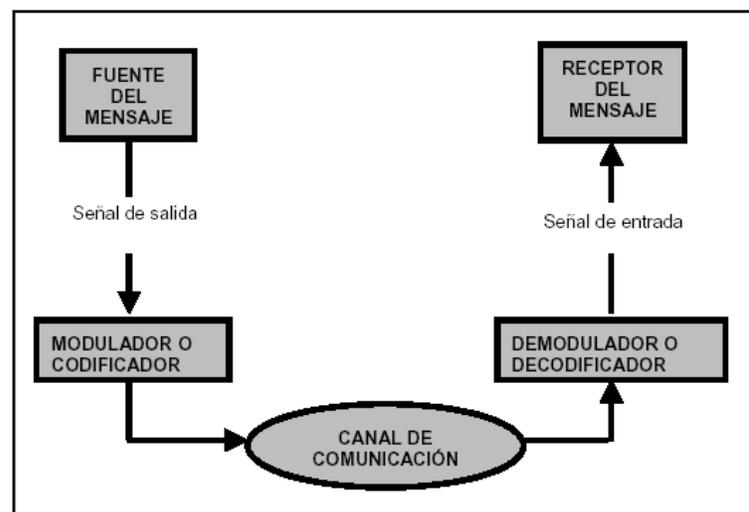


## Tecnologías de Información y Comunicaciones Aplicadas a la Telemedicina

Las tecnologías de información y telecomunicaciones han impulsado la cobertura y la mejora de los servicios sanitarios, teniendo un gran impacto en el resto de los procesos asistenciales de la salud. Las telecomunicaciones han ido desarrollándose de tal manera, que hemos pasado de la transmisión directa de voz a la transmisión de datos e imágenes, debido a los medios de transmisión e infraestructura existente. El proceso por el que pasa la información desde el emisor al receptor a través de la tecnología de las telecomunicaciones, es el siguiente:



La información es transmitida a través de señales. Estas pueden ser de dos tipos: analógicas: aquellas que viajan de forma semejante al fenómeno físico que las produce. Por ejemplo, la señal gráfica de un registro electrocardiográfico.

Digitales: se transmiten como valores numéricos almacenados en una computadora. Toma valores discretos, por ejemplo 0 ó 1. La degradación de la señal durante la transmisión se ve menos afectada que con el tipo anterior.

## 5.1 Redes

Para facilitar la comunicación entre los miles e incluso millones de usuarios que se encuentran a kilómetros de distancia, se crean las "redes". Una red de telecomunicaciones es un conjunto organizado de recursos que proporcionan las vías de comunicación necesarias para establecer la interconexión de equipos y transmisión de la información utilizando un conjunto de reglas que aseguren un servicio confiable.

Las redes de computadoras tienen reglas básicas que aseguran la entrega confiable de información. Un conjunto básico de reglas sobre cómo debe hacer su trabajo una red de computadoras sería el siguiente:

- La información debe entregarse de manera confiable sin ningún daño en los datos.
- La información debe entregarse de manera consistente; la red debe ser capaz de determinar hacia dónde se dirige la información.
- Las computadoras que forman la red deben ser capaces de identificarse entre sí a lo largo de toda la red.
- Debe existir una forma estándar de nombrar e identificar las parte de la red.

Todas las redes tienen el mismo objetivo fundamental: asegurar que los datos sean compartidos de una manera rápida, confiable y precisa. Los beneficios que se obtienen de la conectividad en redes son los siguientes:

- Compartir recursos (espacio compartido en disco, aplicaciones compartidas, impresoras compartidas).
- Conectividad más rápida.
- Administración centralizada.

Una red de computadoras se divide en dos partes, una es la red física: el cableado, las tarjetas de red, las computadoras y el equipo que utiliza la red para transmitir datos. La otra parte es la disposición lógica de esos componentes físicos: las reglas que permiten a los componentes físicos trabajar en conjunto.

Existe una serie de factores que afectan a la transmisión de la información:

#### 1. Velocidad y ancho de banda:

La velocidad de transmisión se refiere a que velocidad puede viajar la información, se expresa en bits por segundo (bps), kilobits por segundo (Kbps), megabits por segundo (Mbps) o gigabits por segundo (Gbps). Un bit es una unidad de información expresada en dígitos binarios (valor 0 o 1). Ocho bits constituyen una "palabra", octeto o byte.

1 Kb = 1,000 bits (1,024, en sentido estricto).

1 Mb = 1 millón de bits.

1 Gb = 1000 millones de bits.

Otra unidad de velocidad de transmisión, frecuente en muchas publicaciones, es el "baudio". La equivalencia entre el baudio y los bits por segundo es:

1 Baudio = 1 Kbps

La velocidad máxima a que puede moverse la información, depende del ancho de banda del canal. El ancho de banda se refiere al rango de frecuencias que pueden transmitirse de forma efectiva a través de un canal y se expresa en hertzios (Hz), kilohertzios (kHz) o megahertzios (MHz). Un Hertzio es el número de repeticiones por segundo de una onda electromagnética completa. También puede expresarse en bits por segundo.

A mayor ancho de banda mayor velocidad de transmisión de la información. Pero la velocidad puede verse afectada por otros factores como los ruidos o interferencias que la reducen notablemente. Según su capacidad, las bandas se dividen:

- 1) Banda base o base estrecha (Base band): ocupada por un solo canal.
- 2) Banda ancha (Broad band): está ocupada por varios canales simultáneamente mediante un procedimiento de multiplexación. Permite combinar comunicaciones de diferente naturaleza (datos, voz, video). Suelen tener un costo más elevado que el tipo anterior.

## 2. Dirección de la transmisión:

Cuando la información viaja en una sola dirección se denomina "transmisión simple". Este tipo no suele utilizarse en los sistemas modernos. Cuando la información fluye en las dos direcciones, pero no simultáneamente recibe el nombre de "transmisión medio dúplex o dúplex a media". Cuando la información viaja en ambos sentidos de forma simultánea se denomina "transmisión dúplex completo". Para este último se necesitarán canales de banda ancha.

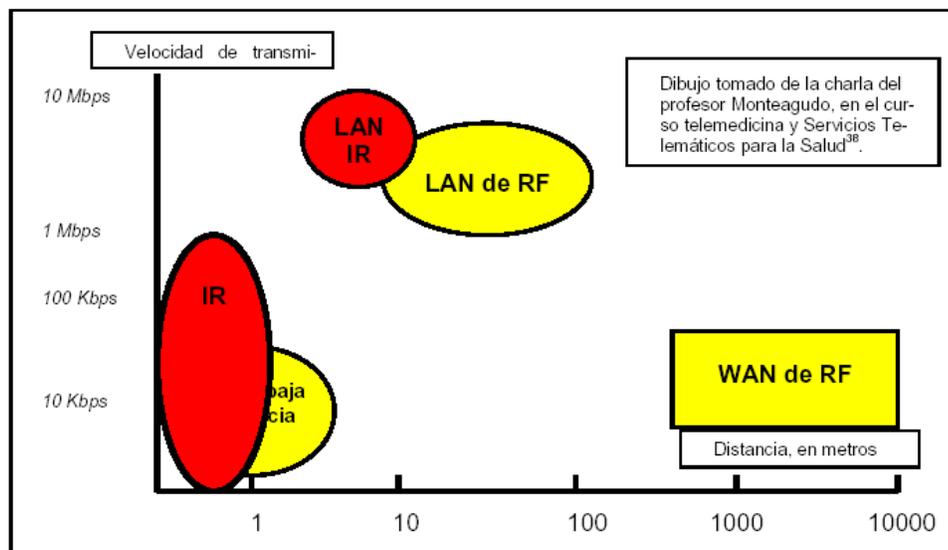
3. Medios de transmisión: se refiere al vehículo a través del cual se transmite la información.

- a) Medios Inalámbricos: Envían señales a través del espacio usando habitualmente microondas.

La principal ventaja del sistema inalámbrico es que no requiere de cables, esto posibilita el acceso a áreas donde la instalación de cable sería difícil. También facilitan la comunicación entre grandes distancias y en situaciones de catástrofe, donde la red telefónica puede quedar inutilizada. Un uso común de la transmisión inalámbrica es la conexión de poblaciones aisladas con centros médicos urbanos a través de una WAN.

Las microondas son ondas de radio de alta frecuencia. Viajan en línea recta, es decir, que el transmisor y el receptor deben ser capaces de verse unos a otros. Como la curvatura de la tierra y las inflexiones del terreno lo impiden, será la altura de las antenas la que dicte la distancia máxima entre repetidores.

De esta forma se va transmitiendo la onda. Dentro de estos sistemas sin cables contamos con la transmisión por "radiofrecuencia" y por "infrarrojos". El primero tiene una velocidad de transmisión menor, aunque con un radio de acción mayor que los infrarrojos.



Los satélites son esencialmente repetidores localizados en órbita sobre la tierra. Cuando existen grandes distancias son utilizados para transmisión en vez de usar repetidores de microondas o cables. Sin embargo, pueden crear demoras desconcertantes durante conversaciones a tiempo real. La nueva generación de satélites permitirá servicios de

comunicación de alta capacidad, pero su uso quedará circunscrito a segmentos de mercado no sensibles a su elevado precio y en zonas geográficas donde no existe otra alternativa. Por otra parte, el excesivo peso de los terminales de telefonía por satélite, sólo es apto para vehículos y estaciones (fijas o nómadas), en zonas sin infraestructura telefónica convencional ni cobertura GSM.

La capacidad de transmisión de los satélites es limitada, generalmente oscila entre 10 y 100 Kbps. Por ejemplo el satélite INMARSAT tiene una capacidad de transmisión de 24 Kbps, por debajo de lo requerido para la transmisión de información significativa en medicina, como imágenes en color y en movimiento. Las señales de video en color necesitan una velocidad de transmisión de 10-100 Mbps para un movimiento de imagen.

El uso del satélite como medio de transmisión de información en medicina tiene unas indicaciones muy concretas:

- 1) Asistir urgencias y emergencias en aviones y/o barcos donde otro tipo de comunicación es prácticamente imposible.
- 2) Casos de catástrofes, donde pueden verse afectadas otras vías de comunicación.
- 3) Monitorización continúa de pilotos.

Con el uso de los satélites de nueva generación "Hughes Aircraft Corporation" que proporcionan anchos de banda de 1,544 Mbps, se podrán llevar a cabo comunicaciones desde cualquier lugar del mundo. Su principal utilización será la telemedicina.

Para reducir el costo que supone el uso de los satélites en telemedicina, hay posibilidad de usarlos de forma temporal, en horarios determinados para llevar a cabo la transmisión de la información.

- b) Medios Alámbricos: Hay tres tipos de cableado en las redes: cable coaxial, par trenzado y fibra óptica. Cada uno de ellos tiene requerimientos diferentes, para satisfacer los estándares de redes y trabajar adecuadamente.

### Coaxial

Con el cable coaxial se consigue una calidad aceptable a bajo costo. Se usa en aplicaciones con un vasto ancho de banda. Tiene un solo núcleo sólido de cobre en vez de múltiples pares enrollados. El cable coaxial tiene 80 veces la capacidad de transmisión de los cables de pares trenzados. En el pasado era utilizado para Ethernet 10Base2 y 10Base5. Hoy su uso es frecuente en las videoaplicaciones.

Los "cables axiales gemelos", son similares al cable coaxial pero con dos centros conductores, son usados en las mismas aplicaciones que el cable coaxial, dando mayor velocidad de transmisión.

### Par trenzado sin blindaje

El siguiente cable, después del cable coaxial, es el par trenzado sin blindaje o UTP (unshield twisted pair). Los cables UTP que se utilizan para la conectividad de redes son ocho conductores de cobre, cuatro pares de alambre muy similares al alambre que utiliza la compañía telefónica para instalar el cableado de una casa.

La característica general de los cables de pares trenzados, es su bajo costo comparado con otros medios de transmisión y la poca calidad que dan. Los cables de par trenzado vienen en cinco categorías; la siguiente lista proporciona una comprensión de las diferentes aplicaciones de cable:

- Categoría 1: no está clasificada para ninguna aplicación.
- Categoría 2: se utiliza para el cableado telefónico. Clasificada para una tasa máxima de transferencia de datos de 1 megabit por segundo.

- Categoría 3: es el nivel más bajo que se puede utilizar para la conectividad de redes. Se utiliza para Ethernet 10BASE-T y tiene una tasa máxima de transferencia de datos de 16 megabits por segundo.
- Categoría 4: se utiliza para Token-Ring y Ethernet 10BASE-T. Su tasa máxima de transferencia de datos es de 20 megabits por segundo.
- Categoría 5: se utiliza para Ethernet 100BASE-T y tiene una tasa máxima de transferencia de datos de 155 megabits por segundo.

El par trenzado sin blindaje es actualmente el cableado estándar en la mayoría de las redes. Es relativamente barato, fácil de instalar, muy confiable y fácil de mantener y expandir.

### Fibra óptica

El cable de fibra óptica es un medio caro pero proporciona alta calidad. Los cables de fibra óptica usan pulsos de luz a través de fibras de cristal para transmitir la información. Una fibra óptica está compuesta de un núcleo de fibra de cristal cilíndrico que tiene un índice de refracción uniforme, recubierto de una capa concéntrica de revestimiento. Esto le protege ante interferencias eléctricas, haciendo más fiable la transmisión de datos. La distancia de transmisión es mayor con el cable de fibra óptica que con los de cobre, ya que los pulsos de luz no atenúan ni pierden energía tan rápidamente.

El cable de fibra óptica puede transmitir información a tasa de bits altas, en algunos casos hasta 622 megabits por segundo.

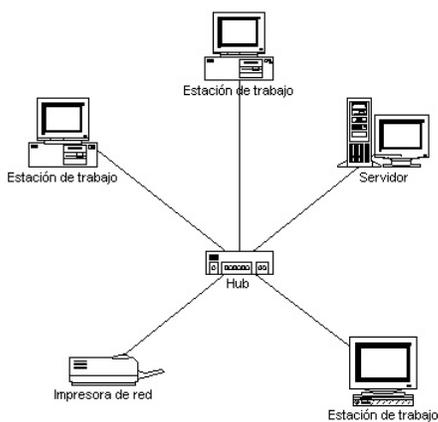
Los medios de transmisión físicos (alámbricos), pueden degradar la señal por daños físicos. Por ejemplo, los cables suspendidos en el aire están expuestos a las inclemencias del tiempo o a sabotaje. La red llevada bajo tierra, además de ser bastante más cara, no garantiza la inmunidad del cableado, pues puede verse afectada

por trabajos de construcción o agrícolas que dañen de forma no intencionada el tendido. El cable coaxial se daña fácilmente por compresión o mojado. El cable de fibra óptica puede dañarse por doblarlo demasiado.

## Topologías físicas

El aspecto físico de la red está, en su forma más simple, constituido por cables tendidos entre las computadoras y otros dispositivos de red. Los cables conectan a las tarjetas de interfaz de red que están instaladas en las computadoras. Las tarjetas de red manejan la interacción de las computadoras con el resto de la red. Con estos dos componentes puede crearse una red sencilla basada en lo que se llama red 10BASE2 con topología de bus.

La topología física es la forma en que se dispone una red. Hay tres tipos de topologías: bus, estrella y anillo. Las topologías bus y estrella se usan a menudo en las redes Ethernet, que son las más populares. Las topologías de anillo se utilizan para Token Ring, que son menos populares, pero igualmente funcionales. Las redes FDDI (Interfaz de Datos Distribuidos por Fibra Óptica), que corren a través de cables de fibras ópticas en lugar de cables de cobre, utilizan una topología compleja de estrella.



Red ethernet 10 Base-T con topología de estrella

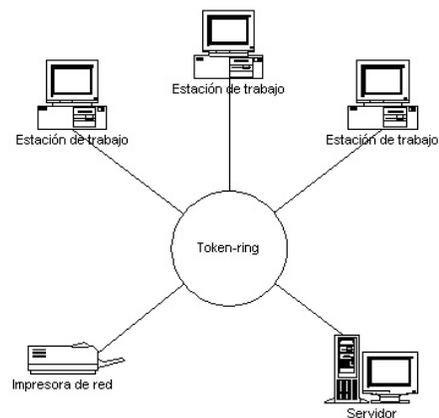
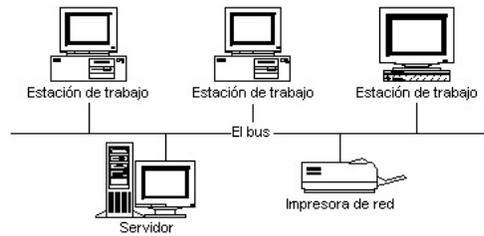


Diagrama de una Red Token Ring



**Diagrama de una red Ethernet 10Base2 con topología de Bus**

Las principales diferencias entre las topologías Ethernet, Token Ring y FDDI estriban en la forma que hacen posible la comunicación entre computadoras. Esta consiste principalmente en una tecnología llamada conmutación de paquetes en la que los datos binarios se dividen en pequeños paquetes que manejan la corrección de errores y la información de direccionamiento con la finalidad de transmitir los datos a través de un medio físico como un cable.

### Topologías Lógicas

A Ethernet, Token Ring, FDDI y el Modo de Transferencia Asíncrono (ATM) se les conoce como topologías lógicas. A diferencia de las topologías físicas, las cuales puede tocar y levantar, las topologías lógicas no tienen que ver con los alambres, el cableado y el hardware; las topologías lógicas son las reglas de tránsito para las redes.

#### a) Ethernet

Cuando la conmutación de paquetes estaba en sus inicios, no trabajaba muy eficientemente. Las computadoras no sabían cómo evitar el envío de datos a través del cable mientras otros sistemas hacían lo mismo simultáneamente, por lo que la conectividad de redes en ese entonces era una tecnología muy ineficiente.

La red Ethernet ofrecía a través de un estándar del IEEE, llamado 802.3 CSMA/CD (Acceso Múltiple de Percepción de Portadora con Detección de Colisiones), una forma de

solucionar la situación que se presentaba cuando gran número de computadoras trataba de transmitir simultáneamente a través de un solo cable.

La base de Ethernet es el CSMA/CD. En una red Ethernet, todas las computadoras comparten un único segmento de red, llamado dominio de colisión. Cuando dos computadoras transmiten paquetes al mismo tiempo, se presenta una circunstancia llamada colisión. A medida que el dominio de colisión es más grande, es más probable que se presenten colisiones, razón por la cual los diseñadores de Ethernet trataron de mantener reducido el número de computadoras de un segmento.

En CSMA/CD cada computadora escucha el medio de transmisión para detectar un período de silencio en el cable. Cuando el cable de la red está en silencio, la computadora que tenga que enviar paquetes, los manda a través del cable de red.

Si una computadora trasmite al mismo tiempo que la primera computadora, ambas sentirán la presencia de la otra. Por lo tanto, ambas desistirán de transmitir datos, esperarán una cantidad aleatoria de milisegundos y transmitirán de nuevo; en general, esto resuelve el problema de colisiones.

Ethernet es un término ampliamente utilizado para describir la topología lógica que utiliza CSMA/CD y las topologías físicas sobre las que operan las redes CSMA/CD. Los miembros principales se enlistan a continuación:

- 10Base2 o conectividad con cable coaxial. La longitud máxima del segmento de 10BASE2 es de 185 metros.
- 10BASE5 o thicknet. A thicknet también se le llama AUI, que quiere decir Interfaz de Unidad de Conexión. Las redes AUI son un paso intermedio entre 10BASE2 y 10BASE-T. Thicknet es una interfaz de bus con una redundancia ligeramente mayor que 10BASE2. La longitud máxima de un segmento 10BASE5 es de 500 metros.

- 10BASE-T, corre a través de dos de los cuatro pares de alambre de par trenzado sin blindaje. En 10 BASE-T, la longitud máxima del cable desde el hub hasta la estación de trabajo es de 100 metros.
- 100BASE-T, también llamado Fast Ethernet, en el que los datos viajan a 100 megabits por segundo a través de dos pares de alambre de par trenzado sin blindaje. La longitud máxima del cable entre el concentrador y la estación de trabajo en fase Ethernet es de 20 metros.
- 100BASE-FX, que equivale a la red Fast Ethernet, opera a través de fibras ópticas. Debido a que las fibras ópticas pueden transportar datos mucho más lejos que el alambre de cobre, 100BASE-FX no tiene una longitud máxima de cable.
- 100BASE-T4, que equivale a la red 100BASE-T, opera a través de cuatro pares de alambre trenzado sin blindaje. De la misma forma que 100BASE-T, 100BASE-T4 tiene una longitud máxima de cable de 20 metros entre el concentrador y la estación de trabajo.

#### b) Token Ring y FDDI

Las redes Ethernet CSMA/CD ofrecen una manera relativamente simple para transmitir datos. Sin embargo, resalta el hecho de que CSMA/CD deja de mostrar sus bondades cuando se encuentra bajo la presión generada por la existencia de muchas computadoras conectadas en un solo segmento de red. Para resolver este problema, IBM y el IEEE crearon otro estándar de conectividad de redes llamado 802.5, comúnmente conocido como Token Ring, aunque FDDI utiliza también el 802.5.

Token Ring opera de manera muy diferente a Ethernet. En las redes Token Ring y FDDI, circula a través de toda la red un paquete especial y único, llamado token. Cuando una computadora debe transmitir datos, espera hasta que el token esté disponible, lo toma y transmite a un paquete de datos mientras que, de manera simultánea, libera el token

a la siguiente computadora en línea. A continuación, la siguiente computadora captura el token si tiene datos para transmitir. Estas dos topologías lógicas no tienen colisiones en las cuales múltiples estaciones tratan de enviar datos; en lugar de eso, todas las computadoras esperan su turno. Por desgracia, a medida que más computadoras se conectan al cable, Token Ring sufre de los mismos problemas por la lucha por el ancho de banda que Ethernet. A final de cuentas, esta situación tiene como resultado una disminución del rendimiento en la red.

### c) Modelo de Transferencia Asíncrono (ATM)

La conectividad ATM es la más reciente topología en la actualidad. Es una topología totalmente nueva; a diferencia de Ethernet, Token Ring o FDDI, ATM puede transportar tanto voz como datos a través del cable o fibra de la red. ATM transmite todos los paquetes como celdas de 53 bytes, los cuales tienen una gran variedad de identificadores para determinar parámetros como Calidad de Servicio (QoS).

Existen varios tipos de redes, los cuales se clasifican de acuerdo a su tamaño y éstas son:

**1) Red de Área Local (Local Area Network: LAN):** Una LAN es un grupo de computadoras enlazadas a través de una red que se encuentra en un solo lugar.

Las LAN´s tienen los parámetros siguientes:

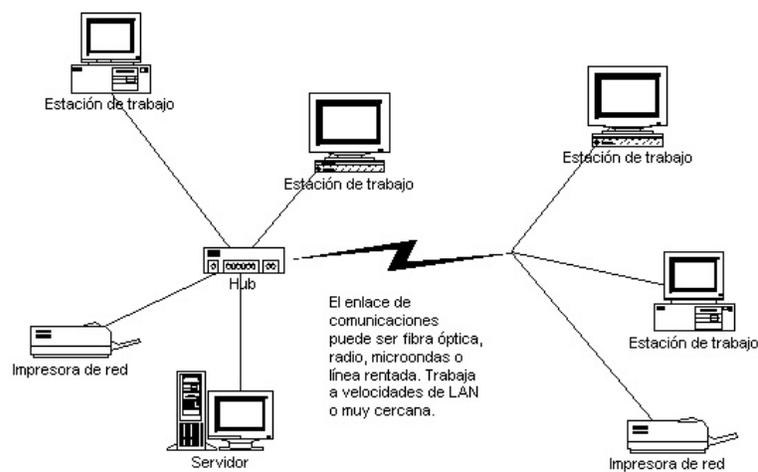
- Ocupan sólo un lugar físico de aquí la palabra local.
- Pueden ser redes punto a punto (o de igual a igual, lo cual significa que no existe una computadora central), o redes cliente/servidor (lo que significa que una computadora central llamada servidor, que tiene la mayor parte de los recursos de la red y es accesada por los clientes o las computadoras de los usuarios).
- Tienen altas velocidades de transferencia de datos.

- Todos los datos son parte de la red local.

Generalmente las LAN´s transmiten datos a 10 megabits por segundo. (En comparación, Token Ring opera a 4 y16 megabits por segundo y FDDI y Fast Ethernet operan a una velocidad exorbitante de 100 megabits o más).

Tienen una baja tasa de errores. Necesitan contar con un hardware (conexión fija) y un software (control lógico) de interacción y transmisión de datos entre sistemas de la red. La comunicación se hace a través de cables (de pares trenzados, coaxiales o fibra óptica).

**2) Red de Área Metropolitana (Metropolitan Area Network: MAN):** Al momento en el que una LAN ha crecido a miles de usuarios, en general, es seguro apostar que la red se ha expandido más allá de su ubicación. Si la expansión es local, con frecuencia la red se divide en varias redes pequeñas y se enlaza en una MAN ó Red de Área Metropolitana que utiliza líneas telefónicas rentadas de alta velocidad o hardware especial (unidades de transmisión por radio, microondas o láser) que permitan la transferencia de datos a toda la velocidad de la LAN.



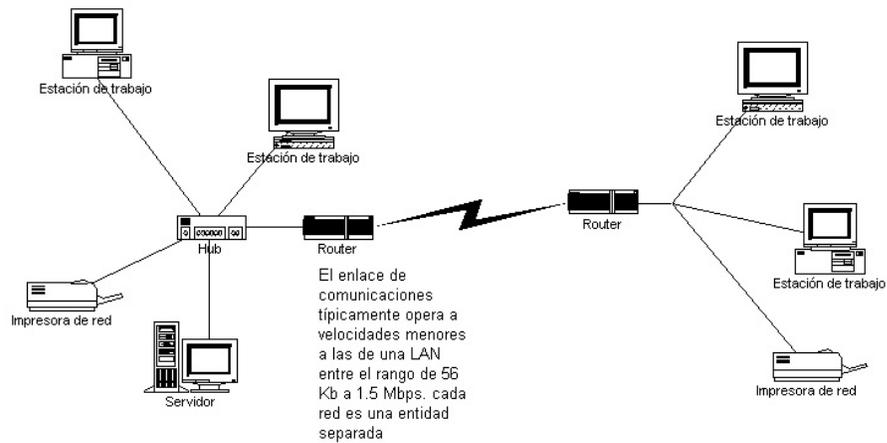
**Configuración de una MAN**

A menudo las MAN´s permiten que los recursos compartidos de red sean utilizados por usuarios localizados en varios sitios geográficos como si dichos usuarios fueran parte de la misma área local.

Sin embargo, las MAN´s son en su totalidad redes locales; no tienen que utilizar necesariamente ruteadores (dispositivos responsables de la determinación de qué datos deben permanecer dentro de la red local y qué datos deben transferirse hacia otras redes).

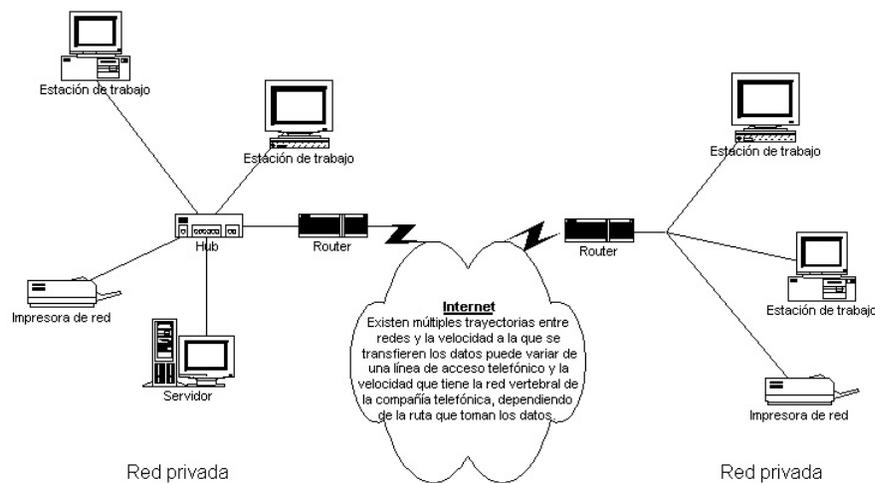
**3) Red de Área Extensa (Wide Area Network: WAN):** son sistemas de comunicación que pueden unir distintos edificios dentro de una misma ciudad, e incluso entre ciudades que se encuentran a grandes distancias. La comunicación puede hacerse a través de líneas de teléfono convencional, Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), telefonía móvil (GSM) y satélites. La mayoría de estas redes combinan diferentes medios de transmisión en virtud de las características de los puntos a interconectar. En el mundo de las redes WAN se aborda la problemática propia de establecer una comunicación entre puntos alejados, junto al hecho de tener que homogeneizar información procedente de sistemas tan dispares como son las LAN, las computadoras y los mainframes.

Cuando una serie de LAN´s o MAN´s se encuentran muy dispersas geográficamente y prácticamente no es posible enlazarlas a velocidades de LAN, es necesario construir una WAN. Las WANS son LAN´s o MAN´s dispersas geográficamente y conectadas entre sí a través de líneas telefónicas de alta velocidad.



Configuración típica de una WAN

Internet es una serie de redes privadas de computadoras (LAN's, MAN's y WAN's) conectadas entre sí. Cada red privada está compuesta de una serie de computadoras conectadas dentro de una organización. Cada organización sólo se hace responsable de las o computadoras en su esfera de influencia.



Las conexiones entre redes locales son las que hacen posible la conformación de Internet

Una WAN es básicamente dos o más LAN's conectadas a través de líneas telefónicas digitales de alta velocidad (como T1's ó Frame Relay a 56K). El acceso a los recursos de una WAN, a menudo se encuentran limitados por la velocidad de la línea telefónica.

Los servicios telefónicos digitales están disponibles en una gran variedad de velocidades, servicios y precios. A continuación se listan y explican algunos de ellos:

- 56K es una línea telefónica digital que puede transportar datos a velocidades de hasta 56 kilobits por segundo. No hay que confundir una línea telefónica a 56K con los módems. Una línea digital a 56K transmite datos a través de líneas telefónicas digitales; los otros dispositivos están diseñados para utilizarse a través de líneas telefónicas analógicas.
- Líneas Troncales

Las líneas troncales son la columna vertebral de las redes de conmutación de paquetes de larga distancia. A velocidades tan bajas como 128 kilobits por segundo y tan altas como 45 megabits por segundo, cubren un amplio rango de necesidades de conectividad de redes. Por un lado, ofrecen servicios de Internet a las LAN's o enlazan LAN's a velocidades suficientemente elevadas para que sean de utilidad para la conectividad de redes a larga distancia. Por otro lado, tienen suficiente ancho de banda para que el usuario nunca sospeche que la computadora a la que está accedendo se encuentra a cientos o miles de kilómetros de distancia. Las líneas troncales son totalmente digitales.

- T1 es una línea telefónica digital que puede transmitir datos a velocidades de hasta 1.544 megabits por segundo.
- T3 opera con un ancho de banda de 44.736 megabits por segundo. Las líneas T3 se utilizan comúnmente en WAN's corporativas de gran tamaño y por los proveedores de servicios de Internet.

Cuando se compara la velocidad de una línea telefónica a 56 kilobits por segundo o una T1 a 1.5 megabits por segundo, con la velocidad de una LAN o MAN que corre a 10 megabits por segundo, la lentitud de las líneas telefónicas digitales es

evidente. A estas restricciones de velocidad también se les llama aspectos del ancho de banda.

- Frame Relay, es uno de los métodos que se utilizan para transportar datos a través de las líneas telefónicas digitales desde 56 Kbps a 1.544 Mbps, en este último grupo se encuentra la línea T1. Para que los datos empaquetados por las computadoras puedan viajar a través de la línea Frame Relay, el ruteador tiene que reempaquetar los datos con un formato especial llamado trama. Esto significa que Frame Relay coloca paquetes dentro de paquetes y los envía.

Este proceso es como poner un sobre con una dirección completa en un sobre de mayor tamaño cuando se envía a algún lugar. Claramente esto es un desperdicio: el peso del sobre extra (paquete) hace que sea más pesado, por lo que su envío es más costoso. De la misma forma, los datos extra de cada trama (utilizados para etiquetado y para datos de control) reducen la cantidad de datos que puedan ser enviados.

Frame Relay frecuentemente es implementada en redes de organizaciones privadas con base tecnológica. Debido a que este método proporciona un eficiente control de tráfico de transmisión, puede reducirse el número de líneas requeridas para llevar a cabo las conexiones. Lo normal es que las empresas monten los Frame Relay dependiendo de las necesidades de cada cliente.

- Canal Despejado: Una alternativa para aliviar las ineficiencias de las tramas es el uso del canal despejado, que es una forma de enviar todas las instrucciones acerca de cómo transferir datos a través de un canal separado de los datos. Esto significa que hay una menor cantidad de datos que se desperdician, por lo que se obtiene una gran reutilización del sistema. Sin embargo, el Canal Despejado es caro, pues es 1.5 veces más caro que un servicio de Frame Relay.
- Red Digital de Servicios Integrados (RDSI): permite a los usuarios simultáneamente transmitir voz, datos y video con una sola línea de transmisión.

Esta red digital es llevada al usuario a través de cables de la red de telefonía pública desde una oficina central, permitiendo interfaces con cualquier otro usuario. El costo de la RDSI se basa en la duración de la llamada, hora del día y un costo fijo mensual. No existen costos adicionales por volumen de datos transmitidos, como ocurre en otros métodos de redes. Por tanto la relación costo-efectividad de este método para transmisión de archivos es buena, así como para comunicaciones intermitentes. La seguridad de la red se basa en poder identificar al llamante a través de su número de teléfono, lo que permite poder denegar el acceso. La RDSI puede proveer interconexiones entre redes de área local obteniendo una buena relación costo-efectividad. Actualmente existen dos tipos de interfaces RDSI: interfaz de tarifa básica (BRI, basic rate interface) e interfaz de tarifa principal (PRI, primary rate interface).

El BRI está compuesto por canales de 64 Kbps, llamados canales B (bearer o portadores) y un canal de 16 Kbps, llamado canal D (delta). Debido a que tiene dos canales tipo B, la línea BRI puede tener dos teléfonos conectados y ambos pueden ser usados al mismo tiempo. Los dos canales B pueden soportar conexiones de circuitos y paquetes conmutados. El canal D utiliza paquetes conmutados para transmitir información.

También pueden ser usados para acceder a servicios de paquetes conmutados ofertados por empresas de telecomunicaciones. La combinación de los dos canales tipo B permite conexiones de 128 Kbps. Muchos servicios de salud en Estados Unidos usan BRI para aplicaciones de video en despachos de médicos. A menudo los BRI terminan en una PBX (Private Branch Exchange). Se trata de una central de comunicaciones que facilita éstas. Ello permite un ilimitado número de posibilidades de comunicación para el BRI, aunque estos recursos no puedan ser utilizados simultáneamente.

Sin embargo, que el BRI termine en una PBX permite sólo la ocurrencia de una videoconferencia; otra BRI sería necesaria para que otros usuarios accedieran al servicio RDSI.

El PRI está distribuido a través de una línea RDSI T1, compuesta de 24 canales de 64 Kbps, que consisten típicamente en 23 canales tipo B y un canal tipo D. Si PRI adicionales son añadidos, el primer canal D puede sostener la señal para todos los PRI, añadiendo 24 canales B con cada PRI adicional. Cada canal B puede soportar conexiones de circuitos y paquetes conmutados. Múltiples canales B pueden ser combinados para crear canales de alta velocidad. Por ejemplo, 6 canales B deberían ser combinados temporalmente para mantener una videoconferencia de 384 Kbps. Algunas organizaciones de salud están usando PRI para conexiones troncales a la oficina central, porque han visto que tienen una mejor relación costo-efectividad, ya que da mejor calidad de transmisión (debido a que es digital) y permite identificación automática del número por la ruta inteligente de llamada.

- Servicio de Datos Conmutados Multimegabit (SMDS): para organizaciones que necesitan extender su red de área local sobre redes de área extensas, muchas empresas de telecomunicaciones ofertan los servicios de datos conmutados multimegabit, los cuales están disponibles en 1, 17, 4, 10, 16, 25 o 34 Mbps. Este método transmite información en paquetes, conteniendo cada uno 7,168 bytes. Cada cliente suscrito a SMDS tiene una única dirección, un número de 10 dígitos ensamblado a un número de teléfono ordinario. Direcciones de grupos también son posibles, permitiendo copias de un paquete para cada miembro del grupo. SMDS utiliza un plan de dirección universal, esto significa que cualquier cliente de este método pueda cambiar datos con cualquier otro cliente. SMDS no depende de protocolos, pudiendo utilizarse cualquiera de ellos.
- Comunicación con telefonía móvil (GSM), "Sistema Global para Comunicaciones Móviles": todavía contamos en la actualidad con telefonía móvil que se transmite

con señales analógicas. Desde hace algunos años, existe la tecnología digital móvil (Sistema para comunicaciones móviles, GSM). Se trata de un sistema de comunicaciones digital que también provee otros servicios como compatibilidad RDSI (pudiendo enviar datos hasta una velocidad de 9600 bps), fax, videotex, teletex, servicio de mensajes cortos y otros. Los servicios móviles están evolucionando hacia el concepto de "telecomunicaciones personales universales (TPU)", que permita cualquier tipo de comunicación (voz, datos, imágenes) en cualquier lugar y en cualquier momento, y desde cualquier terminal, móvil o fijo, tanto en las redes públicas como privadas. El nuevo estándar GSM-1800 y la compresión de datos "V.42bis" han multiplicado por 3.5 la velocidad de transmisión de la red GSM-900 (de 9,6 Kbps a 33,6 Kbps). La industria europea acordó el 29 de Enero de 1998 el estándar técnico de la nueva generación de telefonía móvil, denominado "UMTS" (acrónimo inglés de Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles). El UMTS no sólo contempla el acceso a Internet desde teléfonos móviles, sino también a servicios multimedia con un ancho de banda muy superior (10,000 Kbps parado, 2,000 Kbps en movimiento).

La velocidad de los métodos de transmisión debe ser la adecuada para el requerimiento de la aplicación. Por ejemplo la transferencia de un archivo de imagen radiográfica a color de 100 Mb usando una "frame relay" (ver más adelante) llevaría unos 9 minutos a 1.544 Mbps y 4 horas a 56 Kbps; esta misma transferencia usando un módem a 9.6 Kbps llevaría aproximadamente 24 horas. Algunos métodos disponen de un costo fijo mensual, otros cuentan con marcadores de pasos basados en la distancia, tiempo de acceso o volumen de datos enviados. Un buen método tiene un bajo costo mensual y de pasos, pero si la velocidad es demasiado lenta, el usuario tendrá que pagar por mayor tiempo de conexión, lo que incrementaría los costos operacionales.

**Tabla 1: Tecnología de redes, velocidad de transmisión, servicios y costos mensuales**

	Velocidad de transmisión	Servicios	Coste/mes (\$ USA de 1995)
Telefonía analógica con módem rápidos y RDSI	56/64 Kbps	Voz Datos Archivo de gráficos Vídeo de baja resolución	850
T1 Fraccional	384 Kbps	Voz Datos Archivo de gráficos Vídeo de alta resolución	2.000
T1	1,54 Mbps	Voz Datos Archivo de gráficos Vídeo de alta resolución Alta calidad de audio	2.000
T3	45 Mbps	Vídeo con movimiento completo interactivo	10.000

Los costos de las telecomunicaciones son a menudo el componente más caro dentro de los proyectos de telemedicina. Estos costos pueden llegar a ser muy elevados y dependen de la tecnología empleada. Diferentes tecnologías de telemedicina requieren distintas capacidades de infraestructura de anchos de banda, el rango de capacidades puede moverse desde el ancho de banda requerido para la línea de teléfono convencional en los sistemas de almacenamiento de imágenes, hasta infraestructura cara para la televisión a tiempo real. Como resultado, la evaluación económica de las diferentes combinaciones de tecnologías puede llegar a ser un ejercicio difícil.

Otro factor que afecta los costos de las telecomunicaciones y los sistemas de telemedicina, es el grado de implantación de un módem dentro de un país o comunidad. En áreas donde la infraestructura de la información está poco desarrollada o simplemente no existe, el costo de implantar dicha infraestructura puede ser prohibitivo. Curiosamente estas áreas son las que se beneficiarían del desarrollo de

dicha infraestructura, ya que suelen ser zonas rurales donde los servicios sanitarios también escasean, por tanto la inversión en materia de telecomunicaciones en estas áreas puede ser rentable, tanto para el desarrollo de la población, como para la obtención de una mejor asistencia sanitaria.

Una comparación entre los potenciales beneficios en salud, en términos de acceso, eficiencia, velocidad de transmisión de la información y los costos de la infraestructura utilizada, se ilustran en la Tabla 2.

**Tabla 2: Ejemplo de costos (Dólares) de la transmisión para infraestructura avanzada**

ANCHO DE BANDA	COSTE DE INSTALACIÓN	COSTE FIJO MENSUAL	COSTE POR USO
112 Kbps (Teléfono convencional)	200	200	0,53 /min.
RDSI (128Kbps>)	0	545	0,04/min
T1(1,5 Mbps)	1.200 1.250 427	1.187 1.869 1.917	0,25-0,70/ min.
ATM (155Mbps)	3.300	2.992	0,38/ min.

Por ejemplo, la transmisión de radiografías de tórax utilizando imágenes digitalizadas no comprimidas, requiere aproximadamente 7 horas con un módem de 14.4 Kbps; 3.5 horas con un módem de 28.8 Kbps; 40 minutos utilizando la línea RDSI más cara; con

la línea T1 sólo tardaría 4 minutos. Para aplicaciones que necesitan gran exactitud en el diagnóstico y detalles en las imágenes, la utilización de la línea ATM, que usa una velocidad de transmisión de 155 Mbps, puede proporcionar imágenes de alta resolución junto con transferencia de información. ATM ofrece la capacidad de videoconferencia de alta resolución.

Es importante tener en cuenta que los costos que suponen las telecomunicaciones dentro del costo global de salud, no sólo varían con los requerimientos de ancho de banda, sino que dependen de la accesibilidad y la existencia previa de infraestructura de telecomunicaciones. El costo del acceso a los servicios de salud en las áreas con población dispersa puede ser muy elevado, especialmente donde no existe infraestructura avanzada, y precisamente es aquí, donde la transmisión de alta resolución, puede proporcionar grandes beneficios, pero el costo mensual puede ser elevado.

Los rápidos avances tecnológicos en telecomunicaciones han disminuido los costos de transmisión. Avances tales como la compresión de datos permite servicios como el envío de imágenes con pequeños anchos de banda y bajo costo.

## 5.2 Métodos de compresión y codificación de datos

La compresión es una técnica de reducción del tamaño de archivos, que permite utilizar menos espacio en la memoria o disminuir el tiempo de transferencia de datos por una red. Suprime la redundancia contenida en la mayoría de los archivos. La mayoría de los datos, gráficos, imágenes, cuadros y archivos de texto ordinario producidos por computadora contienen informaciones redundantes que pueden comprimirse en un número más pequeño de bytes sin pérdida de información. Cuanto más pequeño sea el archivo, más corto será el tiempo de transmisión y más bajos los gastos de telecomunicación.

Es necesario contemplar la posibilidad de pérdida de información que puede producirse en el proceso de compresión/descompresión de datos, imágenes y video. Cuando se habla de imágenes médicas, la pérdida de información puede no ser admisible, ya que podría afectar al diagnóstico. La compresión de datos permite dos acciones importantes: 1) almacenar más datos sobre un medio de almacenamiento con capacidad fija o limitada, uso de menos memoria o almacenamiento, y 2) transmitir datos a mayor velocidad sobre canales de transmisión, uso de tecnologías de red y almacenamiento más rápido y barato. Existen dos formas de comprimir:

- **Lossy data:** elimina la redundancia de datos e intenta minimizar la cantidad de información perdida. La imagen no puede ser exactamente reproducida, pero los cambios son inapreciables. Por ejemplo, la cadena de información BBBFFFFRR, se codificaría con la cadena BFR, que representa la primera cadena sin redundancia, pero perdiendo información.
- **Lossless data:** elimina redundancia sin perder información (razón de compresión de 3-4:1). La imagen puede ser exactamente (bit a bit) reproducida. Por ejemplo, la cadena BBBFFFFRR, se codificaría con la cadena 3B 4F 2R, la cual elimina redundancia, pero no pierde información.

También podemos hacer una división dependiendo del momento en el que se realiza ésta:

- **Compresión por soporte lógico:** suele efectuarse antes de la transmisión, con ayuda de un programa adecuado. Prolonga el proceso fuera de la línea, pero ahorra costos de telecomunicación.
- **Compresión por soporte físico:** suele efectuarse en el módem durante la transmisión, si está activada.

Los estándares de compresión son muy numerosos, existiendo para imágenes estáticas, video y audio, electrocardiogramas, imágenes médicas, e intercambio de información. A continuación una descripción somera de los estándares.

**JPEG (Joint Photographic Experts Group):** Estándar de compresión para imágenes estáticas. Diseñado para comprimir imágenes de color de 24 bits e imágenes digitales en escala de grises. No maneja imágenes en blanco y negro, ni compresión de imágenes en movimiento. Utiliza compresión lossy; por tanto, la imagen resultante no es idéntica a la original. JPEG fundamenta su compresión en el conocimiento de las limitaciones del ojo humano, sobre todo en el factor de que los detalles pequeños de color no son percibidos tan bien como los detalles pequeños de claridad-oscuridad. Por eso JPEG es utilizado para imágenes que tienen que ser observadas por humanos, ya que la computadora detectaría las pérdidas en la imagen. Una característica útil de JPEG es que el grado de pérdida puede ser variado ajustando los parámetros de compresión. A mayor compresión, menos memoria ocupa la imagen, pero menos calidad existe.

**MHEG (Multimedia and Hypermedia Information Coding Experts Group):** Estándar de representación de documentos hipermedia. Provee estructuras para la composición de diferentes tipos de medios. El estándar en sí es una librería de clases de objetos. El contenido de los objetos puede ser codificado, por ejemplo, en JPEG para imágenes estáticas o MPEG para videos. MHEG sólo provee facilidades para identificar la técnica de codificación, realmente no es otro estándar de compresión de imágenes o videos. Es el método más idóneo para aplicaciones hipermedia tales como enciclopedias o libros on-line, así como para muchas de las aplicaciones hipermedia disponibles en CD-ROM.

**MPEG (Motion Pictures Experts Group):** Grupo de personas que, bajo las Normas ISO, generan estándares para compresión de video y audio digital. Definen una cadena de bits comprimida, la cual implícitamente define un descompresor. Sin embargo, los

algoritmos de compresión son decididos por cada compañía en particular. La compresión MPEG es utilizada tanto para archivos de video como de audio. Con la apropiada combinación de hardware y software se comprime y descomprime en tiempo real sobre distintas plataformas. El uso de la compresión MPEG reduce el ancho de banda necesario para la transferencia de audio/video sin perder mucha calidad sobre la imagen inicial.

**Video Codec H.261:** Esta recomendación describe los métodos de codificación y decodificación para las imágenes en movimiento de los servicios audiovisuales ( $p \times 64$  Kbps), donde  $p$  es el rango que va de 1 a 30. Describe el codificador fuente de video, el codificador multiplexador de video y el codificador transmisor. El estándar es para aplicaciones de videofonía y videoconferencia. El algoritmo de codificación de video recomendado debe poder operar en tiempo real con retraso mínimo. Los valores  $p=1$  o  $p=2$  son apropiados para comunicaciones visuales cara a cara (videoteléfono). Con  $p=6$  se pueden transmitir imágenes más complejas. El algoritmo de codificación es similar, pero incompatible con MPEG. El algoritmo incluye un mecanismo que optimiza el ancho de banda utilizado, perdiendo calidad frente a movimiento; por tanto, una imagen con movimiento rápido tendrá menos calidad que una imagen estática.

**SCP-EKG (Protocolo estándar de comunicaciones para electrocardiogramas [EKG] digitales):** El electrocardiógrafo (EKG) es una grabación de cambios de voltajes transmitidos a la superficie del cuerpo por eventos eléctricos en el corazón, mostrando el ritmo cardíaco y conducción. Durante su propagación a la superficie, elementos extracardíacos pueden influir en el electrocardiógrafo. Los nuevos electrocardiógrafos trabajan digitalmente. Gracias a este protocolo de codificación, adquisición, transmisión y almacenamiento, podemos conectar electrocardiógrafos unos con otros o electrocardiógrafos con computadoras; pudiendo transmitir datos del paciente, datos de la señal EKG, medida del EKG y resultados de la interpretación del mismo. El estándar especifica el contenido y la estructura de la información, la cual se puede intercambiar

entre tarjetas de EKG digitales y sistemas de gestión computarizados de EKG, además de otros sistemas de computadora, donde los datos del EKG pueden ser almacenados.

La introducción de programas de compresión de datos, mejoró las posibilidades de transmisión de imágenes médicas. Con menos bits que enviar, pueden transmitirse imágenes complejas en períodos de tiempo más cortos, ampliando las aplicaciones de telemedicina posibles y reduciendo los costos. Las imágenes de video requieren velocidades de datos elevadas para transmitir en forma no comprimida. Por ejemplo, la transmisión de imágenes de televisión de alta calidad requeriría alrededor de 100 Mbps.

Por ello, las imágenes de video suelen ser comprimidas antes de transmitirse. Esto provoca una disminución en la calidad de la imagen que puede o no ser perceptible, según la manera en que se haya efectuado la compresión y la cantidad de ancho de banda utilizado para la transmisión. Actualmente pueden transmitirse imágenes en movimiento a través de líneas RDSI a 128 Kbps, si bien éstas aparecen ligeramente borrosas. Con una velocidad de transmisión más alta, pueden obtenerse movimientos más fluidos. No obstante, incluso a velocidades más lentas (es decir, el equivalente de dos líneas telefónicas digitales), el movimiento observado es bastante aceptable para impartir enseñanza a distancia y para efectuar algunos exámenes clínicos.

### 5.3 Normalización de las comunicaciones en medicina

Un problema fundamental para realizar conexiones de telemedicina entre distintos puntos es la dificultad de intercambiar y procesar datos médicos de un lugar a otro, debido a incompatibilidad de los formatos de datos y las interfaces de los equipos.

Aunque las normas de telecomunicaciones están muy consolidadas, los programas informáticos de los equipos médicos de las diferentes compañías en general están sujetos al derecho de propiedad. Esto impide el uso de telemedicina y retrasa el desarrollo de adaptaciones para organizaciones y estructuras de atención sanitaria. El ejemplo más claro es la incompatibilidad que existe en muchos hospitales entre los

sistemas de información hospitalarios (HIS) y los sistemas de información de los servicios de radiología (RIS). Esta incompatibilidad hace que pacientes a los que se les han recogido sus datos en admisión del hospital, cuando necesitan una prueba de radiodiagnóstico deban ser interrogados de nuevo para tomar sus datos, lo que implica pérdida de tiempo y efectividad en la atención.

A continuación expondremos algunos de los estándares de comunicación en informática para la salud.

**DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine).** El estándar de imágenes y comunicaciones digitales en medicina es una especificación detallada que describe una manera de dar formato e intercambiar imágenes médicas e información asociada. El estándar se aplica a la operación del interfaz, el cual es usado para transferir datos desde un mecanismo de imágenes. DICOM es el resultado de la alianza que se produce en 1983, de usuarios potenciales del estándar [miembros del American College of Radiology (ACR)] con las compañías que manufacturan equipamiento médico [miembros de la National Electrical Manufacturer`s Association (NEMA)].

DICOM depende de las conexiones de red estándar y de instrumentos de medios que dirigen la comunicación y el almacenamiento de imágenes digitales, desde modalidades de diagnóstico como TAC, RMN, Medicina Nuclear, Ultrasonido, Rayos X, video digitalizado, captura de video e información HIS/RIS. También permite conexión de impresoras conectadas a la red, como láser imagers (cámaras).

DICOM 3.0 define un formato de imagen médica y un protocolo de comunicaciones para el intercambio de imágenes entre nodos de telemedicina y equipos de imagen médica. Esta librería de utilidades dispone de los servicios básicos definidos en el estándar: lectura y escritura, además de servicios de comunicación de transmisión, recepción y consulta entre equipos de adquisición u otros nodos compatibles DICOM 3.0.

DICOM es un estándar completo que cubre muchas áreas de aplicación, por lo tanto, ningún producto contiene todas las partes de DICOM, y esto tiene como resultado que

la compatibilidad del equipo no está garantizada, aunque una empresa apoye el estándar DICOM. Por lo pronto, cada producto debe hacerse acompañar de un “DICOM conformance statement” (declaración de compatibilidad con DICOM). Esta declaración normaliza las definiciones DICOM de manera que el proveedor puede describir las partes del estándar DICOM que apoya el producto. Esta declaración es el punto de partida para comprobar que dos proveedores puedan comunicarse.

Como DICOM es tan extenso, muchos hospitales prefieren fijar en el contrato que el proveedor que instale en último lugar, será responsable de la comunicación de los equipos, lo que también previene contra posibles errores de implementación. En las grandes conferencias internacionales (ejemplo, en el congreso de la Radiological Society of North America, RSNA, o de la Computer Assisted Radiology, CAR), los proveedores suelen conectar sus equipos a un llamado CTN (central test node). La CTN es una implementación estándar de DICOM que se utiliza para mostrar la interoperabilidad del proveedor.

**EDI (Electronic Data Interchange).** EDI es el intercambio de datos con formato estándar entre las aplicaciones de computadora con intervención manual mínima.

La información se codifica de acuerdo a formatos aceptados por los usuarios afectados.

Hacen falta los acuerdos necesarios entre los socios para establecer las estructuras de mensaje y comunicaciones utilizadas. EDIFACT es el estándar internacional (lenguaje de comunicación) de EDI, y consiste en una gramática (sintaxis y reglas para estructurar los datos) y un vocabulario (elementos de datos, elementos de datos compuestos, segmentos y mensajes).

**SCP-EKG.** Además de ser un protocolo de compresión para señales electrocardiográficas, se trata de un estándar de comunicación para este tipo de transmisión de datos.

**HL7.** Es un estándar de intercambio electrónico de información clínica, económica y administrativa entre sistemas informáticos independientes orientados a la salud: ejemplo, sistemas de información hospitalaria, sistemas de laboratorios clínicos, sistemas de empresas y sistemas de farmacias.

**H.320.** Engloba un grupo de estándares para sistemas de videotelefonía de estrecho ancho de banda, así como equipamiento de terminales, comúnmente usado en videoaplicaciones interactivas en telemedicina. Desarrollado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), H.320 especifica unos requerimientos técnicos para videoconferencias y videófonos, en el contexto de sistemas telefónicos visuales de banda estrecha y sus terminales. Este estándar describe unos sistemas genéricos de configuración consistentes en un número de elementos, definiendo modos de comunicación y tipos de terminales. Una de las modalidades más interesantes es el trabajo cooperativo.

Con el desarrollo de estándares y protocolos de compresión y comunicación de información; de la velocidad de transmisión, con el consiguiente desarrollo de infraestructura que permita dicha velocidad y que los puntos transmisor y receptor de la información hablen el mismo lenguaje, se pretende resolver algunos problemas de la telemedicina. En este sentido se ha evolucionado mucho, aunque queda camino por recorrer.

Uno de los problemas más graves se presentaba cuando los sistemas de información hospitalarios (HIS), eran su incompatibilidad con los sistemas de información con que trabajan los PACS (Picture Archiving and Communication System) de los servicios de radiodiagnóstico (RIS). Poco a poco, el lenguaje comienza a ser el mismo, con lo que no es necesario duplicar el trabajo, por ejemplo, para recoger todos los datos de filiación de pacientes cuando ingresa en el hospital y cuando pasan por el servicio de radiología para una prueba diagnóstica.

Vamos a exponer, a continuación, las necesidades de velocidad de transmisión y medios utilizados, dependiendo del tipo de aplicación de telemedicina.

**La monitorización domiciliaria (control de constantes de pacientes a distancia):** los datos se pueden transmitir por la línea telefónica convencional con una velocidad de transmisión que oscila entre 45 y 100 Kbps. Se puede llevar a cabo a través de Internet, teléfono y fax. La transmisión de estos datos puede realizarse mediante la RDSI, con velocidad de transmisión de 128 Kbps; con lo que se consigue una reducción sustancial en los tiempos de transmisión.

**Telerradiología y telepatología (almacenamiento y envío posterior):** con los módems de la línea telefónica convencional tanto de 14.4, 28.8 y 56 Kbps, los tiempos de transmisión son muy elevados, además la calidad de las imágenes es pobre. Con la línea RDSI, se consiguen velocidades de 128 Kbps, el tiempo de transmisión se reduce respecto a los anteriores, pero todavía es elevado.

**Teleconsulta, telerradiología y telepatología (a tiempo real):** la línea telefónica estándar a 112 Kbps obtiene imágenes de muy baja calidad. La línea RDSI a 128 Kbps (2x64 Kbps) obtiene mejores resultados, aunque continúa siendo limitada la calidad obtenida. La línea T1 a 1.5 Mbps tiene una capacidad aceptable para enviar o recibir a tiempo real imágenes de video y voz desde múltiples sitios. El modo ATM con velocidades de transmisión de 155 Mbps obtiene un alto nivel de resolución de imagen, con rápida transferencia de información, en definitiva, proporciona una alta calidad de videoconferencia.

Para ilustrar lo visto anteriormente expondremos una serie de tablas comparativas obtenidas de la bibliografía consultada, en ellas se hace referencia a los tiempos de transmisión de archivos de datos, imágenes, u otros que servirán de ejemplos para mostrarnos las diferencias entre unos tipos y otros de medios de transmisión. La manera de obtener esta información es simple, puesto que sabemos el tamaño de la información que contiene una página de fax, una radiografía u otro y sabemos también la velocidad de cada medio de transmisión en Kbps, por lo que se trata de hacer una regla de tres para obtener el tiempo de transmisión en cada caso.

**Tabla 3: Tiempos aproximados de transmisión de documentos**

<b>VELOCIDAD</b>	<b>FAX (1 PÁGINA)</b>	<b>RADIOGRAFÍA</b>	<b>100,000 PÁGINAS</b>
9.6 Kbps	1 minuto	12 minutos	20 horas
28.8 Kbps	20 segundos	4 minutos	7 horas
64 Kbps	12 segundos	2 minutos	3 horas
1.5 Mbps	0.5 segundos	6 segundos	8 minutos
50 Mbps	0.02 segundos	0.2 segundos	16 segundos

**Tabla 4: Tiempo de transferencia de un archivo de 10 Megabytes**

<b>TIPO DE TRANSMISIÓN</b>	<b>TIEMPO DE TRANSFERENCIA</b>
Módem 14.4 Kbps	1.5 horas
Módem 28.8 Kbps	46 minutos
Módem 56 Kbps	24 minutos
RDSI 128 Kbps	10 minutos
Cable-módem 4 Mbps	20 segundos
Cable-módem 10 Mbps	8 segundos

**Tabla 5: Examen de una radiografía de tórax digitalizada con una matriz de 2,000x2,000, dos imágenes de rayos X sin compresión ó 15 Mb de datos (2X7,5Mb).**

<b>TIPO DE TRANSMISIÓN</b>	<b>VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN</b>	<b>TIEMPO DE TRANSMISIÓN</b>
GSM-datos móviles	9.6 Kbps	4.5 horas
Conexiones por satélites	2.4 Kbps	18 horas
	64 Kbps	40 minutos

Conexiones por módem	28.8 Kbps	1.5 horas
RDSI	2X54 Kbps	20 minutos
Retransmisión de trama	2 Mbps	1.5 minutos
ATM	155 Mbps	2 segundos
	10 Mbps	15 segundos

**Transmisión de sonido:** Actualmente, en la monitorización a distancia, se usan los sonidos de auscultación cardiorrespiratoria.

El uso de la videoconferencia está en auge gracias al avance de medios de transmisión y a la reducción del tiempo de los mismos. En este tipo de comunicación existe la posibilidad de hablar con el interlocutor a la vez que podemos verlo a tiempo real y transmitir imágenes del paciente.

**Transmisión de imágenes:** Cuando en medicina hablamos de imágenes, nos referimos a imágenes fijas o estáticas (radiografía convencional, TAC, RMN, imagen de microscopio) e imágenes móviles, como endoscopia, ultrasonidos, angiografía y otros más.

Las radiografías convencionales con película impresa pueden convertirse al formato digital usando una cámara digital o un digitalizador de película. Los digitalizadores emplean un láser o un escáner con dispositivo de acoplamiento de cargas (CCD, charge coupled device escáner). La radiografía informatizada es una nueva técnica en la que la imagen digital se capta directamente, sin utilizar película.

Algunas imágenes como las de la tomografía computarizada, resonancia magnética, ultrasonidos o medicina nuclear, son imágenes digitales desde el principio. El tiempo necesario para transferir una imagen radiológica depende del tipo de comunicación utilizado (ver apartado de aspectos técnicos). Con técnicas de compresión sofisticadas,

las radiografías pueden comprimirse por un factor 30 a 1 sin que haya pérdida de información significativa.

## 5.4 PACS (Picture Archiving and Communications System)

En la actualidad existen dos tipos radicalmente opuestos de manejo de los archivos radiológicos. En el primer caso, el manejo y almacenamiento de las imágenes se hace bajo un esquema centralizado, donde se tiene una sola copia del expediente del paciente y donde las imágenes se guardan en un archivo radiológico central. En el segundo tipo se tiene un sistema de almacenamiento distribuido, donde no existe propiamente un expediente completo del paciente y donde las imágenes procedentes del departamento de imagenología están bajo la custodia ya sea del paciente o del médico tratante.

Bajo los dos tipos de almacenamiento de información se tiene un manejo ineficiente de la misma.

En varios estudios se menciona la cantidad de información en imágenes médicas generada cada año en distintos tipos de hospital. En general se puede decir que en un hospital de 600 camas se generan entre 100,000 y un millón de imágenes cada año.

Actualmente el 80% de las imágenes médicas se imprime en película radiográfica sin importar el origen de éstas, aún en los casos en que la imagen es originalmente digital y se introduzcan degradaciones en el proceso de impresión. Adicionalmente, existe en el mejor de los casos una pérdida del 20% de las imágenes, además de que siempre existe una serie de dificultades para el manejo de éstas como problemas graves en su manejo como pérdida de archivos, inexistencia de bases de datos, lentitud en la consulta de expedientes, repetición de exámenes y altos costos en placas radiográficas.

En cuanto al costo de las placas, se debe considerar:

- El almacenamiento, incluyendo sus gastos indirectos como el costo de sobres, etiquetas y otros.
- El revelado (tanto equipo y piezas para reparación del mismo, como productos químicos) y sus gastos indirectos involucrados, personal, cuarto oscuro y el personal para manipulación de expedientes radiográficos.
- Costo de las placas, que depende del número de estudios efectuados y las placas usadas por año.

A partir de los años 80 se desarrolló la idea de construir un departamento de radiología o imagenología digital al 100%. Este departamento emplearía una red de estaciones de visualización junto con los sistemas de almacenamiento y adquisición de imágenes. Un sistema completo de este tipo se conoce bajo el nombre de un sistema PACS (Picture Archiving and Communications System).

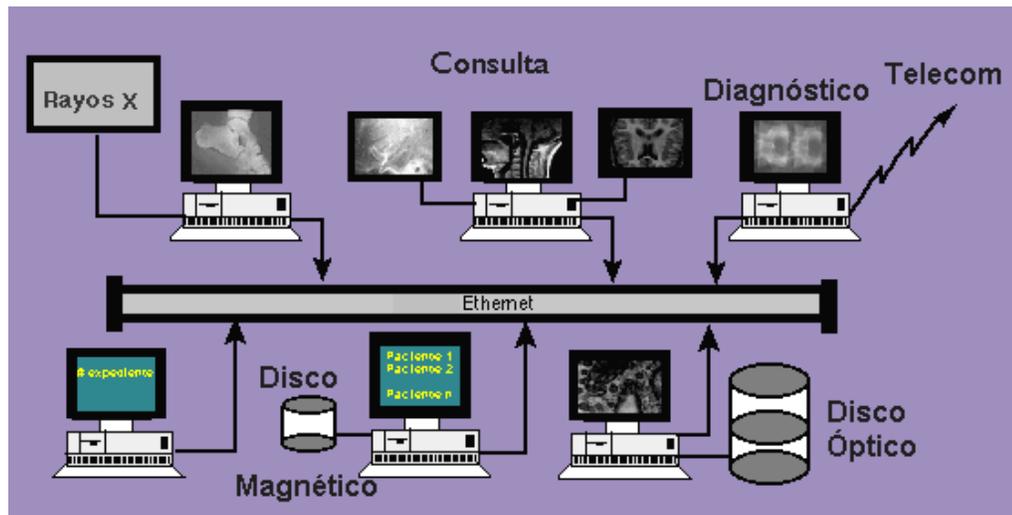
Las ventajas de un sistema PACS ofrece sobre un manejo manual de imágenes son:

- Accesibilidad: la información está disponible al personal médico que la requiera. No es necesario contar con procesos intermedios de solicitud ni largos tiempos de espera.
- Seguridad: el acceso a la formación está definido y controlado por medios electrónicos (claves de acceso, tarjetas de control y otros más).
- Facilidad de almacenamiento: los procesos de almacenamiento de información se automatizan. Con una capacidad apropiada y con un buen esquema de almacenamiento, pueden mantenerse en el sistema imágenes con tiempo de antigüedad.

- Economía: se elimina la necesidad de procesamiento de placas impresas y los costos asociados (en material y personal) y se ahorra tiempo en los procesos de recuperación de imágenes.
- Empleo de bases de datos: la calidad de atención al paciente se incrementa significativamente al permitirse búsquedas y comparaciones entre imágenes y padecimiento, además es factible integrar la información de diagnóstico con imágenes.
- Visualización múltiple: una imagen puede desplegarse simultáneamente en distintos lugares, de tal manera que el especialista puede hacer su diagnóstico en el servicio de imagenología, mientras que al mismo tiempo se puede desplegar en los quirófanos, los consultorios de los médicos o los servicios de urgencias.
- Ahorro de espacio físico: se elimina el espacio físico ocupado por imágenes impresas, debido al almacenamiento electrónico en PACS.
- Comunicación a través de redes de computadoras: posibilidad de transmitir imágenes a lugares remotos del hospital, vía una red de telecomunicación.
- Procesamiento de imágenes: los datos de una imagen pueden ser mejorados realizando algún tipo de procesamiento, lo cual facilita el trabajo de diagnóstico.

## Componentes de los sistemas PACS

La siguiente figura muestra la configuración de un sistema PACS.



Los sistemas PACS están integrados por un conjunto de dispositivos que se agrupan en:

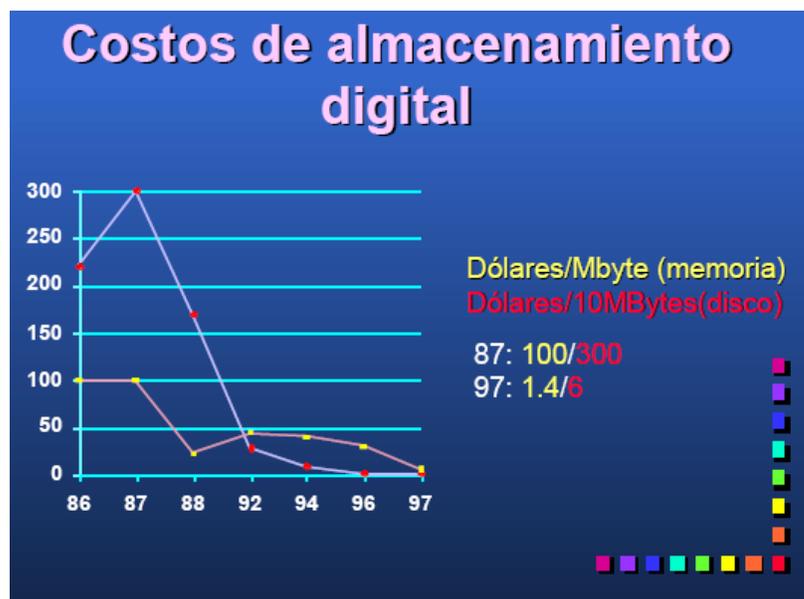
1. Sistema de adquisición de imágenes. Varias modalidades son de naturaleza digital (CT, CR, RMI, NMI, DSA, entre otras), sin embargo hay modalidades cuya información analógica requiere de digitalizadores especiales (ultrasonido y R-X, entre otros).
2. Sistema de almacenamiento de información. El almacenamiento de información digital se realiza, utilizando manejadores de bases de datos adaptados al manejo de imágenes y de datos asociados, como por ejemplo los provenientes del paciente o de los estudios realizados.

Se debe tener una estrategia para el almacenamiento de información: En las horas siguientes a la adquisición de una imagen, ésta se consulta con más frecuencia. A lo largo del tiempo la probabilidad de que esta imagen sea consultada disminuye significativamente. Debido a esto, el almacenamiento a corto plazo (plazos de horas) debe hacerse en los sistemas locales (memoria y disco). A mediano plazo (días), el almacenamiento debe hacerse en servidores locales, mientras que el almacenamiento

permanente y a largo plazo puede hacerse ya sea en unidades de disco óptico o en cinta magnética.

El almacenamiento magnético, se está convirtiendo en una solución de bajo costo a los problemas de almacenamiento de imágenes médicas debido a las tendencias actuales de costos.

La figura siguiente muestra el comportamiento de los costos de almacenamiento en medios digitales, tanto en disco magnético como en memoria "RAM" dentro de una computadora o estación de trabajo. Se puede observar que el costo se reduce importantemente a lo largo del tiempo. Esto se debe a que la tecnología en esta rama ha seguido un crecimiento exponencial en la última década, donde cada 18 meses se duplica la capacidad de almacenamiento y a que los volúmenes manejados en el mercado global de la informática generan una oferta de productos con costos decrecientes en términos de dólares por megabyte.



La compresión de imágenes se puede emplear para multiplicar el espacio en disco, y para reducir el tiempo de transferencia. Se pueden emplear varios criterios:

- Compresión reversible con tasas de 3:1 para imágenes de referencia o para almacenamiento a corto plazo.
- Compresión irreversible con tasas de 10-20:1 para almacenamiento a largo plazo.

Esta estructura asegura que los tiempos de acceso a las imágenes más solicitadas sean bajos (del orden de segundos), mientras que para acceder una imagen más antigua, se necesitarán algunos minutos de espera. Adicionalmente, para asegurar que las imágenes están en un sistema de almacenamiento seguro, se puede pensar en el empleo de un arreglo redundante de discos (RAID) para que la unidad de almacenamiento sea a prueba de fallas.

En la actualidad el problema del tipo de compresión adecuado para un determinado tipo de imágenes no está resuelto y sigue siendo un tema de investigación actual. Las imágenes siguientes ilustran la problemática de la calidad de la compresión de imágenes en los formatos actuales JPEG.

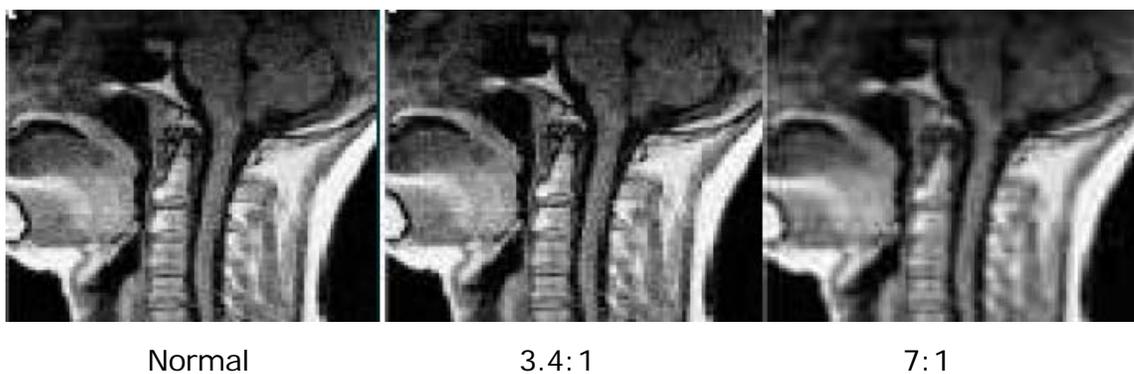


Figura. Acercamiento de un segmento de imagen de resonancia magnética nuclear tomada en modo normal, y con compresión de 3.4:1 y 7:1. Después de una cierta tasa de compresión irreversible, los errores en la cuantificación son muy visibles.

Debe existir un módulo que se encargue de efectuar una recuperación inteligente de las imágenes que probablemente se solicitarán, junto con un sistema de compresión y descompresión en línea.

Un ejemplo de esta aplicación es el precargado de las imágenes de un determinado paciente, el día de su consulta. Así, los médicos podrán hacer un seguimiento a largo plazo de sus padecimientos y podrán solicitar cualquiera de sus imágenes, si así lo desean. El programa estaría encargado de revisar la agenda de visitas programadas y de precargar las imágenes que ordinariamente se encuentran en almacenamiento a largo plazo.

3. Sistema de redes de comunicación. Desde donde se producen las imágenes se distribuyen a diferentes áreas en el hospital, con la finalidad de realizar consultas, interpretación, diagnóstico o almacenamiento. Para ello se requieren medios de comunicación en red que integran a los diferentes dispositivos involucrados.

La red de comunicación es un elemento fundamental de los sistemas PACS. Esta puede ser una red simple tipo Ethernet en un sistema mínimo, pero comúnmente se cuenta con una serie de elementos con distintas velocidades de acceso, que dependen de las necesidades de velocidad de transferencia de información.

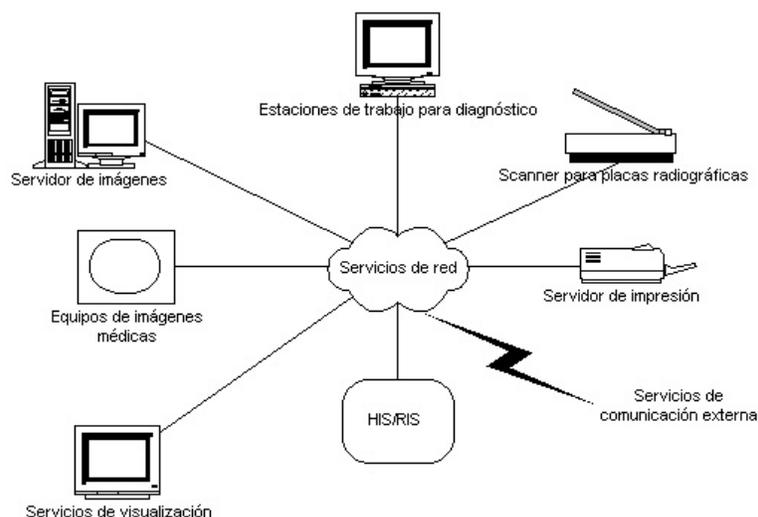
Comúnmente se cuenta con una red de alta velocidad dentro del departamento de imagenología, que puede ser FDDI o Gigabit Ethernet, un red de menor capacidad dentro del hospital, como Ethernet convencional y un sistema de acceso exterior que puede ser tan lento como el acceso telefónico, el empleo de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), o canales de mayor velocidad.

Estos esquemas se basan en el hecho de que la mayor parte del tráfico de información se encontrará dentro de la misma unidad de imagenología, donde se hará la mayor parte del diagnóstico radiológico y donde se generarán los informes por parte de los

especialistas. Esta demanda de ancho de banda justifica la instalación de una red de alta velocidad.

En el caso de la conexión al resto del hospital, la velocidad de transferencia no tiene que ser tan alta, ya que la demanda es menor. Es común que se tengan enlaces entre los Sistemas de Información Hospitalaria (HIS), donde se encuentran los expedientes de los pacientes, y Sistema de Información Radiológica (RIS). En algunos casos, todo el hospital está cableado con la misma tecnología (frecuentemente se trata de fibra óptica), por lo que la intercomunicación en sistemas de información se facilita. Para las comunicaciones con el exterior se debe hacer un estudio cuidadoso del ancho de banda que se requiere, ya que los costos de renta para RDSI y otras opciones pueden ser altas.

4. Sistema de visualización de imágenes. Las imágenes necesitan visualizarse con propósitos de consulta, interpretación y diagnóstico. El caso más delicado es la interpretación y diagnóstico que requieren de estaciones de trabajo con posibilidades gráficas importantes que mantengan los detalles que se observan en una impresión normal en placa. Se debe contemplar la posibilidad de resaltar algunos aspectos de las imágenes, utilizando procesamientos específicos.



**Sistema PACS**

Además, es necesario tomar en cuenta que el resultado de la interpretación y diagnóstico debe integrarse al sistema, ya sea a través de voz o texto.

Los sistemas PACS también emplean información que es utilizada por los sistemas más antiguos de los hospitales como los sistemas de información hospitalaria (HIS) y, en ocasiones, los sistemas de información radiológica (RIS); por lo que es necesario que estos sistemas contemplen una interfase entre ellos, para evitar redundancia en la información.

La instalación de un sistema PACS en una institución hospitalaria es un proyecto costoso en su inversión inicial. Los sistemas comerciales disponibles en el mercado son altamente costosos y tienen los inconvenientes de la imposibilidad de adaptaciones a nuestras condiciones particulares, los servicios técnicos altamente especializados que requieren y el costo de mantenimiento. El desarrollo de PACS hechos en casa en lugar de la instalación de sistemas comerciales es una variante económica con ventajas de desarrollo y mantenimiento. La estandarización de estos sistemas es un aspecto de gran importancia para lograr la interconectividad entre todos sus componentes.

## Referencias bibliográficas

1. Aprendiendo Redes en 24 horas, Matt Hayden, Editorial Pearson, Primera edición, México, 1999.
2. Revista RED, ABC de las redes, Edición especial.
3. Las telecomunicaciones en el sector salud, Fernando Tavera, Revista Estrategia Industrial, Número 166, Año 1998.
4. La telemedicina: ¿hasta cuándo una realidad en México?, Fernando Tavera, Revista Estrategia Industrial, Número 167, Año 1998.
5. Instalación y Operación de Sistemas PACS (Almacenamiento y Comunicación de Imágenes): Características fundamentales, Azpiroz Leehan, J., Martínez Martínez, M., Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica, Número 3, Volumen XIX, Noviembre 1998.
6. Digital Imaging Communication in Medicine (DICOM), National Electrical Manufacturers Association (NEMA), 1994.
7. IMAGIS: Sistema para la Transmisión de Imágenes Médicas Multimodales, Memorias II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, La Habana, Cuba, Mayo 2001.