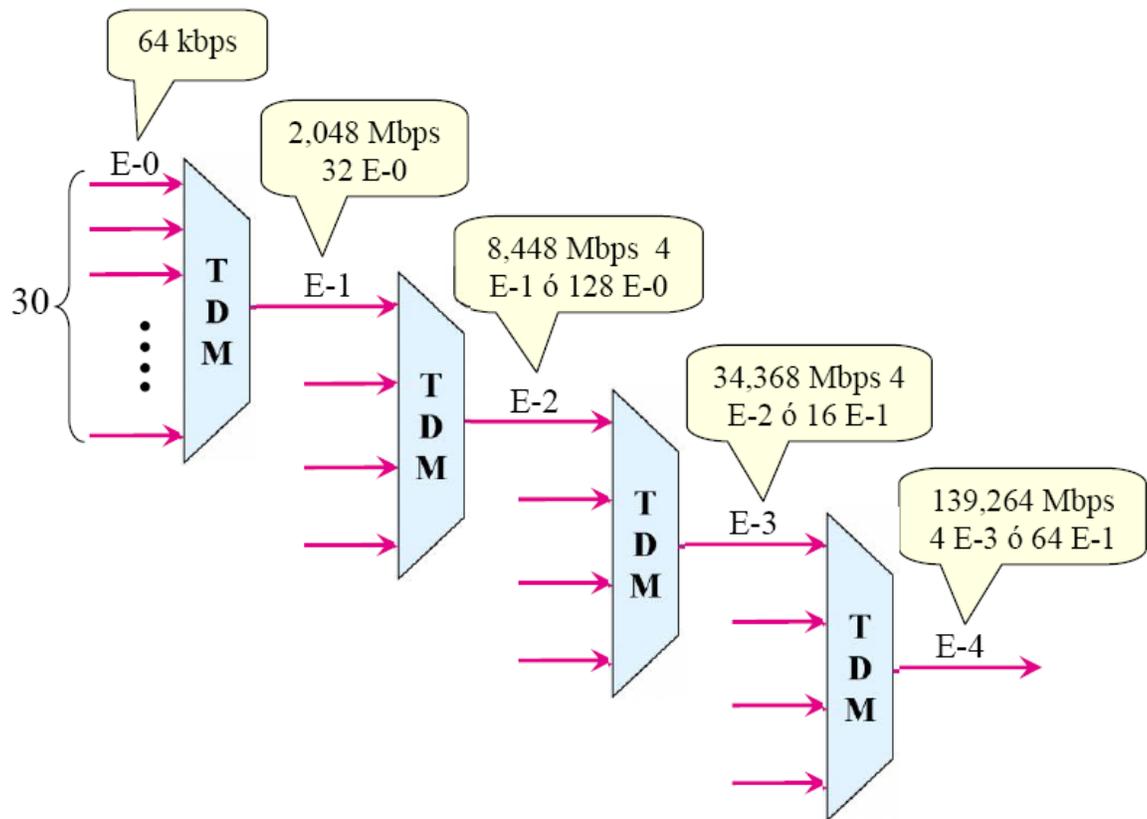


Figura 10 Jerarquía PDH del Estándar Europeo

La tabla que veamos a continuación nos presenta, como aumenta el ancho de banda, siguiendo la estructura definida por la UIT. A esta estructura la conocemos como norma europea:

| Nombre | Velocidad | Señales contenidas | Canales de información |
|--------|-----------|--------------------|------------------------|
|--------|-----------|--------------------|------------------------|

| | | | |
|----|--------------|-----------------------------------|------|
| E0 | 64 Kbps | 1 canal digital | 1 |
| E1 | 2.048 Mbps | 30 E0`s mas E0`s para los equipos | 30 |
| E2 | 8.448 Mbps | 4 E1`s | 120 |
| E3 | 34.368 Mbps | 4 E2`s | 480 |
| E4 | 139.264 Mbps | 4 E3`s | 1920 |

Tabla 2. Tabla que muestra la Relación del Incremento del ancho de Banda

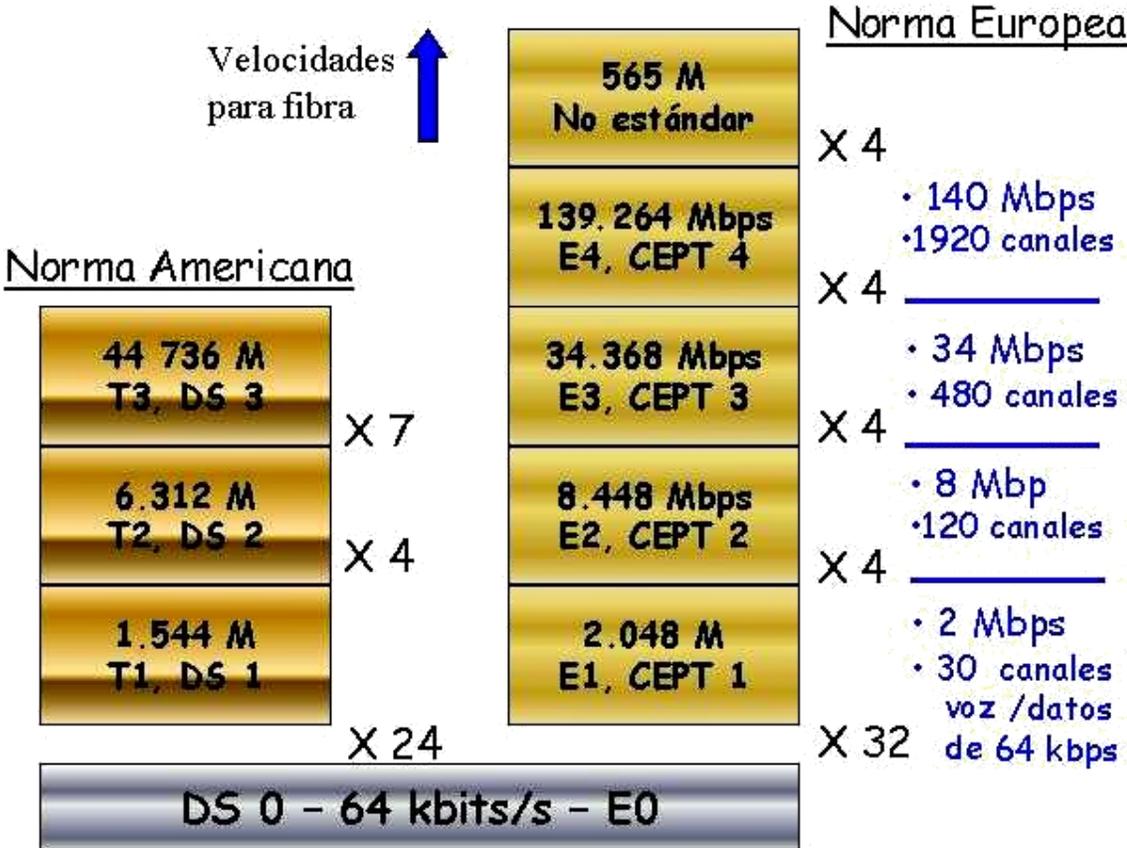


Figura 11. Norma Americana y Norma Europea

En México manejamos señales de esta norma debido a que Ericsson, empresa europea, fue una de las compañías que iniciaron el servicio de telefonía en nuestro país. (Asercom, Manual de Cultura de Telecomunicaciones, Avantel 1999).

Conceptos Básicos

1.8.2.1 TDM

Recordemos la técnica PCM (Pulse Code Modulation) se emplea para digitalizar la voz a través de muestras instantáneas de la misma, mediante palabras digitales que forman un tren de pulsos en serie.

Estas señales van formando, a través del Proceso PCM, canales con velocidades de 64 Kbps, formando una trama de 32 canales. Al conjunto de 32 canales de 64

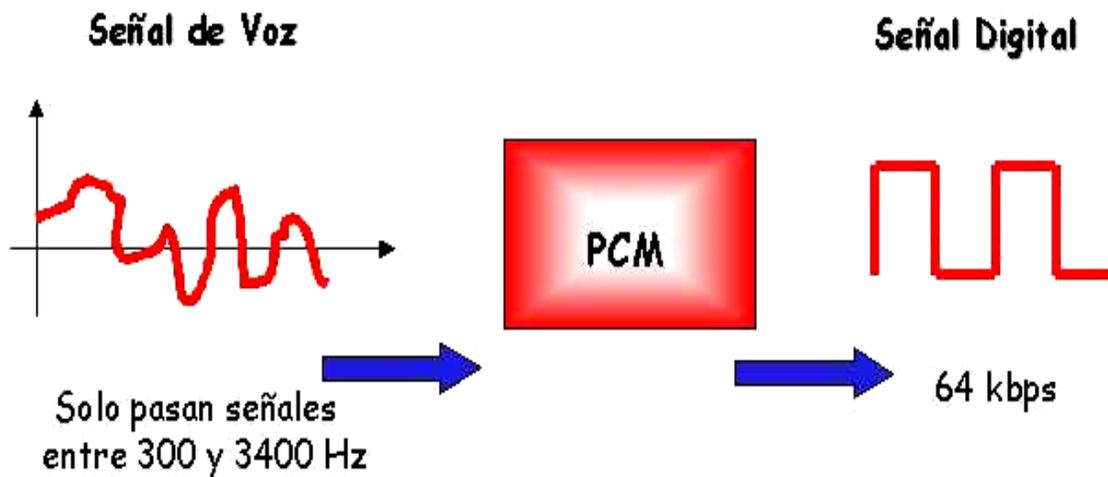


Figura 12. TDM

Kbps se le llama E1 y tiene una velocidad que es el total de la suma de todos los canales 2.048 Mbps.

El E1 tiene diferentes aplicaciones, en este caso (para voz) deja dos canales que

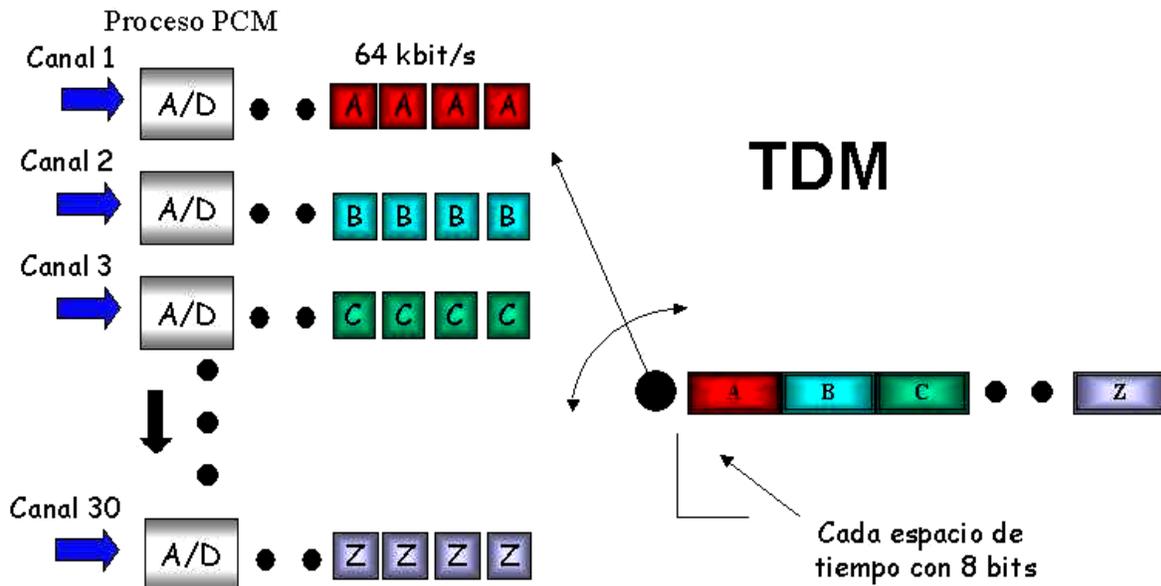


Figura 13. Multiplexacion TDM 1

no son utilizados para la información, tienen la función de la Señalización y el Control de toda la trama. El proceso de Multiplexación por división del Tiempo TDM, hace con cada uno de estos canales tenga un espacio de tiempo de transmisión de 8 bits (1 Byte) cada uno.

En resumen: El total 32 señales de 64kbps c/u para un total de 2.048 Mbps. Esta señal se le llama E1 y es la estructura de primer orden de la Norma Europea.

1.8.3 Jerarquías de Transmisión para señales digitales

1.8.3.1 Definición de PDH

La **Jerarquía Digital Plesiócrona**, conocida como **PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)**, es una tecnología usada en telecomunicación para transportar grandes cantidades de información mediante equipos digitales de transmisión que funcionan sobre fibra óptica, cable coaxial o radio de microondas.

El término *plesiócrono* se deriva del griego *plesio*, cercano y *chronos*, tiempo, y se refiere al hecho de que las redes PDH funcionan en un estado donde las diferentes partes de la red están *casi*, pero *no completamente* sincronizadas.

Conceptos Básicos

Es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado multiplexor (es un circuito que equivale a un conmutador). El proceso inverso se conoce como desmultiplexación. Existen varias clases de multiplexación:

1.8.3.2. La multiplexación por división de frecuencia (MDF) o del inglés *Frequency División Multiplexing*

Utilizada en sistemas de transmisión analógicos. Mediante este procedimiento, el ancho de banda total del medio de transmisión es dividido en porciones, asignando cada una de estas fracciones a un canal.

1.8.3.3. Multiplexación por división de longitud de onda (WDM, del inglés *Wavelength División Multiplexing*)

Es una tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o un LED. El dispositivo que une las señales se conoce como multiplexor mientras que el que las separa es un desmultiplexor. Con el tipo adecuado de fibra puede disponerse un dispositivo que realice ambas funciones a la vez, actuando como un multiplexor óptico de inserción-extracción. Los primeros sistemas WDM combinaban tan sólo dos señales. Los sistemas modernos pueden soportar hasta 160 señales y expandir un sistema de fibra de 10 Gbps hasta una capacidad teórica total de 1,6 Tbits sobre un solo par de fibra.

En los últimos años ha sido muy común hablar de nuevos servicios de telecomunicaciones a parte de los ya tradicionales. Las necesidades de nuevos servicios, básicamente han sido creados por la creciente demanda de los usuarios que día a día van en aumento. Esto ha ocasionado que los operadores de redes de telecomunicaciones busquen modificar u optimizar sus redes. Para lo cual fue necesario el diseño y estandarización de nuevos equipos capaces de poder dar solución a estos nuevos retos.

El desarrollo de los sistemas de transmisión digital empezó a principios de los años 70s, y fueron basados principalmente en el método de modulación PCM. A principios de los 80s los sistemas digitales se hicieron cada vez más complejos, tratando de satisfacer las demandas de tráfico de esa época. La demanda fue tal alta que en Europa se tuvieron que aumentar las jerarquías de tasas de transmisión de 140 Mbps a 565 Mbps.

El problema era el alto costo del ancho de banda y de los equipos digitales. La solución era crear una técnica de modulación que permitiera la combinación

gradual de tasas no síncronas (referidas como pleosiocronos), lo cual derivó al término que conocemos hoy en día como PDH

1.8.3.4. LA INFRAESTRUCTURA PDH

PDH define un conjunto de sistemas de transmisión que utiliza dos pares de alambres y un método de multicanalización por división de tiempo (TDM) múltiples canales de voz y datos digitales.

Plesiocrono se origina del griego **plesio** ("cercano" o "casi") y **cronos** ("reloj"), el cual significa que dos relojes están cercanos uno del otro en tiempo, pero no exactamente el mismo.

1.8.3.5 ESTANDARES PDH

- **T1**: El cual define el estándar PDH de Norteamérica que consiste de 24 canales de 64 Kbps (canales DS-0) dando una capacidad total de 1.544 Mbps.
- **E1**: El cual define el estándar PDH europeo. E1 consiste de 30 canales de 64 Kbps y 2 canales reservados para la señalización y sincronía, la capacidad total nos da 2.048 Mbps. *Esta cabe destacar que esta norma es la que se ocupa en México.*
- **J1**: El cual define el estándar PDH japonés para una velocidad de transmisión de 1.544 Mbps consistente de 24 canales de 64 Kbps

La longitud de la trama del estándar J1 es de 193 bits (24 x 8 bit, canales de voz/datos más un bit de sincronización), el cual es transmitido a una tasa de 8000 tramas por segundo. Así, $193 \text{ bits/trama} \times 8000 \text{ tramas/segundo} = 1,544,000 \text{ bps}$ o 1.544 Mbps.

1.8.3.6 DESVENTAJAS PDH

No existe un estándar mundial en el formato digital, existen tres estándares incompatibles entre sí, el europeo, el estadounidense y el japonés.

- No existe un estándar mundial para las interfaces ópticas. La interconexión es imposible a nivel óptico.

Conceptos Básicos

- La estructura asíncrona de multicanalización es muy rígida
- Capacidad limitada de administración

| | | |
|-------------------------|------|-----------------------|
| PDH Norma Europea | E0 = | 64 Kb/s |
| | E1 = | 2.048 Mb/s = 32 x E0 |
| | E2 = | 8.448 Mb/s = 4 x E1 |
| | E3 = | 34.368 Mb/s = 4 x E2 |
| | E4 = | 139.264 Mb/s = 4 x E3 |

| | | |
|-----|----------|---------------------------|
| SDH | STM-1 = | 155.52 Mb/s |
| | STM-4 = | 622.08 Mb/s = 4 x STM-1 |
| | STM-16 = | 2488.32 Mb/s = 4 x STM-4 |
| | STM64 = | 9953.28 Mb/s = 4 x STM-16 |

| | | |
|---------------------------|----------|-----------------------|
| PDH Norma Americana | DS0/T0 = | 64 Kb/s |
| | DS1/T1 = | 1.544 Mb/s = 24x DS0 |
| | DS2/T2 = | 6.312 Mb/s = 4 x DS1 |
| | DS3/T3 = | 44.736 Mb/s = 7 x DS2 |

| | | |
|-------|----------|-----------------------|
| SONET | OC-1 = | 51.84 Mb/s |
| | OC-3 = | 155.52 Mb/s = 3xOC1 |
| | OC-12 = | 622.08 Mb/s = 4xOC3 |
| | OC-48 = | 2448 Mb/s = 4xOC12 |
| | OC-192 = | 9953.28 Mb/s = 4xOC48 |

| | |
|-------|-------------------------------------|
| PDH | Plesiosynchronous Digital Hierarchy |
| STM | Synchronous Transport Module |
| DS | Digital Signal |
| SDH | Synchronous Digital Hierarchy |
| SONET | Synchronous Optical Network |
| STS | Synchronous Transport Signal |
| OC | Optical Carrier |

Tabla 3. Jerarquía de Transmisión para Señales Digitales.

1.8.3.7. Estructuras del PDH

1.8.3.7.1 Multiplexores E1

Los multiplexores E1 trabajan con velocidades máximas de 2Mbit/s y son capaces de multiplexar canales de velocidades múltiplos de 64Kbit/s.



Figura 14. Multiplexor para E1 1

1.8.3.7.2 Multiplexores DH

Los multiplexores PDH operan con velocidades de 34Mbit/s (E3).



Figura 15. Multiplexor para DH 1

1.8.3.8 VENTAJAS PDH

La jerarquía de señal digital PDH presente hoy en día tiene tres niveles de velocidad: serie europea, serie Norte Americana y la serie japonesa. Cada una de ellas tiene diferentes niveles de velocidad de las interfaces eléctricas, diferentes estructuras de trama y diferentes métodos de multiplexación dificultando la interconexión internacional.

No existe en PDH un estándar para las Interfaces de Línea Óptica, cada fabricante usa sus propios códigos de línea para el control de la transmisión. Por lo que los equipos en los dos terminales de la línea de transmisión deben ser provistos por el mismo fabricante. Esto causa dificultad en la gestión e interconexión de la red.

En los Sistemas PDH, solo las velocidades de señal de 1.5Mbit/s y 2Mbit/s son sincrónicas todas las otras señales son asincrónicas y requieren de un proceso de justificación de velocidad para machear y adaptar las diferencias de reloj.

El Add/Drop de señales de baja velocidad de señales de alta velocidad debe realizarse nivel por nivel. Por ejemplo, para add/drop señales de baja velocidad de 2Mbit/s de señales de 140Mbit/s se debe pasar por tres etapas de multiplexación o demultiplexación

1.9 Codificación

La codificación es una herramienta efectiva para disminuir el riesgo de usar la tecnología de comunicaciones, siendo de mucha utilidad cuando se tiene la necesidad de enviar información delicada mediante una red pública o canales poco seguros.

Conceptos Básicos

Los mensajes que se transmiten mediante canales de información pueden estar sujetos a amenazas activas y latentes. Las amenazas latentes son intromisiones en donde el intruso intercepta los mensajes para acceder a la información. En las amenazas activas el intruso modifica los mensajes que intercepta.

Básicamente, la codificación consiste en esconder los mensajes con técnicas de jeroglíficos para que solamente el remitente y el destinatario puedan leer la información. La codificación es el último de los procesos que tiene lugar durante la conversión analógica-digital. Para optimizar la transmisión, la señal debe ser codificada de manera de facilitar su transmisión en un medio físico.

1.9.1 Codificación digital unipolar

La codificación unipolar usa una sola polaridad, codificando únicamente uno de los estados binarios, el 1, que toma una polaridad positiva o negativa. El otro estado, normalmente el 0, se representa por 0 voltios, es decir, la línea ociosa.

1.9.2 Codificación digital polar

La codificación polar utiliza dos niveles de voltaje, positivo y negativo.

- NRZ (No retorno a cero)
- RZ (Retorno a cero)
- Bifase (autosincronizados)

1.10 Codificación NRZ

Es el primer sistema de codificación y también el más simple. Consiste en la transformación de 0 en $-X$ y de 1 en $+X$, lo que resulta en una codificación bipolar en la que la señal nunca es nula. Como resultado, el receptor puede determinar si la señal está presente o no.

El nivel de la señal es siempre positivo o negativo. Los dos métodos más utilizados son:

- NRZ-L (Non Return to Zero-L): Un voltaje positivo significa que el bit es un '0', y un voltaje negativo que el bit es un '1'.
- NRZ-I (Non Return to Zero, Invert on ones): En esta codificación el bit '1' se representa con la inversión del nivel de voltaje. Lo que representa el bit '1' es la transición entre un voltaje positivo y un voltaje negativo, o al revés, no los voltajes en sí mismos. Un bit '0' no provoca un cambio

de voltaje en la señal. Así pues, el nivel de la señal no solo depende del valor del bit actual, sino también del bit anterior.

- RZ (Retorno a cero)

Utiliza tres valores: positivo, negativo y cero. Un bit '1' se representa por una transición de positivo a cero y un bit '0' se representa con la transición de negativo a cero, con retorno de voltaje 0 en mitad del intervalo.

1.11 CODIFICACION RZ

Bifase (autosincronizados)

En este método, la señal cambia en medio del intervalo del bit, pero no retorno a cero, sino que continúa el resto del intervalo en el polo opuesto. Hay dos tipos de codificación Bifase:

- Manchester: Una transición de polaridad de positiva a negativa representa el valor binario '0', y una transición de negativa a positiva representa un '1'.
- Manchester Diferencial: Necesita dos cambios de señal para representar el bit '0', pero solo '1' para representar el bit '1'. Es decir, una transición de polaridad inversa a la del bit previo, para representar el '0' y una transición igual para el '1'.

1.12 Codificación digital bipolar

La Codificación Digital Bipolar, utiliza tres valores:

-Positivo

-Negativo

-Cero

Hay 3 tipos de codificación Bipolar:

AMI ("Alternate Mark Inversión")

B8ZS (Bipolar 8-Zero Substitution)

HDB3 (High Density Bipolar 3)

Conceptos Básicos

1.13 Características del código HDB3

Una de las principales características por la cual se decidió a ocupar este código, es por que ocupa menor ancho de banda en comparación que otros códigos como por ejemplo 80% menos que AMI y NRZ, además de que no admite más de tres ceros consecutivos, así como también es una de los más seguros en codificación de señales digitales. A demás cabe hacer mención que la empresa AXTEL toma este código por normatividad institucional.

1.14 Código HDB3

La denominación HDB3 proviene del nombre en inglés High Density Bipolar-3 Zeros que puede traducirse como código de alta densidad bipolar de 3 ceros.

En el mismo un 1 se representa con polaridad alternada mientras que una 0 toma el valor 0. Este tipo de señal no tiene componente continua ni de bajas frecuencias, pero presenta el inconveniente que cuando aparece una larga cadena de ceros se puede perder el sincronismo al no poder distinguir un bit de los adyacentes.

Para evitar esta situación este código establece que en las cadenas de 4 bits se reemplace el cuarto 0 por un bit denominado bit de violación el cual tiene el valor de un 1 lógico. (<http://mural.uv.es/anrogon/telefonía/CodigoHDB3.pdf>)

En las siguientes violaciones, cadenas de cuatro ceros, se reemplaza por una nueva secuencia en la cual hay dos posibilidades

000V

B00V

Donde V es el bit de violación y B es un bit denominado bit de relleno.

La letra B indica un pulso con distinto signo que el pulso anterior.

La letra V indica un pulso con el mismo signo que el pulso que le precede.

Para decidir cuál de las dos secuencias se debe utilizar se deben contar la cantidad de unos existentes entre la última violación y la actual. Si la cantidad es par se emplea la secuencia B00V y si es impar la secuencia 000V. El primer pulso de violación lleva la misma polaridad del último 1 transmitido de forma de poder detectar que se trata de un bit de violación.

En la combinación B00V el bit de violación y el de relleno poseen la misma polaridad.

Ejemplo 1:

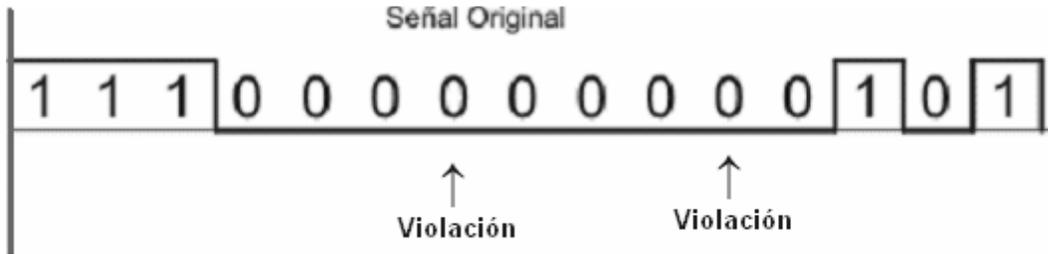


Figura 16. Señal Digital Original

Sustituimos las secuencias de ceros por las secuencias de bitios correspondientes:

En este caso los 4 primeros ceros se sustituyen por el bitio 000V y los cuatro siguientes por: B00V, quedando:

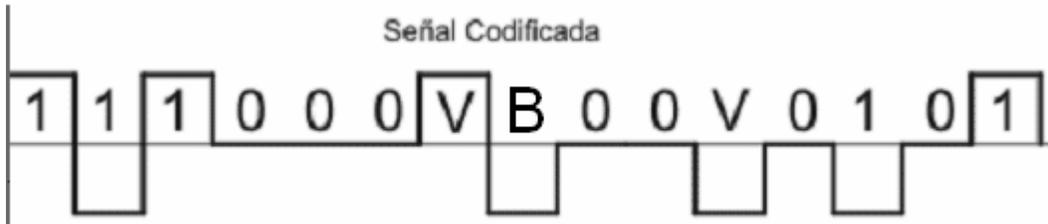


Figura 17. Señal Digital Codificada

Ejemplo 2:

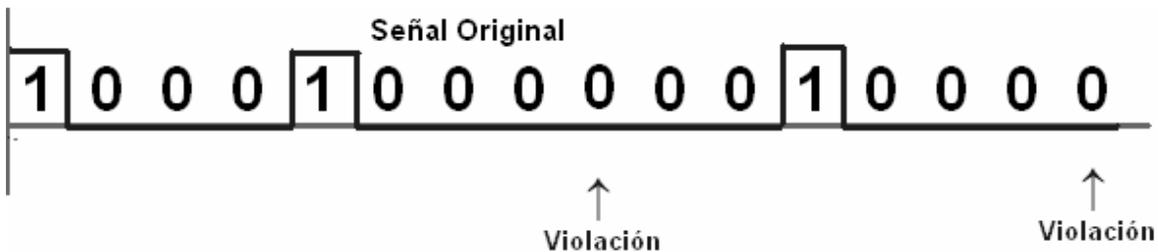


Figura 18. Señal Digital Original

Conceptos Básicos

En este caso los 4 primeros ceros se sustituyen por el bitio B00V ya que tenemos un número par de unos antes de la violación y los cuatro siguientes por: 000V, ya que entre la ultima violación y esta hay un número impar de unos, quedando la señal codificada como:

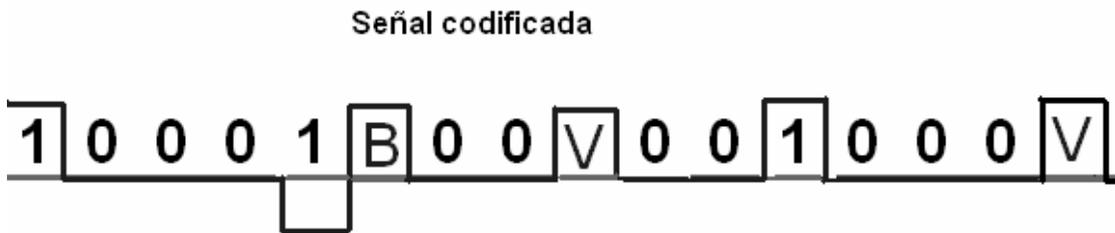


Figura 19. Señal Digital Codificada

Ejemplo con el programa: (si funciona, pero hay que saber distinguir la codificación valida de entre la codificación redundante, que no sé porque la saca).

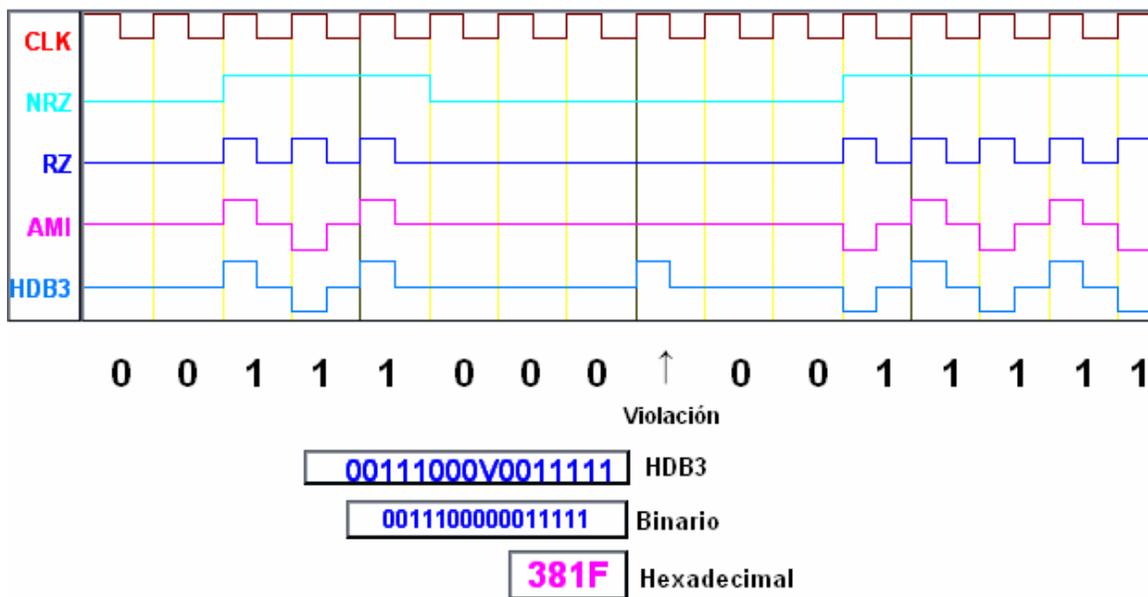


Figura 20. Comparación de Señales Digitales Original y Codificada.

Explicación: Cuando se detecta la violación, se cuentan los unos (en este caso 3 unos) por tanto tendremos el bitio 000V y después ya no tenemos violación.

Conceptos Básicos

Para decodificar el HDB3 hay que sustituir el bitio 000V por 0000 y los restantes tal cual. Si tuviéramos un bitio tal como B00V también lo sustituiríamos por 0000. (Asercom, CODIGO HBD3, Avantel 2005)

Capítulo 2

Señales de Transporte

2.1 Tecnologías de acceso

Las redes de acceso, son en la actualidad el soporte que los usuarios poseen para poder acceder a los servicios demandados. La implementación de estas depende en gran medida de las posibilidades de acceso al propio usuario, su capacidad económica y el tipo de cliente que sea, más que de la propia tecnología en sí.

Estas tecnologías de acceso pueden ser mediante: *medios guiados y no guiados*. A continuación, hablaremos sobre medios guiados y posteriormente a medios no guiados.

2.2 Medios Guiados

Estos son los cuales la información es transmitida (guiada) por medios físicos, algunos de los medios más ocupados e inclusive se utilizan hoy en día son: Cobre, cable coaxial o Fibra Óptica. Los cuales describiremos a continuación.

2.2.1 Cobre

Cuando se habla del **par de cobre** en telecomunicaciones se hace referencia al enlace físico, también denominado *bucle de abonado*, que une los punto de terminación de red (PTR) con el resto de la red de un operador de telecomunicaciones. Dicha conexión con la red se realiza típicamente en una central de conmutación local, que da acceso a su vez a una red de interconexión. El nombre se debe a que dicho enlace es un cable compuesto por dos hilos de cobre trenzados y aislados entre sí, y que se desplegaron inicialmente para prestar servicios de telefonía fija sobre la Red Telefónica Conmutada (RTC) o Red Telefónica Básica (RTB) debido a su bajo coste y a la apropiada respuesta en bajas frecuencias (la voz telefónica se transmite entre 300Hz y 3,4KHz). Sobre un par de cobre conectado a una RTB también se puede obtener acceso a redes de datos mediante el empleo de módems, dispositivos capaces de transmitir y recibir datos sobre la banda vocal. Sin embargo, el par de cobre está siendo ahora utilizado para prestar servicios de banda ancha y televisión IP mediante la aplicación de tecnologías de acceso xDSL, que aprovechan la adecuada

respuesta del par de cobre hasta frecuencias por encima de 1MHz. (http://es.wikitel.info/wiki/Par_de_cobre)

2.1.1.1 Acceso al bucle de abonado

De cara a la prestación de servicios de xDSL sobre el par de cobre existen diversas alternativas de acceso al bucle de abonado, en función de las infraestructuras de las que disponga el prestatario del servicio

- *Acceso directo*: El operador que quiere prestar el servicio es el propietario de la red de acceso (pares de cobre) y, por lo tanto, opera sobre su propia red.
- *Desagregación total del bucle de abonado*: El par de cobre es propiedad de otro operador, por lo que se ha de pagar una cuota a cambio del uso y mantenimiento de este, pero el resto del servicio se presta de manera similar al acceso directo.
- *Desagregación parcial del bucle abonado*: El par de cobre es propiedad de otro operador, y este discrimina el tráfico de voz y datos, encaminando cada uno a la red del operador que corresponda.

2.2.2 Cable Coaxial

El cable coaxial consiste de un núcleo sólido de cobre rodeado por un aislante, una combinación de blindaje y alambre de tierra y alguna otra cubierta protectora.

El cable coaxial puede conectar dispositivos a través de distancias más largas que el cable par trenzado. Mientras que el cable coaxial es más común para redes del tipo ETHERNET y ARCENET, el par trenzado y la fibra óptica son más comúnmente utilizados en estos días. Los nuevos estándares para cable estructurado llaman al cable par trenzado capaz de manejar velocidades de transmisión de 100Mbps. El cable coaxial no interfiere con señales externas y puede transportar de forma eficiente señales en un gran ancho de banda con menor atenuación que un cable normal. Pero tiene una limitación fundamental: atenúa las altas frecuencias la pérdida de frecuencia, expresada en decibelios por unidad de longitud, crece proporcional a la raíz cuadrada de la frecuencia de la señal). Por lo tanto, podemos decir que el coaxial tiene una limitación para transportar señales de alta frecuencia en largas distancias ya que a partir de una cierta distancia el ruido superará a la señal. Esto obliga a usar amplificadores, que introducen ruido y aumenta el costo de la red.

Señales de Transporte

2.2.3 Fibra Óptica

Mediante este medio, la transmisión de información se realiza por emisiones de luz que son propagadas por transmisores mediante delgados filamentos compuestos por vidrio ultra delgado, esto hace que viaje la información a distintos puntos donde se quiera transmitir.

Actualmente las tecnologías de redes ópticas ultrarrápidas son la base de Internet y permiten transmisiones rentables a varios terabits gracias a tecnologías como la Multiplexión por División de Longitud de Onda Densa (DWDM) que asigna los trenes de información a los distintos componentes de longitud de onda («colores») de la luz blanca y mejora considerablemente las capacidades de transmisión de las fibras ópticas.

La aprobación de la Recomendación UIT–T G.871/Y.1301 permitirá avanzar aún más en este interesante campo y constituirá un marco importante para la coordinación de nuevas Recomendaciones sobre distintos aspectos de la red de transporte óptica (OTN).

Las Recomendaciones que se elaboren en este nuevo marco permitirán proporcionar a los consumidores una anchura de banda a la demanda, adaptable a prácticamente cualquier necesidad, en un entorno de red óptica conmutada. Estas nuevas Recomendaciones, que ofrecerán una mayor fiabilidad y permitirán reducir los costos, prepararán el camino de los servicios multimedios de flujo continuo que exigen mucha capacidad de transmisión.

Cabe destacar que este medio será descrito más ampliamente en el siguiente capítulo ya que es mediante el cual es realizado el enlace que se llevo a cabo y es el motivo de este trabajo de investigación.

2.3 Medios no guiados

Mediante estos medios no guiados la información no requiere ser transmitida mediante un conducto físico, por el contrario, puede ser transmitida por el aire o atmosfera.

En la actualidad para poder hacer enlaces no guiados o también llamados inalámbricos existen principalmente los siguientes métodos: Punto Multipunto, Punto a punto; los cuales serán descritos a continuación.

2.3.1 Punto Multipunto

Los enlaces punto Multipunto permiten establecer áreas de cobertura de gran capacidad para enlazar diferentes puntos remotos hacia una central para implementar redes de datos voz y video. Algunas de las aplicaciones de este tipo de redes son:

- Enlace de sucursales para compartir bases de datos, acceso a Internet, etc.
- Implementar redes de voz sobre IP para abatir costos de llamadas entre sucursales
- Venta de acceso a Internet (ISP)
- Redes de monitoreo mediante video vigilancia en campus universitarios, industrias, zonas residenciales y hasta ciudades completas con unidades móviles

Proporciona soluciones de conectividad entre diferentes nodos mediante una tipología de estrella. Dichas soluciones se utilizan para la realización de redes troncales, acceso de última milla, o interconexión de edificios (campus networks). Las diferentes soluciones ofrecen un amplio abanico para desplegar su red de manera sencilla, rápida y fiable, garantizando la mejor calidad de servicio.

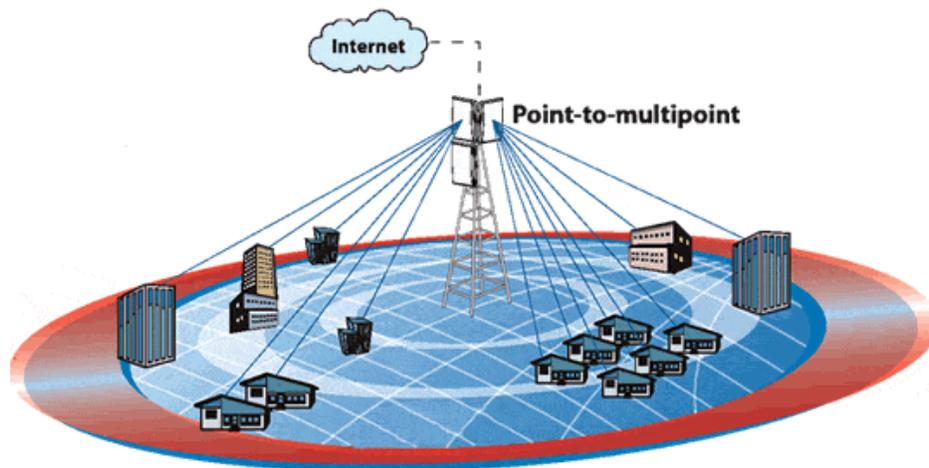


Figura 21. Representación de un Sistema Punto a Multipunto.

Señales de Transporte

2.3.2 Punto a Punto

El enlace punto a punto proporciona soluciones de conectividad para empresas con centros de trabajo múltiples que necesiten de una gran coordinación y trabajo compartido. Este enlace proporciona a la empresa un entorno de intercambio de información con un coste periódico de cero, tan sólo la información. Es el complemento exterior perfecto a una instalación interior de red local estándar o inalámbrica. Efectivamente, todos los centros conectados por el enlace punto a punto formarán parte de una única red local, exactamente como si estuvieran en el mismo edificio, pero con la flexibilidad que proporciona la distribución multicentro, imprescindible en el entorno empresarial cambiante de hoy en día. Gracias a la potente antena o parrilla de emisión / recepción, que utiliza un protocolo similar al de la red local inalámbrica, pero con un alcance extendido; pueden unirse mediante el enlace punto a punto centros situados hasta a 15 kilómetros. Esto nos proporciona los beneficios que supone compartir una red local con una velocidad de transferencia de 10 megabytes por segundo, sin ninguno de los costes ni problemas asociados a una interconexión estándar, que pueden ser la diferencia entre una instalación eficiente y con beneficios y una instalación caótica y en números rojos. Es la gran alternativa a las costosas y problemáticas líneas dedicadas de alta velocidad entre centros.



Figura 22. Representación de un Sistema Punto a Punto.

Esto nos permite:

- La efectiva creación de una macro-red local como suma de las redes locales ya existentes (ya sean inalámbricas o de cable).
- La coordinación entre grupos de trabajo en puntos distantes entre sí hasta 15-20 kilómetros (extensible mediante la instalación de repetidores).
- Una velocidad de transferencia real de 10 megabytes por segundo.

Señales de Transporte

- Transmisión de voz sin necesidad de línea telefónica. (Hiodobro José y Millan Ramón, REDES DE DATOS Y CONVERGENCIA IP, Ed. Alfaomega, 2007)

Capítulo 3

FIBRA ÓPTICA

3.1 Orígenes de la Fibra Óptica

El primer intento de utilizar la luz como soporte para una transmisión fue realizado por Alexander Graham Bell, en el año 1880. Utilizó un haz de luz para llevar información, pero se evidenció que la transmisión de las ondas de luz por la atmósfera de la tierra no es práctica debido a que el vapor de agua, oxígeno y partículas en el aire absorben y atenúan las señales en las frecuencias de luz. (Capmany Jose, Ortega Beatriz, Redes Ópticas, Ed. LIMUSA, 2007)

Se ha buscado entonces la forma de transmitir usando una línea de transmisión de alta confiabilidad que no reciba perturbaciones desde el exterior, una guía de fibra llamada Fibra óptica la cual transmite información lumínica.

La fibra óptica puede decirse que fue obtenida en 1951, con una atenuación de 1000 dB/Km, (al incrementar la distancia 3 metros la potencia de luz disminuía $\frac{1}{2}$), estas pérdidas restringían, las transmisiones ópticas a distancias cortas. En 1970, la compañía de CORNING GLASS de Estados Unidos fabricó un prototipo de fibra óptica de baja pérdida, con 20 dB/Km. Luego se consiguieron fibras de 7 dB/Km. (1972), 2.5 dB/Km. (1973), 0.47 dB/Km. (1976), 0.2 dB/Km. (1979). Por tanto, a finales de los años 70 y a principios de los 80, el avance tecnológico en la fabricación de cables ópticos y el desarrollo de fuentes de luz y detectores, abrieron la puerta al desarrollo de sistemas de comunicación de fibra óptica de alta calidad, alta capacidad y eficiencia. Este desarrollo se vio apoyado por diodos emisores de luz LEDs, Fotodiodos y LASER (amplificación de luz por emisión estimulada de radiación).

La Fibra Óptica es una varilla delgada y flexible de vidrio u otro material transparente con un índice de refracción alto, constituido de material dieléctrico (material que no tiene conductividad como vidrio o plástico), es capaz de concentrar, guiar y transmitir la luz con muy pocas pérdidas incluso cuando esté curvada. Está formada por dos cilindros concéntricos, el interior llamado núcleo (se construye de elevadísima pureza con el propósito de obtener una mínima

atenuación) y el exterior llamado revestimiento que cubre el contorno (se construye con requisitos menos rigurosos), ambos tienen diferente índice de refracción (n_2 del revestimiento es de 0.2 a 0.3 % inferior al del núcleo n_1).

El diámetro exterior del revestimiento es de 0.1 mm. Aproximadamente y el diámetro del núcleo que transmite la luz es próximo a 10 ó 50 micrómetros. Adicionalmente incluye una cubierta externa adecuada para cada uso llamado recubrimiento. (<http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>)

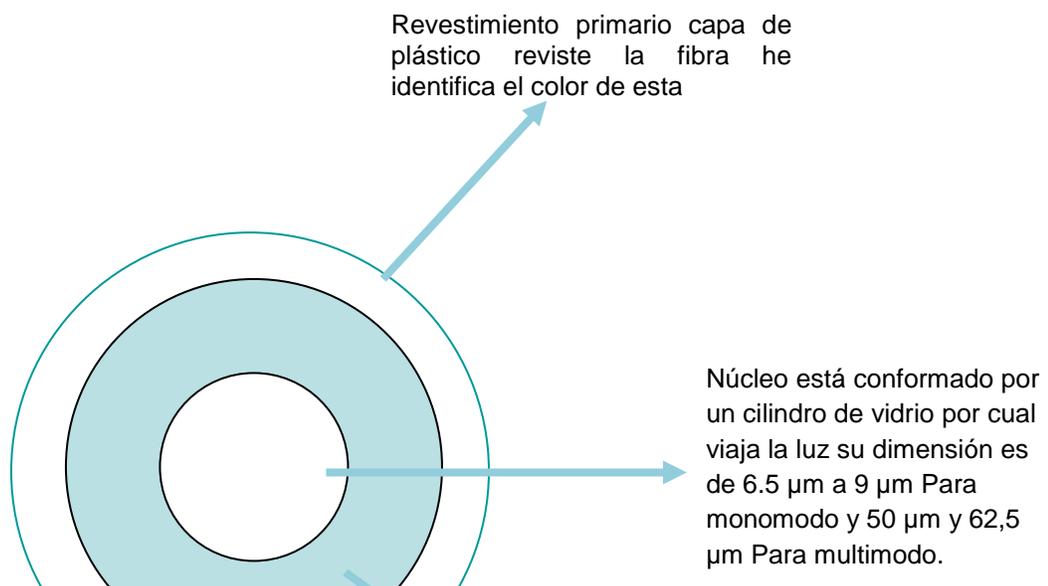


Figura 20. Componentes esenciales de una Fibra Óptica

Figura 23. Componentes de la Fibra Óptica

Es un tubo coaxial de vidrio que se pone alrededor del núcleo con un índice de refracción menor que el del núcleo, tiene un diámetro de 125 μm Para monomodo y multimodo

Fibra Óptica

La fibra óptica es una guía de onda en forma de hilo de material altamente transparente diseñado para transmitir información a grandes distancias utilizando señales ópticas. La fibra óptica es el medio de transmisión preponderante en las redes de comunicación óptica. La fibra se utiliza en lugar de los cables metálicos convencionales con la ventaja de que tiene un ancho de banda notablemente superior, menores atenuaciones y mayor inmunidad al ruido electromagnético. (http://es.wikitel.info/wiki/Fibra_%C3%B3ptica)

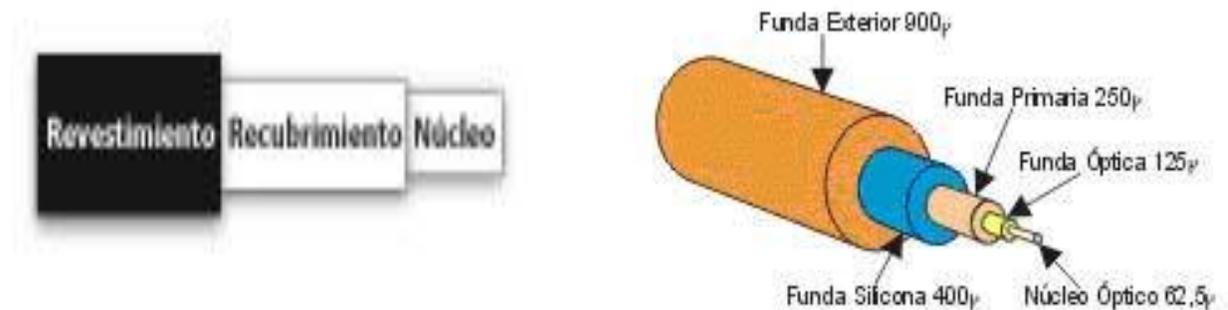


Figura 24. Componentes de La Fibra Óptica.

La fibra está compuesta por un núcleo (core), un revestimiento (cladding) y una capa o funda exterior (buffer + jacket). Los pulsos de luz se emiten iluminando el núcleo. La capa de revestimiento ayuda al proceso de transmisión, guiando que la luz vaya por el núcleo y no salga de él. La capa o funda exterior sirve para dar suficientes propiedades mecánicas a la manguera y se suele fabricar con polímeros. El núcleo puede ser de diferente geometría y diámetro, lo cual proporciona las distintas prestaciones ópticas. (<http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2005/septiembre/fibraoptica.htm>)

Los cables de fibra óptica se fabrican en diferentes longitudes que generalmente son inferiores a 3.000 metros. Para obtener cables de mayor distancia, las fibras se empalman mediante alguna de las técnicas siguientes:

- Mediante soldadura por fusión con máquinas especiales (los extremos se alinean con un microscopio incorporado a la máquina de soldar y se sueldan calentando los extremos de las dos fibras).
- Empalmes mecánicos realizados con conectores ópticos de precisión (los extremos de ambas fibras han de estar pulidos) o con empalmes mecánicos comerciales.

La técnica utilizada en las redes ópticas de gran capacidad se denomina WDM. La multiplexación en longitud de onda (WDMA) utiliza la propiedad de la diferente propagación de las ondas de luz en una fibra óptica para separar las diferentes informaciones. (Huidobro José, Roldan David, REDES Y SERVICIOS DE BANDA ANCHA Tecnología y Aplicaciones, Ed. Mc Graw Hill, 2004)

3.3 Fibras Monomodo y Multimodo

Cuando se propuso la utilización de las fibras ópticas para la transmisión óptica, los mejores vidrios ópticos tenían atenuaciones de varios miles de decibelios por kilómetro. En el año de 1970 se fabricaron fibras ópticas con solamente 20 dB/km. La mínima atenuación alcanzada actualmente es de 0.2 dB/km habiéndose medido a una longitud de onda de 1.55 μm . Las fibras ópticas se componen de revestimiento de baja refracción y de un núcleo de elevado índice de refracción, por el que se guía la luz mediante reflexión total en el límite revestimiento-núcleo. Esto es aplicable para fibras ópticas con perfil de salto de índice. En el caso de fibras ópticas con perfil de índice gradual la luz se desvía continuamente hacia el eje de la fibra en las regiones externas con índice de refracción menor. Ambas son fibras ópticas multimodo.

3.3.1 Fibra Óptica Monomodo

La **fibra óptica** monomodo no tiene ninguna ventaja si se la compara con las fibras de índice gradual, en el margen de longitud de onda de 850 nm, pues en ambas la dispersión del material conduce a las mismas grandes diferencias de retardo; más bien se podría decir que la fibra monomodo tiene desventajas: su fabricación es más difícil y el acoplamiento óptico está asociado a problemas debido a su mínimo diámetro del núcleo. De todo lo cual se deduce que la fibra óptica con perfil gradual actualmente es, para la transmisión óptica, la más clara favorita entre todas las fibras ópticas posibles.

La ventaja de la **fibra monomodo** consiste en su mayor ancho de banda, ya que en ella solo hay un único modo y por lo tanto desaparece la dispersión modal. Esta ventaja se aprecia especialmente cuando también se puede mantener pequeña la dispersión del material. En la realidad la dispersión del material decrece con longitudes de onda mayores y alcanza su mínimo con una longitud de onda alrededor de los 1300 nm, siendo entonces solamente un resultado de segundo orden y obteniéndose ensanchamientos del impulso de solamente 0.025 ps/nmkm.

Fibra Óptica

En este momento cobra importancia un fenómeno que en las observaciones anteriores no se había considerado: la distribución de campo y constante de propagación de los modos en guía ondas dependen de la relación entre la longitud de onda y la dimensión de la "guía onda". (Hiodobro José y Millan Ramón, REDES DE DATOS Y CONVERGENCIA IP, Ed. Alfaomega, 2007)

Puesto que esta última permanece constante se obtiene una división de cada uno de los modos de la "**guía onda**", que es función de la longitud de onda denominada dispersión de la "guía onda", y que así mismo conduce a una propagación con diferentes velocidades de las fracciones monocromáticas contiguas de un paquete de ondas y, con ello, a un ensanchamiento del impulso. Los retardos relativos ocasionan ensanchamientos del impulso que, a una velocidad dada, conducen a confluencias de los impulsos que se hacen mayores con rutas de transmisión más largas. De ello resulta una limitación general de la longitud de las fibras ópticas para la transmisión óptica.



Figura 25. Fibra Óptica con protección contra roedores, resistente a la corrosión para aplicaciones en ducto o aéreas. Disponibles desde 2 hasta 16 fibras ópticas en bobinas de hasta 10 km.

| Medio de Transmisión | Pérdidas en dB/Km a media velocidad de bit de frecuencia (velocidad de transmisión digital) | | |
|--------------------------------------|---|-------------------------|--------------------------|
| | T1 (1.544 Mbps/s) | T2 (6.312 Mbps/s) | T3 (44.736 Mbps/s) |
| Par de alambre entorchado – 26 gauge | 24 | 48 | 128 |
| Par de alambre entorchado - 19 Gauge | 10.8 | 21 | 56 |
| Cable Coaxial 0.375" - diam. | 2.1 | 4.5 | 11 |
| Fibra Óptica L = 0.82l mm | 3.5 | 3.5 | 3.5 |

Tabla 4. Relación de Perdida en db/km de los Diversos Medios de Transmisión

Fibra Óptica

3.3.2 Fibra Óptica Multimodo

Las **fibras multimodo** comercialmente desarrollada a los finales de los 70's y principios de los 80's, tienen un diámetro de núcleo de 50 μm como se muestra en la **figura 8**. Originalmente usado para largas distancias y sistema trunking interoficinas, La fibra multimodo fue rápidamente desplazada por la fibra de modo simple (Single-Mode) para aplicaciones de telecomunicación, porque este tipo presenta una baja atenuación óptica y una gran capacidad de trasmisión de información.

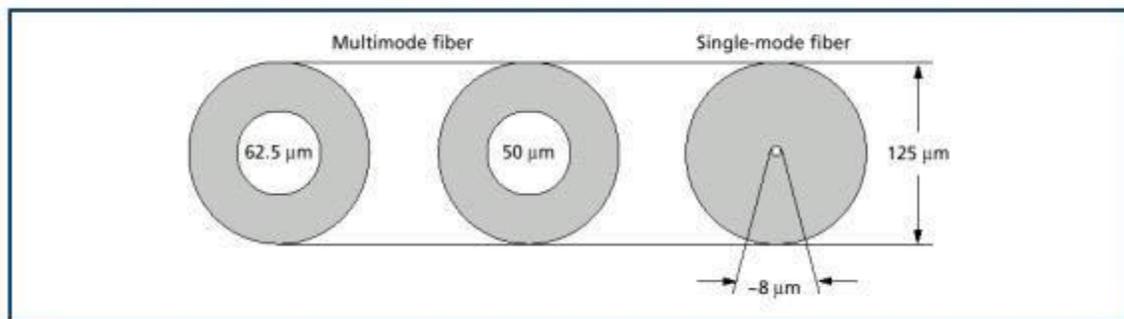


Figura 26. Típico Diámetro Externo y Diámetros del Núcleo para Dos Fibras Comunes Multimodo y una Fibra de Modo Simple

3.4 Fibra de Dispersión sin Cambios (Dispersion-Unshifted Fiber).

Se introdujo comercialmente en 1983, **USF** (ITU recommendation G.652) presenta una dispersión cromática en los 1310 nm nominales, como se muestra en la **figura 19**, algunas veces llamado "estándar" o fibra convencional (USF), es la fibra óptica más usada.

Numerosos sistemas de trasmisión operan con USF, incluyendo sistemas de alta velocidad digitales, CATV y analógicos los cuales operan en la segunda y tercera ventanas de longitud de onda. (Jadón Hildeberto y Linares Roberto y Miranda, Sistemas de Comunicaciones por Fibras Ópticas, Ed. Alfaomega, 1995)

3.5 Fibra de Dispersión con Cambios (Dispersion-Shifted Fiber).

Comercialmente disponible desde 1985, **DSF** (IUT recommendation G.653), este relocaliza la mínima dispersión cromática de longitud de onda desde 1310 a 1550 nm. Este alinea la región de la dispersión mínima cromática con la región mínima de pérdida óptica mostrada en la **figura 19**. La armonía entre baja dispersión del DSF, su bajo costo, y las propiedades de amplificación de fibra óptica dopada con Erblio (EDFA's), en la tercera ventana de longitud de onda nos da la impresión que DSF fue la fibra ideal para los sistemas de transmisión de 1550 nm.

3.6 1550 nm Fibra Óptica con Pérdidas Mínimas (1550-nm Loss-Minimized Fiber).

Es una especial de tipo **USF** que tiene muy bajas pérdidas (típicamente menos que 0.18 dB/Km.) en la ventana de 1550 nm la fibra presenta pérdidas mínimas, esto debido a: Usando Si puro en los núcleos de la fibra y empleando un buen dopaje, y Manteniendo un alto corte en la longitud de onda para reducir la sensibilidad de la fibra.

3.7 Fibra con Dispersión sin Cero (NonZero-Dispersion Fiber)

En 1993, **Lucent Technologies** comenzó la producción comercial de un nuevo tipo de fibra óptica: -True Wave Fiber-. Específicamente diseñada para el uso de las últimas generaciones de sistemas amplificados. Este tipo de fibra el cual fue patentado, ha sido estandarizado por la Asociación de la

Industria de Telecomunicaciones. NZDF tiene una mínima y una máxima cantidad de dispersión cromática especificada sobre una porción de la tercera ventana de longitud de onda. **NZDF** es usado extensamente en largas redes submarinas y terrestres.

Fibra Óptica

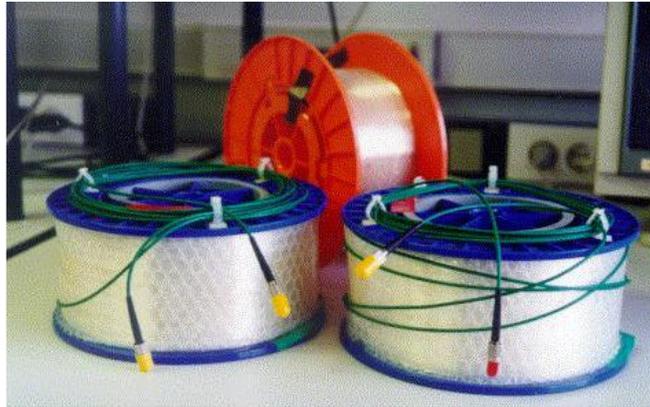


Figura 27. Fibra Óptica Monomodo.

Las **fibras ópticas** son totalmente inadecuadas en su estado bruto, después del proceso de fabricación, para su tendido por las canalizaciones de la compañía telefónica; más bien tienen que fabricarse fibras ópticas de forma similar a como se fabrican las líneas de cobre y las guías de ondas, que en sus propiedades mecánicas son comparables a los cables metálicos. Para alcanzar este objetivo tendrían que aumentarse por una parte la resistencia a la tracción de las fibras ópticas y por otra parte impulsarse su facilidad de cableado. La resistencia a la tracción de una fibra óptica que se ha estirado recientemente decrece rápidamente debido a microfisuras y a la influencia de la humedad. Se originan diminutos daños microscópicos sobre el revestimiento que penetran lentamente en el interior y disminuyen continuamente la tenacidad; para evitarlo y en conexión con el proceso de estirado se deposita directamente sobre la cubierta de la fibra una capa protectora de una resina orgánica, por ejemplo, un hidrocarburo sustituido de flúor como el teflón. Se dice que una **fibra es monomodo** cuando cumple ciertas condiciones. Actualmente, lo que significa es que la fibra trabaja con un solo modo, y no tiene ningún modo que dependa de su forma o del material. Las condiciones se establecen en una ecuación de la forma:

$$2\pi a / \lambda < 2.41 \sqrt{n^2 - n_c^2} = \text{monomodo}$$

Donde:

a: radio del núcleo.

λ : la longitud de onda.

n: índice de refracción del núcleo.

$D n$: diferencia entre los índices de refracción del núcleo y la cubierta.

La ecuación puede manipularse para encontrar el tamaño permitido del núcleo para un formato y tipo de cubierta si se conocen los índices de refracción del núcleo y la cubierta. Esto, equivale a decir que en monomodo se considera que solamente se transmite una frecuencia e luz.

Se dice que una **fibra** óptica es **multimodo**, si bien el diámetro del núcleo o los índices de refracción del núcleo y de la cubierta son mayores que los límites establecidos por la ecuación expresada anteriormente, para operación en monomodo. Cuando se trabaja en multimodo habrá muchos rayos de luz diferentes, cada uno de ellos viajando con un ángulo e reflexión distinto, pero siempre menores que el ángulo crítico, viajando a lo largo del núcleo. En la ecuación anterior se supone que los índices de refracción del núcleo y la cubierta son uniformes y que el cambio del índice de refracción de la frontera de ambos es abrupto. Es posible tener un material de tipo gradual de manera que haya un cambio gradual en el índice de refracción desde el centro hacia el exterior. Esto disminuye la dispersión modal a lo largo de las fibras de luz multimodo.

Los términos monomodo y multimodo poseen un significado importante con respecto a la transmisión de la luz a través de la fibra óptica. Se ha apuntado que, si la fibra óptica tiene un diámetro muy pequeño el orden de las millonésimas de metro, y que en ciertas condiciones pueden implicar la utilización de un material u otro para el núcleo y la cubierta, los rayos de luz seguirán prácticamente el mismo camino a lo largo del núcleo, desde un extremo de la fibra al otro. Esta es la llamada transmisión monomodo. En ella no es necesario mantener la polarización de entrada, pero sí es posible hacer que esta polarización permanezca constante durante la transmisión a través de la fibra, si la fibra es "deformada" adecuadamente durante su fabricación. Es decir, el núcleo de la fibra se fabrica de forma que no provoque un gran cambio de la polarización de la luz durante la transmisión. Una fibra óptica multimodo tiene un núcleo mayor y los rayos de luz viajarán siguiendo muchos caminos diferentes entre la entrada y la a salida, dependiendo de sus frecuencias, de sus longitudes de onda y del ángulo de inserción.

Existen dos tipos de fibras, de índice abrupto, que significa un cambio abrupto en el índice de refracción del núcleo y la cubierta de la fibra. El otro tipo es de índice gradual, que expresa un cambio gradual en el índice de refracción del núcleo que se consigue modificando el material que forma el núcleo de una manera gradual, desde el centro del mismo hasta su frontera con la cubierta.

Fibra Óptica

Se ha descubierto que, con un **índice de refracción gradual** en el material de la fibra, podría conseguirse una especie de transmisión monomodo. De esta manera, se conserva el formato de los impulsos, su número y la información se transmite fielmente, ya que la señal se propaga uniformemente a lo largo de la fibra, teniendo pérdidas, pero es posible que no exista una importante distorsión del impulso. Pero si se trata de una fibra que opera en multimodo, al ser alta la frecuencia de entrada, entonces se puede obtener algunos elementos de la señal, tales como los de frecuencia, viajando por la fibra a una velocidad superior a otros elementos, y lo que aparecerá será un problema de distorsión por dispersión. (Capmany José, Ortega Beatriz, Redes Ópticas, Ed. LIMUSA, 2007)

3.8 Atenuación en Fibra Óptica.

La figura 28 muestra el espectro de la curva de atenuación de una típica fibra óptica hecha de silicio. La curva tiene tres características principales. Una gran tendencia de atenuarse conforme se incrementa la longitud de onda (Dispersión Rayleigh), Atenuación en los picos de absorción asociados con el ión hidroxyl (OH⁻).

Una tendencia por la atenuación para incrementar las longitudes de onda por arriba de los 1.6 μm , debidas a las pérdidas inducidas por la absorción del silicio.

Nuevos sistemas de transmisión usan fibras multimodo, operadas en la primera ventana de longitud de onda cercana a las .85 μm , mostrado en la figura 25, y después en la segunda ventana cerca de 1.3 μm . Una fibra de modo simple primeramente opera en la segunda ventana, donde la atenuación de la fibra es típicamente menor que 0.35 dB/Km. Sin embargo, la región de menos pérdida (típicamente pérdidas cercanas a las 0.20 dB/Km.) permanece en una longitud de onda amplia y los láseres y receptores operan en esa ventana cercanos a 1.55 μm , estos llegaron a ser disponibles a finales de los 80's.

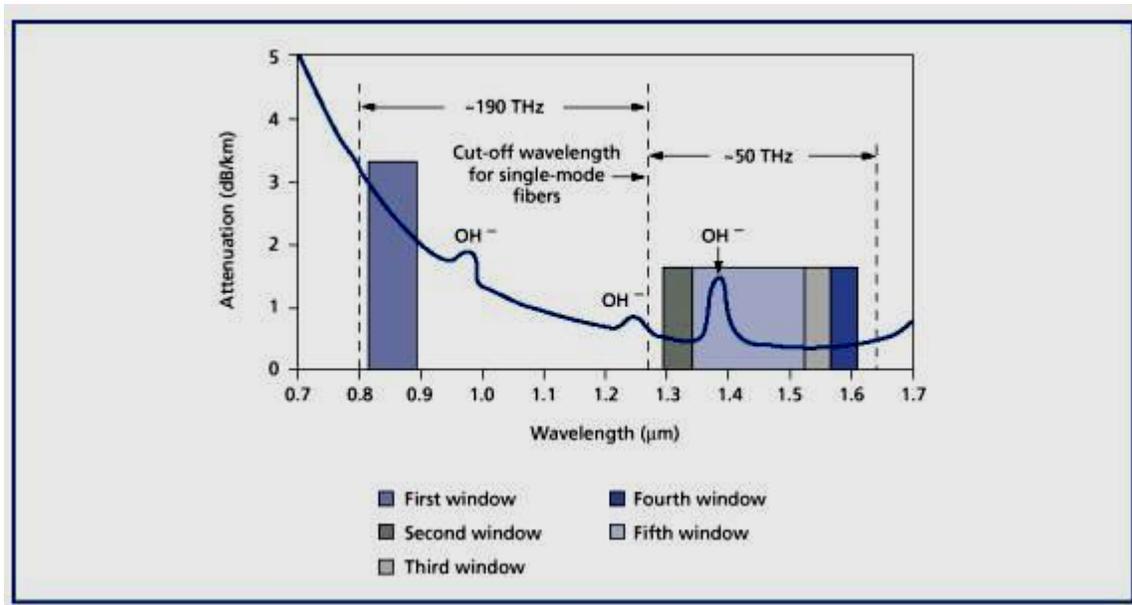
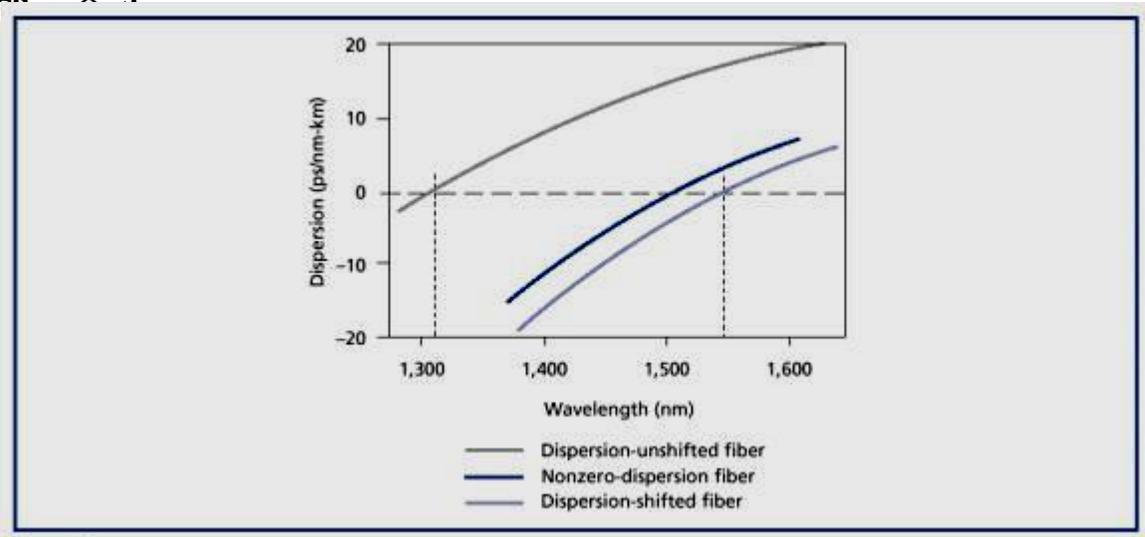


Figura 28. Atenuación de una Típica Fibra Óptica Hecha de silicio

La dispersión cromática describe la tendencia para diferentes longitudes de onda que viajan a diferentes velocidades en una fibra. En longitudes onda donde la dispersión cromática es alta, los pulsos ópticos tienden a expandirse en el tiempo y provocar interferencia, lo cual puede producir una inaceptable velocidad del bit, la figura 26 muestra como la dispersión cromática cambia con la longitud de onda para tres diferentes tipos de fibra. La dispersión cromática de una fibra consiste de dos componentes Material y Guía de Onda como se muestra en la figura 25, el componente material depende de las características de dispersión de los dopantes y del silicio de construcción. Estos materiales no ofrecen mucha flexibilidad a ajustes significantes en la dispersión de la fibra, así que ese esfuerzo se ha enfocado en alterar la dispersión de guías de ondas de las fibras ópticas.



(<http://200.27.147.163/planta/menu/fibra.htm>)

Figura 29. Grafica de Dispersión Cromática contra Longitud de Onda

3.2 Protección de redes ópticas

Las modernas redes de telecomunicación deben de proporcionar capacidad y ancho de banda suficiente para soportar el tráfico, pero además deben de tener la capacidad de protegerse y recuperarse de forma eficiente frente a la aparición de fallos. A mayor cantidad de tráfico transportado, más importante es el efecto causado por un fallo en la red.

La supervivencia en la red se consigue gracias a la denominada, conmutación de protección (Protection Switching) que consiste en proporcionar una determinada capacidad redundante dentro de la red y encaminar automáticamente el tráfico a través de dicho recurso reservado en el caso en el que se produzca un fallo.

Los mecanismos más frecuentes que provocan los fallos en una red son:

- Errores humanos (Es la fuente que produce la mayoría de los casos de error)
- Cortes en cables de fibras instalados en Tierra al abrir zanjas.
- Operarios que deshacen una conexión por error cuando tiene que deshacer otra.
- Activación errónea de conmutadores en la red
- Fallas en componentes activos tales como Transmisores y Receptores.
- Fallos producidos en los controladores de dispositivos.

- Fallo en los nodos (Generalmente originados por desastres de tipo catastróficos). (Capmany José, Ortega Beatriz, Redes Ópticas, Ed. LIMUSA,2007)

3.2.1 Elementos Principales Sobre la Protección de redes

Se debe distinguir entre caminos de trabajo y caminos de protección. Los primeros son los que transportan el tráfico de la red en condiciones normales. Los segundos proporciona una ruta alternativa al tráfico de la red en caso de fallo.

Los esquemas y técnica de protección pueden clasificarse atendiendo diferentes criterios. Uno de ellos hace referencia al hecho de que cada conexión de trabajo tenga asignada su propia capacidad alternativa en la red en caso de fallo o no. En el primer caso hablamos de protección dedicada, mientras que el segundo se conoce como protección compartida. Los sistemas que funcionan mediante protección compartida se basan en el hecho de que no todas las conexiones en la red fallan al mismo tiempo. De esta forma y mediante un adecuado diseño de la red, es posible hacer que múltiples conexiones de trabajo compartan entre ellas una misma anchura de banda de protección. Otra ventaja adicional de la protección compartida es que el ancho de banda de protección puede emplearse para transportar tráfico de baja prioridad en caso de funcionamiento normal de la red y en caso de fallo, se cortaría y se activaría dicho ancho de banda para protección.

Otro criterio de clasificación distingue entre esquemas de protección reversible y no reversible. En el primer caso una vez que el camino de trabajo se repara el tráfico se encamina a el camino de protección se conmuta de nuevo al de trabajo de forma automática. En los esquemas no reversibles el tráfico no vuelve al camino de trabajo automáticamente y ha de conmutarse de forma manual. Los esquemas de protección dedicada pueden ser reversibles o no. En cambio, los esquemas de protección compartida deben de ser necesariamente reversibles ya que al compartirse el recurso de ancho de banda de protección entre varios caminos de trabajo a de liberarse el recurso de protección una vez reparado el fallo, para que pueda soportar otros posibles fallos que se produzcan en el resto de conexiones.

También puede distinguirse entre conmutación de protección unidireccional y bidireccional.

En una red con conmutación de protección unidireccional, la protección frente a un fallo en una dirección de transmisión se realiza de forma independiente a la otra dirección de transmisión. En el caso de conmutación de protección bidireccional, ambas direcciones de transmisión se conmutan a las fibras de trabajo en caso de

Fibra Óptica

fallo en alguna de las de trabajo. (Caballero José, REDES DE BANDA ANCHA, Ed. Alfaomega, 2000)

La conmutación de protección unidireccional se emplea junto con la protección dedicada ya que puede implementarse de forma muy sencilla y rápida por el receptor del nodo afectado por un fallo o corte sin necesidad de avisar mediante señalización al transmisor del nodo origen.

En el caso de la conmutación de la protección bidireccional, sí que es necesario que exista una notificación por parte del receptor al transmisor de que hay un fallo, ya que en ambos sentidos de transmisión han de conmutarse a las fibras de protección. Para ello se emplea el denominado protocolo de conmutación de protección automática o APS, por sus siglas en ingles Automatic Protection Switching Protocol.

También pueden clasificarse los esquemas de protección en función de cómo y así donde se encaminan el tráfico en caso de fallo. Podemos entonces distinguir entre las siguientes alternativas:

- Conmutación de camino (PADH SWITCHING O PAD PROTECTION) el restablecimiento del tráfico se lleva a cabo por los nodos fuente y destino de cada entidad (Trama, paquete o ristra de bit o byte) transmitida. Pueden implementarse en forma uno más uno o 1:N, la solución uno más uno es ineficiente pues consume el doble de ancho de banda innecesario. 1:N. Es más eficiente por razones obvias.
- Conmutación de enlace (Span Switching) si la fibra entre dos nodos se corta, el tráfico se conmuta a otra fibra que conecta a ambos nodos.
- Conmutación de anillo (Ring swtching) El trafico se conmuta hacia otra ruta en anillo que conecta a los nodos adyacentes al enlace donde se produce el fallo a lo largo de la red que contiene a los nodos del enlace caído como fuente y destino. (Capmany José, Ortega Beatriz, Redes Ópticas, Ed. LIMUSA,2007)

CAPITULO 4

CREACIÓN DEL ENLACE

4.1 RESUMEN HISTORICO DEL PROVEEDOR AXTEL

El Proveedor es una compañía relativamente Joven que tiene grandes valores, como lo son la simplicidad en el estilo de vida, así como tener excelencia como un estándar con la colaboración de todos sus empleados para que les de Fortaleza para revolucionar con agilidad y esto sea una ventaja y un compromiso. Tiene la misión de ser líderes en la transformación hacia una sociedad de información, proporcionando las mejores soluciones integrales de comunicación.

4.1.1 Historia

Históricamente inicia en Julio de 1994 donde Constituimos la sociedad “Telefonía Inalámbrica del Norte, S.A. de C.V.”, ahora “AXTEL, S.A. de C.V.” y en Agosto / Presentamos nuestra Solicitud de Concesión de una Red Pública de Telecomunicaciones para prestar servicio telefónico

1996 junio / Recibimos la concesión de una Red Pública de Telecomunicaciones para operar servicios de telefonía local, de larga distancia nacional e internacional y de servicios de valor agregado. Esta concesión nos convirtió en la primera alternativa real de telecomunicaciones en México

1997 Ganamos las subastas del espectro radioeléctrico en los siguientes bloques:

Punto a Punto:

100 MHz de ancho de banda en la frecuencia de 23 GHz

112 MHz de ancho de banda en la frecuencia de 15 GHz

Punto a Multipunto:

60 MHz de ancho de banda en la frecuencia de 10.5 GHz

La obtención de estos bloques nos autorizó para ofrecer nuestros

servicios de telefonía a nivel nacional

1998 mayo / Ganamos la subasta en los bloques "B" y "F" para ofrecer el servicio de telefonía inalámbrica fija. 50 MHz de ancho de banda en la frecuencia de 3.4 GHz. Con esta concesión, que nos autoriza a ofrecer nuestros servicios de telefonía a nivel nacional, nos convertimos en una de las empresas con más recursos de espectro radioeléctrico en el mercado mexicano

1999 Enero / Lanzamos nuestro nombre comercial
Febrero / Firmamos un contrato con Nortel Networks por 455 millones de dólares. Con este contrato, se convierte en nuestro proveedor de tecnología de telecomunicaciones y responsable de la construcción de nuestra red de telefonía inalámbrica fija, la más grande del mundo

Marzo / Firmamos un contrato de interconexión con Telmex mediante el cual garantizamos el tráfico de llamadas entre ambas redes

Junio / Iniciamos operaciones en el área metropolitana de Monterrey

2000 Febrero / Iniciamos operaciones en el área metropolitana de Guadalajara

Mayo / El Presidente de México inaugura oficialmente AXTEL a nivel nacional. Iniciamos operaciones en el área metropolitana de México

Junio / Comenzamos a ofrecer el servicio de Internet

2001 enero / Iniciamos operaciones en León, Puebla y Toluca

2003 diciembre / AXTEL emite bonos de deuda por 175 millones de dólares en el mercado global

2004 Julio / Iniciamos operaciones en Querétaro y San Luis Potosí

Septiembre / Iniciamos operaciones en Aguascalientes

Octubre / Iniciamos operaciones en Saltillo y Ciudad Juárez

Noviembre / Iniciamos operaciones en Tijuana

2005 diciembre / AXTEL cotiza en la Bolsa Mexicana de Valores

2006 Enero / Iniciamos operaciones en La Laguna y Veracruz

Marzo / Iniciamos operaciones en Chihuahua

Mayo / Iniciamos operaciones en Celaya

Agosto / Iniciamos operaciones en Irapuato

Creación del Enlace

Diciembre / Adquirimos Avantel

2007 Marzo / Iniciamos operaciones en Tampico y Cuernavaca

Mayo / Iniciamos operaciones en Morelia

Junio / Iniciamos operaciones en Mérida

Julio / Iniciamos operaciones en Xalapa

Agosto / Iniciamos operaciones en Hermosillo

Octubre / Iniciamos operaciones en San Juan del Río, Ciudad Victoria y Reynosa

Noviembre / Iniciamos operaciones en Pachuca

2008 junio / Iniciamos operaciones en Matamoros, Nuevo Laredo, Culiacán, Mazatlán, Coahuila y Minatitlán

Noviembre / Iniciamos operaciones en Acapulco, Cancún, Durango,

México, Mexicali, Villahermosa y Zacatecas

AXTEL es la segunda compañía más grande de servicios integrados de telefonía fija en México y uno de los principales operadores de redes privadas virtuales en el país. AXTEL presta servicios integrales de telecomunicaciones a todos los sectores, desde el residencial y de pequeñas y medianas empresas hasta el de grandes corporativos, instituciones financieras y entidades gubernamentales.

AXTEL aporta a México infraestructura básica de telecomunicaciones formada por una red de clase mundial que integra distintas tecnologías de acceso, como enlaces punto a punto, punto a multipunto y fibra óptica para ofrecer una amplia cartera de servicios diseñados de acuerdo a las necesidades de sus clientes, a su tamaño y giro de negocios.

Los servicios de AXTEL incluyen telefonía inalámbrica fija, larga distancia nacional e internacional, así como soluciones avanzadas para la transmisión de voz y datos, web hosting, seguridad de la información, redes privadas virtuales (VPNs por sus siglas en inglés) y una completa gama de servicios de internet, entre otros. Sus soluciones de valor agregado sobre tecnología IP hacen posible la convergencia de servicios, como voz, datos e imágenes.

4.1.2 Tecnología

AXTEL cuenta con los recursos tecnológicos más avanzados del mercado para proveer las mejores soluciones de comunicación. Las tecnologías de acceso que

emplea son: cable de fibra óptica, acceso inalámbrico fijo, radio punto a punto, radio punto a multipunto y tecnología de cobre.

4.1.2.1 Cable de fibra óptica

Para clientes que requieren transporte de alta capacidad y una conexión directa a la red, AXTEL ofrece el cable de fibra óptica Allwave de Lucent Technologies. Las ventajas de esta tecnología incluyen las siguientes:

- Mayor calidad y confiabilidad en la transmisión digital de voz y datos.
- Utiliza tecnología avanzada de SDH (Synchronous Digital Hierarchy = Jerarquía Digital Sincrónica) para transmitir información, que es más rápida y menos cara que la tradicional PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy = Jerarquía Digital Plesiócrona).
- Maneja un gran ancho de banda (1 a 1,008 E1s).
- Ofrece mayores distancias de transmisión.
- Permite configuraciones redundantes de anillos, lo cual incrementa aún más la confiabilidad de los servicios.
- Mayor durabilidad de la red, ya que las pérdidas de enlaces son identificadas con prontitud y se vuelven a enrutar en forma imperceptible.

4.1.2.2 Acceso Inalámbrico Fijo

Es una solución idónea para clientes residenciales y negocios pequeños. Este acceso se realiza utilizando 50 MHz de espectro dentro de la banda de 3.4 GHz a nivel nacional. Cabe señalar que este acceso permite la provisión del servicio de telefonía local, de larga distancia, internet y servicios de valor agregado. No es telefonía celular.

Ventajas del acceso inalámbrico fijo:

- Servicios de transmisión completa - - voz, datos e internet.
 - Soluciones AXTEL (servicios de valor agregado) - que incluyen identificador de llamadas, llamada en espera, desvío de llamadas, conferencia tripartita, correo de voz y control de llamadas.
- Seguridad.
- Flexibilidad.
- Instalación rápida.
- Compatibilidad total.
- Confiabilidad.
- Calidad.
- Costos de mantenimiento más bajos.
- Despliegue más rápido de red.
- Cobertura en zonas donde resulta difícil el acceso con redes

Creación del Enlace

alámbricas.

- Impacto mínimo sobre el medio ambiente.

4.1.2.3 Radio punto a multipunto

Para los clientes que requieren capacidad media para servicios de voz y datos, AXTEL cuenta con tecnología punto a multipunto para satisfacer sus necesidades de comunicación. Para esta tecnología, AXTEL dispone de 60 MHz de espectro, con cobertura a nivel nacional, dentro de la banda de 10 GHz. Las ventajas del radio punto a multipunto incluyen:

- Calidad y claridad de la transmisión.
- Servicios dedicados de datos (n x 64).
- Seguridad.
- Despliegue rápido de líneas múltiples de acuerdo con las necesidades del cliente.
- Confiabilidad.
- Bajos costos de mantenimiento.
- Amplio alcance geográfico.
- Impacto mínimo sobre el ambiente.

4.1.2.4 Radio punto a punto

AXTEL utiliza esta tecnología digital para satisfacer los requerimientos de comunicación de los clientes que requieren servicios de alta capacidad y cobertura amplia. Para los enlaces punto a punto a nivel nacional, AXTEL cuenta con 100 MHz de espectro dentro de la banda de 23 GHz y 128 MHz de espectro dentro de la banda de 15 GHz. Las ventajas del radio punto a punto incluyen:

- Servicios completos de transmisión: voz, datos e internet.
- Seguridad total en las llamadas.
- Rápido despliegue de las capacidades de E1.
- Es útil como tecnología de acceso y transporte.
- Alta confiabilidad en la transmisión de voz y datos.
- Mayor claridad en la transmisión de voz.
- Bajos costos de mantenimiento.
- Amplio alcance geográfico.
- Impacto mínimo sobre el ambiente.

4.2 Historia del Cliente

El cliente se llama Cablecom la cual es una empresa de experiencia la cual va a la vanguardia con la tecnología que se va desarrollando, ofreciendo e innovando en sus servicios que ofrece servicios de Telefonía, Internet y Televisión ya se de forma individual o en paquete.

Cablecom es una empresa líder en el mercado de las telecomunicaciones, transmite a los hogares mexicanos la mejor programación, de los canales más reconocidos a nivel mundial, por medio de sus sistemas de televisión por cable. Actualmente Cablecom alcanza más de 3, 000,000 de cables videntes, ubicados en más de 100 poblaciones en la república mexicana.

Su presencia se encuentra en 16 estados de la república ofreciendo la diversidad de sus paquetes.

4.3 Método Propuesto.

Para realizar cualquier enlace se deben de tener algunas consideraciones como utilizar la mejor tecnología en cuanto a calidad en el servicio y a costos bajos nos referimos, esto para que sea rentable tanto para nosotros como proveedores y así poder ofrecer una mejor opción tanto de calidad como de precio, aun que para nosotros este último punto no nos es de suma importancia como el primero.

Regularmente para un servicio con este tipo de ancho de banda se emplearía un enlace usando microonda, debido a que no es una ciudad con cobertura de servicios y no se cuenta con torre para poder instalar esta tecnología de acceso, para este caso en especial por la facilidad de que ya se cuenta con un enlace de FO que el cliente construyo de su sitio hasta nuestro Shelter, ya que se considera bastante corta la distancian ya que los dos sitios se encuentran en la ciudad de Tulancingo con una separación aproximada de 2.12km de sitio a sitio (Ver Figura 27), lo que no facilita entregarle el servicio, ya que no se tiene que invertir tiempo en la cotización de la última milla más aun con esto se debe de validar tanto equipos y puertos disponibles para crear la ruta para el transporte, por lo que

Creación del Enlace

interviene diversas áreas de diversas ciudades para asegurar que se tenga la factibilidad de entregar el servicio.

Para esto se realizan algunos análisis y de los equipos de las ciudades por los cuales se haría llegar el servicio hasta el cliente, así como también se realiza la cotización de lo que se ocupe independientemente de que ya exista la tarjeta en el equipo y si no existiera también se contempla el tiempo de instalación.

Posterior a eso se realiza un circuito virtual por así decirlo de la trayectoria que seguirá el servicio se validan los puertos disponibles de equipos en los puntos de interconexión, para este caso en particular se validaron tanto en México como en Pachuca y Tulancingo de los puertos disponibles, ya que son los puntos donde se encuentran interconectados mediante un anillo de Fibra Óptica

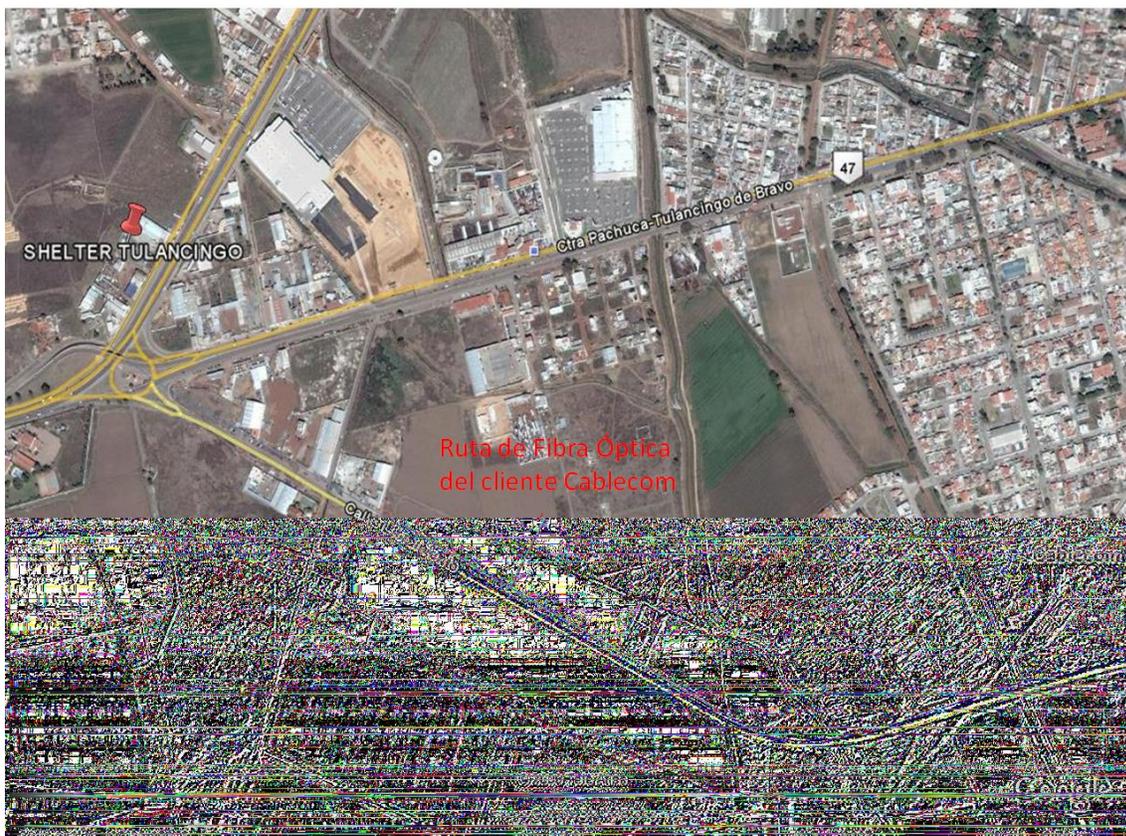


Figura 30. Muestra la trayectoria del cableado de fibra óptica del sitio del cliente al proveedor

4.4 Elementos para el enlace mediante Fibra Óptica

Para poder entregar el servicio como en todo sistema de comunicación se requiere de un transmisor, el medio y el receptor; aunado a esto también ocuparemos otros elementos por las características del medio y de los equipos que se utilizan.

Como ya se menciona anteriormente y una vez validados los equipos, en los equipos de Pachuca solo se reserva el puerto ya que no requiere de alguna modificación u/o implementación, en Tulancingo si se necesita la implementación de una tarjeta para E3 en el equipo Marconi, como la interfaz de esta tarjeta viene en 75 ohms también se requiere la implementación de cableado microcoaxial para poder realizar nuestro primer enlace de nuestros equipos hacia los equipos del cliente, este cableado llega a un convertidor de medios que tiene la función de transformar la señal eléctrica en óptica ya que como lo mencionamos el cliente cuenta con Fibra Óptica con la que accesa a nuestros Shelter.

Debido a las normas y protocolos de la empresa con la que entregamos el servicio los equipos que pertenecen a cliente van alojados en una co-ubicación designada para ello, por lo que este último equipo (Convertidor de Medios) se instalo en la co-ubicación de clientes y de ahí que se realizo un cableado de Fibra Óptica hasta las puntas del cliente que se encuentran en el Shelter principal.

Unas de las puntas del cliente llegan hasta su sitio y ya en el sitio del cliente se requiere nuevamente otro convertidor para regresar la señal óptica en señal eléctrica y así entregar el servicio en un Router para su administración, pero esta parte nosotros ya no la vemos debido a que nuestra limitación solo está en dejarle el servicio al cliente e implementar dentro de nuestros Shelter.

4.5 Equipos usados en el enlace.

Al hablar de equipo usado no solo nos referimos a los elementos que componen el sistema de comunicación si no también a los equipos que se utilizan para asegurar y garantizar la calidad del servicio no sin menos preciar toda la herramienta que es necesaria y de suma importancia, pero esta no la mencionamos ya que se tienen diversas marcas y modelos los cuales no se requiere tener seguir un estándar de herramienta a utilizar para la implementación.

Dentro de los diversos equipos que se los que mencionamos en este apartado son los utilizados para valorar la medición del servicio con esto nos referimos a verificar el ancho de banda, y también ocupamos otros con los que se validara el medio o enlace.

Como ya lo mencionamos anteriormente nos enfocamos solo en la parte que se realizo alguna implementación sin mencionar los equipos que intervienen en todo el enlace como la reservación de puertos de Pachuca y México.

Creación del Enlace

El elemento transmisor que se utiliza para entregar el servicio es un Marconi HS83 en cual se instalo una tarjeta para servicios de E3 con interfaz de 75 ohms, por lo cual también fue necesario la implementación de el respectivo cableado de micro coaxial, por las trayectorias tan variables no se cuenta con cables armados, por lo que se realizo el armado del cable con los conectores bnc machos.

Un convertidor de medios también es utilizado, pero este lo proporciono el cliente, por lo cual se instalo en su co-ubicación correspondiente, y a su vez esto ocasionó el implementar un cableado de FO de la co-ubicación al Shelter donde se tiene las puntas que viene del Sitio del cliente.

El elemento Receptor para este enlace son las puntas de FO del cliente, mas cabe mencionar que el receptor fino es un router que se encuentra en el Site del cliente.

4.6 Elaboración del Cableado

Como ya se menciona anteriormente se elaboraron los cableados para tener la medida exacta de acuerdo a su trayectoria para cada cable Coaxial y Fibra Óptica.

4.6.1 Cableado Micro coaxial

Para la realización de este cableado se utilizaron 10 metros de cable micro coaxial, cabe mencionar que este cableado ya se tenía elaborado, debido a que en un extremo que llega a conectarse con la tarjeta que se inserto en el equipo Marconi viene con conectores RP-SMA Macho y del otra extremo con conectores BNC- RG58 (Ver Figura 18)que se conectan a un DSX con puertos disponibles ubicado dentro del Shelter Axtel, a partir del DSX se conectaría otro cableado para alimentar el convertidor opto-electronico. Cabe mencionar que de todos estos puntos de interconexiones se modelan dentro de un sistema exclusivo para eso y que se queda referenciado para solucionar posibles fallas.



Figura 31. Conector BNC-RG58 para Cable Micro coaxial.



Figura 32. Cable armado con conectores BNC-RG58 Macho y RP-SMA Macho

Para este segundo cableado micro coaxial se utilizaron 28 metros, ya que como va conectado de un extremo al DSX antes mencionado y del otro extremo va al

Creación del Enlace

convertidor opto electrónico que se encuentra dentro de la co ubicación de clientes.

4.6.2 Cableado de la Fibra Óptica

Para el cableado de la Fibra Óptica se utilizó la misma trayectoria, pero con una longitud de Fibra Óptica menor, ya que el equipo de distribución de Fibra Óptica se encuentra más cerca de los ductos preparados para este tipo de implementaciones, por lo que de Fibra óptica solo se utilizaron 20 metros más sus Jumper de Fibra óptica.

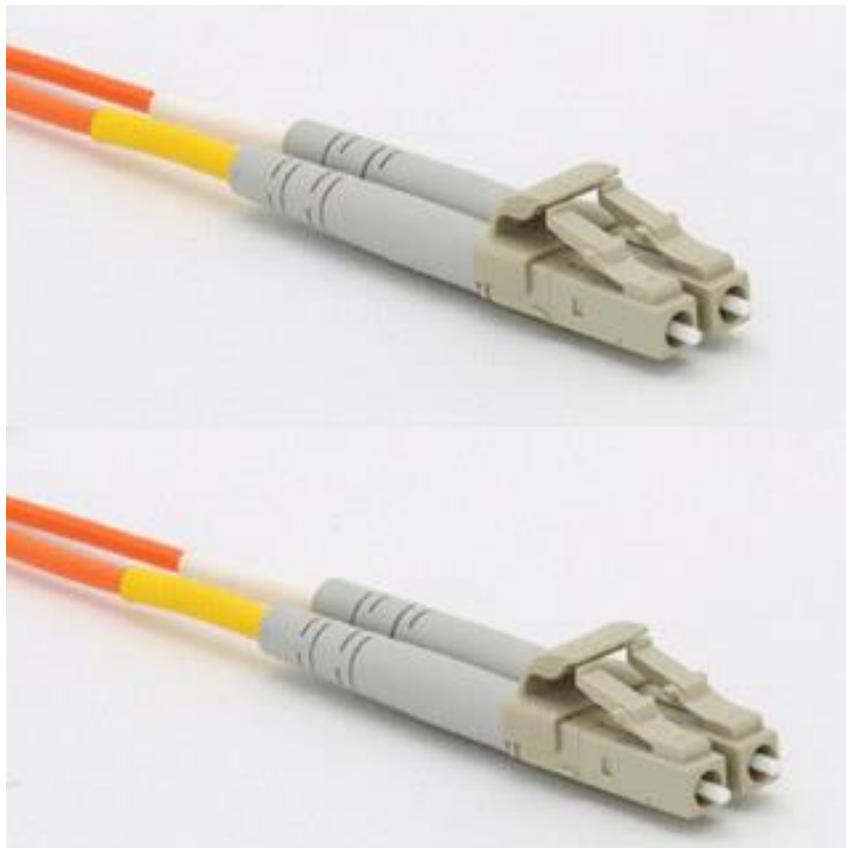


Figura 33. . Jumper de Fibra Óptica 1

Una vez teniendo el material necesario se procedió empalmar por fusión el cable de Fibra Óptica para de un extremo conectarlo al distribuidor de Fibra Óptica que se encuentra dentro del Shelter Axtel y el otro extremo conectarlo al convertidor opto electrónico que se encuentra en la co ubicación de clientes.

4.6.2.1 Descripción del Empalme por Fusión

Una vez teniendo listo el cable en la trayectoria propuesta se procede a empalmar el cable de Fibra con los Jumper para así tener listo nuestro circuito.

Primeramente se limpia el forro que tiene el cable ya que los Jumper no lo traen y posterior a eso se utiliza una pinza especial, dejando solo la fibra de unos 5 o 6 cm sin recubrimiento (Ver Figura 30), posteriormente se limpia ya sea con una toallita que ya viene húmeda con alcohol o bien se puede usar un paño y humedecerlo con alcohol izo propílico (ver Figura 31), una vez hecho esto se procede a realizar el corte utilizando la cortadora que viene junto con la empalmadora de fusión, esto para que se tenga un corte exacto y pueda tener una fusión correcta y no haya atenuación por el empalme realizado, todo esto se verifica al realizar el empalme ya que al colocar las Fibras a fusionar el display de la empalmadora muestra tanto el corte de cada una de las Fibras como las impurezas que estas tengan, posterior a la fusión muestra como queda el empalme de las fibras y su índice de atenuación. Cabe mencionar que por estándar de Axtel para garantizar el servicio no debe tener una atenuación mayor a 0.03dB por empalme.



Figura 34. Fibra Óptica sin forro 1

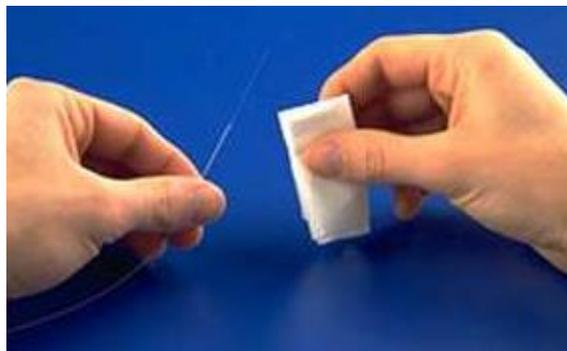


Figura 35. Limpieza de Fibra Óptica 1

Creación del Enlace

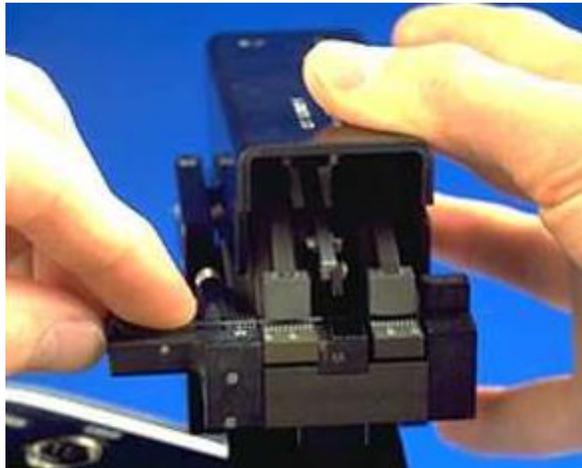


Figura 36. Utilización de Cortadora de Fibra Óptica

4.7 Equipos usados para Pruebas

Como ya se menciona anteriormente, para la realización del enlace también se utilizaron equipos de medición, los cuales son de suma importancia, ya que en ellos se confía para tener una eficiencia en el servicio, ya que si por alguna razón no se utilizaran podrían existir fallas importantes que no se podrían detectar a tiempo para su corrección preventiva sino más bien sería una reparación correctiva.

A continuación, se mencionan los equipos y su aplicación dentro de la realización del enlace.

4.7.1 Equipo Acterna

Este equipo se utiliza para probar los enlaces de ultima milla o todo el canal con un ancho de banda no mayor a 2048 Kbps, lo cual mide tu tasa de transferencia, el tipo de trama y el ancho del canal, se puede medir todo el canal o solo la fracción al que se requiere configurar, normalmente se realiza la prueba para todo el ancho de banda aun cuando el cliente solo requiere una fracción de dicho canal, así se garantiza el canal completo; pero en este enlace se utilizo básicamente para revisar y correr la prueba del cableado microcoaxial, ya que como este cableado se realiza de acuerdo a los requerimientos de las distancias de las trayectorias, no siempre se cuentan con los cableados acorde a las distancias, por lo que se requiere validar el correcto crispamiento de los

conectores. Esta prueba que se le realiza es por un periodo corto de tiempo con relación a la prueba del canal completo.

Cabe mencionar que inicialmente se le realiza una inspección física para validar que cumpla con la calidad necesaria y que se especifica en los mismos empaques de los conectores.

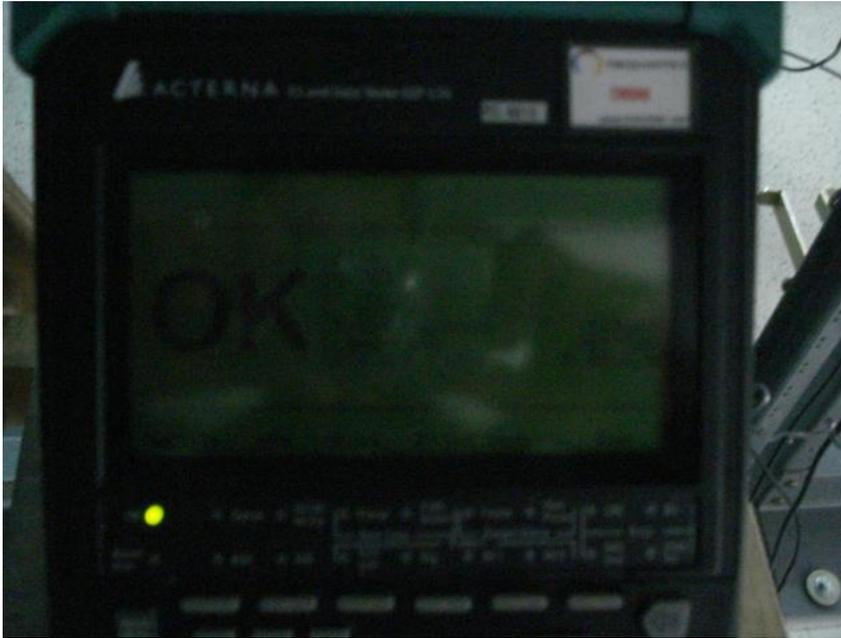


Figura 37. Equipo de Medición Acterna

4.5.2 Equipo HP para ANCHO DE BANDA

Este equipo al igual que el anterior se utiliza para probar los enlaces de última milla y de punta a punta, la diferencia con el anterior es que este equipo tiene una mayor capacidad para medir los anchos de banda que va hasta un STM64.

Creación del Enlace



Figura 38. Equipo De Medición HP.

4.8 Trayectorias de los cableados

Como ya se había mencionado anteriormente para el diseño se requieren de distintas áreas, dentro de ellas existe una en la cual se encarga de seleccionar y administrar los equipos, mas sin embargo nosotros elegimos la trayectoria para comunicar de equipo a equipo, mediante los conocimientos y normas adquiridas.

A continuación, se muestran imágenes de cómo queda la trayectoria tanto de la FO utilizada y el cable micro coaxial.

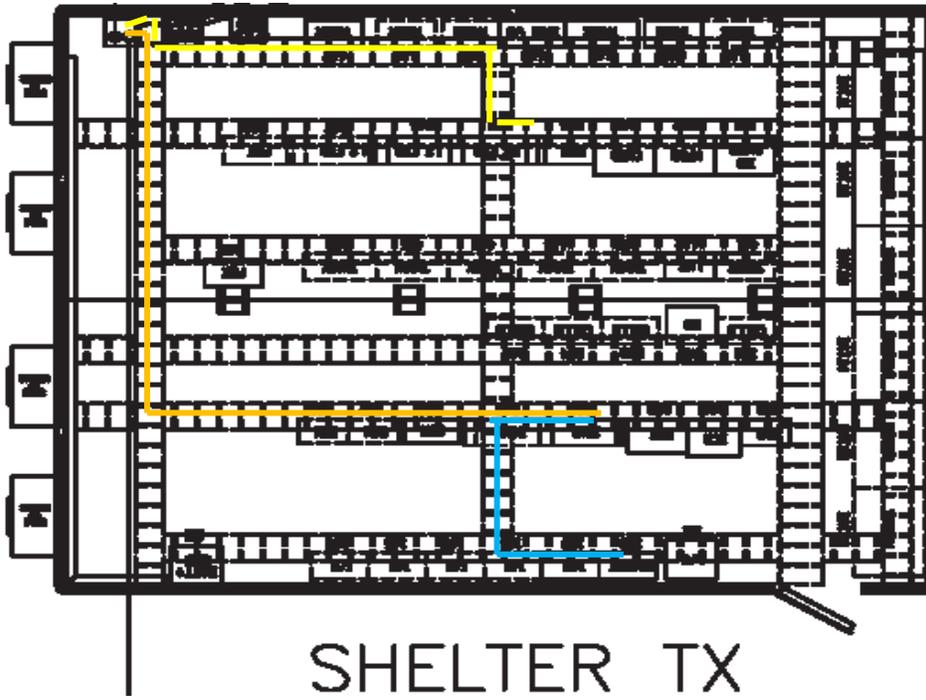


Figura 39. Trayectoria del cableado de Fibra Óptica y Microcoaxial dentro del Shelter.

Creación del Enlace

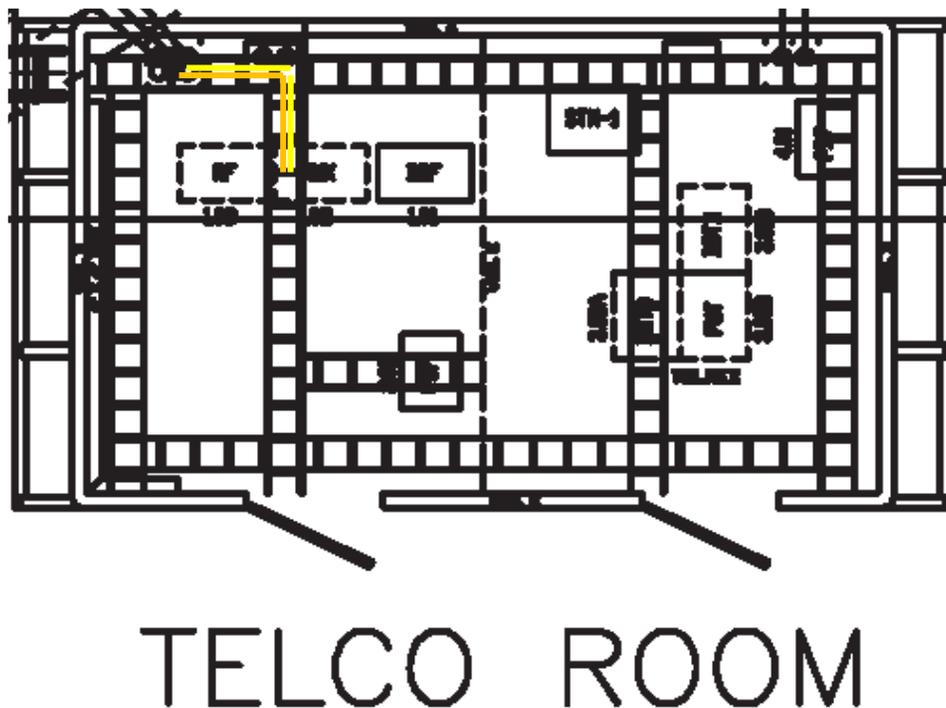


Figura 40. Trayectoria del Cableado dentro de la Co-ubicación para Clientes.

4.9 Pruebas Finales

Una vez teniendo listo el enlace con todos los elementos que con llevan e independiente del ancho de banda que haya solicitado el cliente se prueba todo el canal de acuerdo como lo marcan los estándares de la empresa realizando pruebas de por lo menos 24 hrs a lo largo del canal, estas pruebas se realizaron utilizando el equipo como lo muestra las Figuras



Figura 41. Muestra la Pantalla del Equipo al Término de la Prueba sin Errores.

Creación del Enlace

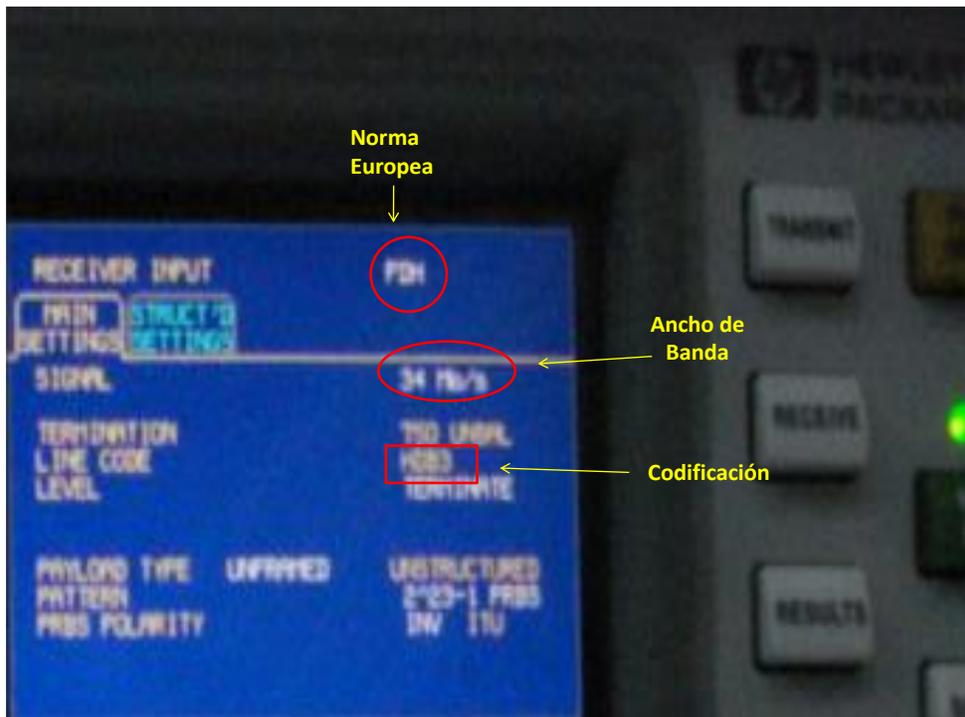


Figura 42. Muestra la Configuración del Equipo.

4.10 Aceptación del Servicio

Para la aceptación del servicio como tal es necesario que el cliente ya se encuentre con todo lo necesario para poder recibir el servicio, ya que, en muchas ocasiones, no se cuenta con el equipo necesario para que el cliente valide que realmente se le entrega el servicio solicitado.

Una vez que el cliente ya se encuentra listo para recibir el servicio y lo único que se asegura de que todo quede funcionando correctamente y no haya falla alguna ya sea de configuración en enlace o en alguno de los equipos de los cuales no se realiza laguna implementación física pero si lógica, se conectan de nuestro enlace a su equipo final de cliente, como en este caso nuestro receptor son las puntas del enlace del cliente, no tenemos problema alguno más sin embargo nos coordinamos con el cliente para validar el servicio directamente en el receptor final que es el router.

Una vez validado esto se procede a firmar un acta de aceptación del servicio la cual describe el tipo de enlace, el tiempo del a prueba, el ancho de banda del

Creación del Enlace

servicio, los datos de las dos puntas del enlace y un número de circuito de la implementación. También es importante mencionar que el enlace se encuentra monitoreado por un área de la empresa exclusiva para ello por lo que cualquier falla se detecte por una corte en el medio se intervendrá de inmediato, tratando de aislar la falla aunado a esto en la misma acta de Aceptación de servicio, viene un número telefónico para reportar cualquier anomalía del servicio.



ActaAceptacionServicio.pdf

Conclusiones

Este trabajo de implementación donde se realizó un enlace usando Fibra Óptica se puede decir que es una gran inversión no solo momentánea, ya que debido a las necesidades del mercado a las que está expuesto el cliente cuenta con la infraestructura para seguir creciendo con un mínimo de inversión, considerando que se obtienen todos los beneficios de la fibra óptica, ya que si en un momento se requiera un aumento en el ancho de banda ya no requiere instalarle un nuevo enlace, ya solo es cuestión de lo administre correctamente.

Se puede decir que la Implementación fue con éxito, ya que el cliente empieza a disfrutar y a comprobar del servicio al instante de ser entregado. Con esto se refuerzan los lazos de servicio y confianza para poder satisfacer no solo a un cliente sino a todo un país, avanzando y extendiendo la cobertura de dichos servicios.

GLOSARIO

ATM: Modo de Transferencia Asíncrono.- Modelo de transmisión en donde la información es organizada en celdas; es asíncrono en el sentido que la recurrencia de celdas de un usuario individual no

Banda Ancha. - Capacidad de transmisión con anchura de banda suficiente para cursar las señales de telefonía, de datos y de imagen

Bridge. - Puente. Dispositivo que interconecta redes de área local (LAN) en la capa de enlace de datos OSI. Filtra y retransmite tramas según las direcciones a Nivel MAC

Capacidad de Transporte. - es la disponibilidad que hay entre dos puntos de una red que permite establecer entre ellos una señal de telecomunicaciones y que se puede medir en términos de número de canales o bits por segundo, entre otras unidades, sin perjuicio de lo establecido en los reglamentos sobre la materia

Carrier. - Operador de Telefonía que proporciona conexión a Internet a alto nivel

Cubicación. - Es el suministro de espacio y de los servicios involucrados en los predios del operador interconectante, con el fin que el operador solicitante pueda colocar en él los equipos necesarios para la interconexión o para el acceso a los usuarios finales.

Ethernet. - Diseño de red de área local normalizado como IEEE 802.3. Utiliza transmisión a 10 Mbps por un bus Coaxial. Método de acceso es CSMA/CD

ETSI.- European Telecommunication Standards Institute Instituto Europeo de Estandares en Telecomunicaciones.

FO. - Fibra Óptica

Frame Relay. -Protocolo de enlace mediante circuito virtual permanente muy usado para dar conexión directa a Internet

Hardware. - A los componentes que es posible ver y tocar se les llama en jerga computacional "hardware", palabra inglesa cuyo significado es máquina o "cosa dura"

Glosario

IEEE. - Institute of Electrical and Electronics Engineers Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. Asociación Norteamericana. IEEE 802.3 Protocolo para la red LAN de la IEEE que especifica una implementación del nivel físico y de la subcapa MAC, en la capa de enlace de datos. El IEEE 802.3 utiliza CSMA/CD a una variedad de velocidades de acceso sobre una variedad de medios físicos. Extensiones del estándar IEEE 802.3 especifica implementaciones para Fast Ethernet

IETF. - Internet Engineering Task Force Grupo de Tareas de Ingeniería de Internet. Asociación de técnicos que organizan las tareas de ingeniería principalmente de telecomunicaciones en Internet. Por ejemplo: mejorar protocolos o declarar obsoletos otros

Interconexión: Es la vinculación de recursos físicos y soportes lógicos, incluidas las instalaciones esenciales necesarias, para permitir el interfuncionamiento de las redes y la interoperabilidad de servicios de telecomunicaciones

Internet. - Conjunto de redes y ruteadores que utilizan el protocolo TCP/IP y que funciona como una sola gran red.

ISO. - International Standard Organization Organización Internacional de Estándares

ITU. - International Telecommunications Union

Nodo. - Es el elemento de red, ya sea de acceso o de conmutación, que permite recibir y re enrutar las comunicaciones

Onda. - Es una propagación de una perturbación de alguna propiedad de un medio.

Polaridad. - Es una propiedad de las moléculas que representa la desigualdad de las cargas eléctricas en la misma

Proceso. - Es un conjunto de actividades o eventos que se realizan o suceden con un fin determinado.

Red. - Formas de conexión u organización unidimensional o multidimensional, una manera para regular y armonizar por medio de estructuras cerradas o abiertas pero comunicadas y desarrolladas en el plano físico

Redes de Telefonía. - La red telefonía es la de mayor cobertura geográfica, la que mayor número de usuarios tiene, y ocasionalmente se ha afirmado que es "el sistema más complejo del que dispone la humanidad". Permite establecer una llamada entre dos usuarios en cualquier parte del planeta de manera distribuida,

automática, prácticamente instantánea. Este es el ejemplo más importante de una red con conmutación de circuitos.

Red Telefónica Conmutada. - Es una red de comunicación diseñada primordialmente para la transmisión de voz, aunque pueda también transportar datos, por ejemplo, en el caso del fax o de la conexión a Internet a través de un módem acústico.

Refracción. - Es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro. Sólo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si éstos tienen índices de refracción distintos. La refracción se origina en el cambio de velocidad que experimenta la onda.

Reflexión. - Fenómeno por el cual un rayo de luz que incide sobre una superficie es reflejado. El ángulo con la normal a esa superficie que forman los rayos incidente y reflejado son iguales. Se produce también un fenómeno de absorción diferencial en la superficie, por el cual la energía y espectro del rayo reflejado no coinciden con la del incidente.

Ruido. - Se define como ruido todo sonido no deseado por el receptor.

Señal. - Es la variación de una corriente eléctrica u otra magnitud física que se utiliza para transmitir información.

Shelter. - Lugar Utilizado para el resguardo de equipos.

Sistema Binario. - Es un sistema de numeración en el que los números se representan utilizando solamente las cifras cero y uno (0 y 1). Es el que se utiliza en los ordenadores, pues trabajan internamente con dos niveles de voltaje, por lo que su sistema de numeración natural es el sistema binario (encendido 1, apagado 0).

Señalización. - Proceso de envío de una señal de transmisión a través de un medio físico con fines de comunicación.

Síncrono. - Que tiene un intervalo de tiempo constante entre cada evento.

T1: El cual define el estándar PDH de Norteamérica que consiste de 24 canales de 64 Kbps (canales DS-0) dando una capacidad total de 1.544 Mbps.

Telecomunicaciones. - El envío de cualquier tipo energías de información a distancia.

Glosario

Tasa de Transferencia. - La tasa de transferencia de datos corresponde a la velocidad media con que los datos son transferidos desde la red del ISP al usuario conectado a éste, durante períodos de tiempo determinados, medida en bits por segundo y presentada en tres parámetros: promedio, máxima, mínima.

Telefonía. - Ciencia de convertir sonido en señales eléctricas y transmitirlo entre puntos extensamente apartados.

Tecnología. - Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico.

Técnicas. - Conjunto de procedimientos para lograr un fin determinado.

Transferencia. - Trasladar programas o datos de equipos informáticos a dispositivos conectados

Transmisión. - Enviar conocimiento o información desde un emisor a un receptor a través de un medio

Trafico. - Es el flujo de información por la red

UIT. - Unión Internacional de Telecomunicaciones

Velocidad de Transmisión. - Se refiere al número de bits por segundo que se pueden enviar a través de un medio de comunicación.

Voltaje. - Es el trabajo eléctrico que se realiza para transportar una carga entre dos puntos.

XDSL. - x Digital Subscriber Line

(Líneas de Suscripción Digital) Tecnología de transmisión que permite que los hilos telefónicos de cobre convencionales transporten hasta 16 Mbps (megabits por segundo) mediante técnicas de compresión. Hay diversas modalidades de esta tecnología, tales como ADSL, HDSL y RADSL, siendo el ADSL la más utilizada actualmente.

Bibliografía

Calderón Ricardo, marzo 2009

Asercom, CODIGO HBD3, Avantel 2005

Asercom, Manual de Cultura de Telecomunicaciones, Avantel 1999

Caballero José, REDES DE BANDA ANCHA, Ed. Alfaomega, 2000

Capmany José, Ortega Beatriz, Redes Ópticas, Ed. LIMUSA, 2007

Hiodobro José y Millan Ramón, REDES DE DATOS Y CONVERGENCIA IP, Ed. Alfaomega, 2007

M. Castró y A. Colmenar. Guía multimedia: Sistemas básicos de comunicaciones. Ed. RA-MA, 1999

<http://200.27.147.163/planta/menu/fibra.htm>

http://es.wikitel.info/wiki/Fibra_%C3%B3ptica

http://es.wikitel.info/wiki/Par_de_cobre

<http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/Mtransm.html>

<http://www.akademisyen.com/eqitim/espanishdic9.asp>

<http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2005/septiembre/fibraoptica.htm>

<http://www.hooping.net/glossary/ancho-de-banda-4.aspx>

<http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>