

## CAPÍTULO 2

### TOPOLOGÍAS, NIVEL FÍSICO Y REDES DE FIBRA ÓPTICA.

#### 2.1 Redes.

Con la creación de las computadoras se resolvió el problema de extender el poder de cálculo del cerebro humano, pero nació o se comenzó el problema de compartir los datos y la información que ese poder de cálculo produjo, lo cual nos llevó a inventar la forma de compartir recursos (impresoras, graficadores, archivos, etc) a través de algún medio de transmisión usando una serie de reglas (protocolos) para acceder y manipular dichos recursos.

Las redes de computadoras nacen como evolución de los sistemas de acceso y transmisión de información. Además cumplen fundamentalmente el objetivo de facilitar el acceso a información remota, comunicación entre personas y entretenimiento interactivo.

Al crear una red, se toman en cuenta dos factores principales: el medio físico de transmisión y las reglas que rigen la transmisión de datos. Al primer factor le llamamos nivel físico y al segundo protocolos<sup>[12]</sup>.

En el nivel físico generalmente encontramos señales de voltaje que tienen un significado preconcebido. Estas señales se agrupan para formar entidades llamadas paquetes de datos. La forma como se accesan esos paquetes determinan la tecnología de transmisión: *broadcast*, *multicasting* o *point-to-point*.

Las redes de tipo *broadcast* se caracterizan porque todos los miembros (nodos) pueden acceder a todos los paquetes que circulan por el medio de transmisión<sup>[12]</sup>.

Las redes de tipo *multicasting* manda los paquetes a una selecta lista de destinatarios.<sup>[13]</sup>

Las redes *point-to-point* sólo permiten que un nodo se conecte a otro en un momento dado.<sup>[12]</sup>

### 2.1.1 Topologías de las redes

La topología de una red se refiere a la forma que ésta toma al hacer un diagrama del medio físico de transmisión y los dispositivos necesarios para regenerar la señal o manipular el tráfico. Las topologías generales son mostradas en la figura 2.1 y son: anillo (ring), dorsal (bus), dorsal dual (dual bus), estrella (star), árbol (tree) y completas.

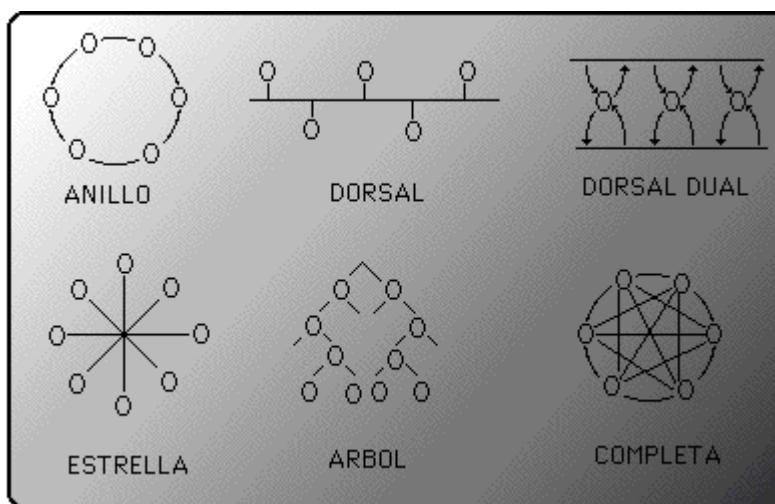


Figura 2.1 Topologías de las redes <sup>[12]</sup>

Las topologías de anillo, dorsal y árbol se adecuan mejor para redes de tipo *broadcast* y el resto para redes de tipo *point-to-point*.

## 2.2 Clasificación de redes por su área de cobertura.

A veces son posibles múltiples rutas de diferente longitud. En general las redes geográficamente pequeñas suelen usar *broadcast* pues mientras estén más cerca se puede hacer la conexión de todos los elementos con todos y las redes más grandes son de *punto a punto* tal como se tienen que hacer la conexión para comunicar Europa y América a través de cableado submarino <sup>[7]</sup>.

Según la distancia entre computadoras se denominan a las redes de una forma u otra. La *Personal Area Network* (PAN) es una red de transmisión media basada en el campo eléctrico. PAN es una tecnología de *International Business Machines Corporation* (IBM) que permite que los individuos intercambien datos por un tacto o acercamiento simple, por ejemplo un apretón de manos ó para interconectar en una red pequeños equipos en distancias cortas <sup>[13]</sup>. Si las computadoras se encuentran dentro de un mismo ámbito geográfico como una habitación, un edificio o un campus (como máximo del orden de 1 Km.) se llama Red de Área Local (*Local Area Network*) <sup>[12]</sup>

Ethernet (*Distributed Packet Switching for Local Computer Networks*) es la tecnología de red de área local (LAN) más utilizada hoy día. La versión original de Ethernet tenía un velocidad de transmisión de 10Mbps. Posteriormente han aparecido nuevas versiones de Ethernet, conocidas como "Fast Ethernet" y "Gigabit Ethernet" cuyas velocidades son 100Mbps y 1000Mbps respectivamente. Todas estas variantes tienen a su vez diferentes subvariantes en función del medio físico utilizado para transportar la señal.<sup>[14]</sup> Las tecnologías de red LAN más comunes son el IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) 802.3 llamado Ethernet y el IEEE 802.5 llamado Token Ring. Ethernet opera entre 10 y 100 Mbps. En este estándar, todo nodo escucha todos los

paquetes de esta red *broadcast*, saca una copia y examina el destinatario. Si el destinatario es el nodo mismo, lo procesa y si no lo deshecha para escuchar el siguiente. Para enviar un paquete escucha cuando el medio de transmisión esté libre. Si ocurre que dos nodos enviaron un paquete al mismo tiempo, se provoca una colisión y cada nodo vuelve a retransmitir su paquete después de esperar un tiempo aleatorio. *Token Ring* opera entre 4 y 16 Mbps y utiliza una ficha (*token*) que permite enviar paquetes al nodo que la posee mientras los otros escuchan. Una vez que un nodo termina de enviar paquetes, pasa la ficha a otro nodo para que transmita <sup>[12]</sup>.

Si la distancia es del orden de la decena de kilómetros entonces se tiene una Red de Área Metropolitana (*Metropolitan Area Network*). Si la distancia es de varios cientos de kilómetros entonces se habla de una Red de Área Extensa (*Wide Area Network*) y si se trata de una red que cubre todo el planeta entonces se habla de Internet. Todo esto se puede ver de acuerdo a la Figura 2.2 <sup>[12,7]</sup>.

Distancia / CPU's	Ubicación de CPU's	Nombre
0.1 Mts.	Tarjeta Madre	Nodo
1 Mts.	Cluster,Sistema	Multicomputador
10 Mts.	Sala de Cómputo	LAN
100 Mts.	Edificio	LAN
1 Km.	Campus	LAN
10 Km.	Ciudad	MAN
100 Km.	Estado,País	WAN
1000 Km.	Continente	WAN
10,000 Km.	Planeta	INTERNET

Figura 2.2 Tipos de redes de acuerdo a la distancia que abarca <sup>[12]</sup>.

### **2.2.1 Nivel físico de las redes.**

La capa física determina el soporte físico o medio de comunicación por el cual viajan los datos. Estos medios de transmisión pueden ser guiados y no guiados. Los primeros son aquellos que utilizan un medio sólido para la transmisión. Los medios no guiados utilizan el aire para transportar los datos: son los medios inalámbricos.

A continuación se enumeran diferentes medios de transmisión.

#### **2.2.1.1 Medios guiados**

**Par trenzado UTP** (*Unshielded Twisted Pair*).

El par trenzado es similar al cable telefónico, sin embargo consta de 8 hilos y utiliza unos conectores un poco más anchos. Dependiendo del número de trenzas por unidad de longitud, los cables de par trenzado se clasifican en categorías. A mayor número de trenzas, se obtiene una mayor velocidad de transferencia. Las diferentes categorías de cable son<sup>[12]</sup>:

Categoría 3, hasta 16 Mbps,

Categoría 4, hasta 20 Mbps,

Categoría 5 y Categoría 5e, hasta 1 Gbps,

Categoría 6, hasta 1 Gbps,

Los cables par trenzado pueden ser a su vez de dos tipos:

- UTP (*Unshielded Twisted Pair*, par trenzado no blindado)
- STP (*Shielded Twisted Pair*, par trenzado blindado)

Los cables UTP son los más utilizados debido a su bajo costo y facilidad de instalación. Los cables STP están embutidos en una malla metálica que reduce las interferencias y mejora las características de la transmisión. Sin embargo, tienen un costo elevado y al ser más gruesos son más complicados de instalar. Se utilizan únicamente para instalaciones muy puntuales que requieran una calidad de transmisión muy alta. Por otro lado, los cables UTP de categoría 5 soporta la transmisión de audio, video y datos de alta calidad, con una distancia típica de un segmento punto a punto de 100 mts. (Estándar reconocido para realizar cableado estructurado), con un número máximo de estaciones por segmento de:  $1024^{[49]}$ , además de que los conectores del cable son bastante comerciales y se consiguen bajo el nombre de conector RJ45. <sup>[15]</sup>

### **Cable coaxial.**

El cable coaxial es similar al cable utilizado en las antenas de televisión: un hilo de cobre en la parte central rodeado por una malla y separados ambos elementos conductores por un cilindro de plástico. Las redes que utilizan este cable requieren que los adaptadores tengan un conector apropiado: los ordenadores forman una fila y se coloca un segmento de cable entre cada ordenador y el siguiente. En los extremos hay que colocar un terminador, que no es más que una resistencia de 50 ohms. La velocidad máxima que se puede alcanzar es de 10Mbps <sup>[15]</sup>.

La nomenclatura de los cables Ethernet tiene 3 partes : La primera indica la velocidad en Mbits/seg. La segunda indica si la transmisión es en Banda Base (BASE) o en Banda Ancha (BROAD). La tercera los metros de segmento multiplicados por 100. A continuación se describen las características de las nomenclaturas para cables coaxiales:

10-BASE-5.- Cable coaxial grueso (Ethernet grueso). Velocidad de transmisión: 10 Mb/seg. Segmentos: máximo de 500 metros.

10-BASE-2.- Cable coaxial fino (Ethernet fino). Velocidad de transmisión: 10 Mb/seg. Segmentos: máximo de 200 metros.

10-BROAD-36 .- Cable coaxial Segmentos: máximo de 3600 metros. Velocidad de transmisión: 10 Mb/seg.

100-BASE-X.- Fast Ethernet. Velocidad de transmisión : 100 Mb/seg<sup>[16]</sup>.

Este tipo de cable está dejándose de usar para la transmisión de datos, debido a las conexiones cuasimecánicas que necesitan lo hacen poco practico para lo cambiante que pueden llegar a ser las redes de datos. El cable coaxial más usado para la transmisión de datos cuenta con las siguientes características:

- Impedancia de 50 Ohms
- Longitud máxima de un segmento de cable coaxial delgado 200 mts.
- Longitud máxima cable coaxial grueso 500 mts.
- Para conectar un nodo al cable coaxial grueso se requiere de un módulo receptor transmisor (*transceiver*) instalado entre el cable coaxial y el nodo.
- El cable coaxial delgado permite conectar estaciones en cadena usando conectores "T".
- Todo segmento debe estar debidamente terminado.<sup>[16]</sup>
- Numero máximo de estaciones por segmento es coaxial delgado: 30.
- Numero máximo de estaciones por segmento es coaxial grueso: 50.
- Distancia mínima entre estaciones con cable coaxial delgado: 0.5 mts<sup>[48]</sup>.
- Distancia mínima entre estaciones con cable coaxial grueso: 2.5 mts (ya marcado)<sup>[49]</sup>.

El cable coaxial se clasifica como "baseband" si se utiliza para transmitir señales digitales y como "bradband" si se usa para señales analógicas. Para señales analógicas , se necesita un amplificador cada pocos kilómetros y para señales digitales un repetidor cada kilómetro <sup>[16]</sup>.

### **Cable de fibra óptica.**

La fibra óptica es una guía de onda donde la información se transmite en forma de pulsos de luz. En un extremo de la fibra se coloca un diodo luminoso (LED) o bien un laser, que puede emitir luz. En el receptor se sitúa un detector de luz (fotodiodo), cuya característica es que emite un pulso eléctrico cuando es impactado por la luz. Los fotodiodos responden hasta fracción de nanosegundo, lo cual permite velocidades en la fibra de varios gigabits por segundo<sup>[17]</sup>.

La fibra óptica esta compuesta de un hilo ultra delgada de vidrio o silicio fundido. También existen fibras fabricadas con polímeros plásticos de calidad inferior a las de vidrio. El sistema de trasmitir luz por la fibra óptica se basa en el principio físico de la reflexión. Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro, el rayo se refracta en la frontera entre ambos medios. En general, la cantidad de refracción depende de las propiedades de los medios en contacto, en particular de sus índices de refracción. Si el ángulo de incidencia se encuentra por encima de un determinado valor crítico, la luz se refleja y no sale del medio.<sup>[15]</sup>

La fibra óptica esta compuesta por dos medios transparentes de distinto índice de refracción, un núcleo y un revestimiento que lo envuelve. Finalmente se envuelve el



conjunto con una cubierta opaca. Así, los rayos que incidan por encima del ángulo crítico serán atrapados dentro del núcleo de la fibra<sup>[16]</sup>.

Dado que cualquier rayo de luz incidente, por encima del ángulo crítico, se reflejará internamente, existirá una gran cantidad de rayos diferentes rebotando a distintos ángulos. A este medio de transmisión se le denomina *fibra multimodo*. Si el índice de refracción es uniforme en todo el núcleo, la fibra se conoce como de *índice escalonado*, donde los haces rebotarán en el punto de contacto del núcleo con el revestimiento, que tiene un índice de refracción diferente. Si el índice de valor del núcleo varía gradualmente, aumentando poco a poco hacia el centro del mismo, se le conoce como de *índice gradual* y los haces de luz son conducidos de forma más suave hacia el interior de la fibra, sin que reboten bruscamente, reduciendo así las pérdidas en la propagación del haz de luz. Si el diámetro se reduce hasta que sea semejante al valor de la longitud de onda de la luz, la fibra actúa como una guía de ondas, y la luz se propaga en línea recta sin rebotar, produciendo así una *fibra monomodo*<sup>[16]</sup>.

Las ventajas de utilizar fibra óptica son :

- Mayor velocidad de propagación de la señal (Velocidad de la luz)
- Mayor capacidad de transmisión (del orden de Gbps)
- Inmunidad ante interferencias electromagnéticas
- Menor atenuación (disminución de la señal) de 5 a 20 dB/Km a 400 Mhz
- Mayor ancho de banda
- Menores tasas de error : 1 error por cada  $10^9$  bits frente a 1 por cada  $10^6$  de los cables eléctricos
- No hay riesgos de corto circuito y daño de origen eléctrico

- Menor diámetro y peso
- Se pueden emplear varios canales empleando diferentes longitudes de onda simultáneamente sobre la misma fibra
- Su vida media es mucho mas larga que la de un cable eléctrico<sup>[16]</sup>.

En la Figura 2.3 se ve la foto un conjunto de fibras con un revestimiento externo, para proteger al conjunto de fibras del clima ó algún golpe que pueda quebrar alguna.



Figura 2.3 Foto de un conjunto de fibras con capa protectora externa<sup>[13]</sup>.

En la Figura 2.4 se muestra una comparación de los distintos tipos de cables descritos:

	Par Trenzado	Par Trenzado Blindado	Coaxial	Fibra Óptica
Tecnología ampliamente probada	Si	Si	Si	Si
Ancho de banda	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
Tasa de transmisión	4 Mbps	4 Mbps	500 Mbps	10 Gbps
Trasmisión de 27 Canales video	No	No	Si	Si
Distancias medias de Repetidores	100m 65 Mhz	100m 67 Mhz	500m (Ethernet)	2km(Multimodo) 100km(Monomodo)
Inmunidad Electromagnética	Limitada	Media	Media	Alta
Seguridad	Baja	Baja	Media	Alta
Costo	Bajo	Medio	Medio	Alto

Figura 2.4 Cuadro comparativo de medios guiados<sup>[16]</sup>.

### **2.2.1.2 Medios no guiados**

Son la opción final como medio de transmisión. Esta puede tomar varias formas: ondas electromagnéticas (ondas de radio), microondas (terrestres o por satélite), transmisión infrarroja y transmisión laser.

En los medios no guiados no se requiere de cableado y algunos permiten la movilidad sin perder comunicación. Su funcionamiento es básicamente: radiar energía electromagnética por medio de una antena o transmisor y luego se recibe esta energía con otra antena ó receptor. Hay dos configuraciones para la emisión y recepción de esta energía: direccional y omnidireccional. En la direccional: toda la energía se concentra en un haz que es emitido en una cierta dirección, por lo que tanto el emisor como el receptor deben estar alineados. En el método omnidireccional: la energía es dispersada en múltiples direcciones, por lo que varias antenas pueden captarla. Cuanto mayor es la frecuencia de la señal a transmitir, más factible es la transmisión unidireccional. Por tanto, para enlaces punto a punto se suelen utilizar microondas o laser (altas frecuencias) y para enlaces con varios receptores posibles se utilizan las ondas de radio ( bajas frecuencias). Los infrarrojos se utilizan para transmisiones a muy corta distancia ( en una misma habitación)<sup>[16]</sup>.

Hay ventajas y desventajas en cada uno de ellos, pero la principal desventaja es que esta forma de transmisión es susceptible al medio ambiente.

Cada día se va cableando cada vez más lugares con fibra óptica haciendo nuevas conexiones o cambiando las ya existentes, esto por las ventajas que ofrece sobre los demás medios, a pesar del costo y los algunos medios no guiados se van usando también

más en redes LAN pues otorgan libertad de movilidad. Esta es la tendencia que se esta siguiendo y en algún futuro posiblemente queden estos dos tipos de medios.[

La transmisión inalámbrica se aplica en los usuarios móviles y cuando se necesita unir puntos separados por montañas u otros obstáculos del terreno. Algunos especialistas consideran que en el futuro los medios de transmisión serán fibra o inalámbrica <sup>[15]</sup>.

### **2.3 Tendencia de la fibra óptica.**

Con la explicación anterior de los diferentes medios de transmisión que forman el nivel físico, se puede entender que dependiendo de la necesidad, es el medio de transmisión a usarse. No obstante cada vez son más altas las velocidades y los anchos de banda que se requieren, por lo que la fibra óptica puede satisfacer la mayoría de las necesidades. La razón es que presenta grandes ventajas de ancho de banda, velocidad e inmunidad de interferencias, con la restricción del costo y del cableado. No obstante la demanda por mejores y más eficientes medios de transmisión ha generado la necesidad de instalar tramos de fibra como la solución más viable. A medida que más tramos de fibra son instalados, el costo de las maniobras y el material va decreciendo, permitiendo la generación de nuevas tecnologías.

Para dar un mejor servicio a los usuarios se crearon redes que mezclan a la fibra óptica con otros medios de transmisión más eficientes que el par trenzado y algunos ven la forma de que llegue directamente al usuario la fibra óptica.

A continuación se explican las diferentes redes que tienen como parte principal la fibra óptica <sup>[18]</sup>.

## 2.4 Redes basadas en fibra óptica.

La inhalación del tendido de cables en la última milla, que es como se conoce en el argot de las telecomunicaciones el enlace entre la red de fibra y la usuario final, sigue siendo más barata hacerse con cable trenzado de cobre que con fibra óptica. Sin embargo, las características de comunicación de la fibra son mucho mejor. Por esa razón ya se considera cuando se está instalándose una red en una zona residencial, hacerlo con fibra pues siempre habrá la necesidad de más ancho de banda. En estos casos se habla de la fibra-al-Hogar (*Fiber to The Home- FTTH*). Pero en otros casos se ha comprendido que no se requiere que llegue a los hogares, pero si cerca. En este caso la industria (fibra óptica) se acerca al hogar mediante la fibra-por la acera (*Fiber to the Curb-FTTC*), esto se logra de la siguiente forma: La fibra llevaría una pluralidad de canales al usuario, después de lo cual se ramificaran usando cables trenzados de cobre, que llegan a la casa. Por otro lado se pensó en la fibra-al-vecindario (*Fiber to the Neighborhood FTTN*) pero en muchos casos esto es un exceso pues la demanda de servicios no amerita el gasto. <sup>[18]</sup>.

Últimamente un concepto nuevo está usándose en muchas áreas, y se demuestra a menudo que funciona. Ésta es una combinación de fibra y coaxial, conocida como la red híbrida fibra/coaxial (HFC). Como hemos visto, el coaxial tiene un ancho de banda mayor que el cobre pero más pequeño que la fibra <sup>[18]</sup>.

Una red HFC es una red de telecomunicaciones por cable que combina la fibra óptica y el cable coaxial como soporte de la transmisión de las señales. Esta se compone básicamente de cuatro partes: la cabecera, la red troncal, la red de distribución y el bucle de abonados.

*La cabecera* es el centro desde el que se gobierna todo el sistema. Su complejidad depende de los servicios que ha de prestar la red, por ejemplo, para el servicio básico de

distribución de señales unidireccionales de televisión (analógicas, digitales) dispone de una serie de equipos de recepción de televisión terrenal, vía satélite y de microondas, así como de enlaces con otras cabeceras o estudios de producción. Por otra parte las señales analógicas se acondicionan para su transmisión por el medio del cable y se multiplexan en frecuencia en la banda comprendida entre los 86 y los 606 MHz; las señales digitales de vídeo, audio y datos que forman los canales de televisión digital se multiplexan para formar el flujo de transporte MPEG (Motion Picture Expert Group). La cabecera también se encarga de monitorizar la red y supervisar el funcionamiento. El monitorizado se esta convirtiendo en un requerimiento básico de las redes de cable, a causa de la complejidad de las nuevas arquitecturas y a la sofisticación de los nuevos servicios que transportan, que exigen de la red una fiabilidad muy alta. Otras de las funciones que se realizan en la cabecera se relacionan con la tarificación y control de los servicios prestado a los abonados<sup>[20]</sup>.

*La red troncal* suele presentar una estructura en forma de anillos redundantes de fibra óptica que une a un conjunto de nodos primarios. En los nodos secundarios las señales ópticas se convierten a señales eléctricas y se distribuyen a los hogares de los abonados a través de una estructura tipo bus de coaxial. Esta estructura emplea frecuentemente tecnología PDH o SDH (Jerarquía Digital Presíncrona y Jerarquía Digital Síncrona) que permite construir redes basadas en ATM (Modo de Transferencia Asíncrono). Los nodos primarios alimentan a otros nodos (secundarios) mediante enlaces punto a punto o mediante anillos<sup>[21]</sup>. ATM transmite cualquier tipo de información utiliza paquetes de tamaño fijo de 53 bytes, de los cuales 5 son de control y 48 de información (payload). El servicio es orientado a la conexión y su velocidad de transmisión es de 155 Mbps (velocidad para televisión de alta definición) hasta 622 Mbps<sup>[12]</sup>.

*La red de distribución* tiene por misión multiplexar la información ya sea proveniente de distintos proveedores de servicios o distintos usuarios, y adaptar el sistema de transporte a las características específicas de bucle de abonado. Generalmente el sistema de distribución enlaza los grandes nodos de conmutación con los nodos de distribución que son los responsables de recolectar o distribuir la información de los usuarios. Los nodos de distribución se sitúan físicamente en las manzanas de las grandes ciudades ofreciendo aproximadamente servicios a un millar de usuarios. El medio físico de transporte que une los nodos de conmutación con los de distribución continúa siendo la fibra óptica <sup>[21]</sup>.

El sistema de distribución también puede albergar centros intermedios de almacenamiento digital, que sirvan para descongestionar los servidores de información de los proveedores de servicios. A los nodos de distribución también se les denomina cabecera de red de distribución.

*El bucle de abonado* interconecta los dispositivos del abonado o cliente con la cabecera. Desde el punto de vista topológico existen diversas posibilidades de interconexión de los usuarios con la cabecera de red, topologías en estrella, bus, árbol, etc. La más usual es la de árbol y ramas ya que mantiene la antigua topología de la red de TV por cable

La interconexión cabecera-cliente se puede realizar con diversos medios físicos, que atendiendo a la señalización de línea o modulación empleada, permiten la sincronización y reparto del ancho de banda. <sup>[21]</sup>.

Una HFC soporta también todas las tecnologías emergentes de transmisión, incluyendo, *Frame Relay* se basa su función en la existencia de líneas telefónicas privadas, digitales y con pocos errores. El cliente renta una línea privada entre dos nodos y puede enviar información a una velocidad estándar de 1.5 Mbps. También es posible la

transmisión con circuitos virtuales conmutados y enviar marcos de 1600 bytes a diferentes destinos, para lo cual se usan paquetes que llevan la dirección destino (consumiendo 10 bits). El uso de circuitos virtuales conmutados es más barato en general que una línea privada<sup>[12]</sup>;. SONET (*Synchronous Optical Network*) es un estándar para el transporte de telecomunicaciones en redes de fibra óptica y permite interfaces con fuentes asíncronas por lo que los equipos existentes pueden ser sustituidos o soportados por la red SONET. De esta forma las transiciones se pueden realizar gradualmente<sup>[22]</sup>; y SMDS (*switched multimegabit data service*) que es un servicio no orientado a la conexión y no confiable (*connections, non reliable*). Su formato interno consta de tres campos principales: Dirección origen, Dirección destino y datos. El campo de datos puede contener hasta 9188 bytes que puede ser un paquete de cualquier protocolo. La funcionalidad de SMDS reside en aparatos (*switches*) con una velocidad de transferencia estándar de 45Mbps. Para una colección de N LANs, se necesitarían N enlaces hacia el *switch* el cual le dará conectividad a todas las LANs<sup>[12]</sup>.

#### **2.4.1 Fibra al Hogar --- (FTTH -- Fiber to the Home).**

A medida que muchos y mejores servicios personalizados (servicios IP) son transportados vía redes de banda ancha. El objetivo primordial para muchos proveedores de servicios es identificar las tecnologías y arquitecturas que permitirán el transporte al hogar más eficiente y económico para este tráfico. Las soluciones FTTH pueden ser utilizadas hoy por operadores con redes HFC existentes o instaladas por aquellos operadores más agresivos que quieren ofrecer fibra al hogar. Esta versatilidad refleja la filosofía innovadora y la ingeniería de actualizada en las soluciones que ofrece en cuanto a Ethernet sobre redes ópticas, tal como lo muestra la Figura 2.5<sup>[18]</sup>.



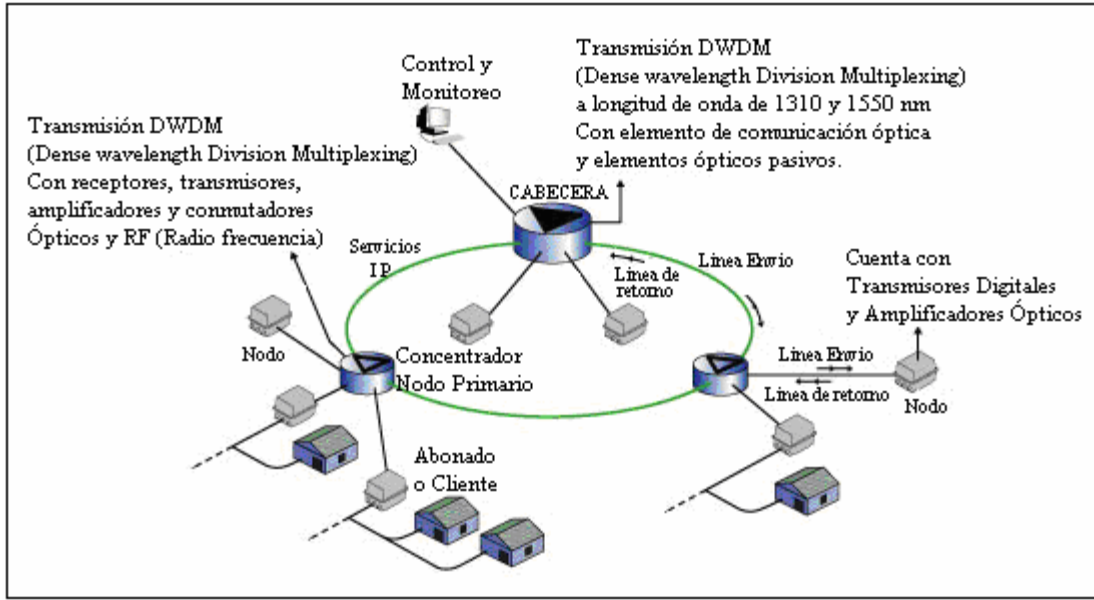


Figura 2.5 Red FTTH Forma general [18].

#### 2.4.2 Fibra-a-la-empresa (FTTB--- Fiber-to-the-business) .

Muchas empresas pueden fácilmente utilizar 100 Mbps de servicios de datos y están dispuestos a pagar por esta capacidad. La instalación de FTTB para una utilización más rápida sobre redes HFC, es insertar módulos del switch Ethernet CURBswitch™ el cual es fabricado por *Harmonic Incorporation* y es el primer interruptor óptico de la industria que se puede ser desplegado virtualmente dondequiera-en filamentos o postes, en un gabinete o aún subterráneamente, , permitiendo que un solo par de la fibra entreguen datos de alta velocidad, la voz y el vídeo a los clientes múltiple<sup>[23]</sup>, los cuales pueden ser insertados en un nodo de la familia de PWRBlazer™, los cuales también son fabricados por *Harmonic Incorporation* y tienen la característica de ser nodos ópticos altamente escalables con un nuevo modelo versátil que realza la capacidad y la disponibilidad pasada de la red y son diseñado para la instalación y el mantenimiento fáciles en una pared o en un recinto<sup>[24]</sup>, para ofrecer servicios de Fast Ethernet a empresas. Esta solución es aplicable para la

PYME (Pequeña y Mediana Empresa), una pequeña cantidad de empresas que se hayan concentrado en un área puramente residencial servida por una red HFC, tal como se ve en la Figura 2.6 <sup>[18]</sup>.

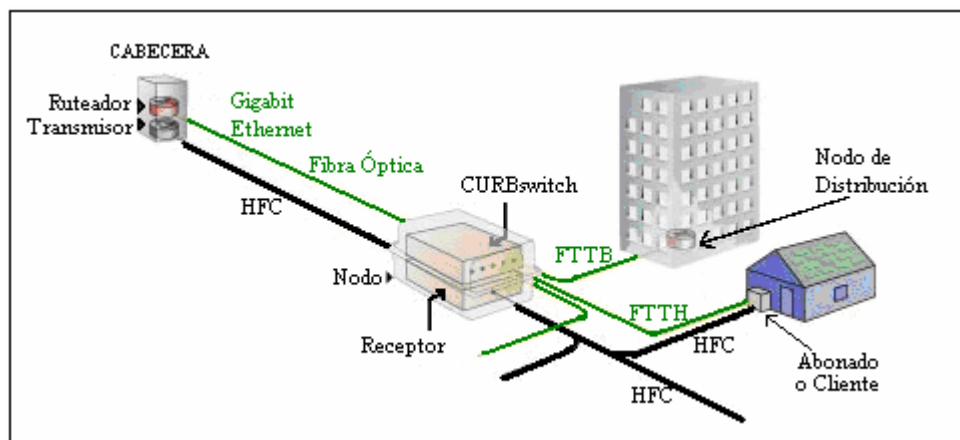


Figura 2.6 Red FTTB. Forma de un solo lazo <sup>[18]</sup>.

### 2.4.3 Vía de Migración de HFC a FTTH

Para los proveedores de servicios de banda ancha que piensan que la solución FTTH es hoy aún muy cara para activar a gran escala, las soluciones HFC tradicionales se aplican hoy en día para ofrecer video, datos y servicios de voz. A medida que la demanda por ancho de banda interactivo crece a más de 1 Mbps por abonado, los módulos CURBswitch™ Ethernet switch pueden ir siendo insertados en los nodos PWRBlazer™ entregando 100 Mbps a aquellos suscriptores residenciales que quieran pagar servicios avanzados de FTTH. De esta forma, la red HFC puede ir migrando a una red FTTH, en vez de activar una red de servicios FTTH a todos los abonados desde el primer día, tal como se muestra en la Figura 2.7 <sup>[18]</sup>.

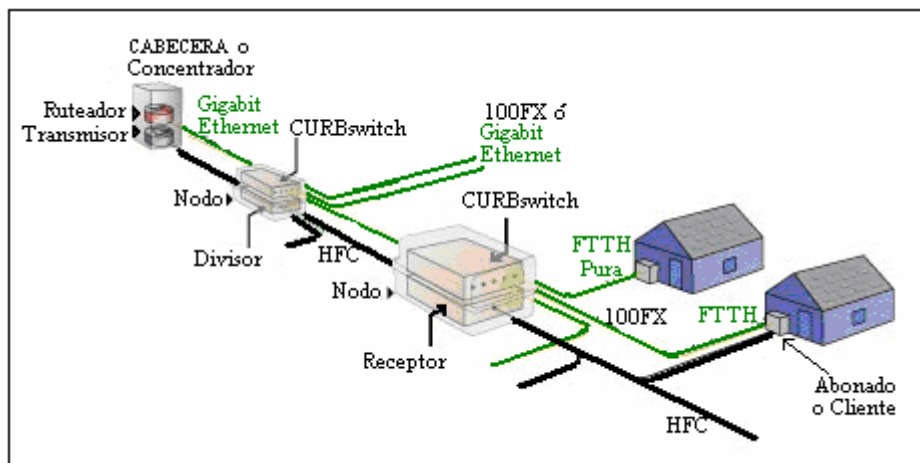


Figura 2.7 Esquema de vía de Migración de HFC a FTTH<sup>[18]</sup>.

#### 2.4.4 FTTH Pura.

El mayor obstáculo para que los operadores instalen FTTH es el costo de construcción de la red. Los módulos de Ethernet switching CURBswitch que se conectan al nodo escalable de la familia PWRBlazer™ que le permite al operador instalar esta aplicación a un costo muy eficiente. La razón es que el sistema FTTH permite al operador la instalación de *switches* en cualquier sitio, tales como postes de alumbrado, en pedestales, cajas e inclusive en cañerías. Este método de distribución del *switch* elimina problemas de derecho a la vía, apura la instalación de la red y ofrece mayores ventajas sobre otras arquitecturas FTTH <sup>[18]</sup>.

#### 2.5 Conclusión

La breve descripción de arquitecturas de redes ópticas ó híbridas que llegan al usuario demuestra que las comunicaciones a través de fibra óptica es una tendencia real. Haciendo redes de fibra óptica y otras con una transformación gradual hacia la fibra óptica.

En las comunicaciones ópticas son requeridos los elementos de tecnología de óptica integrada que permiten enlaces cada vez más grandes sin necesidad de repetidores, velocidades más altas y anchos de banda mayores. Siendo el elemento más comúnmente utilizado para la fabricación de dispositivos en óptica integrada, el cristal de  $\text{LiNbO}_3$ , por las características electro-ópticas que se pueden obtener con él<sup>[3]</sup>.