



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA**

**CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE
AREA LOCAL BASADA EN FIBRA OPTICA Y EN UN
CABLEADO ESTRUCTURADO**

TESIS

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA**

POR

CARLOS ANTONIO MARROQUIN DUARTE

**PREVIO A OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO EN ELECTRONICA**

Guatemala, mayo de 1,995



08
T(3564)
ca 4

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

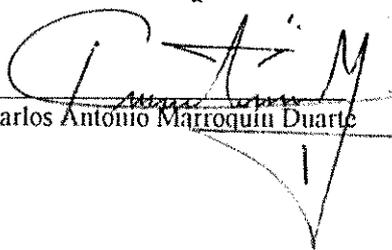
FACULTAD DE INGENIERIA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala ,
presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE AREA LOCAL
BASADA EN FIBRA OPTICA Y EN UN CABLEADO ESTRUCTURADO

tema que me fuera asignado por la Coordinación de la Carrera de Ingeniería en Electrónica, con
fecha de Octubre de 1994.



Carlos Antonio Marroquín Duarte



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
VOCAL PRIMERO	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL SEGUNDO	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL TERCERO	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL CUARTO	Br. Freddy Rodríguez Quezada
VOCAL QUINTO	Br. Mario Nephtali Morales Solis
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR	Ing. Julio César Solares Peñate
EXAMINADOR	Ing. Enrique Ruiz Carballo
EXAMINADOR	Ing. Francisco Rivera Canek
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

Guatemala, enero 19 de 1994.

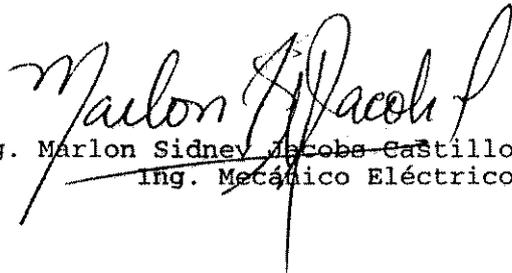
Ingeniero
Julio Cesar Solares
Coordinador del Area de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Coordinador:

De acuerdo al nombramiento recibido para asesorar el trabajo de tesis titulado **CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE AREA LOCAL BASADA EN FIBRA OPTICA Y EN UN CABLEADO ESTRUCTURADO**, asignado al estudiante Carlos Antonio Marroquín Duarte, me permito manifestar que el mismo ha sido completado a satisfacción.

Por lo tanto, el autor de esta tesis y, yo, como su asesor, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Sin otro particular, me es grato suscribirme, atentamente.


Ing. Marlon Sidney Jacobs Castillo
Ing. Mecánico Eléctrico



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 16 de marzo de 1,995

Señor Director
Ing. Edgar F. Montúfar Urizar
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director.

Me permito dar aprobación al trabajo de tesis del estudiante Carlos Antonio Marroquín Duarte, titulado: Consideraciones para el diseño de una red de área local basada en fibra óptica y en un cableado estructurado, ya que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador Area de Electrónica

JCSP/sdem.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

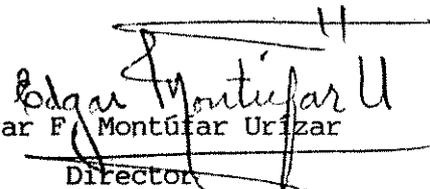


FACULTAD DE INGENIERIA

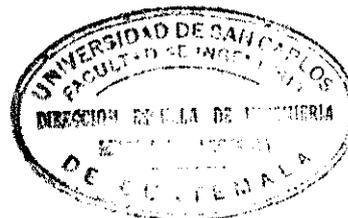
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de tesis del estudiante Carlos Antonio Marroquín Duarte, titulado: Consideraciones para el diseño de una red de área local basada en fibra óptica y en un cableado estructurado, procede a la autorización del mismo.


Ing. Edgar F. Montúfar Urizar
Director

Guatemala, 27 de marzo de 1,995.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de tesis: **Consideraciones para el diseño de una red de área local basada en fibra óptica y en un cableado estructurado**, del estudiante Carlos Antonio Marroquín Duarte, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck

Decano

Guatemala, 29 de marzo de 1,995.



AGRADECIMIENTO

A: DIOS y al señor de Esquipulas, ante todo.

al Ingeniero Marlon Jacobs, por su toda su ayuda en la realización de esta tesis.

al Ingeniero Mario Sosa por permitirme utilizar equipo de la universidad para el desarrollo de esta tesis.

mis compañeros de trabajo, en especial a Oscar Acevedo y Victor Rios por toda la ayuda prestada.

DEDICATORIA

A: MIS PADRES

Pedro Pablo Marroquín Castañeda
Blanca Lidia Duarte de Marroquín

Porque este es el segundo de sus cuatro triunfos.

MIS HERMANOS

Julio Roberto
Pedro Luis
Genser Joaquín
Diana Maribel

Por el apoyo que siempre me han dado.

MIS AMIGOS

Familia Reyes Oroxon.

MI NOVIA

Maribel Martínez Alvarez.

MI SOBRINO

Roberto Alejandro.

MIS COMPAÑEROS

Jacobo Ponce, Alvaro Castillo.

Por compartir conmigo las penas y alegrías de la carrera.

A MIS CATEDRATICOS

Por haberme transmitido sus conocimientos en las aulas de la universidad.

Y

a todas aquellas personas que me han ayudado de una u otra forma durante los últimos años.

INDICE GENERAL

	Página
CONTENIDO	iv
GLOSARIO	vi
INTRODUCCION	xi
ANTECEDENTES	xii
JUSTIFICACION	xiii
OBJETIVOS	xiv
MÉTODOLOGIA	xv
LISTADO DE FIGURAS	xvi
CAPITULO UNO: UNA RED DE COMPUTADORAS. QUE ES Y PORQUE EXISTE	1
CAPITULO DOS: FIBRA OPTICA. QUE ES Y QUE VENTAJAS NOS BRINDA	4
CAPITULO TRES: CABLEADO ESTRUCTURADO. QUE ES Y QUE VENTAJAS NOS BRINDA	11
CAPITULO CUATRO: ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE LA RED	15
CAPITULO CINCO: LA RED DISEÑADA	47
CAPITULO SEIS: VENTAJAS Y SERVICIOS QUE SE PRESTAN	53
CONCLUSIONES	xvi
RECOMENDACIONES	xviii
BIBLIOGRAFIA	xix
ANEXO 1	xx

CONTENIDO

CAPITULO UNO

UNA RED DE COMPUTADORAS. QUE ES Y POR QUE EXISTE

1.1.	Conceptos generales	1
1.2.	Características de una red de área local	2
1.2.1.	Ambiente y necesidades de el usuario	2
1.2.2.	Acceso a recursos comunes	2
1.2.3.	Computación descentralizada	3
1.2.4.	Control distribuido	3
1.2.5.	Intercambio de información	3

CAPITULO DOS

FIBRA OPTICA. QUE ES Y QUE VENTAJAS NOS BRINDA

2.1.	El porqué de la fibra óptica	4
2.2.	Ventajas técnico económicas	4
2.3.	Ventajas de tipo estratégico	5
2.4.	Otras ventajas	5
2.5.	Sistemas de fibra óptica vs. sistemas convencionales de comunicación	5
2.6.	Estudio básico de la fibra óptica	6
2.7.	Tipos de fibras ópticas	6
2.8.	Comportamiento de ancho de banda en las fibras ópticas	7
2.9.	Características de las fibras ópticas	8
2.10.	Fabricación de fibras ópticas	8
2.11.	Dispositivos transductores corriente eléctrica/luz	9
2.12.	Dispositivos transductores luz/corriente eléctrica	10

CAPITULO TRES

CABLEADO ESTRUCTURADO. QUE ES Y QUE VENTAJAS NOS BRINDA

3.1.	El presente	11
3.2.	Edificios inteligentes	11
3.3.	Cableado tradicional	12
3.4.	Ventajas de el cableado estructurado	12
3.5.	Clasificación de el cable de par trenzado	13
3.6.	Interconexión con otros sistemas	13
3.7.	Normas internacionales	13

CAPITULO CUATRO

ASPECTOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE LA RED

4.1.	Requerimientos de software	15
4.1.1.	Sistema operativo	15
4.1.2.	Protocolo de control	16
4.1.3.	Control de errores	18
4.2.	Requerimientos de hardware	18
4.2.1.	Medio de transmisión	18
4.2.2.	Unidades de interfaz (interfaz unit, IU)	20
4.2.3.	Repetidores	21
4.2.4.	Puentes	21
4.2.5.	Instalación	21
4.2.6.	Ambiente	22
4.2.7.	Equipo que se va a interconectar	22
4.3.	Topología: aspectos para su elección	23
4.3.1.	Ubicación geográfica	23

4.3.2.	Factor costo	24
4.3.3.	Crecimiento y conectividad	24
4.3.4.	Rendimiento	25
4.4.	Consideraciones para la elección de la fibra óptica	25
4.4.1.	Enlace de fibra óptica	25
4.4.2.	Pérdidas y limitaciones	26
4.4.3.	Pérdidas debidas a la transmisión	26
4.4.4.	Pérdidas por acoplamiento	28
4.4.5.	Selección de componentes	29
4.4.5.1.	Fotoemisores	29
4.4.5.2.	Fotodetectores	30
4.4.6.	Pérdidas en la fibra óptica	30
4.4.7.	Selección de la fibra óptica	31
4.4.8.	Pérdidas en los conectores	32
4.4.9.	Ancho de banda	32
4.4.10.	Redes de área local	34
4.4.11.	Interconexión de componentes	36
4.4.12.	Diseño de la red basada en fibra óptica	36
4.4.12.1.	Paso 1: requerimientos operacionales del sistema	37
4.4.12.2.	Paso 2: requerimientos físicos	39
4.4.12.3.	Paso 3: cálculo de las Pérdidas en la fibra óptica	40
4.4.12.4.	Paso 4: análisis de ancho de banda	42
4.4.12.5.	Paso 5: revisión de especificaciones	43
4.4.13.	Especificaciones de la fibra óptica	43
4.4.13.1.	Diodo laser	43
4.4.14.	Determinación de los tramos de repetición	44
4.4.15.	Restricción por velocidad\ancho de banda	45
4.4.16.	Fibra multimodo	46

**CAPITULO CINCO
LA RED DISEÑADA**

5.1.	Protocolo de control	48
5.2.	Medio	48
5.3.	Hardware y software requerido	49
5.3.1.	Hardware	49
5.3.2.	Software	50
5.4.	Recurso humano	51
5.5.	Usuarios del sistema	51
5.6.	Administradores/técnicos	51

**CAPITULO SEIS
VENTAJAS Y SERVICIOS QUE SE PRESTAN**

6.1.	Correo electrónico	53
6.2.	Procesamiento distribuido	53
6.3.	Bases de datos distribuidas	54

GLOSARIO

ACK/NACK (Acknowledge/Negative Acknowledge): carácter de control que recibe el emisor de un mensaje proveniente del receptor, por medio del cual notifica al emisor si el mensaje o un bloque del mensaje ha llegado en un estado correcto.'

Ancho de Banda: es una medida de la capacidad de transportar información de un fibra óptica (o cualquier otro medio de transmisión), normalizado en el caso de la fibra óptica a la unidad de MHz-km.

Ancho de banda espectral: es la diferencia entre las longitudes de onda, en las cuales la intensidad luminosa cae a la mitad de su valor.

Apertura numérica: una medida de la aceptación angular de señal por parte de una fibra óptica; es aproximadamente el seno de la mitad del ángulo de el cono de aceptación y viene dada por:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

en donde n_1 y n_2 son respectivamente los índices de refracción del núcleo y de la corteza.

Atenuación: es la disminución en la potencia de una señal que es transmitida entre dos o más puntos. Un término utilizado para expresar las pérdidas totales en una fibra óptica consiste en la razón entre la luz emitida y la luz recibida en el extremo receptor. Por lo general, se mide en decibeles/kilometro (dB/km) para una longitud de onda específica. cuanto menor sea el número obtenido, mejor es la fibra óptica. Para fibras óptica multimodo, las longitudes de onda típicas son 850 y 1300 nanómetros, mientras que las fibras monomodo tienen la longitud de onda típica de 1300 o 1500 nanometros.

AUI(Attachment Unit Interface): así se conoce a las especificaciones del cable que conecta al DTE con el MAU, lo cual garantiza independencia de estos componentes; estas especificaciones soportan distintas velocidades de transmisión y hasta un máximo de cable de 50 metros.

Backbone(segmento principal, columna vertebral): se llama así al cable de una red de computadoras que es considerado el más importante y al cual se encuentran conectados todos los dispositivos, ya sea de forma directa o indirecta, tanto de procesamiento de datos como de regeneración de señal y conexión a otras redes; en la actualidad se usa cable coaxial grueso o fibra óptica para construir estos segmentos.

Bit (Binary digit): unidad de medida de almacenaje en las computadoras. Equivale a una celda de memoria dentro de la misma. Este bit es representado dentro de la computadora por el estado de apagado (0) o encendido (1), los cuales se determinan en función de un voltaje dado.

Broadcast(difundir): es la forma de transmisión en redes de computadoras usando protocolo CSMA/CD. El emisor envía el mensaje a todos los nodos a través de la red.

Byte: unidad de medida de almacenaje en las computadoras. Equivale a la unión de 8 bits, con este byte se pueden representar cantidades o bien signos y letras del alfabeto.

Bit de parada: los sistemas de transmisión de datos asíncronos utilizan el bit de parada para indicar al receptor que ya no se envía más información. Estos tienen una duración mayor que los bits de información, lo que permite diferenciarlos. Las comunicaciones seriales

pueden configurarse para permitir 1, 1.5 o 2 bits de parada (lo más comun es utilizar solo uno).

Cable multifibra: un cable que contiene dos o más fibras ópticas, en la cual cada fibra provee de un canal de transmisión independiente.

Codificación Manchester: técnica de codificación digital (especificada en IEEE para el estandar 802 de redes tipo Ethernet), consiste en que el estado del bit, se determina durante la primera mitad del cambio de voltaje. Si el cambio es de positivo a negativo indica que será cero, y si es de negativo a positivo indica que será uno.

Conector: dispositivo mecánico usado para alinear y unir dos fibras ópticas, proveyendo así de un medio para conectar y desconectar la fibra del emisor óptico, receptor o cualquier otro dispositivo. Comúnmente se utilizan conectores del tipo FC, FC-PC, bicónico, ST.

Corteza: material de bajo índice refractivo que recubre al núcleo y provee aislamiento óptico, así como protección del núcleo.

Decibel: unidad de medición de la potencia relativa de una señal.

Dieléctrico: material no metálico y por lo consiguiente no conductor.

Diodo emisor de Luz (LED) un dispositivo semiconductor que emite una señal luminosa incoherente formado por una unión p-n. la intensidad luminosa es proporcional a la señal eléctrica.

Diodo Láser de unión (Fuente): un diodo láser, en la cual la emisión láser sucede en una unión tipo n con una tipo p de un material semiconductor.

Diodo PIN: fotodetector utilizado para convertir señales ópticas en señales eléctricas en el receptor óptico.

Dispersión: es un efecto de las limitaciones del ancho de banda en una fibra óptica. Causa un ensanchamiento de los pulsos de entrada a la fibra. Los tipos principales son la dispersión modal y la dispersión material.

DTE (Data Terminal Equipment): dispositivo que se conecta a una red de computadoras, opera los protocolos de enlace de datos y protocolos de alto nivel.

EIA: Electronics Industries Association. Organización de estándares que publica procedimientos de prueba para equipos.

Empalme por Fusión : empalme permanente realizado para unir dos fibras ópticas por medio de la aplicación de calor lo suficientemente fuerte para fundir las fibras y unir las.

Empalme mecánico: unión de dos fibras ópticas por medios mecánicos, a fin de darle continuidad a una señal.

Fibra: un elemento de transmisión óptica aislado, que se caracteriza por un núcleo y una corteza,

Fibra de índice en escalon: fibra en la cual el núcleo tiene un índice de refracción uniforme, existiendo un descenso brusco en el índice de refracción de la corteza.

Fibra de índice gradual: un tipo de fibra cuyo índice de refracción va aumentando de manera gradual conforme se va alejando del centro del

núcleo, esta característica permite que las señales que se desplazan próximas al centro del núcleo viajen a mayor velocidad que las que se desplazan en los extremos del núcleo. este tipo de fibra provee un elevado ancho de banda.

Fibra Monomodo: tipo de fibra óptica en la cual la señal viaja en un único "modo". La fibra tiene un diámetro en el núcleo bastante pequeño.

Fibra multimodo: una guía de ondas óptica en la cual la luz viaja en diferentes modos. relaciones núcleo/corteza típicas son (en micrones) 50/125, 62.5/125 y 100/140.

Fibra óptica: transmisión de señal luminosa a través de fibras ópticas para comunicaciones.

Forma de onda: una representación gráfica de una cantidad variable. Por lo general, el tiempo se representa en el eje horizontal, y el valor de la corriente o del voltaje se representa en el eje vertical.

Fotodetector: dispositivo que convierte la luz en electricidad. El fotodiodo de silicon es el más comúnmente usado para altas velocidades y alta sensibilidad en la región de 0.75 a 0.95 micrómetros. Los diodos avalancha (APD) combina la detección de señales ópticas con la amplificación interna de la foto-corriente. La ganancia interna se logra a través de una multiplicación por avalancha. la ventaja de usar APD, es su elevada razón señal a ruido, especialmente a altas velocidades de transmisión.

FOTP: Fiber Optic Test Procedures (Procedimientos de prueba para Fibras Ópticas), publicada por EIA.

Fuente: este es el medio (LED o LASER) usado para convertir la señal eléctrica portadora de la información en una señal óptica equivalente para la transmisión por una guía óptica.

Gigahertz (GHz): unidad de frecuencia, igual a un billón de hertz.

Hertz (Hz): unidad de medida de frecuencia o ancho de banda de un canal de transmisión, es equivalente a ciclos por segundo.

IEEE: Institute of Eléctrical and Electronics Engineering.

índice de refracción: es la razón de la velocidad de la luz en el vacío a la velocidad de la luz en un determinado medio de transmisión.

Jumper: cable de fibra óptica que contiene conectores en ambos lados.

Línea de Transmisión: un arreglo de dos o más conductores o guía de ondas usadas para transferir una señal de un lugar a otro.

Longitud de onda: la distancia entre dos crestas de una onda electromagnética.

MAU (Medium Attachment Unit): sirve para conectar un dispositivo al cable de la red, puede ser un transceiver o una T.

Mb (Mega bytes): unidad de medida de almacenamiento en computadoras.

Mbps (Mega bits por segundo): unidad de medida de transmisión de datos, y significa un millón de bits por segundo.

Medio de Transmisión: mecanismo físico que permite que una señal sea pasada de un dispositivo de comunicación de datos a otro.

Megahertz (MHz): unidad de frecuencia igual a un millón de hertz.

Micron: millonésimo de un metro= 10^{-9} m.

Modo:término utilizado para describir la trayectoria que sigue la luz en la fibra óptica, ya sea monomodo o multimodo.

Modulación: la codificación de la información por una señal portadora. La modulación puede ser en amplitud, frecuencia o fase, más otros tipos de modulación digital.

Multiplexar:poner dos o más señales en un canal sencillo de comunicación.

Nanometro: una billonésima de metro= 10^{-9} m.

NEC: National Electric Code. Define los requerimientos de propagación de la llama de cables para uso en interiores.

Núcleo: Porción central de la fibra óptica que es por donde se conduce la señal luminosa, siendo un material con un índice refractivo menor que el de la corteza.

Paso de estafeta: un método en el cual cada dispositivo localizado en la red de área local recibe y pasa el derecho de usar el canal de comunicación. La estafeta (Token, en ingles) es un patrón especial de bits, generalmente de varios bits de longitud, que circula de nodo a nodo cuando no se está transmitiendo ningún mensaje. La posesión de la estafeta (Token) da acceso exclusivo a la red para la transmisión de un mensaje

RAM (Random acces Memory): memoria volátil de escritura-lectura usada en computadoras. Los datos almacenados en ella se pierden cuando se deja sin energía eléctrica la computadora.

Receptor: paquete electrónico que convierte una señal óptica en una señal eléctrica.

Red de Área Local (LAN) : red de comunicaciones geográficamente limitada, cuyo fin es el de transmitir señal de datos, video y voz.

Repetidor: combinación de un transmisor y un receptor usado para la regeneración de una señal atenuada.

RISC (reduced Instructions Set Computing): arquitectura de computadoras en donde el set de instrucciones primitivas que viene implementada en el hardware es mínima. Para ejecutar una instrucción primitiva, se requieren menos ciclos de reloj de la computadora, que en las de arquitectura CISC (Complex Instruction set Computing).

T: dispositivo que se utiliza para conectar equipo a la red.

TCP-IP: Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Contiene las últimas especificaciones que emite el department of defense Arpanet para este protocolo de control. Este protocolo corresponde a los niveles 3 y 4 del modelo ISO/OSI.

TDM: Time Division Multiplexing (multiplexión por división del tiempo). Es un metodo que se utiliza para aprovechar más eficientemente la capacidad de un canal, en el cual a cada nodo se le asigna un pequeño espacio de tiempo, en el que transmitirá un mensaje o una parte del mismo. A los nodos se les asigna una pequeña porción del tiempo, durante el cual, ellos tienen el control completodel canal de comunicación. Los

mensajes de muchos canales son multiplexados para la transmisión y demultiplexados en el receptor en un orden apropiado para la recuperación de cada canal.

Token: estafeta para el control en redes tipo bus, anillo y árbol.

Token Bus: una red con una topología de bus o árbol que usa como control el paso de una estafeta (token)

Token Passing : paso de estafeta.

Token Ring: procedimiento de acceso a la estafeta (token) usado en una red con una topología de anillo.

Topología: la topología de una red puede ser centralizada o distribuida. Las redes centralizadas o redes de topología de estrella, tienen todos sus nodos conectados a un nodo central, mientras que la red alternativa es la red distribuida, en la cual cada nodo está conectado a todos los demás nodos (caso limite). Sus nombres clásicos son bus, anillo.

Tráfico: una medición de la cantidad de movimiento de la información en la red, su volumen y velocidad.

Transceiver: dispositivo requerido en una red que trabaja en banda base, el cual toma la señal digital proveniente de una computadora o terminal y la envía por el medio de transmisión ya convertida en una señal de banda base.

Transmisor: paquete electrónico que convierte una señal eléctrica en una señal luminosa.

U.L.: undewriters Laboratories, Inc.

UPS (Uninterruptable Power Supply): dispositivo utilizado para garantizar el suministro de energía eléctrica a una computadora (o dispositivo de la misma) durante un tiempo prudencial para apagar normalmente la computadora.

Velocidad de la luz: 2.998×10^8 metros por segundo.

Velocidad de Propagación: velocidad de transmisión de la energía eléctrica en un cierta longitud de cable comparada con la velocidad de la luz en el aire libre, por lo general se expresa como porcentaje.

VLSI (Very Large scale integration): clasificación asignada a la construcción de chips para computadoras y dispositivos, los cuales se construyen con miles de compuertas digitales encapsuladas en un chip.

INTRODUCCION

Inicialmente los sistemas computacionales grandes eran equipos centrales, al cuál estaban conectadas terminales no inteligentes (sin capacidad de procesamiento). Éstas poseían conexiones punto a punto con la computadora, que limitan la forma en que se podían conectar dichas terminales y los servicios que se obtenían, además de la limitación en la cantidad y tipo de dispositivos que se podían conectar.

Con el transcurso de el tiempo y de las necesidades de comunicación, se llegó al desarrollo de redes de computadoras en las cuáles la interconexión, por diversas maneras, lleva a considerar la red de computadoras cómo una sola computadora. Éste es un concepto conocido cómo sistemas distribuidos. En éste sistema, el usuario hace uso de servicios sin saber de qué computadora de la red los obtiene.

Se trata de una red de computadoras en la cuál computadoras de arquitecturas homogéneas y, en el peor de los casos, heterogéneas se comunican entre sí, y se pueden obtener una serie de servicios que no se podían obtener al operar una máquina en forma aislada.

El futuro de las computadoras está en la interconectividad entre ellas, usando componentes que permitan interconectarse con otros tipos de computadora, y que enfatizan la importancia de la conectividad; esto es apoyado por los sistemas abiertos, que son una tendencia hacia la estandarización que apoyan los fabricantes de hardware y software.

La capacidad de que computadoras de cualquier arquitectura puedan establecer una conexión física con otras y la existencia de componentes de software que hacen posible el funcionamiento de todo el sistema, dan al usuario una gran capacidad de cómputo. Sin embargo, la interconexión de computadoras entre sí requiere considerar la forma en que éstas habrán de comunicarse, por lo cuál también es necesario considerar la gran importancia que tiene para esto el medio físico de comunicación, así cómo el establecimiento de una forma ordenada y de fácil administración para realizar dicha conexión, e introducir entonces en la consideración de la interconectividad de una red (no sólo de datos) el cableado a utilizar, que será un cableado estructurado, ya que las redes de computadoras; hacen posible que se puedan construir sistemas de información donde los datos son compartidos a través de la red por varios usuarios y por varias computadoras, se ve de nuevo la gran importancia que va a proporcionar la inmunidad a condiciones externas del medio de interconexión utilizado entre las computadoras.

El presente documento, propone un diseño para la red de computadoras y el cableado entre ellas; se revisa previamente una serie de conceptos y aspectos que se van a considerar, los cuáles son difíciles de encontrar juntos en una fuente documental; se analizan aspectos de relevancia para el diseñador de redes de computadoras, sobre todo desde el punto de vista de el hardware que se habrá de utilizar. Se presenta también una posible red ya diseñada y los aspectos con las razones por las que se hizo su elección, así cómo un resumen de hardware y software que se puede emplear.

Finalmente se mencionan algunas ventajas y servicios que se pueden obtener al implantar una red de computadoras basada en fibra óptica y un cableado estructurado.

ANTECEDENTES

Por lo general, ninguna empresa o institución ha estado ajena a la evolución de la tecnología, y muchas de ellas ya han iniciado o están por iniciar sus experiencias en el mundo de la tecnología de los sistemas de procesamientos de datos; se han operado áreas tales como las administrativas, de control de procesos, pensando generalmente, al inicio, con la introducción de cable coaxial como medio de enlace entre cada una de las computadoras utilizadas en la red; para terminar con la utilización de tecnologías que paulatinamente irán desapareciendo con la introducción de fibra óptica y cable de par trenzado (UTP, Unshielded Twisted Pair), el cuál nos proporcionará el soporte necesario para la futura interconexión a redes de mayor velocidad que las que se pueden manejar utilizando simplemente cable coaxial, o twinaxial, según sea el caso, trayendo consigo además un ahorro en futuras instalaciones de nuevos cableados, debido a la sustitución del cable, que al inicio hace suponer un ahorro en la instalación.

Con la introducción de un cableado estructurado en alguna empresa o institución, no importa que los sistemas utilizados sean de arquitectura heterogénea, ya que a través de esta forma de interconexión existen medios que permiten que se puedan adaptar a estos sistemas ya existentes a través de adaptadores, que en un cableado estructurado pasarían a formar parte del resto del sistema.

Por lo tanto, aquellas instituciones que tengan algún tipo de arquitectura no abierta pueden interconectar entre sí sus terminales a través de dichos adaptadores, o bien elegir una opción más costosa como es migrar a sistemas de arquitectura abierta, para así poder integrar los recursos que ahora se puedan disponer. Es entonces cuando el proyecto de una red de área local (LAN) cobra importancia. Para finalizar, podemos establecer los objetivos que se perseguirían al realizar un proyecto de esta naturaleza:

a. Implementar en un futuro un sistema no propietario, de arquitectura abierta, con un sistema operativo estándar a otros sistemas (como Unix),

b. utilizar y compartir recursos existentes como computadoras personales, terminales, impresoras, etc., y

c. obtener un ahorro apreciable en el futuro al introducir desde el inicio de el proyecto un cableado adecuado que permita crecer en capacidad de transmisión de información y en reducción de problemas de administración de red.

JUSTIFICACION

Debido al desarrollo de las redes de computación, y la enorme cantidad de beneficios que éstas ofrecen, sobre aquellos sistemas centralizados, es conveniente realizar un análisis de todas aquellas consideraciones que hay que tomar en cuenta para la interconexión de las computadoras existentes en algún lugar ahora, y todas aquellas que se puedan llegar a adquirir en el futuro.

Se buscará integrar sistemas heterogéneos en su arquitectura, así como en el sistema operativo de los mismos, tratando de establecer todas las bases técnicas y conceptuales sobre las cuáles se pueda implementar una red de área local, basada en fibra óptica y en un cableado estructurado que permitirán gran crecimiento en el futuro.

La idea de éste proyecto es la de colaborar con las bases reales para la realización de un proyecto como el mencionado (una red de área local). Sin importar el hardware y el software que se elija aquí, sólo se sentarán las bases a tomar en cuenta en la implementación de una red de área local, que es un paso lógico en el desarrollo informático de empresas, centros educativos, etc.

Hablamos de fibra óptica, ya que éste es uno de los medios que nos permite realizar una transmisión más inmune a las condiciones ambientales de los datos, y será el medio de transmisión, tanto de voz, datos y video, más utilizado en el futuro de Guatemala, aunque en algunos países ya es muy frecuente su empleo.

Referente al cableado estructurado, es una nueva forma de distribución de cables que se puede realizar en una edificación, para tomar en cuenta desde el inicio de la construcción, o si no, ya construida la edificación, la transmisión de datos, video y voz a través de toda el área cubierta por la red de área local, y además nos provee de una forma rápida y barata de llegar a las terminales individuales, sin que esto nos implique una disminución en las ventajas que nos ofrece la fibra óptica, cómo lo es en su velocidad.

Otra razón de mencionar una base en instalaciones de cableado estructurado, es tratar de hacer salir a las personas de los estereotipos ya establecidos y que empiecen a pensar de otra manera, para la distribución de cables de red en una instalación, ya que esto puede llegar a ser uno de los elementos más molestos para las personas que trabajan en las computadoras, que tienen que soportar a las personas que tienden los cables

OBJETIVOS

GENERALES

1.- Presentar el marco conceptual para el diseño de una red de computadoras de área local basada en fibra óptica y en un cableado estructurado.

2.- Investigar y aplicar aspectos de diseño de redes que puedan llevar a un diseño funcional para las necesidades de la empresa o institución de que se trate.

ESPECIFICOS

1.- Plantear diferentes topologías de red que se puedan adaptar a una aplicación particular, considerando siempre una base de fibra óptica cómo columna vertebral de la red y acceso a cada terminal a través de cable de par trenzado.

2.- Establecer las opciones de conexión física a nivel de la red; ventajas y desventajas que se ofrecen, y el planeamiento de otros tipos de usos a la conexión que se proponga.

3. - Identificar los componentes de la red de computadoras y sus características técnicas, tanto al nivel de hardware cómo de software (de una manera más escueta).

4.- Describir las características mínimas de cada computadora que se desee conectar a la red, o en su defecto del adaptador que más se adecue.

5.- Identificar y evaluar los problemas generales que puedan ocurrir al ser implementado el diseño con la topología indicada.

6.- Hacer énfasis en las ventajas de crecimiento que una red de computadoras ofrece respecto a un sistema multiusuario, y el que se puede obtener al introducir fibra óptica y cableado estructurado, que en un futuro puede permitir la transmisión de voz y video dejando previstas las fibras necesarias en el diseño original.

MÉTODOLOGIA

Para la elaboración de esta tesis la metodología usada fue:

- 1.- Recopilación de material bibliográfico para construir el marco conceptual.
- 2.- Sesiones de evaluación de alternativas con el asesor de el trabajo de tesis.
- 3.- Asistencia a conferencias relacionadas con el tema.
- 4.- Intercambio de opiniones con entidades y especialistas en el área de redes de computadoras, pero sobre todo relacionados con el manejo de fibra óptica y de cableados estructurados.
- 5.- Experiencia propia adquirida en el desarrollo de el trabajo, por ser encargado de la implementación de una red de computadoras de área local en el Campus Central de una Universidad, en la cuál se introduce fibra óptica y un sistema de cableado estructurado, considerado cómo la mejor solución para futuro crecimiento.

LISTADO DE FIGURAS

Figura		Página
4.1.	Enlace simple que usa fibra óptica	25
4.2.	Pérdidas en un enlace de fibra óptica	27
4.3.	Análisis de pérdidas en un enlace óptico	28
4.4.	Factor de recolección óptico	29
4.5.	Pérdidas en una transmisión óptica, para una longitud de onda específica	30
4.6.	Rendimiento de cable coaxial y cable óptico	32
4.7.	Distorsión de los pulsos en una transmisión óptica	33
4.8.	Configuración de una topología en estrella	35
4.9.	Configuración de una topología en anillo	35
4.10.	Configuración de una topología en bus	36
4.11.	Consideraciones para desarrollar un sistema basado en fibra óptica	37
4.12.	Sistema de fibra óptica para transmisión analógica y digital	38
4.13.	Representación de los pulsos en una transmisión digital	38
4.14.	Detalle de distancias entre segmentos de fibra óptica	39
4.15.	Determinación de las longitudes de fibra óptica	40
4.16.	Propiedades operativas para diferentes tipos de fibra óptica	41
4.17.	Ancho de banda para diversos tipos de fibra óptica	41

CAPITULO 1

UNA RED DE COMPUTADORAS. QUE ES Y POR QUE EXISTE

1.1. CONCEPTOS GENERALES

Si se analizan los componentes principales de los que se compone el nombre de el proyecto de tesis, se obtiene que:

1.- **Red.** Se refiere a un sistema físico o lógico que tiene ciertas vías de comunicación. Puede hacerse analogía con la red de carreteras de un país; la red nerviosa de el cuerpo humano, la red telefónica. Para fines del presente trabajo, se define cómo un conjunto, de medios de comunicación (cables), los cuáles se conectarán con un propósito primordial, a través de un edificio o en un conjunto de ellos.

2.- **Computadoras.** Se sabe que son instrumentos electrónicos de procesamiento con una variedad de utilidades, que conforman las entidades que la red interconectará. En muchos casos, se les conoce cómo los nodos de la red. Según Stalling¹, una red de área local (LAN) "Es un sistema de comunicación de datos que fácilmente conecta computadoras, terminales y otros dispositivos de procesamiento de datos en un edificio o grupo de edificios dentro de algunos kilómetros cuadrados a la redonda".

En resumen, una red de computadoras es un grupo de computadoras conectadas por un medio físico, las cuáles comparten recursos e información entre sí con propósitos definidos. Aunque la definición parece sencilla, toda la teoría y conocimiento que hacen posible esa realidad es grande y aún se sigue estudiando el tema.

Actualmente, se hacen dos grandes diferencias (que son realmente clasificaciones), debido al alcance geográfico que pueda tener una red de computadoras:

3.- **LAN** (por sus siglas en inglés, Local Área Network), son redes de área local que cumplen con la función de interconectar computadoras de oficina a oficina o de edificio a edificio, es decir, que su radio de alcance se limita a un par de kilómetros máximo a la redonda. Los medios físicos que se utilizan para crear éste tipo de redes son el cable coaxial, el cable twinaxial, el cable de par trenzado (UTP) y la fibra óptica, y se centra la atención principalmente en éstos dos últimos medios.

4.- **WAN** (por sus siglas en inglés, Wide Área Network), son redes de área amplia o ancha, que operan de ciudad a ciudad (aún de continente a continente); por medios de comunicación tan variados que van desde sistemas de radio y microondas, hasta tecnología de comunicaciones vía satélite.

Las redes de computadoras, especialmente los LAN, se desarrollaron para conectar plantas industriales, corporaciones bancarias y financieras, campus universitarios, oficinas en general, etc. Para el estudio de los LAN, Fortier² considera los siguientes componentes:

1. **Medio de Transmisión (cable):** en la actualidad se usan medios tales cómo el cable coaxial, el cable de dos hilos (twisted pair) y más recientemente la fibra óptica. La decisión de cuál medio utilizar depende

¹ Stallings, William. Local Networks, 1984.

² Fortier, Paul J., Handbook of LAN Technology, 1989.

del diseño que se desea implementar, de la capacidad económica de la institución y probablemente, la más importante, de la necesidad de comunicación que en el futuro poseerán los usuarios.

2. Mecanismo de control: se refiere a cómo se llevan a cabo las transmisiones de datos. Este mecanismo toma todas las consideraciones para lograr las mismas; los mecanismos conocidos son el CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect) y el Token Ring. Por medio de éste mecanismo, los usuarios de la red pueden obtener el uso del medio de comunicación en un tiempo dado.

3. Unidad de Interfaz: para conectar el equipo a la red, éstos son los componentes que la computadora poseerá para conectarse a la red, tales como tarjeta de red, transceivers, conectores físicos, etc., así como dispositivos como servidores de terminales en caso de conectar terminales no inteligentes a la red.

Además de los componentes que describe el autor para la red, se debe de tener en cuenta lo siguiente:

a - Computadoras y dispositivos que se van a interconectar, que como ya se ha mencionado, pueden ser de distinto tipo, marca y tamaño, siempre y cuando cumplan los requisitos de hardware y software.

b- Recurso Humano, divididos en administradores del sistema y usuarios finales del mismo, como elemento primordial en el funcionamiento de la red de computadoras, ya que serán quienes interactuarán con la misma.

1.2. CARACTERÍSTICAS DE UNA RED DE ÁREA LOCAL

Para visualizar lo que una red de computadoras puede brindar, y los aspectos relativos a la misma, se presentan los siguientes puntos:

1.2.1. AMBIENTE Y NECESIDADES DEL USUARIO

Se debe de tener en cuenta la ubicación geográfica de los ambientes o edificios que se van a interconectar y las condiciones atmosféricas a que estará expuesto el medio físico. Esto puede influir en varias decisiones en el proyecto (pero en el caso de la fibra óptica éste es un factor que no debe preocuparnos), por otro lado, se deben de considerar las necesidades y crecimiento de la organización en el futuro, para garantizar que se podrá dar servicio a la mayoría de usuarios y dispositivos que existen y existirán más adelante.

1.2.2. ACCESO A RECURSOS COMUNES

Una de las razones principales de una organización para emigrar de un sistema centralizado a un LAN, se debe a la posibilidad de poder compartir recursos escasos entre el grupo de usuarios del sistema (por ejemplo se puede mencionar, las impresoras de alta calidad), así como el poder ejecutar tareas en otras de las computadoras conectadas a la red, debido a que la computadora matriz del usuario está sobrecargada de tareas.

Esto permite que, mientras un usuario utiliza recursos remotos a su

estación de trabajo, él pueda continuar con sus labores normales. A éste tipo de redes a menudo se les llama redes de recursos (Fortier³).

1.2.3. COMPUTACION DESCENTRALIZADA

Esto significa que las computadoras conectadas dentro de la red realizan sus propias funciones de procesamiento, con intercambio de información con otras; no debe confundirse ésta con la computación distribuida, que no es más que tomar una tarea que se va a realizar y dividirla en componentes, enviar cada uno de éstos componentes e integrar al final el resultado.

1.2.4. CONTROL DISTRIBUIDO⁴

Característico de sistemas de alta tecnología. Existe un grupo de computadoras en sitios dispersos, que se coordinan en ciertas actividades previstas a través del tiempo. Casos típicos son en sistemas de líneas de producción, fabricando y monitoreando actividades de producción, donde la ocurrencia de algún evento debe dar motivo, a una toma de decisión y a la consecuente operación sobre el equipo en las líneas de producción.

Existen otras aplicaciones como en controladoras de plantas nucleares, control de plataformas de despegue de plataformas de naves aeroespaciales, etc. En resumen, los sistemas de control en tiempo real se benefician de esta característica.

1.2.5. INTERCAMBIO DE INFORMACION

La última característica que va a ser descrita en este documento (ya que existen otras más) es la que mayor impacto tiene dentro de los sistemas de información. Teniendo una estación de trabajo (computadora personal, PC), se puede llegar a consultar información útil en la o las computadoras que la organización posea; éste es el caso de un campus universitario.

Esto permite que usuarios dentro de la red accedan a módulos de información para realizar consultas, o bien al contar con sistemas de correo electrónico entre los distintos usuarios de la red, lo cuál lleva a una mayor agilidad en las operaciones de la misma (caso mencionado de un campus universitario).

³ Fortier, Paul J., Handbook of LAN Technology, 1989.

⁴ Este es un concepto que aún se está desarrollando

CAPITULO 2

FIBRA ÓPTICA. QUE ES Y QUE VENTAJAS NOS BRINDA.

2.1. EL PORQUE DE LA FIBRA ÓPTICA.

Desde el comienzo de los años setenta, se viene observando la irrupción, en los medios de transmisión, de un nuevo portador, la fibra óptica. Las razones de la preponderancia que se evidencia para el conductor de luz son de tipo económico, técnicas, estratégicas, etc.

La necesidad de incrementar el rendimiento de un sistema de comunicación es la que induce a la utilización de medios de cada vez mayor capacidad, tales como la MDF (multiplexión por división de frecuencia), que actualmente puede transmitir a una velocidad de 60 MHz, hasta 10800 canales telefónicos de forma simultánea a través de cable coaxial. Otra forma es la MDT (multiplexión por división de tiempo), capaz de transmitir a 560 megabitios por segundo con sus 7860 canales.

En la transmisión en éstos sistemas de gran capacidad, siempre se ha visto cómo imprescindible el cable coaxial, cuyo coste crece rápidamente con el ancho de banda de la señal que debe de transmitir. Además la necesidad de puntos medios en el enlace destinados a la inserción de instrumentos dedicados a la regeneración de las señales, que inevitablemente han sufrido atenuación y deformación en el tramo o sección precedente al punto indicado, contribuye grandemente al encarecimiento del sistema, por lo cuál es conveniente conseguir la mayor longitud posible para cada tramo de repetición.

La aparición del LÁSER (amplificador de luz por emisión estimulada de radiaciones) a mediados del presente siglo hizo pensar en su empleo como portador de información ya que la elevada coherencia de dicho rayo daba lugar a pensar en ello, pero los efectos dispersivos y de absorción de los macrocomponentes atmosféricos (vapor de agua, polvo, etc.) observados en las primeras experiencias de transmisión en el aire libre, hicieron desechar todas las esperanzas en dicho sentido, y se recobró la esperanza posteriormente con el desarrollo de el diodo emisor de luz, que es un dispositivo más manejable que los láseres convencionales. Las particularidades de los sistemas basados en fibra óptica que mantienen las expectativas de que será el medio de transmisión en el futuro de Guatemala son:

2.2. VENTAJAS TECNICO-ECONOMICAS

- Elevado ancho de banda, el cuál permite una gran capacidad de transmisión de la información que se traduce en un mayor rendimiento de los sistemas.

- Reducido valor de la atenuación de las señales que se propagan a través de la fibra óptica, de aquí que se puedan conseguir largos tramos entre regeneradores, con la subsiguiente mejora de factores como la fiabilidad y economía, en aplicaciones como el tendido de cables submarinos está característica es fundamental.

- Conservación de la calidad de los parámetros de la fibra frente a circunstancias temporales y ambientales.

- Ausencia de diafonía entre sistemas que cubren una misma ruta.

2.3. VENTAJAS DE TIPO ESTRATEGICO

1.- Fácil disponibilidad de la materia prima, pues el sílice y los silicatos constituyen uno de los grupos de materiales más abundantes sobre la corteza terrestre.

2.- Inmunidad de las transmisiones en ambientes contaminados por radiaciones electromagnéticas y nucleares.

3.- Protección de la información canalizada frente a manipulaciones exteriores, ya que es técnicamente imposible extraer información subrepticamente sin alterar notoriamente los parámetros de transmisión.

2.4. OTRAS VENTAJAS

1.- Dadas las características de la fibra de reducido tamaño y peso, y relativamente alta resistencia mecánica, los problemas de almacenamiento, transporte y sobre todo instalación se ven disminuidos. Para hacerse una idea comparativa en éste sentido, se indica que no es conveniente tender tramos de cable con ocho o 10 tubos coaxiales de más de 300 metros de longitud, con fibra óptica y capacidad equivalente, se puede alcanzar la distancia de uno a dos kilómetros.

2.- Aislamiento eléctrico entre las terminales de enlace al ser la fibra óptica un medio no conductor de la electricidad. Sin embargo la fibra óptica también presenta ciertas desventajas, tales como las que se enumeran a continuación:

1.- Tiempo de vida de los dispositivos activos, principalmente fotoemisores, que trabajan en ciertas ventanas del infrarojo⁵, todavía no muy largos (alrededor de 10,000 horas).

2.- Incipiente normativa internacional sobre algunos aspectos referentes a los parámetros de los componentes y calidad de transmisión.

3.- Inconvenientes psicológicos al ser una tecnología de vanguardia.

Éstos inconvenientes derivan del estado de desarrollo de la técnica y su solución avanza día con día.

2.5. SISTEMAS DE FIBRA ÓPTICA VERSUS SISTEMAS CONVENCIONALES DE COMUNICACION

A continuación, se presenta un resumen comparativo entre los sistemas que utilizan portador metálico y sus duales a través de fibra óptica:

⁵ Regiones donde la fibra presenta menor atenuación.

Jerarquía MIC (PCM)	Sistema	Convencional		Sistema de óptica	Fibra
Velocidad (Mb/s)	Número de canales de voz	Tipo de cable	Sección de repetición (Km)	Tipo de fibra	Sección de repetición (km)
2,048	30	pares 0.4-0.6	1.8	Índice en escalón	26
8,448	120	pares 0.9	3.6	I.escalón	15
34,368	480	coax(.65/2.8)	2	I. gradual	20
139,264	1920	coax(.65/2.8)	2	I. gradual	14
560	7680	coax(1.2/2.4)	2	I. gradual	8
		coax(1.2/2.4)	1	Monomodo	
		coax(2.6/9.5)			

Las distancias kilométricas que se pueden cubrir con fibra no deben de ser consideradas definitivas, ya que existen sistemas experimentales que funcionan a la velocidad de 140 Mb/s y pasos de repetición próximos a los 100 kilómetros, lo cual es inalcanzable con portador metálico.

2.6. ESTUDIO BASICO DE LA FIBRA ÓPTICA

Una fibra óptica es un medio filiforme de material transparente a las radiaciones que debe conducir (normalmente no visibles). Su Diámetro está en torno a una décima de milímetro (100 o 125 micrómetros), y la longitud es de acorde con el enlace que se va a cubrir.

Para dotar a la fibra de una mayor resistencia mecánica y frente a agentes físico-químicos externos, se protege con recubrimientos plásticos. Normalmente se presentan fibras agrupadas en un sólo cable con elementos adicionales de protección y esfuerzo.

La longitud de los cables disponibles en el mercado está entre 500 metros y 4 kilómetros con la probabilidad de encargos mayores a ciertos fabricantes.

El espacio interior de una fibra no es homogéneo, sino que se establece en él una determinada ley de variación radial del índice de refracción; se busca con esta medida optimizar la transmisión de la energía óptica por su medio.

Dentro de la fibra óptica, pueden distinguirse dos zonas: la central llamada núcleo o corazón, y la envolvente que recibe el nombre de revestimiento o corteza. Aunque el Diámetro exterior está en proceso de ser normalizado en 125 micrómetros, el diámetro del núcleo se determina para conseguir un comportamiento determinado.

2.7. TIPOS DE FIBRAS ÓPTICAS

Comercialmente se manejan tres tipos de fibras ópticas que se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Fibra multimodo de índice en escalón.** Este es un tipo de fibra que presenta un núcleo con un Diámetro de 65 micrómetros y una corteza de 125 micrómetros; se logra con éste diámetro del núcleo, que los rayos que inciden en la interfaz núcleo-corteza con un ángulo mayor que el ángulo límite permitan que se dé la refracción interna total, los cuales son refractados hacia la corteza y se pierden, con lo cual se da éste efecto filtrante de la energía en el punto de inyección de la misma y en aquellos lugares en que el núcleo cambia bruscamente de dirección o presenta irregularidades en la geometría. En el caso contrario al mencionado anteriormente, se llegará al extremo de que la luz recorrerá un camino tanto mayor, cuanto menor sea el paso de la hélice o de la línea quebrada que constituye la trayectoria de la luz.

- **Fibra multimodo de índice gradual.** Está presenta una situación bastante diferente a la fibra mencionada con anterioridad, con un diámetro de el núcleo de entre 30 y 60 micrómetros, ya que el índice de refracción varía desde el eje de la fibra hasta su contorno exterior con arreglo a una determinada ley continua; las trayectorias de los rayos no son quebradas, sino curvas de pendiente continua; y que debido a esto algunos rayos recorren caminos más largos que los que se mueven más cercanos al eje. Como la velocidad de propagación en un medio sigue una ley inversamente proporcional al valor puntual del índice de refracción en el mismo, resulta, en éste caso, que los rayos que realizan trayectorias más largas, se mueven a una mayor velocidad que aquellos que recorren una trayectoria más cercana al eje de la fibra, y llegan ambas al final de la fibra casi al mismo tiempo; está importante propiedad de equiparación de los tiempos de tránsito, característica de las fibras de índice gradual, hace que muchas veces se les conozca como fibras con auto enfoque.

- **Fibras monomodo.** Antes de hablar sobre éste tipo de fibras, hay que establecer que la energía luminosa se propaga en el interior de la fibra en rayos, haces o paquetes de características similares llamados modos. Podemos decir que un modo es cada una de las distintas posibilidades de propagación de la energía en el interior de la guía. Es deseable que toda la energía de la fibra se concentre en un sólo modo o en un número reducido de los mismos; de está forma, la distorsión sobre la forma de los impulsos de luz aplicados en la cara de entrada de la fibra sería nula o reducida, al viajar todos los cuantos de luz con la misma componente de velocidad axial; como consecuencia, el ancho de banda del medio transmisor sería muy grande e idealmente infinito. Éste tipo de fibra presenta un diámetro del núcleo de 10 micrómetros.

2.8. COMPORTAMIENTO DE EL ANCHO DE BANDA EN LAS FIBRAS ÓPTICAS

En una fibra óptica, el ancho de banda se reduce cuanto mayor sea la capacidad de la fibra de conducir diferentes modos.

Si se incrementa el diámetro del núcleo de la fibra, mayor es la cantidad de modos en propagación por ella; por el contrario, si la magnitud del mismo fuera muy pequeña, todos los rayos irían concentrados en un apretado haz de forma que constituirían un único modo.

La cuáalidad ideal de monomodo se acentúa conforme se reduce el diámetro de la fibra y se hacen mas próximos los índices de refracción de el núcleo y de la corteza de la fibra en cuestión.

Finalmente, se puede decir que el ancho de banda de la fibra es mayor en cuanto menor es la cantidad de modos susceptibles que se van a propagar a través de ella.

2.9. CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS ÓPTICAS

A la hora de definir las características del portador óptico que se desea adquirir, es necesario tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- **Apertura numérica.** Es un parámetro que define la capacidad de captación de energía por parte de la fibra. La aceptación de luz, es decir, un confinamiento dentro de el núcleo está íntimamente ligado a la existencia del parámetro referido.

- **Atenuación.** Las dos fuentes que mayormente colaboran con la atenuación son las pérdidas por absorción⁶ y las debidas al esparcimiento o dispersión de la energía.

- **Dispersión modal.** Esta es una deformación que introduce la fibra en la forma de los impulsos que se le aplican, lo cual puede producir errores de interpretación que invaliden la transmisión. Al hecho de interpretar un bit por otro, recibe el nombre de interferencia intersímbolos y ocurre en todo sistema por defectos de anchos de banda.

Las fibras de índice gradual debido al efecto de autoenfoco presentan una dispersión modal más reducida que las de índice en escalón, por lo cual su comportamiento a velocidades de conmutación elevadas es mucho mejor. En cuanto a las fibras monomodo, debido a su propia naturaleza, no presentan problemas por dispersión modal.

- **Dispersión cromática⁸.** Este es otro factor que tiende a reducir el ancho de banda del portador óptico; se llama así al efecto derivado de la diferente velocidad de cada componente de distinta longitud de onda de una radiación cuando se propaga a través de un medio, y el resultado total es como si cada longitud de onda viera un índice de refracción diferente, y su velocidad dependerá del valor de dicho parámetro, que da también lugar a una deformación de los pulsos que viajan a través de la fibra. Este parámetro va a depender de factores como la forma de variación del índice de refracción, de la longitud de onda y el ancho espectral de la radiación, que se hace nula en el margen de 1.2 a 1.6 micras de longitud de onda.

2.10. FABRICACION DE FIBRAS ÓPTICAS

El material básico constituyente de la fibra óptica es el silicio bien en calidad de dióxido (sílice) al que añaden impurezas para configurar ciertos tipos de respuestas.

Desde el punto de vista de la producción, las dos clases de fibra se caracterizan por poseer puntos de fusión bastantes dispares, que establecen cierto procedimiento de fabricación como el más adecuado.

⁶ La absorción es debida al mecanismo de interacción luz materia

⁷ Esta pérdida tiene su origen en las irregularidades o discontinuidades sobre las características de propagación de la guía

⁸ También se le llama dispersión material

Existen dos maneras interesantes para la fabricación de fibras ópticas: el procedimiento de el doble crisol y el que toma como punto de partida una barra de sílice llamada preforma.

El método del doble crisol utiliza recipientes concéntricos de platino que contienen en estado fundido los materiales correspondientes al núcleo y al revestimiento de la fibra. Conforme fluyen los componentes por la base, se procede a su estirado, y se forma la fibra a medida que van solidificándose.

Mediante el control del proceso de enfriamiento a la salida de los crisoles, se puede conseguir que la fibra obtenida sea de índice en escalón o de índice gradual. Este procedimiento suele utilizarse para vidrios compuestos, ya que el punto de fusión de éstos es inferior al de el dióxido de silicio.

La utilización de las fibras obtenidas por el método del doble crisol queda relegada para enlaces de distancias cortas o baja velocidad de conmutación.

En el caso de fibra de sílice, se utiliza generalmente el método de fabricación a partir de una preforma,, que es una barra de 30 a 50 cm de longitud y 1 ó 2 cm de diámetro, cuya estructura en cuanto a grosor constituye una replica a gran escala de la fibra. Para la realización de la fibra, se procede al calentamiento del extremo inferior de la preforma, dispuestá verticalmente y se procede al estirado, y se obtiene así el producto deseado, cuyo diámetro va a depender de la velocidad de extracción.

Para la fabricación de la preforma, se pueden utilizar dos métodos, uno llamado hidrólisis por llama, en el cuál se procede a la oxidación de una barra de cloruro de silicio mediante un intenso flujo calorífico, al mismo tiempo que se añaden las impurezas deseadas. Para llevar a cabo el segundo método, se parte de un tubo de sílice por cuyo interior se hacen circular los vapores de cloruro de silicio, oxígeno y las impurezas necesarias, con lo cuál se van depositando capas en el interior de el tubo de manera conveniente. El método llamado por deposición de fase de vapor acaba con una operación llamada colapso, que consigue la contracción radial del tubo formando una barra maciza.

Las últimas etapas de fabricación a nivel de fibra consisten en el recubrimiento de una fina capa de laca y un enfundado plástico, con lo cuál queda protegida la fibra ante medios abrasivos, a partir de lo cuál lo más normal es integrar varias fibras en un sólo cable.

2.11. DISPOSITIVOS TRANSDUCTORES CORRIENTE/LUZ

Éstos son los utilizados como última etapa en la cadena de emisión para transformar la corriente eléctrica portadora de información en una replica luminosa de la misma.

Las exigencias que pesan sobre un dispositivo fotoemisor utilizable en comunicaciones ópticas son:

- **Espectro de emisión** ⁹. Este debe de ser coincidente con alguna de las ventanas del infrarrojo.

⁹ También llamado longitud de onda dominante

- **Anchura espectral.** Esta debe de ser lo más reducida posible con la finalidad de disminuir los efectos de dispersión cromática que se producirán en la fibra.

- **Haz de luz emitida**¹⁰. El cual debe de ser lo más estrecho posible para lograr mejorar la eficiencia del acoplo emisor-fibra.

- **Alta velocidad de respuestá.** De manera que sea posible la rapidez de conmutación necesaria en los sistemas de gran capacidad.

- **Alta potencia de salida.** Para mayor potencia de transmisión.

- **Bajo consumo de corriente eléctrica.** Es con el fin de facilitar el funcionamiento de los circuitos de excitación del fotoemisor.

- **Estábilidat frente a la temperaura.** Entre sus características a lo largo de el tiempo de operación.

- **Manejabilidad.** Es en cuanto a su tamaño y peso.

Las exigencias segunda y tercera constituyen lo que se llama coherencia de una radiación, y son los dispositivos, que mejor se adaptan para la construcción de enlaces ópticos, los diodos electroluminiscentes llamados LED y LÁSER, que basan el funcionamiento de ambos en la emisión de luz cuando los electrones de cierto tipo de material pasan de una orbita a otra.

2.12. DISPOSITIVOS TRADUCTORES LUZ/CORRIENTE ELECTRICA

Éstos son dispositivos que se utilizan para convertir la señal luminosa portadora de la información en una replica eléctrica de la misma, y se pueden resumir las condiciones que debe de reunir un detector óptico para su empleo en comunicaciones a través de fibra óptica en las siguientes:

- **Corriente en ausencia de luz muy pequeña,** para que de está manera se puedan discriminar de impulsos de luz muy débiles.

- **Rapidez de respuestá,** o su equivalente ancho de banda amplio, que está asociada al circuito unido al fotodetector.

- **Nivel de ruido mínimo,** generado por el fotodetector.

Los componentes que mejor se adaptan a éstas condiciones son los fotodiodos PIN¹¹ y de avalancha APD¹².

¹⁰ También llamado lobulo de emisión.

¹¹ Llamados así por la estructura de tres capas que poseen, denominadas tipo p, intrínseco y tipo n respectivamente.

¹² Avalanch Photo Diode

CAPITULO 3

CABLEADO ESTRUCTURADO. QUE ES Y QUE VENTAJAS BRINDA.

3.1. EL PRESENTE

Se puede indicar que el presente se caracteriza por una serie de cambios tecnológicos rápidos, los cuáles se enfrentan a una infraestructura obsoleta, que fue creada para la época anterior a las computadoras personales y de los PBX, lo cuál trae consigo que en el momento de querer cablear redes de computadoras o bien extender la capacidad de líneas telefónicas nos encontramos con ductos saturados de cables, lo cuál nos produce una gran inflexibilidad para los cambios a nuevos sistemas, a fin de lograr una integración de servicios, con lo cuál se queda en desventaja ante la competencia mundial en la cuál sobrevivirá aquel que presente una mejor adaptación y mayor eficiencia en sus sistemas.

En un edificio, se puede considerar el ciclo de vida del mismo y de los servicios que se le introducen de la siguiente manera: en aproximadamente 40 años o más para la estructura física de el edificio, de 2 a 3 años para los sistemas de computación, de 6 a 7 años para los sistemas de telecomunicación y de 15 a 17 años en los sistemas de automatización. El presente se caracteriza por la existencia de "islas de automatización", en la cuál un equipo provee una solución, que se puede considerar cómo solución privada, para lo cual se deben de buscar sistemas múltiples que provean de soluciones totales; éstos sistemas se basan en normas y estandarizaciones a nivel mundial, tales cómo en las normas de transmisión FDDI, ATM, ISDN, LAN, las cuáles cubren la demanda para altas velocidades de transmisión y de ancho de banda. Cómo se menciona anteriormente en un edificio típico en el cuál su tiempo de vida se considera en 40 años o más, la inversión realizada en el mismo se puede desglosar de la siguiente manera:

- a- Administración, con un 50% del total de la inversión.
- b- Construcción, con un 11% del total de la inversión.
- c- Financiación, con un 14% del total de la inversión.
- d- Mejoras, con un 25% del total de la inversión.

De lo mencionado anteriormente, se ve que de el costo de construcción del edificio, la inversión en la construcción es una mínima parte en relación con los otros costos que habrán de manejarse en el futuro; de ahí la importancia de establecer desde el inicio todos los servicios que habrán de prestarse en el mismo, para así reducir costos en tendido de nuevas tuberías y cableados para comunicación, tanto de voz como de datos.

3.2. EDIFICIOS INTELIGENTES

Un edificio se puede considerar cómo un "edificio inteligente", si en el diseño del mismo se incluyen las características necesarias para obtener el más bajo costo de mantenimiento y la mayor eficiencia organizacional posibles; es en resumen el arte de construir e integrar un edificio "inteligentemente".

Cómo una desventaja aparente que nos brinda un "edificio inteligente", se puede mencionar una inversión inicial elevada, pero ésta se va a ver compensada con costos operativos reducidos; además ofrece la ventaja de ser un sistema más flexible, universal, que no está sometido a restricciones que

imponen los sistemas separados.

En un edificio inteligente, se integraría en una sola administración los sistemas necesarios para dar servicios de transmisión de voz, de datos, sistemas de seguridad, de prevención de incendios, aire acondicionado y calefacción, y distribución de electricidad.

3.3. CABLEADO TRADICIONAL

El cableado tradicionalmente utilizado tiene las limitantes de no ser reusable para las nuevas tecnologías, en el cuál el soporte técnico depende de un proveedor, el cuál se puede decir que controla el destino del usuario, en el cuál se percibe cómo "ventaja" un "bajo costo" inicial, pero que traerá consigo cambios y adiciones costosas.

El edificio inteligente es un edificio en el cuál existirá una centralización de la administración de los cableados realizados en el mismo, y además, en éstos, "el personal controla a los sistemas, y no los sistemas controlan al personal".

Otra desventaja que presentan los cableados tradicionales es que existe un cableado separado por servicios: voz, datos, controles, electricidad, seguridad, etc., lo que trae consigo una multiplicidad de cables cómo coaxial blindado, twinaxial, par trenzado, fibra, etc., lo que requiere múltiples rutas de distribución y que trae consigo una saturación de los conductos.

3.4. VENTAJAS DE EL CABLEADO ESTRUCTURADO

Se puede indicar nuevamente que las ventajas de usar un sistema basado en un cableado estructurado son:

- Reducción de costos de instalación y de materiales.
- Reducción de el espacio necesario.
- Reducción de gastos para adiciones, cambios, administración y mantenimiento.
- Eliminación de construcción innecesaria durante horas de trabajo.

El cableado estructurado se encuentra basado en las ventajas que nos ofrece el cable de par trenzado (UTP), la arquitectura que se desarrolla y las múltiples aplicaciones que podemos realizar. Entre las ventajas de el cable de par trenzado (UTP), se pueden mencionar las siguientes:

1. Permite la incorporación de nuevas tecnologías, debido a su capacidad de transmisión.
2. Flexibilidad para cambios y adiciones de usuarios, debido a la administración centralizada.
3. Soporte de normas internacionales.
4. Diámetro externo reducido, con lo cuál se reduce la saturación de conductos.

5. Fácil de instalar.
6. Independiente de aplicaciones.
7. Fácil conexión.
8. Liviano.

El cable de par trenzado permite realizar una transmisión balanceada, que se consigue gracias a adaptadores que se utilizan en la unión de el cable al sistema, lo cuál reduce la interferencia exterior; proporciona también una razón señal a ruido menor que con cable corriente; reduce los efectos de la diafonía¹³, lo cuál también se consigue en el cable coaxial en el que se hace a "fuerza bruta", ya que con el blindaje los campos electromagnéticos encerrados aumentan las pérdidas, por lo que se necesitan conductores más grandes para compensar, mientras que con el par trenzado esto es un efecto de el trenzado que se realiza.

Existen dos tipos de trenzado: uno llamado trenzado largo en el cuál los pares comparten espacios entre ellos, y otro llamado trenzado corto en el que cada par se encuentra separado de los demás, y ambos dan una reducción en la diafonía, sin necesidad de blindajes.

3.5. CLASIFICACION DE EL CABLE DE PAR TRENZADO

Existen diversas categorías de cables de par trenzado, cuyas aplicaciones dependen de éstas y son las siguientes:

- **Cable de par trenzado categoría 3**, el cuál se utiliza para transmisión de voz y datos (hasta 100 Kbits/s) y sistemas basados en 10BASE-T.

- **Cable de par trenzado categoría 4**, que tiene las mismas aplicaciones anteriores pero puede llegar a cubrir velocidades de hasta 50 Mbits/s.

- **Cable de par trenzado categoría 5**, éste tipo de cable nos permite utilizarlo en aplicaciones ATM a 100 Mbits/s y es el cable que se utilizará para realizar los cableados estructurados, debido a su elevada capacidad de transporte de información.

3.6. INTERCONEXIÓN CON OTROS SISTEMAS

El cable de par trenzado proporciona, cómo se mencionó anteriormente, una serie de adaptadores para balanceo y eliminación de radiación al ambiente, adaptadores a sistemas cómo AS-400, IBM-3270, 10Base-T, Wang, RS-232, Token Ring, con lo cuál se pueden obtener adaptadores a par trenzado para la mayor parte de sistemas existentes, y no importa si son sistemas propietarios o de arquitectura abierta.

3.7. NORMAS INTERNACIONALES

Se ha establecido que en el 99% de las oficinas la distancia de el punto de administración hacia el punto de utilización de el equipo es menor a 67 metros, mientras que con UTP categoría 5 se puede tener una distancia máxima

¹³ También llamada en inglés Crosstalk

de 90 metros, con lo cuál sobrepasamos con creces la distancia típica; además es un sistema que se encuentra normado internacionalmente por las siguientes normas:

- **EIA-569** Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces.

- **EIA-570** Residential and light commercial Telecommunication wiring standard.

- **EIA-606** Administration Standard for telecommunications infrastructure of commercial.

- **EIA-607** Bonding and Grounding (en progreso).

La arquitectura de un cableado estructurado se divide en subsistemas, los cuáles se caracterizan por ser fáciles de mantener, fáciles de operar, de crecer; los cambios son localizados, productos comunes a varios subsistemas, entrenamiento rápido al personal encargado de la administración y herramientas simples que son fáciles de utilizar.

CAPITULO 4

ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE LA RED

Existen varios aspectos muy importantes que se deben considerar cuando se está diseñando una LAN. El objetivo de éste capítulo es el de exponer los aspectos más importantes que se deben considerar, tomándolos a todos como indispensables. Quedan algunos aspectos que no se enumeran como los aspectos organizacionales, los cuáles en éste estudio se presupone que ya existen para dar motivo al mismo.

4.1. REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

Se sabe que el componente hardware es importante, pero el software es el que permite brindar una serie de servicios sobre una LAN, que hace uso del hardware, tanto a nivel de computadoras como de la parte de la red física; son vitales los componentes de software que se mencionan para que la red funcione.

Cada uno de los componentes de la red cuenta con software propio. Del lado del host o nodo principal, se debe contar con software para la administración de la red, o para brindar datos a los demás nodos. En los demás nodos, si se trata de nodos con capacidad propia (como computadoras personales), contará con software propio para administración y conexión a la red. La mayoría de software necesario en la red para brindar servicios se adquiere de fabricantes o distribuidores del mismo, mientras que otra fuente puede ser software desarrollado por la misma organización.

4.1.1. SISTEMA OPERATIVO

El sistema operativo será el administrador de los recursos de hardware y software en la red. En el ambiente de redes se le conoce como el NOS (Network Operating System), para diferenciarlo de los usados en sistemas centralizados.

Éste componente de software es muy importante, ya que de su elección dependerá el resto de el software que se va a utilizar en la red. La elección del NOS deberá de estar enmarcada en la tendencia hacia los sistemas abiertos, el cuál permitirá elegir entre un gran número de casas desarrolladoras el software que se va a utilizar, así como el respectivo hardware, ya que en algunos sistemas operativos no se pueden utilizar componentes que no sean del fabricante de la computadora.

La elección del NOS está muy ligada (y a veces dictada) por el hardware adquirido para la máquina central de la red, y en la medida de lo posible se deberá de implementar sobre arquitectura del tipo abierta, que permita la implantación de un sistema operativo con esa característica.

Entre los lineamientos que se deben considerar para escoger el sistema operativo están:

- a- tendencia a la estandarización,
- b- disponibilidad de software en el mercado local,
- c- bajo costo en relación a otros sistemas propietarios,
- d- capacidad de crecimiento (usuarios y dispositivos que maneja),
- e- posibilidad de realizar otros tipos de investigaciones sobre el sistema

operativo, y

e- capacidad de manejar y administrar dispositivos periféricos de varios fabricantes.

Para terminar en cuanto al sistema operativo que se va a utilizar, cabe mencionar que esto depende mucho de la capacidad de brindar servicios de la red.

4.1.2. PROTOCOLO DE CONTROL

Analizando el software necesario que controlará el uso y acceso a la red física, existe un componente de software que muchas veces reside en chips en los dispositivos de comunicación, llamado el protocolo de control. Éste concede el acceso a la red para realizar transmisiones, controlando el acceso al medio de transmisión con el propósito de que dos dispositivos puedan intercambiar datos. La variedad de mecanismos de control que existen se fundamentan en los siguientes conceptos:

- poleo (polling),
- contención, y
- paso de testigo (token passing).

Es de hacer notar que los mecanismos funcionan sobre topologías específicas y han sido desarrollados al mismo tiempo que éstas, por lo que la determinación de qué protocolo de control se va a usar depende de la arquitectura de la red elegida. Para tener una visión general del porqué de los distintos tipos, éstos se enumeran a continuación:

1.- Poleo (polling): en éste método, el control es concedido al nodo solicitante al detectarse por el mecanismo que el nodo levantó una señal, o bien por el método de que un dispositivo, calcula la próxima dirección a que hay que hacer poleo. Otorgado el control al nodo transmisor, éste realiza la transmisión de su mensaje; al finalizar el mismo, se libera la señal y se sigue el procedimiento de poleo con los demás nodos de la red.

Éste método asemeja la situación en la que un encargado constantemente pregunta a los elementos del grupo si alguno tiene dudas, hasta que alguien toma la palabra. Para la implementación de éste mecanismo existen variantes y se considera que no es un método adecuado para redes de área local, ya que constantemente está revisando si una estación quiere transmitir.

2.- Paso de testigo (token passing): éste mecanismo está fundamentado en el constante movimiento de una casilla (electrónica) dentro de la red de computadoras, la cuál pasa de nodo en nodo de la red (generalmente está asociado con la topología de anillo y sus variantes).

La forma en que funciona es la siguiente:

Existe una casilla o token que constantemente circula por la red en una dirección única. Si un nodo quiere enviar un mensaje, espera que pase el token, lo toma y pone el mensaje (si el token está vacío o tiene espacio) y un encabezado que identifica a quien va dirigido el mismo. Se pone de nuevo el token en la red y éste se mueve hasta que el nodo receptor verifica que el encabezado está en su dirección.

En el caso de que el mensaje llegue en estado de error, se pone cierta combinación de bits en el token, y cuando lo recibe de nuevo, el emisor lo verifica. Si es necesario se envía nuevamente el mensaje. En caso de haber llegado bien, el mensaje, simplemente el nodo emisor está seguro de que éste fue recibido correctamente.

Éste mecanismo de control garantiza una conexión con todos los nodos de la red y por características de la topología en que se usa el nodo emisor se puede convertir en nodo receptor, al haber dado el token o casilla una vuelta completa a la red física.

Usando éste protocolo en la red, las interfaces son elementos activos en la transmisión de datos; éstos deben de tener la capacidad de reconocer direcciones en mensajes viajando a través de la red (en el token) de tomar y copiar mensajes hacia el dispositivo en que está conectada, y de marcar de alguna manera donde los mensajes ya fueron tomados. Además las capacidades de conversión de velocidad son útiles, ya que las velocidades de transmisión son diferentes a las de las terminales.

- **Contención:** es un mecanismo usado en otros tipos de topologías y que tiene bastante popularidad en el ambiente de redes de área local por su simplicidad y eficacia, y se fundamenta en:

a- Escuchar si el medio está libre para transmitir sobre él. Si está libre el medio se transmite el mensaje; de lo contrario, se retarda la transmisión.

b- Usar un algoritmo de detección de colisiones, el cuál automáticamente retransmite el paquete de bits en un tiempo aleatorio, en caso de colisión de mensajes.

Su construcción es sencilla y el tipo de elementos que usa son de bajo costo y producidos por gran cantidad de fabricantes, por lo que es usado en la construcción de LAN en distintos ambientes. Las topologías que pueden ser implementadas en éste mecanismo son las de bus y las de estrella pasiva.

Se desempeña bien en canales sin mucha carga de comunicación. Según Deitel¹⁴, la posibilidad de que existan colisiones usando éste mecanismo es de 1 en 100.

La toma de decisión sobre el mecanismo de control que se va a usar en la implementación del proyecto, está muy ligada a otra serie de aspectos que se mencionarán a continuación:

- arquitectura de red que se va a usar,
- capacidad de crecimiento,
- complejidad del mecanismo de control,
- costo de dispositivos que se necesitan, y
- rendimiento.

En nuestro medio, la elección del protocolo debe de inclinarse por la sencillez y el bajo costo, tomando en cuenta que la carga que el sistema tendrá podrá ser soportada por la arquitectura diseñada, aunque es importante recalcar que la decisión de éste componente está muy ligada a otros factores tales como:

¹⁴ Deitel, Harvey M. Introducción a los sistemas operativos, 1987.

- facilidad de implementar, y
- conectividad con otros tipos de red.

4.1.3. CONTROL DE ERRORES

En general, cualquier tipo de arquitectura LAN que se va a implementar debe de tener un componente dedicado a la detección y corrección de errores (en el mejor de los casos), el cuál puede ser implementado en el hardware o en el software.

El único propósito del control de errores es el de asegurar que los errores no ocurran y que si ocurren, el sistema se pueda recuperar de los mismos. La información siempre se debe de recibir correctamente, sin importar el mecanismo de detección de errores utilizado. En el caso de aplicaciones que por su cuenta determinan si el mensaje está en error, se solicita retransmisión hasta lograr recibir el mensaje correctamente.

Por otro lado, si la aplicación no es tolerante a fallas de éste tipo, el medio de comunicación debe de proporcionar los mecanismos de detección y corrección.

4.2. REQUERIMIENTOS DE HARDWARE

Mencionados algunos aspectos relevantes en cuanto al software, se presentan los relativos a la parte física, el hardware, a los componentes de importancia que será la infraestructura sobre la cuál funcionará el software mencionado. De la elección del hardware, depende mucho la arquitectura y el funcionamiento que tendrá el LAN. En esta parte, se debe de pensar sobre el equipo que estará conectado a la red y todos los dispositivos que harán posible esa conexión.

A continuación se presentan los componentes:

4.2.1. MEDIO DE TRANSMISIÓN

Actualmente los encargados de LANs se encuentran con la decisión de qué tipo de medio que se va usar, que van desde el cable coaxial hasta la fibra óptica basada en haces de luz. Para decidir sobre el medio apropiado, se debe de considerar:

- capacidad de brindar servicios alternos en el futuro, cómo transmisión de voz y video, que se puede conseguir sólo con fibra óptica,
- costo de cable e instalación,
- disponibilidad de personal encargado de mantenimiento de la red física, y
- costos de dispositivos que se van a utilizar con el tipo de medio elegido.

Cada una de las opciones tienen sus pros y sus contras. A continuación, se presentan los distintos tipos y sus características principales:

- **Par trenzado (twisted pair):** éste medio de conexión es la base para la realización de los cableados estructurados; se recomienda la utilización de un cable nivel o categoría 5, con alta capacidad en la velocidad de transmisión para la transmisión de voz, datos y video, y es compatible, a

través de adaptadores, con la mayoría de sistemas tanto propietarios como de arquitectura abierta; esta es una opción no muy costosa, tomando en cuenta que éste se utiliza para conexiones punto a punto, tal y como se menciona en el análisis de los cableados estructurados.

- **Cable coaxial:** es de bajo costo y, es un muy flexible medio de comunicación. Su construcción se basa en un elemento de transmisión rodeado por capas aislantes y protectoras, que utiliza dispositivos de conexión llamados T (Tap) muy sencillos que aseguran que en cualquier punto de el cable podamos entablar una conexión (si la capacidad de la red lo permite).

El cable coaxial se encuentra disponible en el mercado en dos versiones:

- cable delgado (thin wire), y
- cable grueso (thick wire).

Cómo su nombre lo dice, la diferencia está en el grosor del cable, lo que establece una diferencia entre el grueso del elemento conductor y la capa de protección, que puede traer consigo los problemas de reducción de atenuación a través de un elemento conductor más grueso, es decir, a "fuerza bruta", por lo cual también va siendo sustituido por el cable de par trenzado que nos evita éstos problemas.

Existen dos grandes formas de transmitir sobre cable coaxial:

- banda base (base band)
- banda ancha (broad band).

A continuación , se presentan las diferencias entre los dos métodos:

- En la banda ancha, se separa la señal en el cable por subseñales, lo que permite hacer más de una transmisión simultánea. Esto se logra utilizando la técnica de multiplexación FDM (multiplexión por división de frecuencia), ofreciendo éste medio cómo ventajas:

- altas capacidades de transmisión,
- Inmunidad al ruido y a la interferencia, y
- capacidad de manejar audio, video y datos.

- En la banda base, se utilizan técnicas sin multiplexación, y cómo ventajas éste medio ofrece:

- bajo costo,
- interfaces de bajo costo,
- facilidad de hacer conexiones al cable, y
- no se necesita personal especializado para su mantenimiento.

- **Fibra óptica:** lo más novedoso en medios de transmisión es la fibra óptica, que ofrece la gran ventaja de la velocidad, que nos permitiría estar a la par del desarrollo de la tecnología y la inmunidad a la interferencia eléctrica por el concepto en que se basa.

El usar la fibra óptica cómo backbone¹⁵, y de la LAN, traería ventajas

¹⁵ Columna vertebral

en longitud de alcance de la red, ya que una vez que se coloca la fibra óptica y todos los empalmes fueron realizados éste no debe de ser tocado nuevamente por nadie, ya que la conexión a la tarjeta de interface se realiza por medio de adaptadores; éste es un medio que ya no se puede considerar caro debido al desarrollo que ha tenido en el mundo, además de un abaratamiento en la interfaces, y las ventajas que nos ofrece cómo parte de nuestro cableado estructurado.

4.2.2. UNIDADES DE INTERFAZ (IU, INTERFACE UNIT)

El siguiente componente importante son las unidades de interfaz que se encargan de entablar la comunicación física entre el dispositivo (computadora personal, terminal, host, impresora, etc) con el cable de la red. Dependiendo de la arquitectura de la red, serán así las interfaces que se necesitarán.

Éstas interfaces son las que realmente convierten al cable en una red de computadoras. Todas las interfaces en la actualidad tienen varias funciones en común pero cómo ya se mencionará depende de factores cómo el medio al que se está accediendo, así por ejemplo, interfaces que usan cómo medio la fibra óptica, difieren mucho de las interfaces utilizadas cuando el medio es cable coaxial.

Algúnas de las funciones que realizan las interfaces son:

- inicialización de bus de comunicaciones,
- recibir: procedimiento por medio del cuál la interface verifica si el mensaje es dirigido a ese nodo,
- re arranque: desde un estado de falla se puede poner a funcionar de nuevo el sistema,
- transmitir: procedimiento por medio del cuál la interfaz solicita poder transmitir a través del medio,
- control de errores: envío y recepción de ACK/NACK (acknowledge / no acknowledge), status, paridad, ID (identificación), detección de duplicidad, etc.,
- morir: en topologías de anillo, es la capacidad de que el nodo ya no éste activo dentro de el anillo,
- manejo de overflow del buffer: en caso de que se presente, establecer que debe de hacer la interfaz,
- reintentar, en caso de overflow o de errores,
- segmentación: en caso de mensajes muy largos, hay que dividir el mensaje en paquetes y transmitirlos en cierto orden,
- direccionamiento: a cuál dispositivo, en qué dirección se enviará el mensaje, y
- seguridad de los mensajes.

La tendencia actual de los interfaces es que se fabrican lo más apegado a

los estándares de IEEE bajo el estándar 802 de redes de área local, usando para ello tecnología VLSI (very large scale integration).

En general para el proyecto de red de área local, se deben de considerar interfaces para:

- máquina central o host,
- terminales no inteligentes (usadas en un sitio común y que se conectarán a servidores de terminal),
- computadoras personales,
- servicios de impresión, y
- cualquier otro dispositivo de cómputo que se quiera conectar a la red.

4.2.3. REPETIDORES

Por las distancias entre los puntos que cubrirá el sistema y las características de cada modelo de red, en ciertos casos (en el caso de que vamos a utilizar fibra óptica no se requieren de repetidores), se necesitan de los dispositivos que se conocen como repetidores, cuya mención consideramos importante, para aquellos sistemas que se deseen basar en cable coaxial.

Éstos tienen la función de recibir la señal en la red y amplificarla. En combinaciones usadas en la actualidad, una de éstas cajas (hubs) se usa para recibir como entrada un cable y tiene como salida dos o más cables, los cuáles sirven para extender la arquitectura en varios segmentos adicionales a la red, y poder formar con ello topologías híbridas de bus y anillo.

Éstos repetidores pueden llegar a mejorar el rendimiento global de la red y evitar la atenuación de la señal en la misma, lo cuál se logra al recoger la señal y retransmitirla a los segmentos conectados a él.

4.2.4. PUENTES

Los puentes son dispositivos que se utilizan para proveer un protocolo de interconexión transparente para redes similares (que al igual que los repetidores no serán utilizados en la red a nivel de fibra óptica, pero que en un dado momento podrían utilizarse al nivel de el UTP), y permite unir dos o más LANs, y el usuario de una u otra red tiene la sensación de que accesa una sola red.

Éstos permiten que una estación se conecte a otra estación de una LAN diferente, cómo que si fueran parte de la misma LAN. Los puentes difieren de los repetidores y amplificadores en que son dispositivos inteligentes para almacenar y enviar paquetes.

Otra característica importante de los puentes es que pueden interconectar redes no similares en sustitución de los enrutadores y puentes de acceso que tienen rendimiento bajo y son de construcción compleja.

4.2.5. INSTALACION

Un factor importante es quién, cómo y por medio de que ductos se realizará la instalación, así cómo el tipo y calidad de conectores e interfaces que se emplearán. En situaciones muy especiales en los cuáles el cable se va a tensar mucho o va a estar sometido a condiciones ambientales, se deben de tomar las precauciones necesarias en cuanto a las características del

recubrimiento de la fibra óptica que se va a utilizar.

En la mayoría de los casos, las instalaciones se realizan en edificios que ya existen; lo cuál representa problemas obvios para los diseñadores e instaladores de la red. En éstos casos, se debe de tener cuidado ya que instalar cables en lugares no adecuados o en sitios que no se podrán acceder a reparar o revisar en el futuro, podrá provocar problemar al dar mantenimiento a la red. El otro caso es el de edificios en construcción; esto permite que los diseñadores propongan instalaciones semejantes a las de la energía eléctrica, las cuáles deben de ser cuidadosamente estudiadas para contemplar el crecimiento de la red y la cobertura que tendrá la misma.

La tarea de instalación del medio, por lo general, debe de ser conducida por expertos en el área que tengan claras todas las consideraciones de instalación necesarias. Para la fase de mantenimiento de la red es deseable contar con recurso humano propio que tenga todas las herramientas y recursos necesarios.

En el caso de la red basada en fibra óptica, la sección principal, correspondiente a la fibra óptica, se considerará libre de mantenimiento, por lo que el mantenimiento de la red no implicará el entrenamiento de personal, lo que se podría considerar cómo un incremento en el costo, teniendo contacto el personal de mantenimiento únicamente con la sección correspondiente al cable de par trenzado, cuyo mantenimiento no requiere de ninguna capacitación especial.

4.2.6. AMBIENTE

Éste punto se refiere al tipo de sitios por donde el cable pasará y que puede traer consecuencias en el desempeño de la red, aunque en nuestro caso con la utilización de fibra óptica y de cable de par trenzado la interferencia ya no es un problema de mucha consideración.

Sin embargo, si hay que tomar en cuenta las condiciones a las que estará expuesto el medio para hacer las previsiones que sean necesarias y en lo posible buscar el ambiente óptimo en los lugares que cruzará el medio, para así elegir el tipo de forro protector adecuado para el medio. Los instaladores deben de ser expertos en ese aspecto, ya que una mala decisión en ese momento puede traer problemas operacionales a todo el sistema.

4.2.7. EQUIPO QUE SE VA A INTERCONECTAR

En éste punto, se trata de esbozar el tipo de hardware que se va a utilizar en la red de computadoras, y que debería de ser el mínimo posible en un proyecto cómo éste, empezando desde la computadora central hasta el cable que hará realidad la comunicación en la red. Éste equipo se enumera a continuación:

- computadora central, la cuál será el controlador de la red, deberá poseer:

- el sistema operativo de la red (NOS),
- el administrador de la base de datos,
- el compartimiento de los recursos a través de la red,
- brindar servicios de uso general a los nodos en la red,
- monitorear y controlar las actividades en la red, y
- brindar acceso a las aplicaciones del sistema.

- Terminales, del equipo existente se debe de utilizar la mayoría. En éstas terminales, se iniciarán sesiones remotas con la máquina central para obtener servicios generales del sistema de información.

- Estaciones de trabajo (computadoras personales). Los usuarios que en la actualidad posean computadoras personales, podrán conectarse a la red vía dispositivos servidores de terminal; además, en el tiempo que no necesitan acceder a la red pueden usar su estación de trabajo para actividades particulares independientes de la red. Por los costos que actualmente representa éste equipo, sería la opción más recomendable cuando se piense en la compra de equipo en el futuro.

Está tendencia hará posible que cada usuario corra sus aplicaciones haciendo uso de su propia unidad central de proceso (CPU, por sus siglas en inglés), traendo los datos de la máquina central.

- Dispositivos de impresión, todos los dispositivos de impresión con que se cuenta deben de ser integrados a la red con el objeto de poder ser compartidos con otros usuarios. De está manera, el costo de adquisición de éstos dispositivos se puede diluir entre más de un usuario.

- Tarjetas controladoras de red, para el equipo central, se deberán de tener las tarjetas que permitan la conexión con el cable de la red (interfaces FDDI, para la conexión a la fibra óptica) y para las terminales existentes (tarjetas con entrado RJ-45, para UTP).

- El cable, se debe de estimar la cantidad de fibra óptica que se va a utilizar, así cómo la cantidad de cable de par trenzado necesaria.

- Equipo adicional necesario para hacer las conexiones de las tarjetas FDDI a la fibra óptica, para que actúen cómo medio de acoplo de luz a electricidad.

- Unidades de respaldo de poder (UPS), para los lugares donde se instalarán los servidores de estaciones.

4.3. TOPOLOGÍA. ASPECTOS PARA SU ELECCION

Recordando el término topología, según Clark¹⁶, es simplemente "un patrón de interconexión usado entre varios nodos de la red".

Las variantes de cómo conectar equipo en una red presenta al diseñador una gran variedad de opciones, las cuáles deben de ser estudiadas para encontrar la que más se adapte a las condiciones donde se implementa el proyecto.

Los aspectos relevantes a considerar son:

4.3.1. UBICACION GEOGRAFICA

Se refiere al lugar y a la dispersión de los nodos que habrán de conectarse a la red. Deben de considerarse las distancias máximas entre sitios (ya que el cable de par trenzado tiene un máximo alcance de 90 metros), además hay que tomar en cuenta el lugar donde se colocará el o los nodos que actuarán cómo servidores de la red, ya que esto depende mucho de la distancia y ubicación de los sitios. Además, se debe de estudiar la posibilidad de agrupar ciertos recursos en un único lugar por afinidad de

¹⁶ Clark, D.D. An introduction to local area networks, 1978.

tareas o por pertenecer a un mismo departamento, lo cuál puede traer un cierto beneficio en cuanto a costos de la red.

4.3.2. FACTOR COSTO

Esto se menciona, ya que según la topología que se va a implementar se debe de pensar en el protocolo de control que se va a utilizar, y éstos aspectos contribuyen al costo de la red, ya que las estaciones que se van a conectar tienen que proveerse del software necesario, así cómo de las interfaces para acceder a la red. Por ejemplo: en LANs usando protocolo de control de contención son mas baratos los dispositivos en general que para sistemas que utilizan paso de testigo (token passing), aunque éste factor no representa el rendimiento que se pueda tener con un sistema u otro.

Actualmente, la fibra óptica ya no representa un costo tan elevado para ser utilizada cómo el medio de transmisión entre los servidores de la red, por lo que no se puede considerar cómo un obstáculo que evite la implementación de la red.

4.3.3. CRECIMIENTO Y CONECTIVIDAD

Importante característica de la topología y mecanismo de control es la capacidad que en el futuro pueda ser extendida a un mayor número de usuarios o el poder cubrir un edificio más. Puede ser necesario también conectar mayor cantidad de dispositivos al sistema por el propio crecimiento de la organización, especialmente en aquellas organizaciones cómo las universidades por las características de servicio que tienen.

Al hablar de crecimiento, nos referimos a elementos que amplíen la topología, con el fin de poder agregar segmentos a la red existente hacia nuevos edificios u otras tareas, las cuáles no se servían anteriormente; todo esto sin tener que hacer las modificaciones sustanciales a la red de que se está hablando (que es la idea fundamental del cableado estructurado).

Otro aspecto importante es la capacidad de la red de aceptar a un nuevo usuario, sin detener o transtornar las operaciones del resto de usuarios de la red, y si se necesita personal altamente especializado para la conexión de un nuevo dispositivo, es deseable que sea una operación sencilla que hasta el mismo usuario pueda realizar, siempre que el medio de transmisión esté cercano a su sitio de trabajo (lo cuál se consigue con la adecuada planeación de la distribución de tomas de señal de red en el diseño de el cableado estructurado) que es una ventaja más que se nos ofrece, así cómo el traslado de usuarios a diferentes oficinas dentro de el edificio.

Por último, en cuanto a crecimiento, se debe de decir que si la topología no puede crecer más que su diseño original no es recomendable su uso. Al contrario, se debe de pensar en una topología a la cuál se puedan agregar extensiones o segmentos de acuerdo con la necesidad de crecimiento organizacional.

En cuanto a la conectividad, es deseable que la red que se elija se pueda comunicar con otras de distinto tipo (mediante el uso de los adaptadores apropiados), para integrar redes que funcionan en equipo PC DOS cómo NOVELL (en sus distintas versiones), WINDOWS NT y en equipo Apple con Apple Talk.

4.3.4. RENDIMIENTO

El autor Fortier¹⁷, define el rendimiento cómo "una colección de medidas cuantitativas que acompañan a la capacidad de una red para transferir información". Ejemplos típicos de esas medidas son:

- ancho de banda,
- tiempo de respuesta, y
- tasa de errores en la transmisión.

Debe de hacerse la observación que éstos aspectos están muy influidos por las elecciones en cuanto a hardware y software que se hagan. Para cada una de las topologías, existen estudios hechos que muestran cuál es el rendimiento relativo a las mismas para que los diseñadores que no han utilizado alguno de los modelos puedan tener esto cómo referencia¹⁸.

Aunque es un aspecto que en realidad no se toma en cuenta, debería de ser un factor de mucho peso en la elección de la topología, aunque todos los profesionales relacionados con las redes de computadoras están conscientes de que el rendimiento es medible hasta que el sistema está funcionando, ya que antes existen muchos otros factores que lo afectan.

4.4 CONSIDERACIONES PARA LA ELECCION DE LA FIBRA ÓPTICA

4.4.1. EL ENLACE DE FIBRA ÓPTICA

La Figura 4.1 muestra un esquema sencillo en el cuál se indican los componentes que conforman un enlace de fibra óptica punto a punto, que está constituido por un transmisor óptico, así cómo un receptor conectados por medio de una fibra óptica.

El transmisor óptico convierte la señal eléctrica en una señal luminosa, la cuál es aplicada a la fibra

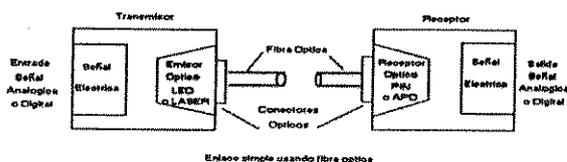


FIGURA 4.1. óptica por medio de un diodo emisor de luz (LED, por sus siglas en inglés), diodo láser (LD, por sus siglas en inglés) o un láser.

En el otro extremo de la fibra el fotodetector, ya sea del tipo PIN (positivo-intrínseco-negativo) o APD (Avalanche PhotoDiode), captura los impulsos luminosos para su conversión de nuevo en una señal eléctrica.

El trabajo del diseño consiste básicamente en establecer la relación costo-

¹⁷ Fortier, Paul J. Handbook of LAN technology, 1989.

¹⁸ Bux, Werner, LAN: A performance comparison, 1984.

eficiencia para lograr la red idónea para la aplicación que se planifique, considerando tanto las interfaces electricidad-luz, sin olvidar las limitantes que éstas tienen, así como la estructura física requerida para la instalación de la fibra óptica.

Dentro de el análisis de transmisión de la señal, hay que tomar en cuenta en primer lugar la calidad de la señal, la cuál envuelve factores cómo la razón señal a ruido (en sistemas analógicos) y la tasa de error de bits (en sistemas digitales). Cuando se está diseñando el sistema, el diseñador debe de determinar la razón señal a ruido o bien la tasa de error de bits aceptable para la transferencia de datos que se vaya a realizar.

El siguiente paso que se realizará es el de determinar la mínima potencia óptica necesaria en el extremo receptor, la cuál se puede obtener de datos que proporciona el distribuidor de la fibra.

4.4.2. PÉRDIDAS Y LIMITACIONES

El diseño de un enlace de fibra óptica consiste básicamente de dos partes:

1. Calcular las pérdidas ópticas que ocurren entre el fotoemisor y el fotodetector.

2. Determinar las limitaciones en el ancho de banda en la transferencia de datos, determinadas por las características del transmisor, el receptor y la fibra óptica.

La reducción en la potencia óptica o atenuación, conforme la luz se transmite por la fibra óptica es expresada en dB/km (decibeles/kilómetro).

El decibel es una expresión logarítmica de la razón entre la potencia que entra y la potencia que sale de la fibra y está dada por :

$$\text{dB} = 10\log_{10}(\text{Potencia salida/potencia entrada})$$

Una pérdida de 3 dB significa que la mitad de la potencia aplicada a la fibra óptica se pierde. Por ejemplo si se inicia con 500 microwattios, se tendría en el extremo receptor de la fibra una potencia de 250 microwattios. Una pérdida de 10 dB significa que 1/10 de la potencia aplicada llega al extremo receptor, es decir una pérdida de el 90 %.

Un enlace de fibra óptica puede funcionar adecuadamente con potencias ópticas en el extremo receptor tan pequeñas cómo de 1/1000 de la potencia aplicada al extremo transmisor (una pérdida de 30 dB).

Si el transmisor emite la suficiente potencia y el receptor es lo suficientemente sensible, el sistema puede operar con grandes pérdidas. La cantidad de pérdidas puede ser toleradas en el enlace va a ser determinado por los mínimos requerimientos de potencia que tenga el dispositivo receptor.

4.4.3. PÉRDIDAS DEBIDAS A LA TRANSMISIÓN

Las principales causas de atenuación en un sistema basado en fibra óptica se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Pérdidas de acoplamiento,
- Pérdidas intrínsecas a la fibra,

- Pérdidas en los conectores, y
- Pérdidas en los empalmes.

La suma de estas pérdidas, producidas en cada uno de los elementos, tanto del transmisor como de el receptor, comprenden las pérdidas totales indicadas en la figura 4.2. y que se detallan en la figura 4.3.

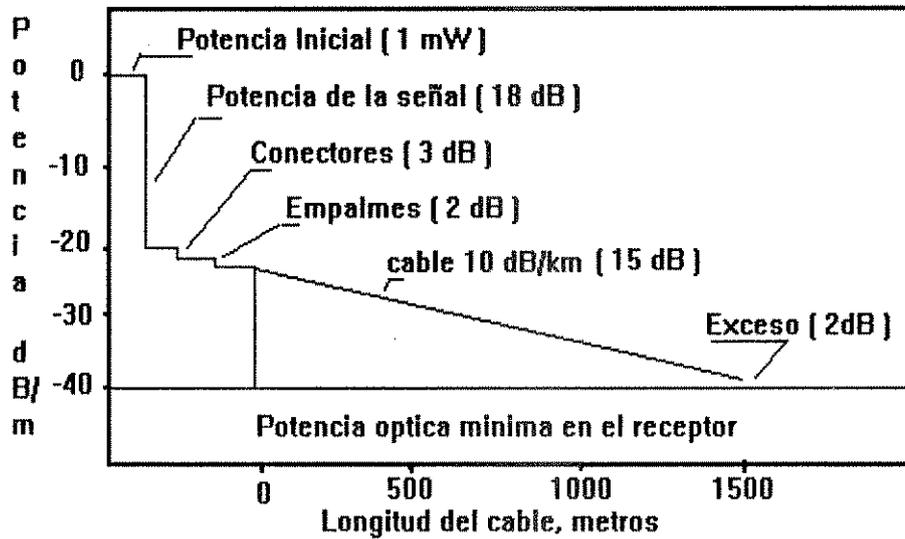


FIGURA 4.2.

	Potencia (Watts)	Potencia (dB)
Potencia mínima requerida por el receptor optico	0.1 W	-40 dBm
Potencia óptica del emisor	1 mW	0 dBm
Potencia óptica total del sistema		40 dB
Razón señal a ruido requerida el receptor es de 36 dB. La potencia óptica equivalente es *		18 dB
Potencia restante para la transmisión		22 dB
Pérdidas en componentes ópticos		
Cables	15 dB	
Conectores	3 dB	
Empalmes	2 dB	
Total	20 dB	
	Potencia restante	2 dB

FIGURA 4.3.

El diseñador debe de considerar éstas pérdidas y elegir una combinación de transmisor-receptor que puede entregar la suficiente potencia en el extremo receptor para una adecuada recuperación de la señal en el mismo. Sin embargo, los valores que se tengan de éstas pérdidas no son exactos, y los fabricantes generalmente establecen rangos para el mejor y el peor de los casos, a fin de considerar las dos situaciones más extremas que se pueden dar; se deben de considerar también algunas diferencias para efectos producidos por factores tales como la variación de la temperatura.

También deben de considerarse algunos márgenes de seguridad para realizar futuras reparaciones o nuevos empalmes en el sistema, así como la degradación de el emisor debido al tiempo. Por ejemplo, un margen de 3 a 6 dB para tomar en cuenta las pérdidas producidas por las razones anteriormente mencionadas es usado comúnmente.

4.4.4. PÉRDIDAS POR ACOPLAMIENTO

La cantidad de energía luminosa que es aplicada a la fibra óptica va a depender de las características físicas de la fibra utilizada y de la calidad del fotoemisor.

Obviamente a un mayor diámetro en el núcleo de la fibra, mayor será su capacidad de captación de la luz. Sin embargo, fibras, ópticas con núcleos demasiado grandes sufren limitaciones en el ancho de banda que tal vez anulen la ventaja que ofrece su alta eficiencia de acoplamiento.

Un cambio en el diámetro de el núcleo de 50 mm a 100 micrómetros representa un incremento de 4 veces en la cantidad de luz que se puede acoplar a la fibra.

El otro parámetro que indica la capacidad de la fibra óptica para capturar

la señal luminosa es llamado **apertura numérica** (NA, por sus siglas en inglés). Esta es una medida matemática que nos indica la capacidad del núcleo de la fibra para aceptar un acoplamiento de energía luminosa a diferentes ángulos y transmitirlos a través del núcleo.

Una diferencia muy grande entre los índices de refracción del núcleo y de la corteza nos indica un valor muy grande de NA, para núcleos del mismo diámetro; una fibra con un valor elevado de NA aceptará mayor cantidad de frecuencias luminosas, requiriéndose de un incremento en la potencia en aproximadamente un factor de dos si la NA es llevada desde un valor de 0.20 a uno de 0.29.

En la siguiente tabla se muestra una combinación de los efectos producidos por el diámetro del núcleo de la fibra y su apertura numérica, combinados en un factor llamado Factor de Captación de Energía Óptica, el cuál puede ser considerado cómo un indicador de la eficiencia para la captación de energía luminosa de la fibra óptica.

Diámetro de l núcleo de la fibra (micrones)	Apertura numérica	Factor de recoleccion relativo*	dB
200	0.27	3.5	5.4
100	0.29	1	0
85	0.26	0.58	-2.36
62.5	0.275	0.35	-4.54
50	0.2	0.12	-9.25

FIGURA 4.4.

4.4.5. SELECCION DE COMPONENTES

4.4.5.1. FOTOEMISORES

La eficiencia en la transferencia de luz de un fotoemisor hacia la fibra óptica va a depender de la apertura numérica y del diámetro de la fibra. Si se utiliza un fotoemisor cuyo patrón de radiación no coincide con la apertura numérica y el diámetro del núcleo en la fibra se tendrá un acople muy pobre que introdujera pérdidas muy altas.

Los LED's son relativamente baratos y fáciles de usar debido a que su circuiteria es mucho menos compleja que la que se requiere para producir la radiación láser.

Los láser basados en semiconductores, así como los LEDs son ambos transductores directos de electricidad a luz, aunque los LEDs logran transferir una menor cantidad de energía hacia la fibra óptica, ya que éstos pueden transmitir dentro de un mayor rango espectral. Por su lado, el láser presenta una estructura mucho más compleja debido a las particularidades que se requieren para su construcción, así cómo también tiene una salida que depende de la temperatura, con una vida media menor que la que se tiene con un LED.

El LED o el láser se pueden encapsular de tal manera que la fibra óptica pueda ser conectada directamente al encapsulado a través de un conector, o bien se puede colocar un tramo de fibra óptica directamente empalmado en el encapsulado, para así conectar, la fibra del enlace a éste pequeño tramo con lo cuál se logra disminuir las pérdidas que se presentan por empalmes.

4.4.5.2. FOTODETECTORES

Los dispositivos en el extremo receptor del enlace de fibra óptica utilizan fotodetectores, en los cuáles los fotones de luz generan fotoelectrones. Se requiere de un número mínimo de fotones en cada pulso que es recibido en el fotodetector para poder garantizar una cierta probabilidad de error (21 fotones para una probabilidad de error de 10^{-9}), necesitando de una amplificación considerable.

Para un fotodiodo de avalancha (APD, por sus iniciales en inglés) la amplificación inicial es interna. Para los fotodetectores tipo PIN está amplificación se consigue por medio de dispositivos externos de amplificación.

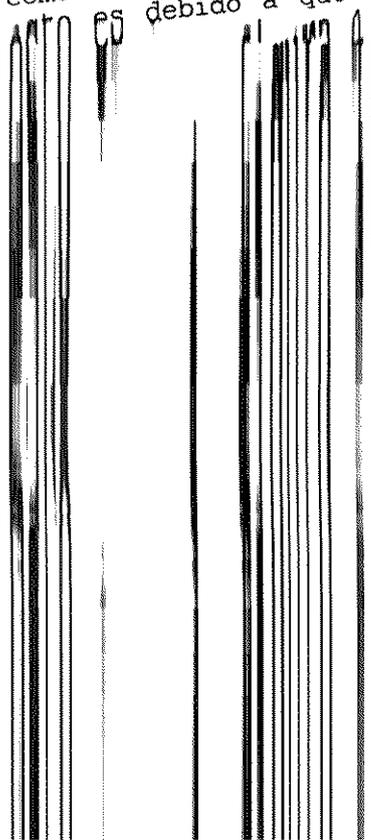
4.4.6. PÉRDIDAS EN LA FIBRA ÓPTICA

Anteriormente se menciona que la capacidad de la fibra óptica para aceptar la luz proveniente de un fotoemisor va a depender de factores tales como el diámetro de el núcleo y su apertura numérica. El siguiente paso consiste en analizar qué pasa una vez que la señal ha sido aplicada a la fibra.

En el caso de un cable coaxial, la señal de más alta frecuencia va disminuyendo su magnitud conforme aumenta la distancia recorrida, conociéndose éste fenómeno como atenuación, mientras que en el caso de la fibra óptica, la magnitud de la señal es constante hasta que se alcanza su frecuencia máxima determinada por el límite superior de su ancho de banda, por lo que se puede decir que la pérdida óptica es proporcional a la distancia.

Está pérdida dentro de la fibra es producida por la absorción y la dispersión de las señales luminosas debido a impurezas presentes dentro de la fibra, así como a su estructura molecular. Estas características de la fibra tienden a absorber o a dispersar la luz, tal que está escapa del núcleo y se pierde.

La atenuación que se presenta dentro de la fibra es especificada generalmente por el fabricante para ciertos valores de longitud de onda, como una pérdida de 5 dB/km para una longitud de onda de 850 nanómetros; es debido a que las pérdidas varían con la longitud de onda, como se



comunicaciones con fibra óptica son menores y la necesidad de equalizadores se elimina completamente al tener prácticamente una única longitud de onda.

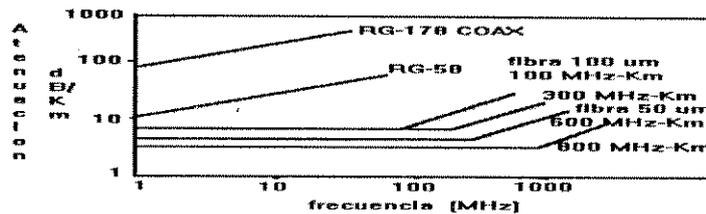


FIGURA 4.6.

4.4.8. PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES

La pérdida en los conectores de fibra óptica es función del alineamiento físico de el núcleo de un tramo de fibra óptica con el núcleo de otro tramo de fibra.

Daños sobre la fibra, así como polvo pueden contaminar la superficie de los conectores y reducir drásticamente la eficiencia de el sistema, pero por lo general las pérdidas en los conectores se deben a un mal alineamiento de los núcleos o a que éstos se encuentran demasiado separados.

4.4.9. ANCHO DE BANDA

Hasta éste punto, se han considerado las pérdidas de potencia óptica tanto dentro de la fibra óptica como en el sistema externo a la misma, por lo cual se debe de considerar el otro elemento que influye enormemente en la eficiencia de un sistema de transmisión basado en fibra óptica: **el ancho de banda.**

Debido a su gran ancho de banda, las fibras ópticas pueden transmitir grandes cantidades de información. Una sola fibra de índice gradual en escalón puede transportar fácilmente hasta 500 millones de bits por segundo (Mb/s) de información. Sin embargo, actualmente existen limitaciones en el ancho de banda de las fibras, que depende de las características propias de la fibra y del tipo de emisor utilizado.

Para lograr una fiel reproducción de los datos en el extremo receptor, los pulsos de luz deben de mantenerse separados, y distinguirse adecuadamente unos de otros; esto se logra cuando los pulsos conservan su forma y espaciamiento entre ellos durante la transmisión; esto aun cuando los rayos viajen en una gran cantidad de modos en el interior de la fibra, cuando ésta es del tipo multimodo, en la cuál en el caso de una fibra de índice en escalón los diferentes modos viajan a diferentes ángulos como en zigzag, con lo cuál en el extremo receptor arriban en tiempos diferentes.

Está varianza en el tiempo de llegadas resulta en una distorsión y en una superposición de los pulsos, tal y como se muestra en la figura 4.7. :

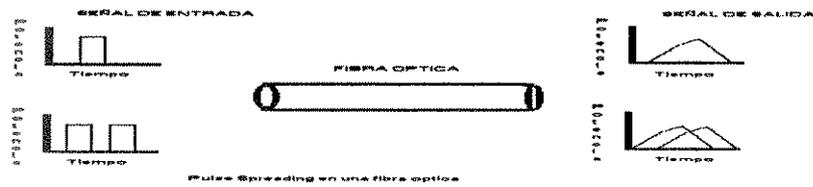


FIGURA 4.7.

Está diferencia de tiempos entre la primera señal que llega al receptor y la señal que llega posteriormente es de tan sólo 1 a 3 nanosegundos para una fibra óptica de longitud de 1 kilómetro, produciendo está dispersión modal una gran limitación en la transmisión a grandes distancias y por consiguiente en la utilización de éstas fibras, ya que se tiene que si la distancia es doblada, se dobla el efecto de la dispersión modal.

La dispersión modal se expresa frecuentemente en nanosegundos por kilómetro, por ejemplo: 30 nseg/km. Éste efecto puede ser expresado también cómo una frecuencia, cómo 200 Mhz-Km, lo que indica que está fibra óptica trabajará adecuadamente hasta una frecuencia de 200 Mhz, antes de que los efectos de la dispersión modal afecten el rendimiento de la fibra en una distancia de 1 kilómetro. El mismo sistema podría transmitir hasta a dos kilómetros de distancia, pero con una frecuencia máxima de 100 Mhz.

Éste efecto de dispersión hace que las fibras multimodo de índice en escalón sean las que menor ancho de banda presenten, en relación los otros dos tipos de fibras. Se utiliza generalmente para tramos pequeños con bajas frecuencias de operación cómo 20 MHz.

Las fibras monomodo tienen un núcleo con un diámetro muy pequeño comprendido entre 8 y 10 micrómetros, a fin de lograr que solamente una onda de luz se pueda transmitir a través de ella, con lo cuál se consigue eliminar completamente la dispersión modal en la fibra, con lo que se logran alcanzar anchos de banda que pueden exceder varios cientos de gigahertz-kilómetro (GHz-km).

Las fibras también son susceptibles a otros tipos de problemas debidos a la dispersión, cómo aquel producido por el hecho de que diferentes longitudes de onda viajen a diferentes velocidades a través de la fibra.

Está dispersión espectral se puede inducir del hecho de que la luz se puede descomponer en una serie de componentes espectrales diferentes, cómo en un prisma, con lo cuál cada longitud de onda viaja a una velocidad diferente.

Si el emisor óptico que se utiliza emite en una única frecuencia, entonces está dispersión espectral (también llamada dispersión material o dispersión cromática) puede ser eliminada. Sin embargo un fotoemisor LED tiene un rango espectral de alrededor de 20 veces el rango presentado por un fotoemisor del tipo LÁSER y por lo tanto una dispersión espectral mucho mayor. La dispersión en las fibras de vidrio tiene un valor mínimo para una longitud de onda de aproximadamente 1.3 micrómetros, con lo cuál se permite que en las fibras monomodo se tengan anchos de banda extremadamente grandes.

Las fibras del tipo monomodo son las que se utilizan generalmente con los fotoemisores LÁSER, debido a su gran pureza espectral, requiriéndose de conectores y empalmes de precisión.

Debido a su bajo nivel de pérdidas y gran capacidad para transmisión de datos, las fibras monomodo son las que se eligen para aplicaciones de transmisión a grandes distancias, para grandes capacidades de transmisión de datos.

Entre las fibras monomodo y las fibras de índice en escalón se encuentran las fibras de índice gradual. En ésta los rayos que son aplicados a la fibra siguen una trayectoria curva en el interior de la misma a fin de lograr una disminución de la dispersión modal; éstas presentan un ancho de banda mucho mayor que las de índice en escalón. Una fibra de éste tipo, con una característica 600 MHz-km puede transmitir una señal modulada a 20 Mhz a una distancia de hasta 30 Km, la fibra de índice gradual presenta el menor costo actualmente, y hace que por sus bajas pérdidas y su elevado ancho de banda sea una de las fibras más utilizadas para aplicaciones de redes de área local.

4.4.10. REDES DE ÁREA LOCAL

El enorme crecimiento en el uso de computadoras personales en los diferentes aspectos de la vida diaria, así como el incremento en la sofisticación de las redes de área local ha hecho que se realicen análisis sobre cuál es el tipo de cableado óptimo que se puede emplear en una red.

Los requerimientos cada vez mayores en ancho de banda para transmisión de datos, y la necesidad de adaptarse a otros servicios tanto dentro como fuera de las instalaciones (servicios como teléfonos, seguridad, alarmas, video) han hecho que en los últimos tiempos se haya incrementado dramáticamente la demanda de fibra óptica.

Las redes de área local basadas en fibra óptica por lo general tienen una distancia máxima de conexión entre dos puntos de 2 km, pudiendo estar ubicadas en un sólo nivel, en un edificio, o bien intercomunicarse con otras redes a través de varios edificios.

Un sistema puede ser de baja capacidad, de baja velocidad como el sistema telefónico, o bien de alta capacidad y alta velocidad como el video, por lo que elementos basados en fibra óptica y en cable de cobre pueden ser mezclados en un mismo sistema. A fin de evitar recablear para agregar una mayor capacidad al sistema, se deben de agregar siempre fibras extras al sistema para futuras aplicaciones, con lo cual los únicos cambios que se requieren están en el equipo electrónico que se conecta a la fibra.

Una red de área local del tipo estrella (figura 4.8.) basa su funcionamiento en la existencia de un hub, el cual actúa como un controlador central de la red; cualquier transmisión enviada de un nodo o terminal; primero debe de pasar a través del hub, el cual puede ser un elemento pasivo o bien un controlador activo.

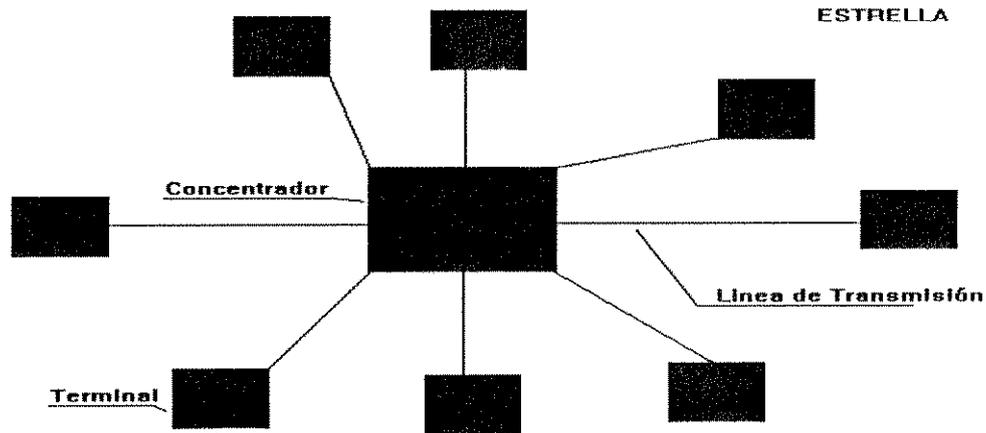


FIGURA 4.8.

En una red del tipo anillo (figura 4.9.), todas las terminales están conectadas en una forma punto a punto, en las cuáles si una de las partes del sistema falla, éste queda deshabilitado a menos que componentes que realicen un bypass sean utilizados. Para evitar conflictos en la utilización del medio de transmisión se utiliza un patrón de bits llamado token; éste token circula por cada uno de los nodos permitiendo que alguno de los nodos lo capture, y le otorgue de esta manera el derecho a transmitir sobre el medio.

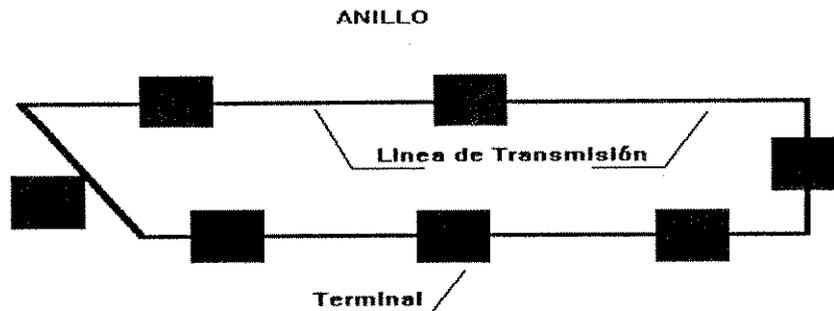


FIGURA 4.9.

Las redes basadas en un topología de bus (figura 4.10), también utilizan un esquema de movimiento de un token a través de cada terminal, o bien también usan un esquema llamado CSMA/CD (carrier sense multiple access with collision detection) o CSMA/CA (carrier sense multiple access with collision avoidance). Como en el caso de la topología de anillo todos los mensajes en el bus son enviados a todas las estaciones. Como cada terminal

se conecta al bus cómo si fuese un canal sencillo de comunicaciones, no puede existir duplicidad de mensajes.

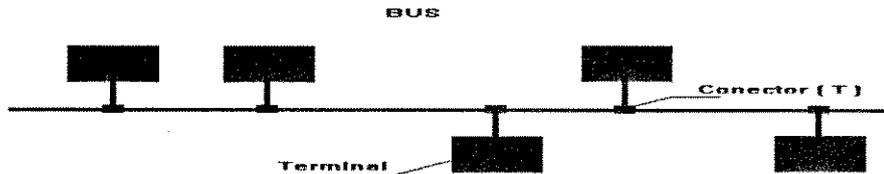


FIGURA 4.10.

La mayoría de redes de área local utilizan combinaciones de bus y estrella, debido a la velocidad, fácil instalación y al hecho de que cada nodo puede ser un elemento pasivo, tal que si llega a fallar, la integridad de la red se mantiene.

4.4.11. INTERCONEXIÓN DE COMPONENTES

Las redes de área local basadas en fibra óptica pueden ser configuradas muy fácilmente, debido a que el cable es de tendido relativamente fácil, pudiendo ser colocado en todos los niveles de un edificio, en sólo uno o bien entre varios edificios.

Los conectores ópticos o "T's" y los mezcladores o estrellas son ambos ejemplos de concentradores que de una manera activa o pasiva combinan señales en los nodos o puntos de conexión de la red de área local.

En las redes de área local sencillas, se utilizan T's, estrellas y otros componentes pasivos entre el extremo receptor y el transmisor. Sistemas más complejos requieren de componentes activos capaces de combinar, enrutar y en algunas ocasiones, amplificar la señal óptica. Los requerimientos de transmisión a grandes velocidades en sistemas basados en fibra óptica están requiriendo cada vez la utilización de una mayor cantidad de componentes activos, que da como resultado una mayor velocidad de transmisión, mayor flexibilidad al sistema, y mayor longitud de los enlaces.

Los nuevos estándares como el FDDI (Fiber Distributed Data Interface), ANSI X3T9.5 describen una red de área local que trabaja a una velocidad de 100 Mbits/s. Otros sistemas incluyen opciones tales como la multiplexión por división de longitud de onda (WDM, por sus siglas en inglés), para lograr transmitir varias señales ópticas sobre una misma fibra utilizando diferentes longitudes de onda,

4.4.12. DISEÑO DE LA RED BASADA EN FIBRA ÓPTICA

A fin de realizar un diseño adecuado de una red de área local basada en fibra óptica, el diseñador debe de seguir los siguientes 5 pasos:

- Especificar los requerimientos operacionales del sistema,
- Describir los requerimientos físicos ,
- Determinar el nivel de potencia óptica requerida para el transmisor,
- Realizar un análisis del ancho de banda que se va a requerir en el sistema, y
- Revision del sistema ya diseñado.

Algunas consideraciones para el diseño se establecen en la figura 4.11.

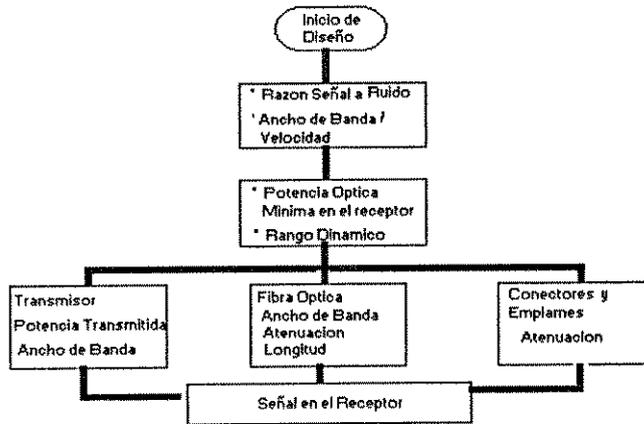


FIGURA 4.11.

En el anexo No. 1, se presentan algunas formas que se pueden tomar como guía para la ejecución de los 5 pasos mencionados anteriormente.

4.4.12.1. PASO 1: REQUERIMIENTOS OPERACIONALES DEL SISTEMA

El proceso de diseño de la red de área local se inicia con la determinación de la razón señal a ruido que se va a aceptar, la cuál depende del ancho de banda disponible y de la velocidad de transmisión de datos. Esto implica que se debe de realizar una selección de la señal que se va a utilizar, la cuál puede ser analógica o digital, de lo cuál se tendrá que determinar el

hardware adecuado al tipo de señal elegida. El objetivo es establecer que potencia óptica requiere el receptor colocado en la tarjeta receptora.

Cómo se muestra en la figura 4.12., la fibra óptica puede manejar tanto señales analógicas como digitales, y ofrecen la posibilidad de migrar a nuevos sistemas con tan sólo realizar cambios en el hardware transmisor y receptor, por lo que los diseñadores deben de considerar un ancho de banda mayor que el mínimo requerido en el sistema de fibra óptica.

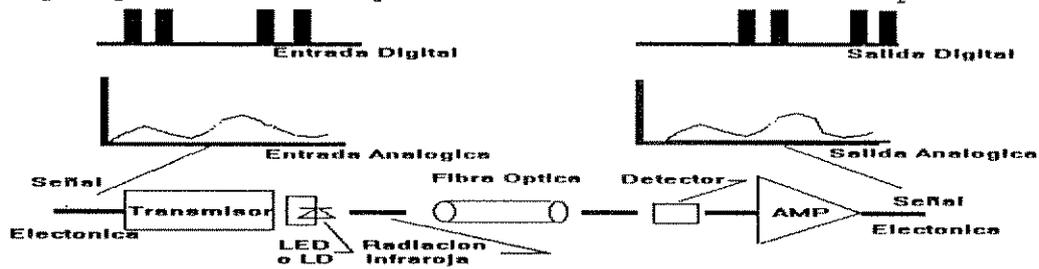


FIGURA 4.12.

SEÑALES ANALÓGICAS

Las señales analógicas, como las que se usan en audio y video, pueden modular directamente la salida del emisor óptico, produciendo que la señal luminosa brille más o disminuya su intensidad; esto es llamado modulación de intensidad, y es un método muy sencillo de codificar señales ópticas.

Una mejora en la razón señal a ruido y en la linealidad se puede obtener mediante el uso de las técnicas de modulación en frecuencia (FM, por sus siglas en inglés). En este sistema, la señal analógica se utiliza para modular en frecuencia una subportadora, la cual se utiliza para modificar en intensidad un LED o un LÁSER. Debido a la dispersión material y la intermodal, los enlaces en que se utiliza modulación FM necesitan fibras ópticas con anchos de banda de 200 MHz-km y aun más, aunque también se puede utilizar este tipo de modulación para enlaces cortos. Sin embargo, la mayoría de los sistemas basados en fibra óptica actualmente utilizan modulación digital, con una modulación simple ON-OFF.

SEÑALES DIGITALES

En una fibra óptica, un pulso digital se puede obtener simplemente "encendiendo" el emisor por un corto período de tiempo. El tiempo que dura el emisor emitiendo luz, constituye el pulso. Un número binario "1" nos puede

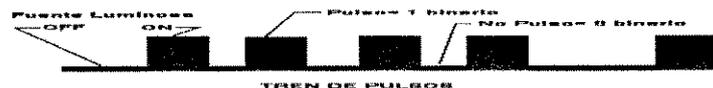


FIGURA 4.13.

indicar que el emisor óptico se encuentra funcionando (encendido), mientras que un binario "0", nos indica que el emisor no se encuentra funcionando (apagado). Éstos dos estados representan las señales binarias. La señal digital consiste de una serie de bits que se obtienen de el cambio en el emisor entre on y off, cómo se muestra en la figura 4.13.:

El tiempo que le toma a un pulso alcanzar su amplitud máxima se le conoce cómo tiempo de crecimiento. Un crecimiento rápido, así cómo una caída rápida, permiten una mayor cantidad de pulsos por segundo, por lo que una mayor cantidad de bits por segundo pueden ser transmitidas.

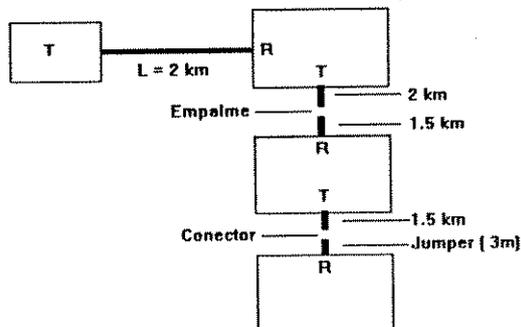
En los sistemas digitales, el parámetro utilizado para establecer la eficiencia de el sistema es la tasa de error de bits (BER). La mayoría de sistemas digitales permiten una tasa de errores de 1×10^{-9} (1 error en 10^9 bits).

En los sistemas digitales, existe una cierta dependencia con la distancia, ya que entre más lejos tenga que viajar un pulso a través de la fibra, mayor distorsión sufrirá; por lo que la sensibilidad del receptor óptico va a depender de la velocidad de transmisión o ancho de banda del sistema. Para el caso de detectores de silicón a 850 nm, se indican éstos niveles, tanto para señales analógicas cómo digitales.

Una vez que la aplicación (tv, teléfono o datos), el tipo de señal (analógica o digital) y la velocidad han sido determinadas, el siguiente paso es describir los requerimientos físicos, que se necesitan en la instalación de la red de área local.

4.4.12.2. PASO 2 : REQUERIMIENTOS FISICOS

A fin de determinar los componentes necesarios para completar el sistema basado en fibra óptica, se requiere que sea determinada la distancia a recorrer en fibra, así cómo los componentes del sistema operativo a utilizar.



Un sistema simple con una conexión punto a punto o bien un sistema mucho más elaborado, en el cuál se incluirán transmisiones de voz, datos, video, sistemas de alarma, de control, etc., son ejemplos típicos de instalaciones en las cuáles se basan en fibra óptica cómo el medio principal de

FIGURA 4.14.

transmisión. Actualmente es necesario utilizar diferentes fibras para transmitir las distintas señales.

En aquellas conexiones, punto a punto, por lo general se requiere al menos de dos fibras para lograr una comunicación full-duplex.

En el diseño del sistema se debe de realizar un diagrama cómo el que se muestra en la figura 4.14, y la información que de ahí se obtenga se utilizará al llenar las formas que se presentan en el anexo 1.

4.4.12.3. PASO 3: CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS EN LA FIBRA ÓPTICA

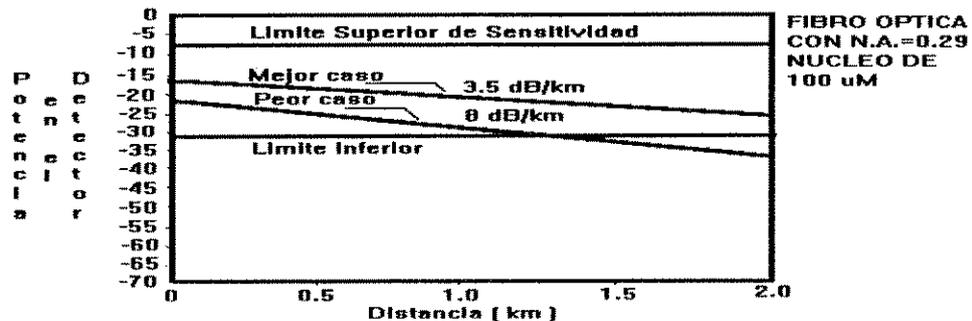
Una vez que se conocen los requerimientos físicos, así como los componentes que se utilizarán en el sistema, es posible realizar una estimación de las pérdidas esperadas en cada punto de el sistema.

Cada componente que incluya fibra óptica tiene un rango en donde se expresan los valores típicos de las pérdidas que se pueden obtener debido esto a variaciones en la fabricación. Un fotoemisor LED, por ejemplo, se especifica con un valor máximo y uno mínimo para la potencia óptica que es capaz de emitir. Por lo general, ese rango es de 4dB (60%).

Los detectores también presentan ciertos rangos de operación. Es necesario que en el diseño se establezcan los valores de potencia que debe de recibir el fotodetector para una adecuada operación, los cuáles se obtienen por lo general del fabricante.

Una vez que los niveles de potencia adecuados han sido determinados tanto para el fotoemisor cómo el fotodetector, es posible calcular la potencia que se transmite para diversas longitudes de cables que se pueden utilizar. Esto se puede estimar ploteando la potencia en un diagrama semejante al que se muestra en la siguiente figura (figura 4.15.):

FIGURA 4.15.



En el ejemplo que se muestra, una fibra con un núcleo de 100 micrómetros se ha analizado para transmitir a 10 Mb/s a una longitud de onda de 850 nm. En éste diagrama se muestra tanto la peor cómo la mejor curva, con un valor promedio esperado entre ellas; también se muestran los límites superior e inferior en la sensibilidad del fotodetector. En está gráfica, se muestra que una transmisión adecuada se logra a una distancia máxima de 1.4 km.

En el anexo 1, se presentan formas que permiten calcular de una manera más sencilla las pérdidas de potencia óptica en el sistema. Se deben de

utilizar tanto el valor pico como el valor promedio para determinar la atenuación a través de el sistema.

Se debe de considerar un rango de 4 a 6 dB, a fin de tomar en cuenta las variaciones debidas a las variaciones de temperatura, reparacion a daños en los cables, y degradación debida a el tiempo.

SELECCION DE LA FIBRA ÓPTICA

Los tipos básicos y más utilizados de fibra óptica se muestran en la siguiente figura (figura 4.16.):

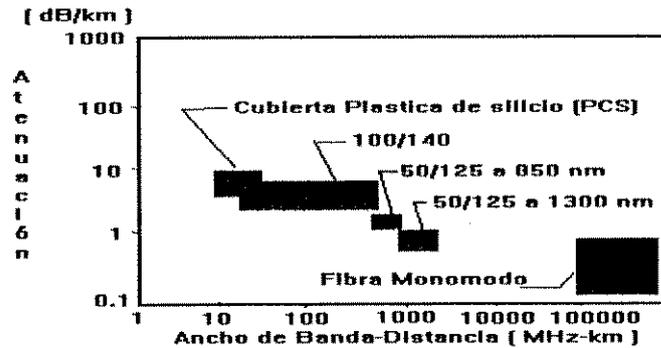


FIGURA 4.16.

Las propiedades de las fibras como atenuación, apertura numérica (NA), diámetro del núcleo ya se han considerado en los capítulos anteriores. Todas las fibras se pueden comparar por su respuesta en una distancia de 1 km., existiendo fibras ópticas que son diseñadas para ciertas aplicaciones especiales.

Para el caso de una red de área local, la mayoría de tipos de fibra utilizados se encuentran fabricados de sílica. Los siguientes cuatro son los tipos los más utilizados y recomendados (figura 4.17.):

Núcleo	Corteza	Ancho de Banda	
		850	1300
50	125	400	400
62.5	125	160	500
85	125	200	200
100	140	100	200

FIGURA 4.17.

todas son fibras multimodo de índice gradual para así asegurar un ancho de banda adecuado, así como un bajo nivel de pérdidas, lo que las hace ideales

para aplicaciones en LAN.

Aquellas aplicaciones en que se transmite video, CATV por lo general utilizan fibras del tipo 50/125 (monomodo), debido esto, al elevado ancho de banda requerido por éstos sistemas, así como al bajo nivel de pérdidas.

4.4.12.4. PASO 4: ANÁLISIS DE ANCHO DE BANDA

La atenuación se considera cómo uno de los elementos determinantes en el establecimiento de la eficiencia de un sistema basado en fibra óptica, pero hay que tomar en cuenta que éste cálculo no estaría completo, si no se considera el ancho de banda del sistema. La meta aquí es asegurarse de que todos los componentes tengan un ancho de banda lo suficientemente grande para la adecuada transmisión de la señal. Las redes de área local típicamente requieren de un ancho de banda que va de los 20 a los 600 MHz-km.

Por lo general, una fibra óptica presenta una pérdida de 3dB en el ancho de banda para el cuál está especificada. La conversión entre el ancho de banda eléctrico y el ancho de banda óptico para el sistema o algún componente cómo una fibra, el receptor, el transmisor es calculado usando la siguiente fórmula:

$$\text{ancho de banda optico} = 1.4 * \text{ancho de banda eléctrico}$$

En algunos casos, el fabricante del fotoemisor o del fotoreceptor da los valores del tiempo que tarda el pulso en alcanzar su valor máximo. El ancho de banda eléctrico (en megahertz) para un componente se considera cómo el tiempo que tarda en pasar del 10% al 90% de su valor máximo (en nanosegundos) y se calcula por:

$$\text{ancho de banda} = 350/t$$

Y el ancho de banda total del sistema se puede obtener mediante la suma del ancho de banda de cada uno de los componentes y está dado por la siguiente fórmula:

$$BW = BW_R + BW_C + BW^T$$

de donde BW_R , BW_C Y BW^T son los anchos de banda eléctrico del receptor, el cable y el transmisor respectivamente.

Para sistemas digitales, el ancho de banda dependerá de la velocidad de transmisión (R en bits por segundo) y el formato de codificación, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{ancho de banda de el sistema} = R/K$$

donde $k=1.4$ para un sistema del tipo Non Return to Zero (NZR) y 1 para un sistema del tipo return to zero (RZ).

El ancho de banda del sistema estará limitado por aquel elemento que presente el menor ancho de banda en el sistema. Cuando se utilizan fibras de alto ancho de banda, por lo general la respuesta en frecuencia del sistema estará más influido por el equipo terminal que se utiliza, que por la misma fibra.

Un método adecuado para la selección del equipo terminal es el de escoger un receptor con un ancho de banda igual o superior al ancho de banda requerido por el sistema. El transmisor y la fibra óptica deben de tener su

ancho de banda entre 1.5 y 2 veces más grande que el receptor.

Es necesario recordar que los sistemas son más efectivos, pero también más costosos en transmisión a grandes velocidades, pero hay que tomar en cuenta que considerando un ancho de banda mayor que el calculado, permite una mayor facilidad para un futuro upgrade del sistema. Debe de tenerse mucho cuidado en el cálculo del ancho de banda en MHz-km para cables con longitudes mayores de 1 km.

La relación aproximada entre el ancho de banda total de el cable y el ancho de banda de una fibra de 1 kilómetro de longitud es:

$$BW_f = BW_{Co}(L)^x$$

L es la longitud de la fibra en kilómetros, $x=1$ para cables con una longitud de un kilómetro o menos y $x=0.75$ para cables con una longitud superior a un kilómetro.

4.4.12.5. PASO 5: REVISION DE ESPECIFICACIONES

En éste momento, se debe de hacer una revisión de todos los elementos considerados en el diseño del sistema, para asegurarnos que todos trabajan adecuadamente juntos y produzcan los resultados esperados, entregando la señal adecuada en el lugar esperado.

No hay que olvidar que el diseño de la red de área local existirá una mezcla de cables de fibra óptica y cable de cobre, por lo que será un sistema híbrido que puede funcionar perfectamente, sin olvidar tomar en cuenta las limitaciones en ancho de banda que dará el cable de cobre.

4.4.13. ESPECIFICACIONES DE LA FIBRA ÓPTICA

En algunas ocasiones, se desea tener una fibra óptica que cumpla con algunas características especiales, por lo cuál es necesario tomar en cuenta las siguientes ecuaciones que nos permitirán establecer dichas características:

4.4.13.1. DIODO LÁSER

El comportamiento de un diodo láser se determina de forma analítica, a través de la condición de Fermi-Dirac:

$$N(E) = \beta E^{1/2}$$

Para los semiconductores, según la banda de valencia o de conducción:

$$\begin{aligned} N_V(E) &= \beta (E_V - E)^{1/2} & E_V > E \\ N_C(E) &= \beta (E - E_C)^{1/2} & E_C < E \end{aligned}$$

en donde:

E = energía en cualquiera de los niveles electrónicos
 E_C = energía en la banda de conducción del semiconductor
 E_V = energía en la banda de valencia del semiconductor
 $\beta = 6.82 \times 10^{27} (m^3 eV)^{-3/2}$

El número de niveles entre dos cotas de energía E_1 y E_2 está dado por:

$$N_{1-2} = \int_{E_1}^{E_2} N(E) dE$$

La función de distribución de probabilidad de que un electrón se encuentre

en cierto nivel, vienen dada por:

$$f(E) = \frac{1}{1 + e^{E_1 - E_2/kT}}$$

y la funcion de distribución de probabilidad de encontrar un electrón está dada por:

$$e_n(E) = N(E) \cdot f(E)$$

mientras que la funcion de distribución de probabilidad de encontrar un hueco viene dada por:

$$\rho_p(E) = \beta(E_v - E)^{1/2} \left[1 - \frac{1}{1 + e^{E_1 - E_2/kT}} \right]$$

siendo el nivel de fermi el nivel más alto de energía para un electrón. La probabilidad de emision de un fotón viene dado por:

$$\rho_{fe}(h\nu, E) = \rho_n(E) \cdot \rho_p(E - h\nu)$$

mientras que la probabilidad de que un fotón sea absorbido viene dada por:

$$\rho_{fa}(h\nu, E) = \rho_n(E - h\nu) \cdot \rho_p(E)$$

en donde

$$\rho_{fe} > \rho_{fa}$$

4.4.14. DETERMINACION DE LOS TRAMOS DE REPETICION

La determinación de los tramos de repetición del enlace de fibra óptica se puede realizar partiendo de la siguiente formula:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_s = \left(\frac{S}{N}\right) + 20\log\left(\frac{1}{DC}\right) + N_c$$

en donde

$\frac{S}{N}$ = razón señal a ruido en el receptor

$20\log\left(\frac{1}{DC}\right)$ = disminución de la energía transmitida a través de la fibra

N_c = penalización por ecuálización

La **potencia disponible para la emisión** la podemos determinar de la siguiente forma:

$$P_L = \alpha L + \eta_e \alpha_e + \eta_c \alpha_c + P_r + MS + P_p$$

en donde:

α = coeficiente de atenuación de la fibra óptica

L = distancia con la que se trabaja

n = número de empalmes realizados por fusión

α_e = atenuación de cada empalme por fusión

n_c = número de empalmes realizados por conector

α_c = atenuación de cada empalme con conector

P_r = sensibilidad del receptor

MS = margen de seguridad

P_p = penalización por ecuálización

4.4.15. RESTRICCIÓN POR VELOCIDAD/ANCHO DE BANDA

Cómo se menciona anteriormente, existe una restricción de la máxima velocidad de transmisión que se puede alcanzar, determinada entre otras causas por el ancho de banda máximo permisible por la fibra óptica que se esté utilizando, y puede ser determinada esta relación de la siguiente forma:

$$velocidad.normalizada = \frac{f}{B_L}$$

en donde

f = frecuencia de la señal transmitida, y

B_L = ancho de banda de la fibra óptica.

en la cuál al sustituir se tiene:

$$\left[\left(\frac{L^E}{B_1} \right)^2 + \left(\frac{10^{-6} D \Delta \lambda L}{0.44} \right)^2 \right]^{1/2} \leq \frac{1.6}{f}$$

en donde

D = dispersión material, y

$\Delta \lambda$ = ancho espectral.

Lo anterior para el caso de una fibra monomodo, mientras que si se tiene una fibra multimodo, ya sea de índice gradual o de índice en escalón, se puede utilizar la siguiente expresión:

$$\left[\left(\frac{L_{max}^E}{B_1} \right)^2 + \left(\frac{10^{-6} D \Delta \lambda L_{max}}{0.44} \right)^2 \right]^{1/2} = \frac{1.6}{f}$$

en donde f también se puede considerar cómo la velocidad digital en Mbits/seg.

El tramo máximo de repetición, para una fibra óptica del tipo monomodo se puede obtener de la siguiente expresión:

$$L_{\max} (\text{tramo.repeticion}) = \frac{0.44 * 1.6 * 10^3}{f \Delta \lambda D}$$

teniendo una maxima dispersión permisible de:

$$\rho_L (ns) = \frac{0.187}{B_L * 10^3}$$

Otra de las características que se requiere conocer sobre una fibra óptica es su ancho de banda, el cuál puede ser determinado de la siguiente manera:

4.4.16. FIBRA MULTIMODO

El ancho de banda se puede determinar de la siguiente forma:

$$B_L = \left[\left(\frac{L^E}{B_1} \right)^2 + \left(\frac{10^6 D \Delta \lambda L}{0.44} \right)^2 \right]^{-1/2}$$

en donde:

B_L = ancho de banda en megahertz,

B_1 = ancho de banda en megahertz para 1 kilómetro de longitud,

$E = 0.5$ para una $L >> L_c$ y 1 para $L << L_c$,

L_c = longitud mínima requerida para conseguir el equilibrio modal,

D = coeficiente de dispersión cromática del material

$\Delta \lambda$ = ancho espectral.

Si se desea determinar el ancho de banda para una **fibra monomodo**, se puede utilizar la siguiente expresión:

$$B_L (\text{GHz}) = \frac{0.44 * 10^3}{\Delta \lambda L [M(\lambda) - G(\lambda)]}$$

en donde

$M(\lambda)$ = coeficiente de dispersión del material, y

$G(\lambda)$ = coeficiente de dispersión de la guía de onda.

CAPITULO 5

LA RED DISEÑADA.

Revisados los aspectos anteriores y considerando las necesidades particulares que pueda tener la institución en donde se piense instalar la red, para una instalación basada en fibra óptica, se tendrá una red de área local (LAN, por sus siglas en Inglés), la cuál introducirá a la institución en un sistema que tenga las características de redes de computadoras mencionadas, haciendo la salvedad de que sólo se menciona una posible aplicación de un sistema, el cuál no será un sistema ideal, pero que puede brindar los servicios básicos requeridos, y la posibilidad de conectar a una serie de usuarios que anteriormente trabajaban independientemente con unidades de procesamiento separadas.

De está cuenta, se enumeran los componentes de un diseño propuesto, el cuál debe de llevar a un estudio de costo antes de su implementación, y haciendo la observación que se pretende que la mayor cantidad de equipo existente (terminales, impresoras, computadoras personales) en la institución sean utilizados en éste LAN.

Para llegar a está recomendación, se investigó y realizó una comparación entre las dos arquitecturas de LAN existentes en la actualidad:

- topología de bus, y
- topología de anillo.

Cómo se mencionó que ésta será una red de área local basada en fibra óptica y cómo no se pretenden tener conexiones punto a punto, descartamos completamente la topología de bus, ya que la fibra óptica por sus características propias requiere de un camino de retorno para la señal, con lo cuál siempre se tiende a formar una topología de anillo.

Sin embargo, se presentará una tabla que resume las características de ambas arquitecturas, en el caso de que alguien desee introducir una topología de bus debido a costos que son menores, pero que tendría que basarla en cable coaxial. Cabe mencionar que éstas arquitecturas no son mutuamente exclusivas, ya que se pueden construir redes que combinen ambos modelos.

Finalmente, lo que se plantea cómo modelo de la red, es importante tener en mente que lo que se está haciendo es una recomendación, y que el proyecto de una red de área local para una institución debe de ser previamente analizado, estudiado y modificado, lo cual depende del estado de la tecnología en el momento que éste sea implementado, debido a que en el mundo de la informática los cambios de tecnología son muy drásticos y en períodos de tiempo muy reducidos.

Debido a que la topología que se recomienda usar (la de anillo), no tiene un lugar en donde se establezca cómo el lugar de inicio de la red, éste se puede establecer en el punto en donde se empieza a introducir la fibra; puede ser éste el punto en donde residirá la computadora central del sistema.

Éste anillo debe de recorrer todos los departamentos de la institución en la cuál se instale, es decir, los lugares en donde se encuentran los

usuarios, en los cuáles se deberán de colocar terminales que sirvan de interface de las computadoras de los usuarios hacia la fibra óptica, las cuáles actuarán también como servidores locales, transmitiendo luego la señal a través de un bus de cable coaxial, el cuál se debe de sustituir con UTP nivel 5 (si deseamos tener un cableado estructurado), si los concentradores que se utilizan tienen entrada para RJ-45, a partir de los cuáles se parte hacia las computadoras con UTP, formando aquí una topología de estrella, con lo cuál se hace una combinación de tres topologías diferentes; esto es con el fin de garantizar la continuación del servicio a los usuarios, aún y cuando una de las terminales tenga que ser sacada de servicio por cuálquier tipo de problema.

La topología de anillo tiene la ventaja de que su rendimiento sobrepasa el rendimiento de un bus en el manejo de cargas grandes de trabajo, aunque se puede decir de que tienen la desventajas de ser caras y complicadas; éstos problemas ya han sido superados con el desarrollo que ha tenido la tecnología, la cuál ha abaratado enormemente el costo del equipo e infraestructura requerida.

5.1. PROTOCOLO DE CONTROL

Muy unido a la topología, está el protocolo de control, que viene determinado por la topología que se escoja. Al proponerse una topología de anillo, se asocia un mecanismo de control asociado a él, que se puede caracterizar por ser una tendencia a un estándar en LAN y un relativo bajo costo en los dispositivos que se utilizan y la gran cantidad de software que funcione sobre ese modelo, usando protocolos de transmisión estándar; además éste tipo de red no nos impone restricciones en el tamaño del paquete que se va a transmitir y nos permite tener un acceso medio y regulado, la cuál cumple con el estándar IEEE 802.3 .

5.2. MEDIO

Para completar la arquitectura de la red (no completa) propuesta, se propone el uso de varios medios de transmisión: la fibra óptica como backbone de la red que constituirá el anillo que será el medio de interconexión hacia cada uno de los departamentos de la institución, y UTP nivel 5, el cuál será el medio de enlace entre la terminales o computadoras personales de los empleados hacia la fibra óptica, ya que cómo se mencionó anteriormente, el llegar con fibra óptica a cada terminal sería demasiado caro.

Los medios de transmisión que se requieren son medios de relativo bajo costo (esto comparado con hace varios años atrás), debido a todas las ventajas que nos proporcionan para la transmisión de datos , así como de voz y video.

Éstos medios propuestos pueden ser instalados fácilmente, siempre y cuando se tengan o construyan las condiciones de instalación necesarias.

Al proponer éste medio de transmisión para la red, se trata de garantizar que se pueda dar servicio a corto plazo a la mayoría de usuarios e integrar en el futuro, dejando las fibras necesarias disponibles (con un cable de 6 fibras es suficiente) los servicios telefónicos (voz) y de video, aunque esto en la actualidad sí implica la instalación de un equipo más caro.

Factores tales como el alto costo de la fibra, así como de interfaces y controladores necesarios ya dejaron de ser factores que impidan la utilización de la misma en una LAN, ya que actualmente han bajado

drásticamente, lo cuál los hace más accesibles, existiendo un soporte adecuado para su uso, debido a la presencia en nuestro país de empresas internacionales que respaldan el uso de fibra óptica.

Con fibra óptica se tiene un medio de transmisión análogo con una capacidad máxima de 10E22 Mbps con un alcance geográfico sin necesidad de usar repetidores de 1 km y un máximo de 10 dispositivos conectados a ella en éste tramo.

Hay que tomar en cuenta que factores cómo la velocidad de transmisión en la fibra va a depender de factores tales cómo el tipo de host, el tipo de tarjeta de red y del tipo de software que se utilice, de lo cuál depende que la velocidad real establecida para la fibra no sea alcanzada en un 100%.

5.3. HARDWARE Y SOFTWARE REQUERIDO

En está parte se enumeran los componentes físicos que formarán la red, empezando con la computadora central:

5.3.1. HARDWARE

- **Computadora central.** Es la computadora que controlará la red (aunque pueden existir varias) y dónde residirá todo el software para el funcionamiento del sistema, así cómo el software de aplicaciones y utilitarios. Puede ser una máquina de arquitectura RISC o EISA, para lo cuál se debe de realizar una evaluación sobre la marca y modelo más apropiado. La computadora que se utilice para éste proyecto debe de ser un servidor que tenga su arquitectura orientada a comunicaciones, para así poder obtener de ella un buen rendimiento.

- **Tarjeta controladora de red para fibra óptica.** Se debe utilizar una tarjeta de red FDDI (Fiber Distributed Data Interface) de 32 bits, la cuál servirá cómo medio de enlace del servidor hacia la fibra óptica, debiendo de existir una por cada servidor o terminal (si así se desea) que tenga acceso directo a la fibra.

- **Tarjeta controladora de red para RG-58 o RJ-45.** Por lo general, se consiguen en el mercado tarjetas con ambos tipos de conectores que en nuestro caso utilizaremos el conector para RJ-45, ya que éste es el tipo de cable que nos permitirá tener el cableado estructurado que se desea, y es una tarjeta de 32 bits de arquitectura EISA.

- **Cable Coaxial.** Este tipo de cable puede ser completamente eliminado de la red, ya que ésa es una de las ideas básicas de el cableado estructurado, el cuál introduce unicamente UTP nivel 5 y fibra óptica.

- **Concentradores.** Este equipo nos permitira tener la conexión directa a cada una de las terminales a través de UTP nivel 5 con conectores RJ-45; y se obtienen en el mercado generalmente con 12 conectores, y se tendrá a partir de éstos una topología de estrella, con lo cuál se puede evitar que al sacar de servicio una terminal nos saque de servicio al resto de terminales, para ello se pueden colocar varios de éstos concentradores en cascada, con lo cual se incrementa el número de terminales que podemos manejar.

- **Tarjeta de red para terminal.** Está será una tarjeta de red que se colocará en cada una de las terminales con entrada para un conector del tipo RJ-45, lo que nos permite conectarla a un concentrador a través de UTP nivel 5, o en el caso de que se estén manejando arquitecturas propias, se pueden conectar a través de adaptadores adecuados, para obtener siempre un

conector RJ-45.

- **Conectores a la red.** Necesarios para conectar las computadoras personales a los segmentos de UTP nivel 5, o bien adaptadores especiales para arquitecturas propietarias.

- **Conectores para dispositivos de impresión.** Para las impresoras que existan o se adquirirán, se deberán de tener los conectores necesarios. La otra opción es conectarlas directamente a los servidores.

- **Interfaces a otras redes.** En el caso de desear conectar redes cómo apple talk al LAN.

- **Computadoras personales.** La tendencia es que los usuarios prefieran la compra de computadoras personales a la compra de terminales por el doble uso que en un LAN puedan tener.

Los fabricantes de tarjetas de interfaz para red poseen ciertas especificaciones mínimas que deben de cumplir las computadoras personales cómo 1 Mb de memoria RAM mínimo y arquitectura tipo AT.

- **Impresoras.** Del equipo a adquirir o del que ya se tenga se debe de revisar cuál puede ser conectado a la LAN. Es ventajoso comprar impresoras, ya que éstas se pueden compartir entre todos los usuarios.

- **Unidades de respaldo de poder (UPS).** Para los dispositivos servidores con conexión directa a la fibra óptica se deben de preveer los casos de falla de energía eléctrica, por lo que es adecuado que cada uno de éstos cuente con un UPS, ya que éste equipo requiere de un procedimiento de apagado que de no realizarse puede dañarlo seriamente.

5.3.2. SOFTWARE

Todo el componente de hardware es necesario, pero sin la existencia de software no da ningún servicio ni utilidad; se describen algunos de los requerimientos de software que se tendrán:

- **Sistema operativo.** Este es el software que administra los recursos que el sistema posee. Por medio del software de comunicación se permitirá establecer sesiones remotas desde las terminales o computadoras personales a las cuáles el sistema operativo tendrá que controlar y administrar.

- **Sistema Administrador de la Base de Datos.** Este es el software sobre el cuál se desarrollan las aplicaciones del sistema de información a través de sus herramientas de desarrollo. Administrará el acceso y uso de los datos entre los distintos usuarios.

- **Software de comunicaciones.** Para establecer sesiones remotas en la o las máquinas centrales desde computadoras personales, se usará un software de comunicaciones adecuado, el cuál se detallará en el trabajo final.

Para las redes tipo Novell, que es una de las más comunes, se necesita software TCP Gateway para Netware, el cuál permite a un usuario que funcione sobre Novell acceder al servidor central de la red, la cuál debe de estar conectada al file server de Novell, máquina que a la vez es el gateway.

En el caso de máquinas Apple se usara software cómo Macconnect para hacer

funcionar AppleTalk sobre la red.

- **Software utilitario adicional.** Todos aquellos servicios que se pueden implementar sobre la red, son producto de un software comprado a terceros o bien desarrollado en casa (cómo el correo electrónico).

También es recomendable la adquisición de un software de análisis de funcionamiento de la red, así cómo de diagnóstico y de detección de fallas.

El software utilitario adicional se recomienda que funcione bajo las distintas plataformas que se operarán en la red.

5.4. RECURSO HUMANO

Componente muy importante dentro del proyecto de la red de área local lo constituye el personal que operará y administrará la red de computadoras que se propone. El recurso humano se puede clasificar en dos grupos:

- Usuarios del sistema, y
- administradores y técnicos del sistema.

5.5. USUARIOS DEL SISTEMA

Se considerará cómo usuario del sistema a aquella persona que en su lugar de trabajo posee una estación de trabajo (PC) o un terminal conectado a la red y cuenta con la autorización y capacidad para acceder ciertas aplicaciones.

Éste usuario realiza labores cotidianas o de consulta, así cómo puede hacer uso de servicios generales, cómo acceder al correo electrónico o entablar sesión con redes públicas de datos, si el LAN contará con esa comunicación (vía modem). Se le considera responsable de la administración de los datos que posee dentro de la computadora central.

El usuario tendrá el entrenamiento requerido para el uso del software dentro de la red, pero no podrá realizar ninguna tarea de administración dentro del sistema ni de revisión de ningún tipo de hardware (ya sea de su estación de trabajo o de la red).

Pueden existir usuarios de tipo operativo (grabadores de datos, cajeros, operadores de nomina, etc), usuarios medios con acceso a sistemas de consulta y usuarios de alto nivel con acceso a sistemas de información gerencial.

Todos éstos usuarios podrán acceder los servicios generales dentro de la red, siempre que no exista una restricción para los mismos.

5.6. ADMINISTRADORES/TECNICOS

Éste personal tendrá a su cargo el funcionamiento diario y la planeación del crecimiento de la red de computadoras, pero se necesita personal técnico para las siguientes actividades:

- **Encargado de instalación y mantenimiento del medio de transmisión.** Persona que deberá de tener conocimientos de electrónica, será el responsable de hacer las instalaciones por los lugares idóneos dentro de la instalación. Usará herramientas de diagnóstico de fallas, aislamiento y corrección de las mismas en el menor tiempo posible.

Necesitará experiencia en cuanto al equipo que esté conectado a la red para

poder realizar pruebas integrales en el hardware y determinar si los problemas que se están aislando realmente están sucediendo en la red, o bien se trata de un simple problema en la estación de trabajo o terminal (mala configuración, un cable mal conectado, etc).

Será el responsable directo del funcionamiento de todos los dispositivos de la red.

- **Encargado de administración y control de la red.** Deberá de ser un especialista en redes de computadoras, de preferencia con título de informática o sistemas a nivel universitario. Será responsable directo del buen funcionamiento de la red y todas las políticas de administración en las mismas (autorización de usuarios, creación de usuarios, etc). Deberá de conocer muy bien el sistema operativo con que se trabaja.

Estará a cargo del monitoreo y control del rendimiento del LAN y deberá de planificar nuevos servicios a los usuarios dentro de la red y tratar de mejorar los existentes. Trabjará estrechamente con el encargado de instalación y mantenimiento, y según el problema que van a solucionar trabajarán en equipo.

- **Administrador de datos.** Persona que tendrá a su cargo la administración del sistema manejador de base de datos en las distintas computadoras donde esté instalado (al haber bases distribuidas) o en la máquina central (cómo puede ser en la fase inicial). Deberá de poseer grado universitario en informática o sistemas a nivel universitario y conocer bastante del sistema operativo que se utilizará.

Será el encargado de velar que todas las reglas de seguridad e integridad del sistema se cumplan. Autorizará a usuarios o a grupos de ellos el acceso a datos en la base de datos y las operaciones que se puedan realizar sobre ellos.

Estáblecerá políticas de respaldo y prevención de desastres, haciendo uso de herramientas del manejador de base de datos.

Deberá de trabajar en conjunto con el encargado de la administración de la red, especialmente si existen bases de datos distribuidas.

CAPITULO 6

VENTAJAS Y SERVICIOS QUE SE PRESTAN

El diseño propuesto puede dar solución a las necesidades dentro de una institución, y unido al diseño vienen todas las características y ventajas de una LAN. Algunas de éstas ventajas son inherentes al hardware y al software que se va a utilizar; otras son ventajas que, aunque no estén implementadas, se pueden obtener a través de un diseño e implementación del servicio.

Entre las ventajas se puede mencionar:

- facilidad de conexión al sistema,
- capacidad de compartir recursos escasos,
- comunicación con otros usuarios del sistema, y
- backup de todas las máquinas en forma centralizada, y

entre los servicios (pueden existir más) se incluyen:

- correo electrónico,
- sistemas de archivos de red, y
- sesiones en máquinas remotas (login remoto).

6.1. CORREO ELECTRONICO

Es un servicio que permite la comunicación entre usuarios de la red. El usuario puede enviar mensajes o pequeños archivos a otro usuario. Cada usuario verificará cada día por el correo electrónico si ha recibido correspondencia proveniente de otro usuario. Éste servicio puede ser obtenido con fabricantes de éste tipo de software, puede ser adquirido en redes de computadoras que proveen de software del dominio público, o se puede utilizar el que el sistema operativo trae como estándar (en el caso de UNIX). En un caso extremo, y si las características de la institución lo permiten, podría desarrollarse todo el software como un proyecto de desarrollo.

Por medio de éste software, se persigue mejorar el nivel de comunicación entre dependencias y departamentos, brindando un servicio que facilite esa comunicación.

6.2. PROCESAMIENTO DISTRIBUIDO

Está es una ventaja que se puede obtener con la red de computadoras y que podría pensarse en impulsar cierto tiempo después de que el LAN ha sido puesto en funcionamiento. En el diseño propuesto se consideran las máquinas donde residirán los datos (base de datos y manejador de la misma), la cuál se encargara de brindar, administrar y controlar todas las aplicaciones, servicios en general y datos del sistema de información implementado.

Esto puede generar una saturación en la máquina central por emplear sus recursos en estar dando servicio a todos los usuarios de la red que rutinariamente realizan operaciones tales como:

- reportes, y

- procesos que implican cálculos (cómo una nomina).

Para éste problema, se puede plantear una solución que contribuya a descargar de éstas tareas rutinarias al CPU (central processs unit) de la máquina central, aprovechando la capacidad de procesamiento que existe o podrá existir en los departamentos o unidades que cuentan con computadoras personales en las cuáles, teniendo el software adecuado, se podrán realizar las operaciones de la máquina central, y usar datos servidos por la máquina central. A éste modo de operación de un sistema de computación se le conoce cómo **procesamiento distribuido**, y eso ayuda a mejorar el rendimiento global del sistema.

Luego que se inicie la operación de la LAN y adquirir cierto grado de experiencia sobre la utilización de la misma, es recomendable que los grupos de usuarios principales cuenten con una máquina para procesar sus propias aplicaciones. Está puede ser una PC con microprocesador 386 o más que posea las aplicaciones correspondientes a sus funciones, para así realizar las tareas de procesamiento localmente, lo cuál se puede implementar dependiendo de la cantidad de máquinas con capacidad de procesamiento existentes, lo cuál puede ayudar a disminuir el tráfico sobre el LAN, lo que llevará a un mayor rendimiento del LAN.

Para poder realizar éste servicio, es necesario que el manejador de bases de datos tenga los mecanismos deseados para realizarlo, así cómo establecer toda la organización y control a nivel del sistema. Para resumir las características de éste servicio, que se pueden convertir en ventaja, se tiene:

- reducir la carga de trabajo en la máquina central,
- acelerar el tiempo de respuestá a los usuarios, y
- minimizar el tráfico de datos en la red.

Cómo toda solución ésta también presenta ciertos aspectos que deben de ser tomados en cuenta (según el punto de vista, se pueden convertir en desventajas):

- necesidad de contar con un usuario experimentado o calificado para la administración y control del equipo en el departamento que cuente con procesamiento distribuido.
- obtención de equipo de cómputo para unidades que no lo posean, y que cumpla con las especificaciones mínimas, las cuales lleven a un buen rendimiento a los usuarios a nivel del departamento.

Para concluir con el procesamiento distribuido, se debe de indicar que éste sería un objetivo a corto plazo después de la implementación de la LAN, y que es un paso intermedio rumbo a la arquitectura final, la cuál deberá de contener bases de datos distribuidas.

6.3. BASES DE DATOS DISTRIBUIDAS

En cualquier organización, existen varias unidades, dependencias o departamentos que poseen datos propios a la labor que desempeñan. Éstos datos son generados, actualizados y desechados (si es necesario) por está entidad. Está es una característica de los datos y que en la actualidad han

sido fundamento para poner en práctica las bases de datos distribuidas (ayudado por la tecnología de redes de computadoras). Esta tecnología lleva a particionar los datos de la institución lo cual depende del departamento donde se generan y usan, para lo cual existen distintas técnicas¹⁹, lo que lleva a que cada usuario o grupo de ellos administren y controlen sus propios datos.

Al proponer el uso de éste concepto, se supone la existencia en cada departamento o grupo de usuarios importantes de una máquina de alta capacidad de procesamiento y alta capacidad de almacenamiento temporal. Después de esto, se debe de obtener el manejador de bases de datos para cada una de éstas máquinas y el conjunto de aplicaciones que usarán los datos que residirán en la máquina.

Esta aplicación debe de ser totalmente transparente al usuario, es decir que no debe de teclear ningún comando especial para poder utilizarla; éste es el ambiente más adecuado para un sistema de información, el cuál ofrece ventajas cómo:

- Control, administración y privacidad de datos.
- Existencia de un sistema dedicado a aplicaciones del departamento (no habrá quejas de los usuarios por la degradación del sistema, causadas por usuarios de otros departamentos).
- El sistema central de la red no deberá de estar trabajando para operar las aplicaciones de un departamento en particular.
- La máquina central se puede destinar a operaciones que requieran gran capacidad de procesamiento, o bien dar servicios de tipo general, los cuáles no residan en la máquina del departamento.
- El problema de sobretráfico en la red disminuye grandemente.
- En general, mayor independencia y obtención de un mayor rendimiento para los usuarios del departamento.

¹⁹ Date, C.J., An Introduction to Databases, 1989.

CONCLUSIONES

1.- La red de tipo anillo basada en fibra óptica, acoplada a una estrella para acceder a cada terminal independiente, basada esta última en UTP nivel 5, se considera cómo el tipo de LAN más adecuada para una institución, ya que proporciona la inmunidad de la red ante la falla de una terminal.

2.- El anillo que se implementará debe de ser un anillo doble el cual proporcionará mayor inmunidad a fallas, ya sean éstas debidas a daños en la fibra óptica o en las tarjetas de interface.

3.- En el diseño de redes de área local, se presentan muchas opciones, debido en parte a la constante innovación de la tecnología de redes de computadoras, por lo cuál se mencionaron las opciones más comunes.

4.- Se presentaron las especificaciones de hardware y software mínimos para la implementación de la red de área local para una institución.

5.- Una red de área local ofrece mayor flexibilidad de crecimiento y conexión a otros sistemas respecto a sistemas multiusuario, que se adaptan mejor al crecimiento futuro de la institución.

6.- La arquitectura planteada es la base para el funcionamiento de la LAN en una institución, por lo que con el crecimiento de la misma está deberá de expandirse y adaptarse a la tecnología futura, y puede ser necesaria la sustitución de algunos componentes a mediano plazo, por lo que es importante la selección de la tecnología adecuada para la realización del proyecto.

RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda que el proyecto de una LAN, en alguna institución que así lo desee, se ejecute lo más pronto posible, por los beneficios que de ésta se obtendrán.
- 2.- Se debe realizar un estudio de costos incluyendo todos los componentes del sistema de redes de computadoras.
- 3.- Es necesario tener en cuenta el estado de la tecnología de redes en el momento de implantar el proyecto.
- 4.- En el momento de instalación del cable, hay que seleccionar los lugares más adecuados para facilitar el acceso en el futuro.
- 5.- Se deben utilizar cables y dispositivos de interface de la más alta calidad posible.
- 6.- En la medida de la posible, debe de integrarse a la red todo el equipo existente.

BIBLIOGRAFIA

- ABRAMS, MARSHALL; COTTON, Ira W., Computer Networks: A Tutorial
Maryland , USA : IEEE Computers Society Press, 1984.
- BELTRAO Moura. Redes locales de computadoras, Protocolos de Alto Nivel y Evaluación de Prestaciones. Madrid, España: Edit. McGraw-Hill, 1990.
- BLACK, Uyles, Redes de Computadoras, Protocolos e Interfaces, México:
Edit. Macrobit, 1990.
- BUX, Werner, LAN: a performance comparision, USA: Edit. IEEE, 1985.
- CLARK, D.D., An Introduction to Local Área Networks, USA: Edit. IEEE,
1978.
- COOPER, James Arlin, Computer and Communication Security, Strategies for the 90's. USA: Ed. McGraw-Hill, 1989.
- DATE, C.J., An Introduction to Database, California, USA: Edit. Addison-Wesley, 1987.
- DEITEL, Harvey, Introducción a los Sistemas Operativos, Delaware, USA:
Edit. Addison-Wesley Iberoamericana, 1989.
- FORTIER, Paul, Handbook of LAN Technology. New York, USA: Edit.
McGraw-Hill, 1989.
- GREEN, C. Computer Communications . New York, USA: Edit: IEEE Press.
- HAWE, Bill, Transparent Interconnection of LAN New York, USA: Edit. IEEE
Press,
- ISO 8 802-3; ANSI/IEEE Std. 802.3 Information Processing Systems: Local Área Networks . New York, USA: Edit. IEEE Press, 1987.
- KUMMERLE, Karl; LIMB, John; TOBAGI, Foaud A., Advances in Local Área Networks . New York, USA: Edit. IEEE Press. 1982.
- STALLINGS, William, Local Network Technologies Los Alamitos, USA: Edit.
IEEE Computer Society Press, 1987.
- STALLINGS, William; Computer Communications: Architectures, Protocols and Standards. Washington, USA: Edit. IEEE Computer Society Press,
1987.
- TOBAGI, Foaud A., Advances in Local área Networks, New York, USA: Edit.
IEEE, 1989.

ANEXO 1

**PASO 1
REQUERIMIENTOS OPERACIONALES DEL SISTEMA**

Aplicación

TV _____ TELEFONO _____ COMPUTADORAS _____ OTRAS _____

Tipo de Señal

Analógica

*Ancho de banda del sistema _____ MHz
*Razón señal a ruido _____ dB

Digital

*Esquema de codificación NRZ _____ RZ _____ OTRO _____
*Velocidad _____ bits ppor segundo
*Tasa de error 10^{-8} _____ 10^{-9} _____ OTRO _____
*Formato lógico _____ TTL _____ ECL _____ OTRO _____
(A)potencia óptica mínima requerida _____ dBm _____ Promedio
(R)rango dinámico del receptor _____ dBm _____
(S)máxima potencia en el receptor (A+R) _____ dBm _____ Promedio
Número de canales _____

Equipo terminal

Espacio disponible para:

Transmisor _____ m X _____ m X _____ m
Receptor _____ m X _____ m X _____ m
Repetidor _____ m X _____ m X _____ m

Conectores RS-232 _____ BNC _____ OTRO _____
Montaje de equipo Tarjetas PC _____ Racks _____ OTRO _____

Requerimientos de energía eléctrica

Voltajes AC _____ DC _____
Corriente _____ Amp
Frecuencia _____ Hz

PASO 2
REQUERIMIENTOS FISICOS DEL SISTEMA

Localización del sistema

Localización de el equipo Edificio _____ OTRO _____
Distancia entre estaciones _____ m
Plan de ruteo para los cables _____

Ambiente del sistema

Para terminales y repetidores Interiores _____ Exteriores _____
Para cables Ductos _____ Enterrados _____ Aerios _____
Temperatura de operación _____ °C a _____ °C
Alto voltaje presente _____ No _____ Si _____ volts
Presencia de agua _____ No _____ Si _____

Instalación de cables

Longitudes de cable a jalar _____ metros

PASO 3
CALCULO DE LAS PERDIDAS EN LA FIBRA ÓPTICA

Ancho de banda requerido _____
 Tasa de errores requerida _____
 (L) Longitud requerida del cable _____ km
 (A) Potencia óptica mínima requerida para _____ dBm Promedio
 un receptor tipo _____
 (R) Rango dinámico del receptor _____ dB
 (S) Máxima potencia óptica permitida
 en el receptor (A+R) _____ dBm
 Tipo de transmisor (Longitud de onda) LED _____ nm Diodolaser _____ nm
 Otra fuente _____ nm

Acople fuente-fibra/ diámetro de el nucleo de la fibra	μm	μm	μm
(B) Potencia Acoplada (Fig. 15)	dBm	dBm	dBm
(C) Diferencia de potencia (B-A)	dB	dB	dB
(D) Degradación permitida	dB	dB	dB
(E) Margen de potencia	dB	dB	dB
(F)Conectores (_____ pérdida en dB/conector)	dB	dB	dB
(G) Empalmes (_____ pérdidas en dB/ empalme)	dB	dB	dB
(H)Máxima atenuación permitida en el cable (E-F-G)	dB	dB	dB
(I)Atenuación en el cable	dBm/km	dBm/km	dBm/km
(J) Pérdidas totales en el cable (I x L)	dB	dB	dB
Máxima longitud permitida del cable (H/I)	km	km	km
(K) Margen de potencia en exceso	dB	dB	dB

PASO 4
ANÁLISIS DE ANCHO DE BANDA

Ancho de banda del receptor tipo _____ $BW_R =$ _____ MHz
 (A) $1/BW_R^2 =$ _____ MHz⁻²
 Ancho de banda del transmisor tipo _____ $BW_T =$ _____ MHz
 (B) $1/BW_T^2 =$ _____ MHz⁻²
 Ancho de banda del cable _____
 (C) Longitud de la fibra óptica L = _____

Fibra (Dia.núcleo-tipo)				
(D) Ancho de banda BW_f	MHz-km	MHz-km	MHz-km	MHz-km
(E) ancho de banda del cable óptico BW_{CO}	MHz	MHz	MHz	MHz
Ancho de banda del cable con señal eléctrica BW_C (E/1,41)	MHz	MHz	MHz	MHz
(G) $1/BW_C^2$	MHz ⁻²	MHz ⁻²	MHz ⁻²	MHz ⁻²
Ancho de banda del sistema				
(H) suma de cuadrados (A+B+G)	MHz ⁻²	MHz ⁻²	MHz ⁻²	MHz ⁻²
(I) Ancho de banda del sistema $1/H^{1/2}$	MHz	MHz	MHz	MHz
(J) ancho de banda requerida	MHz	MHz	MHz	MHz
(K) Margen de ancho de banda (I-J)	MHz	MHz	MHz	MHz

PASO 5
REVISION DE ESPECIFICACIONES

Consideraciones del sistema	Ejemplo	Requerimientos de Operación
Razón de datos (ancho de banda)	1,4 MB/S (1.0 MHz)	
Razón señal a ruido (analógica)		
Razón de error de bits (digital)	10^{-9}	
esquema de codificación (digital)	NRZ	

Receptor

Tipo	PIN	
Ancho de abnda	10 MHz	
Sensibilidad		
Potencia óptica mínima	-30 dBm en promedio	
Tasa de error de bits	10^{-9}	
Rango dinámico	20 dB	

Transmisor

Ancho de banda	20 MHz	
Potencia acoplada	-5 dBm	
Longitud de onda/Tipo	850 nm/ LED	

Fibra Óptica

Tipo de fibra	200 micrometros (nucleo)	
Ancho de banda	25 MHz-km	
Atenuación	8 dB/km	
Longitud de la fibra	2 km	
Número de empalmes	0	
Atenuación total de los empalmes	0	
Número de conectores	2	
Atenuación total por conectores	6 dB	
Degradación permitida	6 dB	
Potencia en exceso	6 dB	
Margen en el ancho de banda	5.3 MHz	

ANEXO II

COSTOS DEL SISTEMA

Se debe determinar el costo total de todos los componentes del sistema para obtener el costo total de la instalación, el cual puede ser calculado de la siguiente manera:

(Cantidad)

_____	Conectores a \$ _____	c/ conector	= \$ _____
_____	Transmisor a \$ _____	c/ transmisor	= \$ _____
_____	Receptor a \$ _____	c/ receptor	= \$ _____
_____	kilómetros de cable \$ _____	c/kilómetro	= \$ _____
_____	repetidores a \$ _____	c/ repetidor	= \$ _____
	Costos de instalación		= \$ _____
	Costos de mantenimiento		= \$ _____
	otros costos		= \$ _____
	Costo total del sistema		= \$ _____

Todos los costos se dan en dólares, ya que por lo general cualquier cotización que se obtenga se obtendrá en dolares.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central