

1. INTRODUCCION A LAS REDES DE COMUNICACIÓN

Los conceptos y tendencias en el campo de las redes han evolucionado y se han constituido con el objetivo de obtener las siguientes funcionalidades:

- Comunicación entre personas y equipos.
- Compartir recursos computacionales.
- Disponibilidad de Hardware y software.
- Gestión y creación de servicios.
- Incremento en la fiabilidad de los sistemas.
- Acceso a información distribuida.
- Extraer y correlacionar información.
- Incremento en la productividad.
- Ahorro de dinero.
- Marketing y soporte de productos y servicios.
- Entretenimiento.

Dentro de la terminología utilizada es conveniente diferenciar dos términos fundamentales que corresponden a Telecomunicaciones y Telemática. Las telecomunicaciones corresponden al conjunto de medios técnicos que permiten la comunicación a distancia para transmitir información sonora o visual por ondas electromagnéticas a través de diversos medios (aire, vacío, cable de cobre, fibra óptica, etc.), en las cuales la información se puede transmitir de forma analógica, digital o mixta, pero siempre se realizan de forma transparente al usuario con un manejo exclusivamente Analógico. Por su parte, la telemática es la fusión entre las *telecomunicaciones* e *informática*, haciendo referencia al uso de las telecomunicaciones para enriquecer las posibilidades de la informática en la cual la información puede transmitirse de forma analógica, digital o mixta, lo cual es transparente al usuario, que la maneja de forma digital únicamente.

1.1.1. Historia de las Redes de Comunicación Industrial

Hasta finales de la década de los 60's el control de un proceso productivo se realizaba mediante un lazo de control para cada variable del sistema. Prevalcían los enormes paneles de control, los cuales indicaban mediante señales (luces) algún suceso

ocurrido en el proceso productivo. Además, empezaba la evolución de dispositivos basados en microprocesadores.

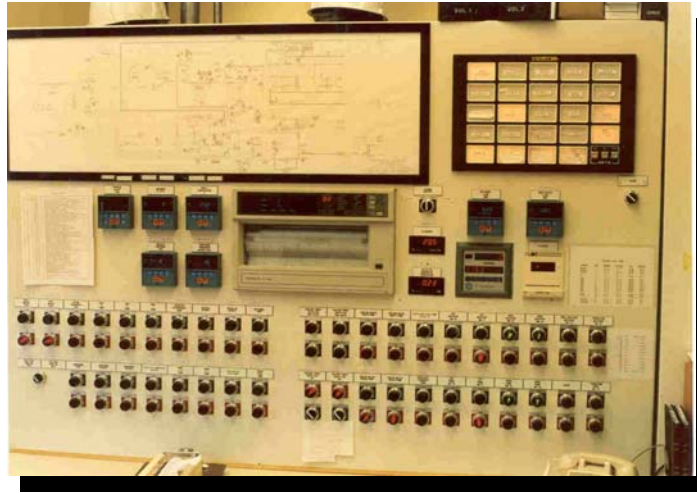


Figura 1.1. Panel de Control.

En la década de los 70's se comenzaron a introducir los computadores en el control de procesos, fundamentalmente para realizar tareas de vigilancia y se emplearon sustituyendo a los enormes paneles de control.



Figura 1.2. Introducción de los computadores en el Control de Procesos Industriales.

A finales de los 70's, el desarrollo de los microprocesadores, microcontroladores y los Controladores Lógicos Programables (PLC's) dio lugar a la aparición del **control distribuido**, siendo estos capaces de controlar uno o varios lazos del sistema y de comunicarse con otros niveles.

La aparición de **sensores inteligentes** y elementos programables que favorecen la automatización demandan la necesidad de permitir su programación y control de forma remota, para ello es necesario integrarse a una **red de comunicación**.

Adicionalmente, se dio origen a las primeras Redes Industriales propietarias: Entre controladores PLC's (Modbus – MODICON), DCS (WPDF – Westinghouse). En los 80's surgen las Redes Propietarias: Telway – Unitelway (Telemecanique), Data Highway (Allen Bradley), Sinec (Siemens), Tiway (Texas). En 1982, Se crea grupo de trabajo en Francia para obtener un bus industrial único. Se crea la especificación FIP (Factory Instrumentation Protocol). En 1983, Comienza P-NET (Dinamarca). En 1984, surge la especificación CAN (Controller Area Network) de Bosch. En 1985, Se forma el grupo Profibus (Alemania).

En los años 90's se tienen diversos protocolos no compatibles. Los basados en productos existentes o prototipos: MIL1553B, Hart (Rousemount), Bitbus (Intel) y los basados en propuestas completas: FIP, Profibus.

En la actualidad y debido al surgimiento de conceptos como OPC, se busca estandarizar la comunicación entre los dispositivos y se comienza a incursionar en el desarrollo de software de gestión y supervisión bajo el paradigma de software libre y sistemas multiplataforma.

1.1.2. Red de Comunicación Industrial

Una red de comunicaciones industriales se puede definir como una red de tiempo real utilizada en un sistema de producción para conectar distintos procesos de aplicación con el propósito de asegurar la explotación de la instalación (comando, supervisión, mantenimiento y gestión).

Otra definición corresponde a un sistema de comunicación que provee servicios bajo restricciones temporales y está constituido por protocolos capaces de gestionar estas restricciones.



Figura 1.3. Ejemplo de una Red de Comunicación Industrial.

	Red Industrial	Red de Empresa
Usuario	Procesos	Personas
Tráfico	Determinístico	Aleatorio
Servicios	Predeterminado	Adaptados al usuario
Simultaneidad	Predeterminada	Todos los usuarios
Tiempo de Respuesta	Crítico	No crítico
Método de Comunicación	Según la aplicación	generales

Tabla 1.1. Analogía entre una Red Industrial y una Red de Empresa.

Entre las ventajas que se tienen al constituirse una red de comunicaciones en un ambiente industrial se tienen:

- Visualización y supervisión de todo el proceso productivo.
- Toma de datos del proceso de una manera más rápida o instantánea.
- Mejora del rendimiento general de todo el proceso.
- Posibilidad de intercambio de datos entre sectores del proceso y entre departamentos.
- Programación a distancia, sin necesidad de estar al pie de fábrica.
- Facilidad de comunicación Hombre-Máquina.

- Control de calidad, gestión y estadística.
- Cambios de adaptarse a la evolución y diversificación de los productos.
- Posibilidad de lenguajes de alto nivel facilitando integración de información.

1.2. Niveles Jerárquicos en una Red Industrial

Dadas las características de los equipos que conforman el ambiente de las industrias, existen varios niveles de procesamiento que difieren de acuerdo a los requerimientos de los datos a procesar, constituyéndose la estructura jerárquica que los niveles que se muestra en la Figura 1.4.

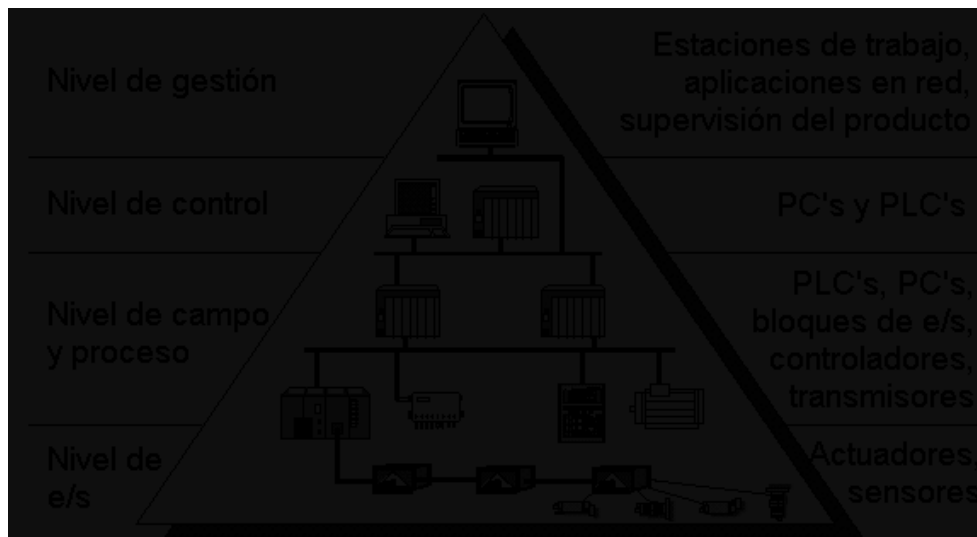


Figura 1.4. Niveles Jerárquicos en una Red Industrial.

En los niveles superiores se tiene el nivel administrativo de la organización, en la cual se tienen computadores manejando datos en volúmenes de megabytes pero su tiempo de respuesta en el intercambio de la información no es crítico, contándose con periodos de respuesta que van desde minutos, horas o días.

En los niveles bajos de la pirámide se encuentran los equipos de instrumentación industrial que aunque transfieren poco volumen de datos (pocos bytes), el tiempo de respuesta esperado se encuentra en el orden de unos pocos microsegundos.

Esta particularidad en las características de los equipos y dispositivos hace de la solución de comunicaciones industriales un ambiente particular en las soluciones propuestas y en la escogencia del conjunto de protocolos a utilizar para resolver el problema de interconexión e interoperabilidad de todo el negocio. Es así como hasta el momento no hay un protocolo de red que cumpla con el conjunto de los requisitos presentes en los diferentes niveles de la jerarquía, por tanto es necesario definir para cada uno de ellos el tipo de protocolo mas adecuado dependiendo de las características técnicas de cada nivel.

Los niveles que conforman la jerarquía de las redes industriales corresponden a:

- **Nivel de Gestión.** Es el nivel más elevado y se encarga de integrar todos los niveles en una estructura de fábrica e incluso de múltiples fábricas. Los equipos aquí conectadas suelen ser estaciones de trabajo que hacen de puente entre el proceso productivo y el área de gestión. A este nivel se emplea una red de tipo LAN (Local Area Network) o WAN (Wide Area Network).
- **Nivel de Control:** Nivel intermedio que enlaza y dirige las distintas zonas de trabajo con autómatas de gama alta y PC dedicados a diseño, control de calidad, programación, etc. Se suele emplear una red de tipo LAN.
- **Nivel de Campo y Proceso:** Integra pequeños automatismos (autómatas compactos, multiplexores, de E/S, controladores PID, etc.) dentro de sub-redes. En este nivel se emplean los buses de campo siendo muy importante que la información sea transferida dentro de los intervalos de tiempo requeridos por el proceso industrial para así cumplir con los requerimientos de tiempo real.
- **Nivel de entradas / salidas:** Es el nivel más próximo al proceso, haciendo referencia a las interconexiones entre los sensores y actuadores que se encargan de realizar la adquisición de los datos del proceso.

De acuerdo a esta distribución jerárquica se pueden definir dos tipos de redes: Las redes de datos que interconectan computadores ligados a cumplir funciones de

gestión, programación y administración de la producción, y las redes de control que se encuentran en la parte baja de la pirámide para cumplir las funciones de adquisición de los datos del proceso, control y supervisión de la producción.

En las redes de comunicación industrial es necesario cumplir con los requerimientos de protección frente a fallos y alta inmunidad a los fenómenos electromagnéticos presentes en los ambientes industriales, para lo cual se recurre a incluir inteligencia a los dispositivos con el fin de detectar eventos que reporten el estado de la comunicación, y en caso de fallo ejecutar algoritmos de control que mantengan el funcionamiento del proceso en modos seguro. Para algunas aplicaciones específicas se debe recurrir a la inclusión de equipos redundantes que tomen el control del proceso en situaciones de fallo.

La integración y conexión transparente de los diferentes dispositivos y equipos que conforman una red industrial, de diferentes fabricantes y diferente funcionalidad, corresponde a uno de los mayores retos que enfrenta la industria de automatización y control, con el objetivo de cumplir con los siguientes requerimientos actuales:

- Flexibilidad para cambiar la configuración de los procesos de producción y satisfacer las nuevas demandas de productos.
- Distribución de funciones críticas, tales como el control, programación y la supervisión del proceso.
- Recolección de información con perfiles adecuados que permitan el gerenciamiento de los equipos y del proceso.
- Arquitectura más simple y con menor costo.
- Interoperabilidad entre varios fabricantes, aumentando la posibilidad de elección y disminuyendo los costos de los insumos y equipos.
- Arquitectura totalmente digital.
- Posibilidad de expansión con bajo costo.

1.3. Sistema de Comunicaciones

La comunicación es definida como un procedimiento mediante el cual se transfiere la información originada por un elemento denominado Transmisor a otro elemento o equipo denominado Receptor a través de una serie de mecanismos y elementos que

hacen posible el transporte de la información sin que esta sufra alteraciones o cambios en su contenido y que permita ser interpretada con el mismo significado que fue originada.

Por lo tanto, un sistema de comunicaciones se puede representar mediante el diagrama de bloques que se muestra en la Figura 1.5.

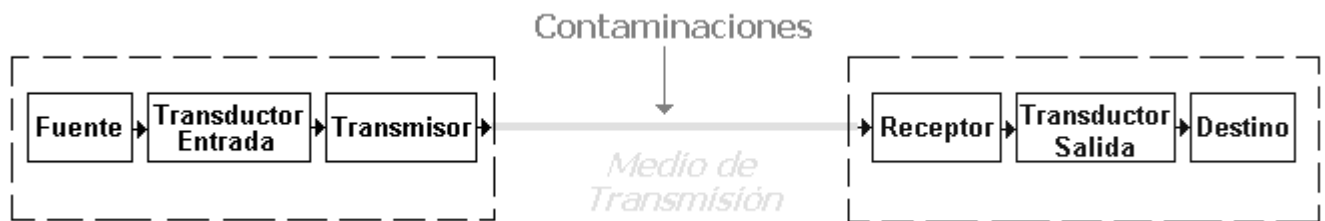


Figura 1.5. Diagrama básico de un sistema de comunicaciones.

A continuación se describen los componentes que conforman un sistema de comunicaciones:

1.3.1. Transmisor

Es el equipo o elemento encargado de entregar y adaptar el mensaje al medio de transmisión, por tanto recibe el nombre de **Modulador** si la fuente de información es Analógica y **Codificador** si la fuente de información es Digital.

Las funciones del transmisor son:

- Adaptar el mensaje al Medio de Transmisión: Modular o Codificar.
- Colocar el mensaje de forma que sea inmune a las contaminaciones del medio de Transmisión.
- Multiplexar varias fuentes de Información por el mismo canal.

1.3.2. Medio de Transmisión

Corresponde a la conexión eléctrica entre el Transmisor y el Receptor sin importar la distancia entre ellos, aunque siempre están presentes las *contaminaciones* afectando la señal, las cuales dependen del medio físico, de la frecuencia y de la distancia. Sin tener en cuenta el medio de transmisión estos se caracterizan por la *Atenuación* (disminución progresiva de la potencia al aumentar la distancia).

Este medio de transmisión puede ser un sistema cableado (cable coaxial, cable de cobre o una fibra óptica, entre otros) o un sistema no cableado a través de ondas de radio.

1.3.3. Receptor

Es el equipo o elemento que se encarga de extraer la señal deseada del canal y enviarla hacia el transductor de salida.

Las funciones del receptor son:

- Amplificación o Regeneración de la débil señal entregada a través del medio de Transmisión.
- Extraer el mensaje de la señal recibida: Demodulación o Decodificación.

Los componentes típicos de un receptor son: Circuitos sintonizados, filtros, demoduladores y amplificadores.

En un sistema de comunicaciones siempre están presentes señales que afectan la señal que es transportada sobre el medio de transmisión, las cuales producen que el mensaje recibido no sea exactamente igual al transmitido. Estas señales se denominan Contaminaciones y el objetivo es reducir su incidencia ya que son imposibles de eliminar.

A continuación se explican los diferentes tipos de contaminaciones presentes en un medio de transmisión:

➤ **Distorsión**

Es la alteración de la señal debida a una respuesta imperfecta del sistema. Se presentan 3 tipos:

- **Lineal:** Oposición del medio de Transmisión a la propagación de todos los componentes de frecuencia de la señal, presentando atenuación diferente para cada componente.
- **Frecuencia:** Presencia de nuevas componentes de frecuencia que no pertenecen a las del mensaje y es típico de los sistemas no lineales (**Productos de Intermodulación**).
- **Fase:** Debido a los cambios del retardo en el sistema dependiendo de la frecuencia transmitida, unas frecuencias llegan antes que otras al Receptor.

➤ **Interferencias**

Es la contaminación por señales extrañas, generalmente artificiales y de forma similar a la señal original. La interferencia puede ser **Constructiva** cuando las señales externas se encuentran en fase con la señal de mensaje transmitido o **Destructiva** si las señales están en contratase con el mensaje.

➤ **Diafonía**

Se define como una transferencia indeseada de energía desde una fuente perturbadora a otra, generalmente por acoplamiento electromagnético entre cables adyacentes, afectando las comunicaciones que utilizan medios de transmisión metálicos que se encuentren poco separados.

➤ **Ruido**

Señales aleatorias de tipo eléctrico originadas en forma natural dentro o fuera del sistema y que deterioran parcial o totalmente la información útil que se este enviando. Este tipo de contaminación no puede ser completamente eliminada y la reducción de

su incidencia sobre el mensaje permite clasificar la calidad en los diferentes sistemas de comunicaciones. Los principales tipos de ruido son:

- **Impulsivo.** Perturbaciones industriales de corta duración pero con amplitud considerable producidas por equipos eléctricos.
- **Cósmico y Atmosférico.** Originado por fuentes fuera de la atmósfera terrestre y por tormentas y otras descargas eléctricas.
- **Térmico.** Es producido debido a la agitación térmica de electrones dentro del conductor.
- **De Cuantificación.** Debido al rango finito de salida dentro proceso de conversión analógica digital (A/D) de la señal mensaje.
- **De Indermodulación.** Cuando distintas frecuencias comparten el mismo medio de transmisión.

1.3.4. Definiciones Importantes

A continuación se presentan unas definiciones fundamentales con el objetivo de familiarizar al lector con terminología utilizada frecuentemente en el desarrollo de la temática.

➤ **Ancho De Banda**

Rango de frecuencias requerida para propagar la información de la fuente a través del sistema, el cual debe ser lo suficientemente grande para que pasen todas las frecuencias significativas de la información.

Voz	3 Khz.
FM Alta Fidelidad	200 Khz.
TV de Calidad	6 Mhz.

Tabla 1.2. Ejemplo de Ancho de Banda.

➤ **Capacidad De Información**

Es la medida de cuanta información de la fuente puede ser Transmitida por el sistema en un periodo de tiempo dado, siendo función del Ancho de Banda (BW) y del tiempo de Transmisión:

$$I \propto BW \cdot \text{Tiempo de Transmisión}$$

➤ **Retardo**

Tiempo que tarda la información en viajar desde el transmisor al receptor, el cual depende del medio de transmisión y la distancia de separación entre los equipos.

➤ **Latencia**

Tiempo en que la red mantiene procesando un paquete de información.

➤ **Jitter**

Desviación que existe entre la llegada de dos paquetes consecutivos.

➤ **Bit Error Rate (BER)**

Relación de número de bits que llegan errados al destino y el número total de bits transmitidos en un tiempo base.

➤ **Baudios**

Número de veces por segundo que la señal puede cambiar sobre un medio de Transmisión.

➤ **Bits por Segundo (bps)**

Medida de la velocidad de transmisión de datos en un canal de comunicaciones y se refiere a la capacidad de la red.

➤ **Decibel (dB)**

Medida de razones de potencia bien sea **relativa** (entre dos puntos) o **absoluta** (tomando una potencia de referencia).

➤ **Relación Señal a Ruido (S/N)**

Relación de potencia de una señal a la potencia de ruido que la acompaña.

1.4. Clasificación y Topología de las Redes Industriales

Las redes industriales pueden ser clasificadas a partir de diferentes parámetros, a continuación se presentan tres (3) tipos de clasificaciones.

1.4.1. De acuerdo a la Apertura de la Red

Las redes pueden ser **cerradas o propietarias** a las cuales sólo se pueden acoplar los equipos de un determinado fabricante, aunque sus principios de funcionamiento sean muy parecidos, no se permiten la interconexión de éstos.

Las **redes abiertas**, permiten la conexión de cualquier tipo de participante de diferentes fabricantes en la misma red, debido a que su desarrollo se realiza a partir de normas internacionales completamente conocidas por todos los fabricantes.

1.4.2. De acuerdo a su Localización

De acuerdo a su localización y extensión geográfica, las redes presentan la siguiente clasificación:

➤ Red de Área Local – LAN

Las redes de área local (LAN) se componen de computadores, tarjetas de interfaz de red, medios de networking, dispositivos de control del tráfico de red y dispositivos periféricos. Las LAN hacen posible que las empresas que utilizan tecnología informática compartan de forma eficiente elementos tales como archivos e impresoras, y permiten la comunicación, por ejemplo, a través del correo electrónico. Unen entre sí: datos, comunicaciones, servidores de computador y de archivo.

Las LAN están diseñadas para realizar lo siguiente:

- Operar dentro de un área geográfica limitada.
- Permitir que varios usuarios accedan a medios de ancho de banda alto.
- Proporcionar conectividad continua con los servicios locales.
- Conectar dispositivos físicamente adyacentes.

Las redes de comunicación en la automatización pueden ser consideradas como redes LAN.

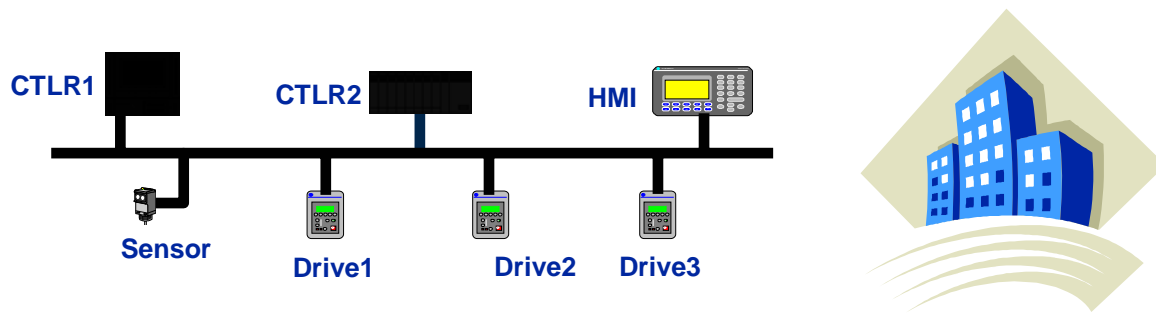


Figura 1.6. Red de Área Local (LAN)

➤ Red de Área Amplia – WAN

A medida que el uso de los computadores en las empresas aumentaba, pronto resultó que las LAN ya no eran suficientes. En un sistema LAN, cada departamento, o empresa, era una especie de isla electrónica. Lo que se necesitaba era una forma de transferir información de manera eficiente y rápida de una empresa a otra.

La solución surgió con la creación de las redes de área amplia (WAN). Las WAN interconectan las LAN, que a su vez proporcionaban acceso a los computadores o a los servidores de archivos ubicados en otros lugares. Como las WAN conectan redes de usuarios dentro de un área geográfica extensa, éstas permiten que las empresas se comuniquen entre sí a través de grandes distancias. Como resultado de la interconexión de los computadores, impresoras y otros dispositivos en una WAN, las empresas pudieron comunicarse entre sí, compartir información y recursos, y tener acceso a Internet.

Las WAN están diseñadas para:

- Operar en áreas geográficas extensas.
- Permitir el acceso a través de interfaces seriales que operan a velocidades reducidas.
- Suministrar conectividad continua y parcial.
- Conectar dispositivos separados por grandes distancias, e incluso a nivel mundial.

1.4.3. De acuerdo a su tamaño

➤ **Bus de Campo o Fieldbus**

Red local industrial que conecta dispositivos de campo con equipos que soportan procesos de aplicación con necesidad de acceder a estos dispositivos.

Equipos conectados:

- Dispositivos de campo: captadores, actuadores, Elementos HMI.
- Equipos que soportan procesos de aplicación: controladores (PLC, CPU de DCS, CN, Robot), Computadoras, Sistemas HMI.

➤ **Red de celda o red intermediaria**

Conecta entre sí los equipos de comando y control pertenecientes a un islote de producción.

Equipos conectados: controladores.

➤ **Red de sala de comando**

Transmite al operador los datos necesarios para conducir el proceso y al proceso los cambios de consigna, parámetros, etc. emitidos por el operador.

Equipos conectados: PLC, DCS, Robots, CN con sistemas de supervisión.

➤ **Red de fábrica**

Interconecta todos los sectores y servicios de una fábrica: líneas de producción, almacén, control de calidad, servicios generales, ingeniería.

Equipos conectados: computadoras.

➤ **Red de larga distancia:**

Conecta puntos de producción con sistemas de supervisión y control. Es el núcleo de sistemas SCADA.

Equipos conectados: RTU's, PC's, Computadoras.

1.5. Topologías de las Redes

La topología de una red de comunicación define la forma de distribución del cable que interconectará los diferentes dispositivos, teniendo en cuenta factores de:

- La distribución de los equipos a interconectar.
- El tipo de aplicaciones que se van a ejecutar.
- La inversión que se quiere hacer.
- Costos de mantenimiento y actualización de la red.
- El tráfico que va a soportar la red local.
- La capacidad de expansión: Escalabilidad.

La definición de topología puede dividirse en dos partes. La *topología física*, que es la disposición real de los cables (los medios) y la *topología lógica*, que define la forma en que los dispositivos acceden a los medios. Las topologías físicas que se utilizan comúnmente son de bus, de anillo, en estrella, en estrella extendida, jerárquica y en malla.

- La *topología de bus* utiliza un único segmento backbone (longitud del cable) al que todos los dispositivos se conectan de forma directa.
- La *topología de anillo* conecta un dispositivo con el siguiente y al último dispositivo con el primero. Esto crea un anillo físico unido por el medio de transmisión.
- La *topología en estrella* conecta todos los cables con un punto central de concentración. Por lo general, este punto es un hub o un switch.
- La *topología en estrella extendida* se desarrolla a partir de la topología en estrella. Esta topología conecta estrellas individuales conectando los hubs/switches. Esto permite extender la longitud y el tamaño de la red.

- La *topología jerárquica* se desarrolla de forma similar a la topología en estrella extendida pero, en lugar de conectar los hubs/switches entre sí, el sistema se conecta con un computador que controla el tráfico de la topología.
- La *topología en malla* se utiliza cuando no puede existir absolutamente ninguna interrupción en las comunicaciones, por ejemplo, en los sistemas de control de una central nuclear. De modo que, como puede observar en la figura 1.16, cada dispositivo tiene sus propias conexiones con los demás dispositivos. Esto también se refleja en el diseño de la Internet, que tiene múltiples rutas hacia cualquier ubicación.

La topología lógica de una red es la forma en que los dispositivos se comunican a través del medio. Los dos tipos más comunes de topologías lógicas son broadcast y transmisión de tokens.

- La *topología broadcast* simplemente significa que cada dispositivo envía sus datos hacia todos los demás dispositivos del medio de red. Las estaciones no siguen ningún orden para utilizar la red, el orden es el primero que entra, el primero que se sirve. Esta es la forma en que funciona Ethernet.
- El segundo tipo es *transmisión de tokens*. La transmisión de tokens controla el acceso a la red mediante la transmisión de un token electrónico a cada dispositivo de forma secuencial. Cuando un dispositivo recibe el token, eso significa que el dispositivo puede enviar datos a través de la red. Si el dispositivo no tiene ningún dato para enviar, transmite el token al siguiente dispositivo y el proceso se vuelve a repetir.

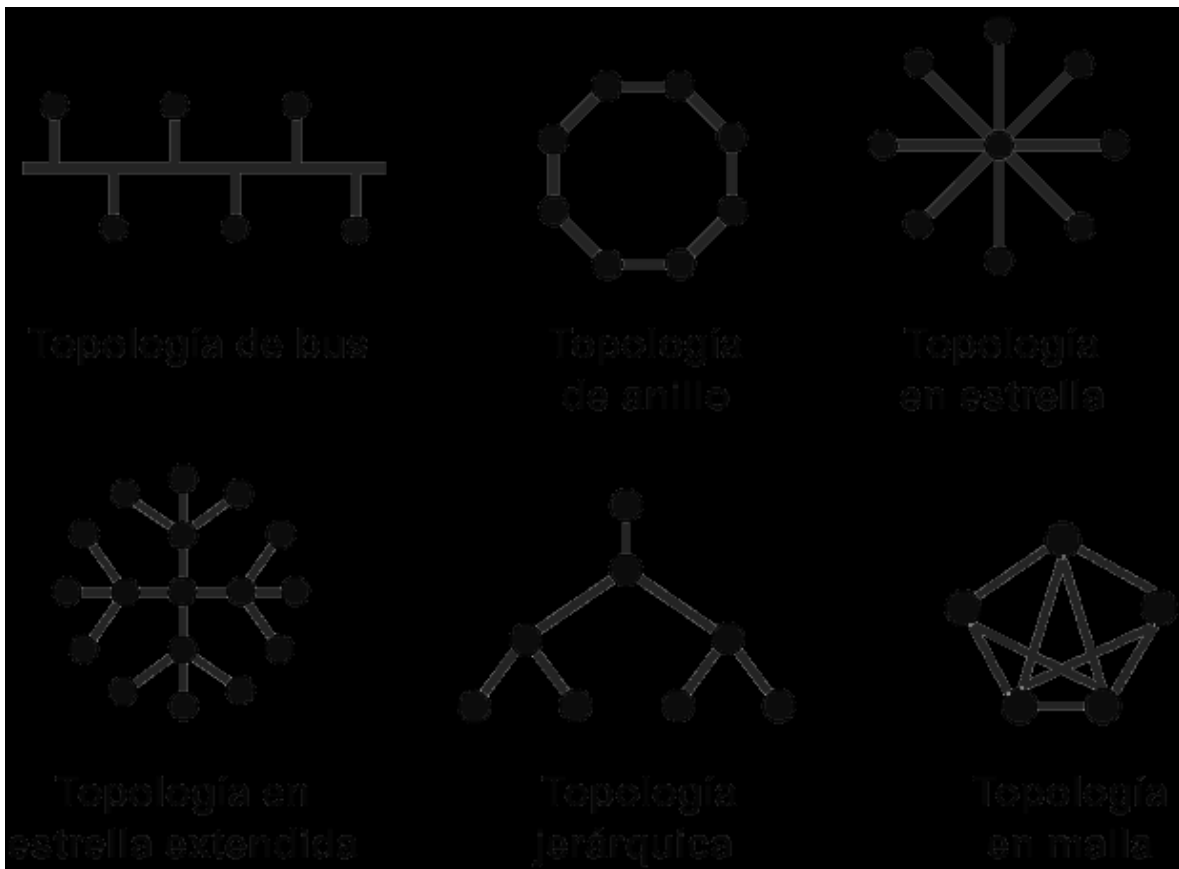


Figura 1.7. Topologías físicas de Red

1.5.1. Modulación y Demodulación

La modulación es el proceso de cambiar alguna propiedad de una portadora analógica o digital de acuerdo con la información original de la fuente, la cual es conocida como *Banda Base*. Las propiedades de la portadora que se varían son: Frecuencia, Amplitud o Fase o combinaciones de dos o más de ellas.

La demodulación se conoce al proceso de convertir los cambios en la portadora analógica a la información original de la fuente.

El proceso de modulación y demodulación consiste en producir que las señales de mensaje de baja frecuencia: **Señal Moduladora** puedan ser transmitidas sin ser

altamente afectadas por las contaminaciones al ser superpuestas con una señal de alta frecuencia denominada **Portadora**, resultando del proceso la **Onda Modulada**.

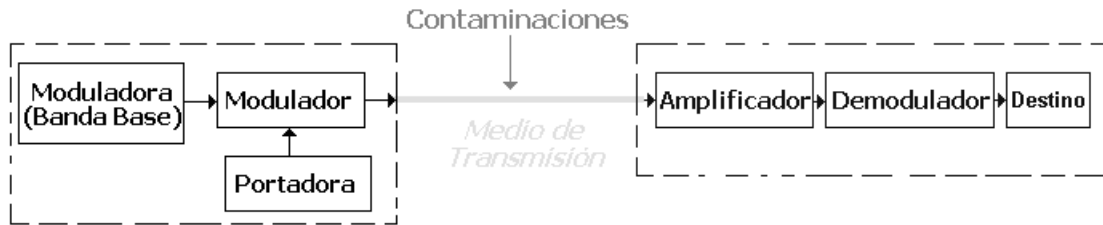


Figura 1.8. Modulación y Demodulación.

➤ Modulaciones con Información Analógica

Dependiendo del parámetro que se haga variar de la señal portadora analógica, existen tres (3) tipos de modulaciones: Modulación en Amplitud (AM) si la amplitud de la portadora es variada proporcionalmente a la información de la fuente, Modulación en Frecuencia (FM) si la frecuencia de la portadora varía proporcionalmente a la información de la fuente manteniendo constante la amplitud y Modulación en Fase (PM) si la fase de la portadora varía proporcionalmente a la información de la fuente

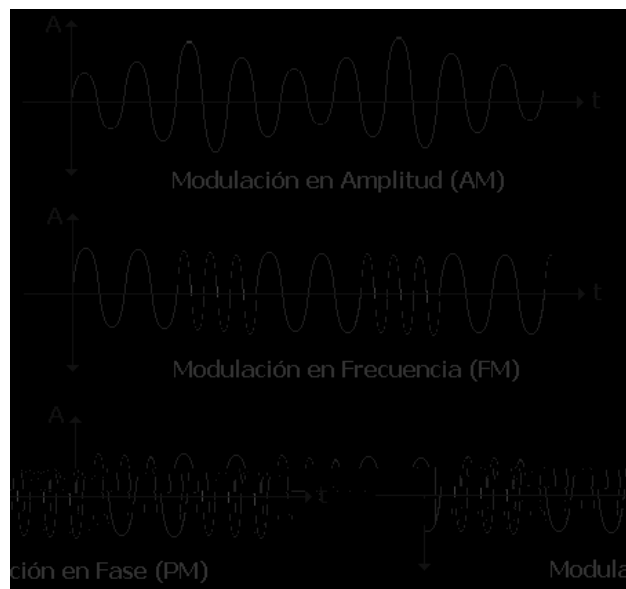


Figura 1.9. Modulaciones Analógicas.

➤ Modulaciones con Información Digital

En este tipo de modulaciones, la señal de información corresponde a una señal digital conformada por un tren de pulsos binario que modula a una señal portadora de alta frecuencia. Dentro de estas modulaciones se encuentra: Modulación por desplazamiento de Amplitud (ASK) en la cual la señal digital es usada para conmutar una portadora senoidal transmitiendo la "presencia" de la portadora para enviar un uno binario y la "ausencia" de señal para el cero. La Modulación por desplazamiento de Frecuencia (FSK) consiste en la conmutación de una frecuencia portadora para representar el uno lógico y otra frecuencia diferente para la transmisión de un cero lógico. La Modulación por desplazamiento de Fase (PSK) consiste en la conmutación de fase de 0° y 180° de una portadora senoidal de acuerdo a una señal binaria.

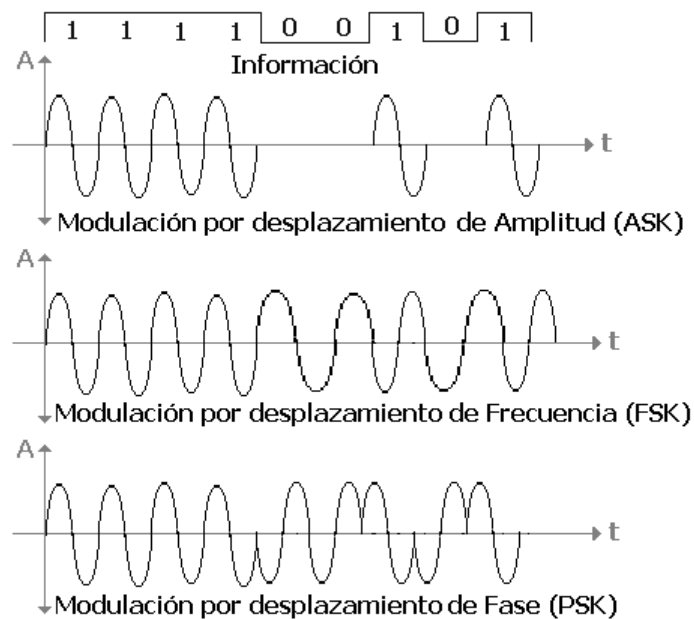


Figura 1.10. Modulaciones Digitales.

➤ **Modulaciones con Portadora Digital**

Dentro de las modulaciones utilizadas para transmitir mensajes mediante el uso de señales portadoras digitales se encuentran las siguientes.

- **PAM (Pulse Amplitud Modulation)** La amplitud de un pulso de posición constante y de ancho constante varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.
- **PDM (Pulse Duration Modulation)** El ancho del pulso es proporcional a la amplitud de la señal analógica. Este método a veces se llama modulación por ancho de pulso (PWM) o modulación de longitud del pulso (PLM).
- **PPM (Pulse Position Modulation)** La posición de un pulso de ancho constante, dentro de una ranura de tiempo prescrita, varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica.

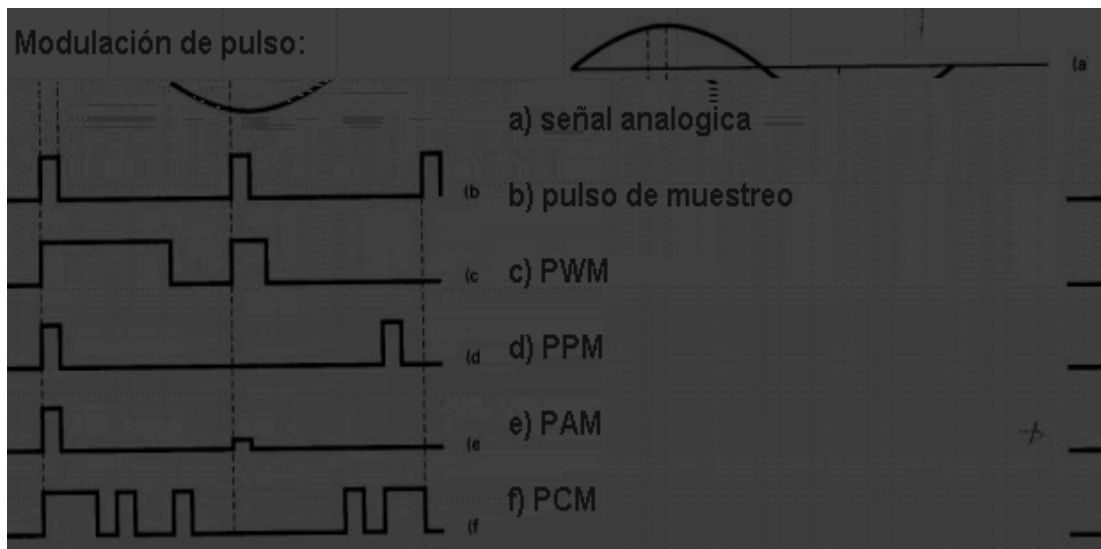


Figura 1.11. Modulaciones con Portadora Digital.

- **PCM (Modulación por Impulso Codificado)** La señal analógica se muestrea y se convierte a una longitud fija, número binario serial para la transmisión. El número binario varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica. PCM Es la

única de las técnicas de modulación de pulsos codificados que se usan en un sistema de transmisión digital. Con PCM, los pulsos son de longitud fija y amplitud fija. PCM es un sistema binario; un pulso o ausencia de pulsos, dentro de una ranura de tiempo preescrita representa ya sea una condición lógica 1 o de lógica 0.

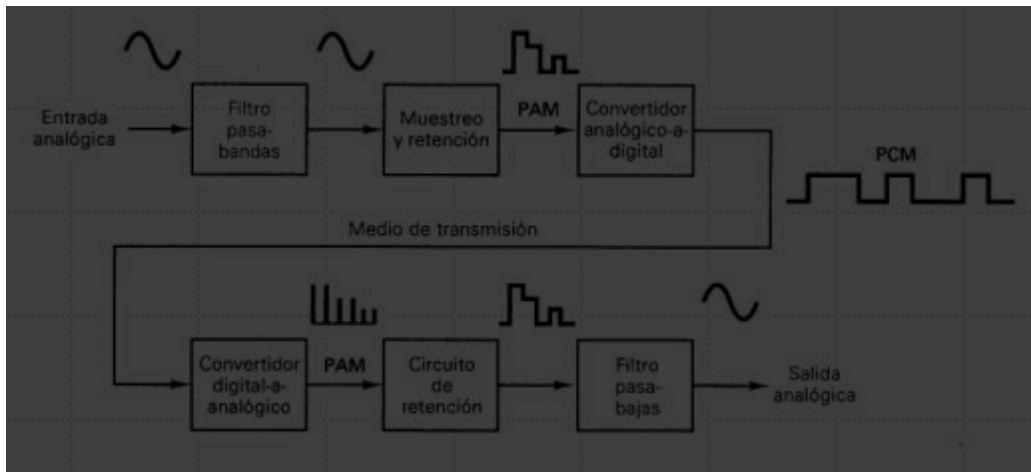


Figura 1.12. Diagrama en bloques de un sistema PCM.

- **CODEC.** Dispositivo que en un sistema de comunicaciones digital efectúa el proceso de conversión de las señales analógicas a digitales y viceversa, los cuales se denominan **Codificación y Decodificación.**

1.6. Protocolos de Comunicación

1.6.1. Protocolo

Un protocolo es una descripción formal de un conjunto de reglas y convenciones que gobiernan un particular aspecto de cómo los equipos en una red se comunican. Determinan el formato, la sincronización, la secuencia y el control de errores en la comunicación de datos.

Las funciones que realizan los protocolos son:

- **Establecimiento y finalización de la comunicación.** Indicación, aviso y acuerdo entre ambas partes del comienzo y finalización de la comunicación.

- **Sincronización de la conversación.** Comienzo y fin de cada bloque de información (sincronización a nivel de bloques o de tramas), de las palabras (sincronización de palabras o bytes) y momentos en que se transmiten y deben recibirse o leerse cada bit (sincronización a nivel de bit).
- **Control de flujo.** Indicación de la disponibilidad o no de cada uno de los participantes en la comunicación.
- **Detección de errores.** Posibilidad por parte del receptor de comprobar que la información recibida es correcta y libre de errores.
- **Recuperación de errores.** Posibilidad de recuperar aquellos errores producidos en la fase de la comunicación.

Hay que tener en cuenta ciertas consideraciones para el establecimiento y buen funcionamiento de un protocolo.

- Forma de direccionamiento.
- Comunicación: Simplex, Halfduplex, Duplex.
- Detección y corrección de errores.
- Orden de los paquetes.
- Emisor rápido no sature a un Receptor lento.
- Congestión.
- Paquetes de tamaño variable o fijo.
- Multiplexación y demultiplexación.
- Enrutamiento.

1.7. Modelo de Referencia OSI

Al principio de su desarrollo, las LAN y WAN eran en cierto modo caóticas. A principios de la década de los 80 se produjo un enorme crecimiento en la cantidad y el tamaño de las redes. A medida que las empresas se dieron cuenta de que podrían ahorrar mucho dinero y aumentar la productividad con la tecnología de networking, comenzaron a agregar redes y a expandir las redes existentes casi simultáneamente con la aparición de nuevas tecnologías y productos de red.

A mediados de los 80, estas empresas debieron enfrentar problemas cada vez más serios debido a su expansión caótica. Resultaba cada vez más difícil que las redes que usaban diferentes especificaciones pudieran comunicarse entre sí. Se dieron cuenta que necesitaban salir de los sistemas de networking propietarios.

Los sistemas propietarios se desarrollan, pertenecen y son controlados por organizaciones privadas. En la industria de la informática, "propietario" es lo contrario de "abierto". "Propietario" significa que un pequeño grupo de empresas controla el uso total de la tecnología. Abierto significa que el uso libre de la tecnología está disponible para todos.

Para enfrentar el problema de incompatibilidad de las redes y su imposibilidad de comunicarse entre sí, la Organización Internacional para la Normalización (ISO) estudió esquemas de red como DECNET, SNA y TCP/IP a fin de encontrar un conjunto de reglas. Como resultado de esta investigación, la ISO desarrolló un modelo de red que ayudaría a los fabricantes a crear redes que fueran compatibles y que pudieran operar con otras redes.

El modelo de referencia OSI, lanzado en 1984, fue el esquema descriptivo que crearon. Este modelo proporcionó a los fabricantes un conjunto de estándares que aseguraron una mayor compatibilidad e interoperabilidad entre los distintos tipos de tecnología de red utilizados por las empresas a nivel mundial.

El modelo de referencia OSI es el modelo principal para las comunicaciones por red. Aunque existen otros modelos, en la actualidad la mayoría de los fabricantes de redes relacionan sus productos con el modelo de referencia OSI, especialmente cuando desean enseñar a los usuarios cómo utilizar sus productos. Los fabricantes consideran que es la mejor herramienta disponible para enseñar cómo enviar y recibir datos a través de una red.

El modelo de referencia OSI permite que los usuarios vean las funciones de red que se producen en cada capa. Más importante aún, el modelo de referencia OSI es un marco que se puede utilizar para comprender cómo viaja la información a través de una red.

Además, puede usar el modelo de referencia OSI para visualizar cómo la información o los paquetes de datos viajan desde los programas de aplicación (por ej., hojas de cálculo, documentos, etc.), a través de un medio de red (por ej., cables, etc.), hasta otro programa de aplicación ubicado en otro computador de la red, aún cuando el transmisor y el receptor tengan distintos tipos de medios de red.

En el modelo de referencia OSI, hay siete capas numeradas, cada una de las cuales ilustra una función de red específica. Esta división de las funciones de networking se denomina división en capas. Si la red se divide en estas siete capas, se obtienen las siguientes ventajas:

- Divide la comunicación de red en partes más pequeñas y sencillas.
- Normaliza los componentes de red para permitir el desarrollo y el soporte de los productos de diferentes fabricantes.
- Permite a los distintos tipos de hardware y software de red comunicarse entre sí.
- Impide que los cambios en una capa puedan afectar las demás capas, para que se puedan desarrollar con más rapidez.
- Divide la comunicación de red en partes más pequeñas para simplificar el aprendizaje.

El problema de trasladar información entre computadores se divide en siete problemas más pequeños y de tratamiento más simple en el modelo de referencia OSI. Cada uno de los siete problemas más pequeños está representado por su propia capa en el modelo. Las siete capas del modelo de referencia OSI son:

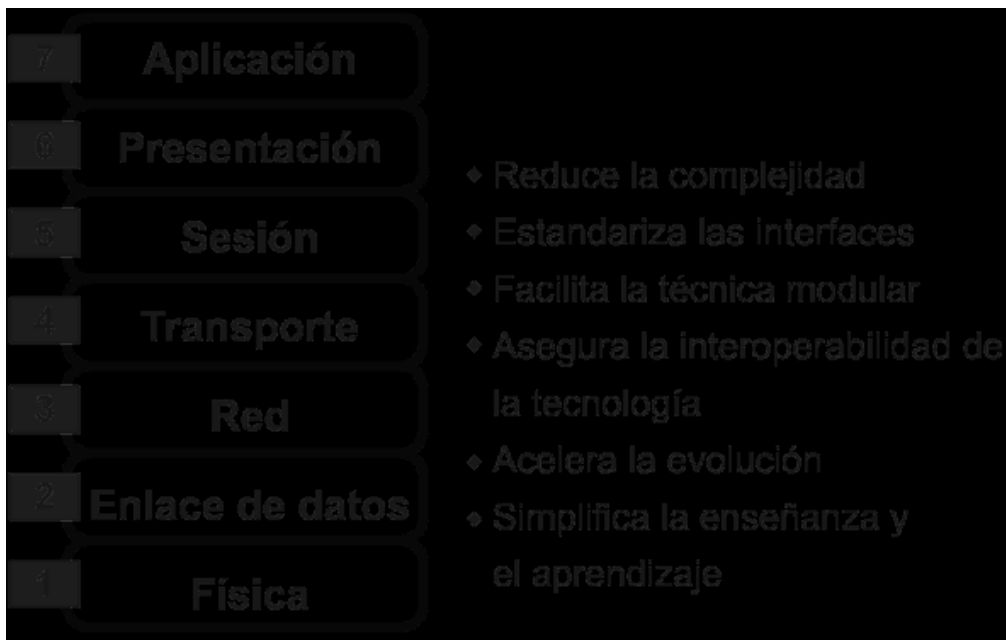


Figura 1.13. Modelo de Referencia OSI.

Cada capa individual del modelo OSI tiene un conjunto de funciones que debe realizar para que los paquetes de datos puedan viajar en la red desde el origen hasta el destino. A continuación, se presenta una breve descripción de cada capa del modelo de referencia OSI tal como aparece en la figura.

1.7.1. Capa 7 – La capa de aplicación

La capa de aplicación es la capa del modelo OSI más cercana al usuario; suministra servicios de red a las aplicaciones del usuario. Difiere de las demás capas debido a que no proporciona servicios a ninguna otra capa OSI, sino solamente a aplicaciones que se encuentran fuera del modelo OSI. Algunos ejemplos de aplicaciones son los programas de hojas de cálculo, de procesamiento de texto y los de las terminales bancarias. La capa de aplicación establece la disponibilidad de los potenciales socios de comunicación, sincroniza y establece acuerdos sobre los procedimientos de recuperación de errores y control de la integridad de los datos.

1.7.2. Capa 6 – La capa de presentación

La capa de presentación garantiza que la información que envía la capa de aplicación de un sistema pueda ser leída por la capa de aplicación de otro. De ser necesario, la capa de presentación traduce entre varios formatos de datos utilizando un formato común.

1.7.3. Capa 5 – La capa de sesión

Como su nombre lo implica, la capa de sesión establece, administra y finaliza las sesiones entre dos hosts que se están comunicando. La capa de sesión proporciona sus servicios a la capa de presentación. También sincroniza el diálogo entre las capas de presentación de los dos hosts y administra su intercambio de datos. Además de regular la sesión, la capa de sesión ofrece disposiciones para una eficiente transferencia de datos, clase de servicio y un registro de excepciones acerca de los problemas de la capa de sesión, presentación y aplicación.

1.7.4. Capa 4 – La capa de transporte

La capa de transporte segmenta los datos originados en el host emisor y los reensambla en una corriente de datos dentro del sistema del host receptor. El límite entre la capa de transporte y la capa de sesión puede imaginarse como el límite entre los protocolos de aplicación y los protocolos de flujo de datos. Mientras que las capas de aplicación, presentación y sesión están relacionadas con asuntos de aplicaciones, las cuatro capas inferiores se encargan del transporte de datos.

La capa de transporte intenta suministrar un servicio de transporte de datos que aísla las capas superiores de los detalles de implementación del transporte. Específicamente, temas como la confiabilidad del transporte entre dos hosts es responsabilidad de la capa de transporte. Al proporcionar un servicio de comunicaciones, la capa de transporte establece, mantiene y termina adecuadamente

los circuitos virtuales. Al proporcionar un servicio confiable, se utilizan dispositivos de detección y recuperación de errores de transporte.

1.7.5. Capa 3 – La capa de red

La capa de red es una capa compleja que proporciona conectividad y selección de ruta entre dos sistemas de hosts que pueden estar ubicados en redes geográficamente distintas.

1.7.6. Capa 2 – La capa de enlace de datos

La capa de enlace de datos proporciona tránsito de datos confiable a través de un enlace físico. Al hacerlo, la capa de enlace de datos se ocupa del direccionamiento físico (comparado con el lógico), la topología de red, el acceso a la red, la notificación de errores, entrega ordenada de tramas y control de flujo.

1.7.7. Capa 1 – La capa física

La capa física define las especificaciones eléctricas, mecánicas, de procedimiento y funcionales para activar, mantener y desactivar el enlace físico entre sistemas finales. Las características tales como niveles de voltaje, temporización de cambios de voltaje, velocidad de datos físicos, distancias de transmisión máximas, conectores físicos y otros atributos similares son definidos por las especificaciones de la capa física.

1.8. Modelo OSI reducido para comunicaciones industriales

1.8.1. Modelo OSI reducido

Para el caso de las comunicaciones industriales el modelo de referencia OSI se reduce a tres capas, que corresponden a las capas: física, enlace de datos y aplicación. Con el fin de que la comunicación se realice en tiempo real.

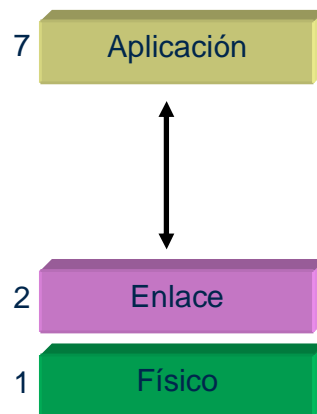


Figura 1.14. Modelo OSI reducido.

El intercambio de datos entre sistemas de automatización se produce a través de un bus.

En un **bus de campo** se engloban las siguientes partes:

- **Estándares de comunicación.** Cubren los niveles físico, de enlace y de aplicación establecidos en el modelo OSI reducido.
- **Conexiones físicas.** En general, las especificaciones de un determinado bus admiten más de un tipo de conexión física. Las más comunes son semidúplex (comunicación en banda base tipo RS-485), RS-422 y conexiones en bucle de corriente.
- **Protocolo de acceso al medio (MAC) y de enlace (LLC).** Consiste en la definición de una serie de funciones y servicios de la red mediante códigos de operación estándar.
- **Nivel de aplicación:** Es el dirigido al usuario, apoyándose en las funciones estándar antes mencionadas para crear programas de gestión y presentación. La aplicación suele ser propia de cada fabricante, permitiendo a lo sumo la programación en un lenguaje estándar.

1.8.2. Dispositivos de Interconexión

Estos dispositivos se encargan de la interconexión de Redes, generando beneficios, como:

- Crecimiento del tamaño de la red.
- Unión de redes independientes.
- Segmentación de la red.
- Utilización de medios de transmisión diferentes.
- Interoperabilidad entre arquitecturas diferentes.
- Soporte de diversidad de protocolos.

➤ Repetidores

La longitud máxima para el cableado UTP de una red es de 100 metros. Si es necesario extender la red más allá de este límite, se debe agregar un dispositivo a la red. Este dispositivo se denomina repetidor.

El propósito de un repetidor es regenerar y retemporizar las señales de red a nivel de los bits para permitir que los bits viajen a mayor distancia a través de los medios.

El término repetidor se refiere tradicionalmente a un dispositivo con un solo puerto de "entrada" y un solo puerto de "salida". Sin embargo, en la terminología que se utiliza en la actualidad, el término repetidor multipuerto se utiliza también con frecuencia. En el modelo OSI, los repetidores se clasifican como dispositivos de Capa 1, dado que actúan sólo a nivel de los bits y no tienen en cuenta ningún otro tipo de información.



Figura 1.15. Repetidor: Dispositivo de Capa 1.

➤ Hubs

El propósito de un hub es regenerar y retemporizar las señales de red. Esto se realiza a nivel de los bits para un gran número de hosts (por ej., 4, 8 o incluso 24) utilizando un proceso denominado concentración. Podrá observar que esta definición es muy similar a la del repetidor, es por ello que el hub también se denomina repetidor multipuerto. La diferencia es la cantidad de cables que se conectan al dispositivo. Los hubs se utilizan por dos razones: para crear un punto de conexión central para los medios de cableado y para aumentar la confiabilidad de la red. La confiabilidad de la red se ve aumentada al permitir que cualquier cable falle sin provocar una interrupción en toda la red. Esta es la diferencia con la topología de bus, en la que, si un cable falla, se interrumpe el funcionamiento de toda la red. Los hubs se consideran dispositivos de Capa 1 dado que sólo regeneran la señal y la envían por medio de un broadcast a todos los puertos (conexiones de red).

En networking, hay distintas clasificaciones de los hubs. La primera clasificación corresponde a los hubs activos o pasivos. La mayoría de los hubs modernos son activos; toman energía desde un suministro de alimentación para regenerar las señales de red. Algunos hubs se denominan dispositivos pasivos dado que simplemente dividen la señal entre múltiples usuarios. Los hubs pasivos no regeneran los bits, de modo que no extienden la longitud del cable, sino que simplemente permiten que uno o más hosts se conecten al mismo segmento de cable.

Otra clasificación de los hubs corresponde a hubs inteligentes y hubs no inteligentes. Los hubs inteligentes tienen puertos de consola, lo que significa que se pueden programar para administrar el tráfico de red. Los hubs no inteligentes simplemente toman una señal de networking entrante y la repiten hacia cada uno de los puertos sin la capacidad de realizar ninguna administración.



Figura 1.16. Hub de 8 puertos.

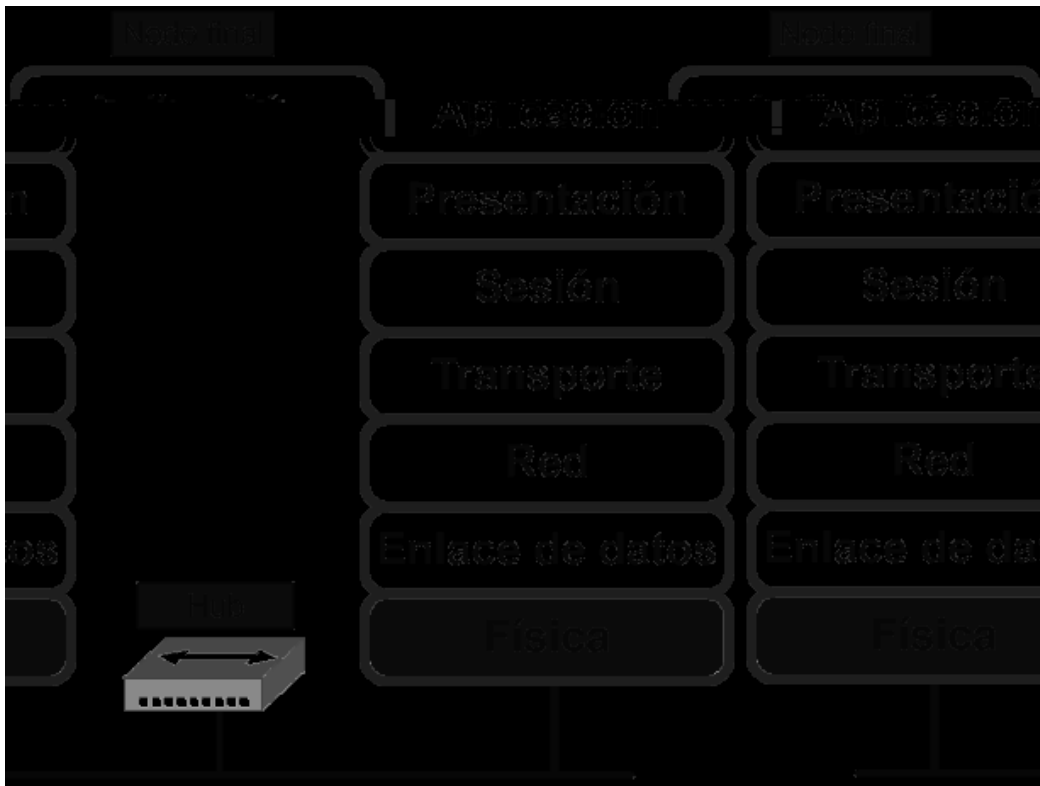


Figura 1.17. Hub: Dispositivo de Capa 1.

➤ Puentes

Un puente es un dispositivo de capa 2 diseñado para conectar dos segmentos LAN. El propósito de un puente es filtrar el tráfico de una LAN, para que el tráfico local siga siendo local, pero permitiendo la conectividad a otras partes (segmentos) de la LAN para enviar el tráfico dirigido a esas otras partes. Esto lo consigue al verificar la dirección local. Cada dispositivo de networking tiene una dirección MAC exclusiva en la NIC (Tarjeta de Interfaz de Red), el puente rastrea cuáles son las direcciones MAC que están ubicadas a cada lado del puente y toma sus decisiones basándose en esta lista de direcciones MAC.

El aspecto de los puentes varía enormemente según el tipo de puente. Aunque los routers y los switches han adoptado muchas de las funciones del puente, estos siguen teniendo importancia en muchas redes. Para comprender la conmutación y el enrutamiento, primero se debe comprender cómo funciona un puente.

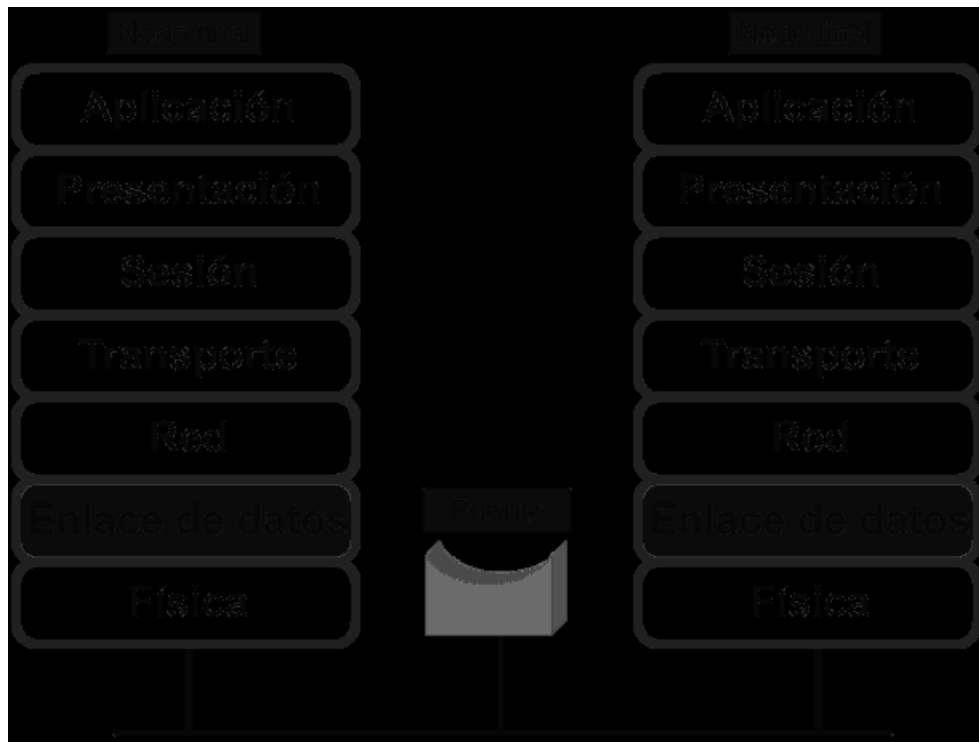


Figura 1.18. Puente: Dispositivo de Capa 2.

➤ **Switches**

Un switch, al igual que un puente, es un dispositivo de capa 2. De hecho, el switch se denomina puente multipuerto, así como el hub se denomina repetidor multipuerto. La diferencia entre el hub y el switch es que los switches toman decisiones basándose en las direcciones MAC y los hubs no toman ninguna decisión. Como los switches son capaces de tomar decisiones, hacen que la LAN sea mucho más eficiente. Los switches hacen esto conmutando los datos sólo hacia el puerto al que está conectado el host destino apropiado. Por el contrario, el hub envía datos desde todos los puertos, de modo que todos los hosts deban ver y procesar (aceptar o rechazar) todos los datos.

A primera vista los switches parecen a menudo similares a los hubs. Tanto los hubs como los switches tienen varios puertos de conexión, dado que una de sus funciones es la concentración de conectividad (permitir que varios dispositivos se conecten a un punto de la red). La diferencia entre un hub y un switch está dada por lo que sucede dentro del dispositivo.

El propósito del switch es concentrar la conectividad, haciendo que la transmisión de datos sea más eficiente. Por el momento, piense en el switch como un elemento que puede combinar la conectividad de un hub con la regulación de tráfico de un puente en cada puerto. El switch conmuta paquetes desde los puertos (interfaces) entrantes a los puertos salientes, suministrando a cada puerto el ancho de banda total (la velocidad de transmisión de datos en el backbone de la red).

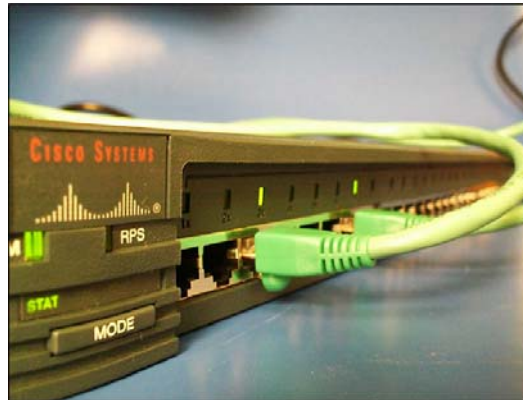


Figura 1.19. Switch de grupo de trabajo.

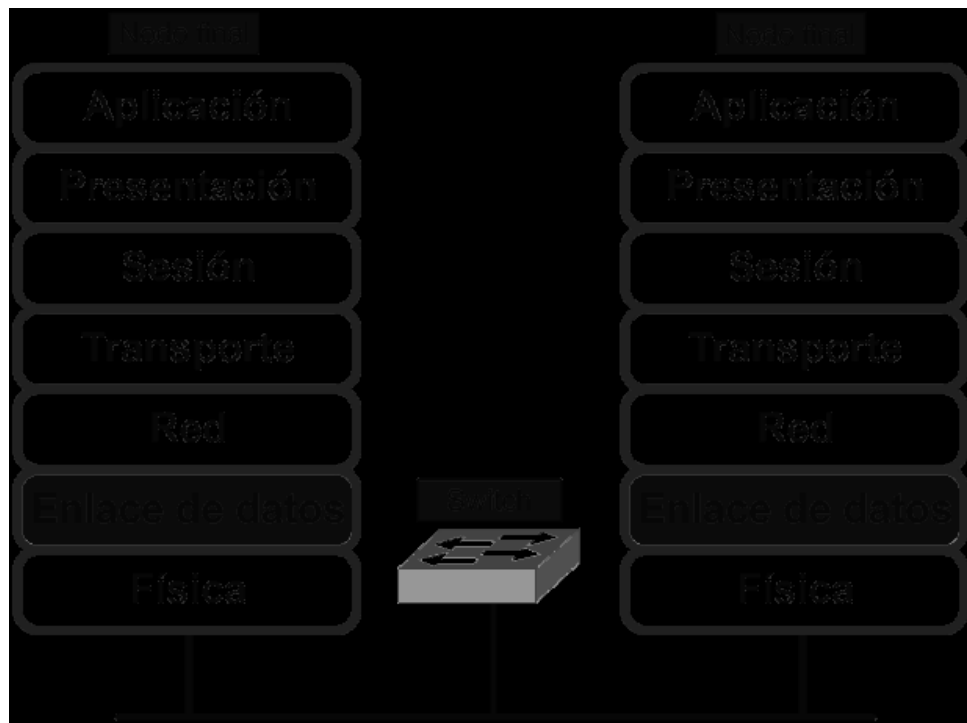


Figura 1.20. Switch: Dispositivo de Capa 2.

➤ Routers

El router es el primer dispositivo que pertenece a la capa de red del modelo OSI, es decir a la Capa 3. Al trabajar en la Capa 3 el router puede tomar decisiones basadas en grupos de direcciones de red (Clases) en contraposición con las direcciones MAC de Capa 2 individuales. Los routers también pueden conectar distintas tecnologías de Capa 2, como por ejemplo Ethernet, Token-ring y FDDI.

El propósito de un router es examinar los paquetes entrantes (datos de capa 3), elegir cuál es la mejor ruta para ellos a través de la red y luego conmutarlos hacia el puerto de salida adecuado. Los routers son los dispositivos de regulación de tráfico más importantes en las redes de gran envergadura. Permiten que prácticamente cualquier tipo de computador se pueda comunicar con otro computador en cualquier parte del mundo.

Un router puede tener distintos tipos de puertos de interfaz. La figura 1.21 muestra un puerto serial que es una conexión WAN. El gráfico también muestra la conexión del puerto de consola que permite realizar una conexión directa al router para poder configurarlo. La figura 1.22 muestra otro tipo de interfaz de puerto. El tipo de interfaz de puerto que se describe es un puerto Ethernet, que es una conexión LAN. Este router en particular tiene un conector 10BASE-T y un conector AUI para la conexión Ethernet.



Figura 1.21. Router con interfaz serial y puerto de consola.

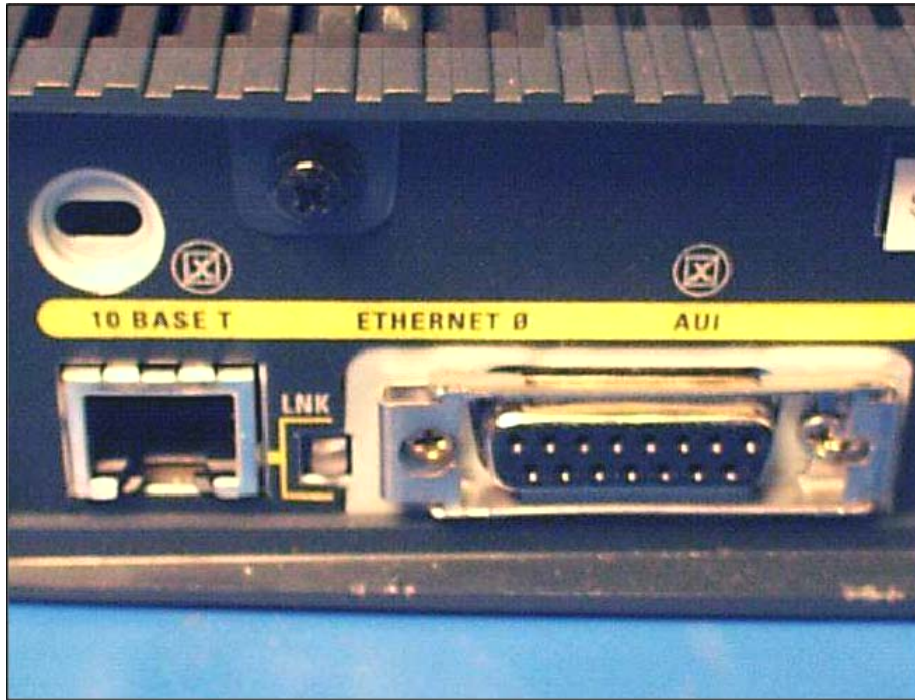


Figura 1.22. Router con conector 10Base-T y un conector AUI.

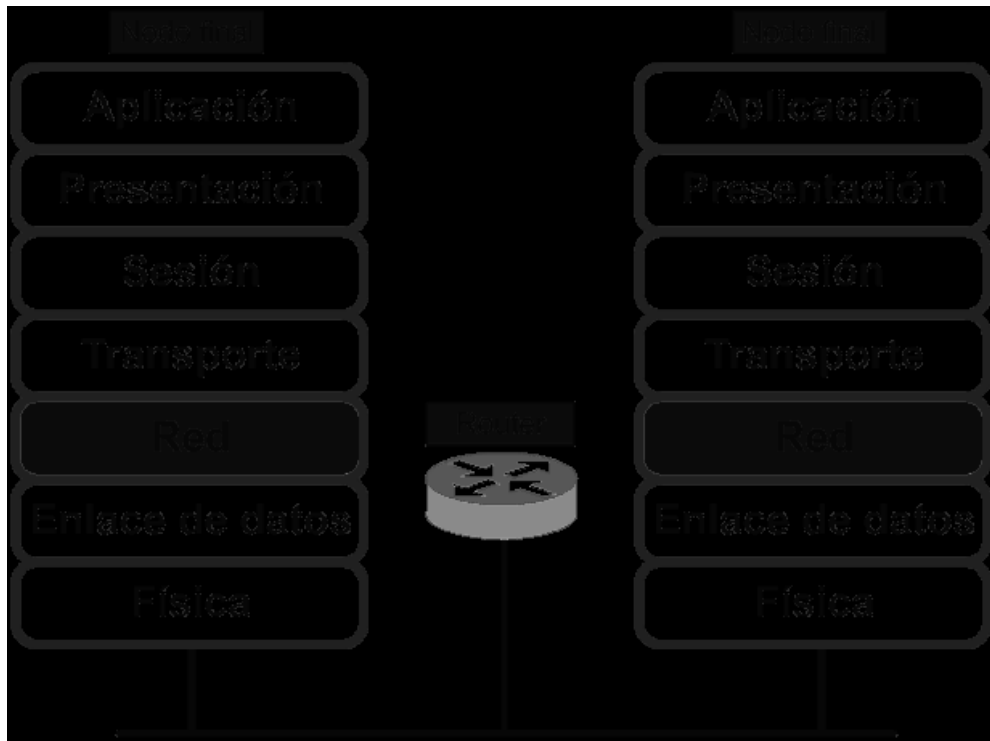


Figura 1.23. Router: Dispositivo de Capa 3.

1.9. Modos de Transmisión y Direccionamiento de la Información

1.9.1. Modos de Transmisión

Básicamente existen cuatro modos de transmisión para los circuitos de comunicaciones, los cuales se explican a continuación:

➤ Simplex

La transmisión de información solo se puede realizar en una dirección. Se conocen como líneas sólo para recibir, solo para transmitir o de un solo sentido.



Figura 1.24. Modo de Transmisión Simplex.

➤ Half Duplex o Semiduplex

La transmisión de información es posible en ambas direcciones, pero no al mismo tiempo, utilizando el mismo medio.

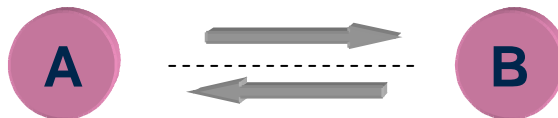


Figura 1.25. Modo de Transmisión Half Duplex.

➤ Full Duplex

Es posible realizar la transmisión de información en cualquier sentido simultáneamente, pero deben ser entre las mismas dos estaciones. Presenta una velocidad menor que el semiduplex y en su uso debe tenerse en cuenta el requerimiento de ancho de banda.

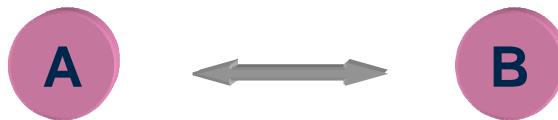


Figura 1.26. Modo de Transmisión Full Duplex.

➤ **Full/FullHalf Duplex**

La transmisión de información es posible en ambas direcciones al mismo tiempo, pero no entre las mismas estaciones (es decir, una estación está transmitiendo a una segunda estación y recibiendo de una tercera estación).

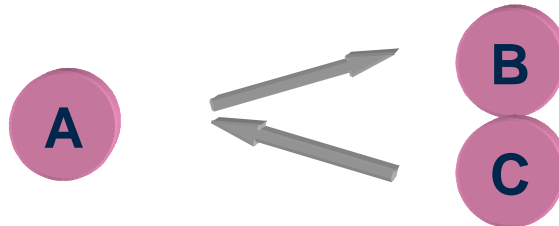


Figura 1.27. Modo de Transmisión Full/FullHalf Duplex.

1.9.2. Modos de Direccionamiento de la Información

En las redes de control los datos pueden ser generados y/o recibidos por cualquier tipo de nodo, distinguiéndose tres (3) tipos de direccionamiento:

➤ **Unicast – One to One**

La información es enviada a un único nodo destino.

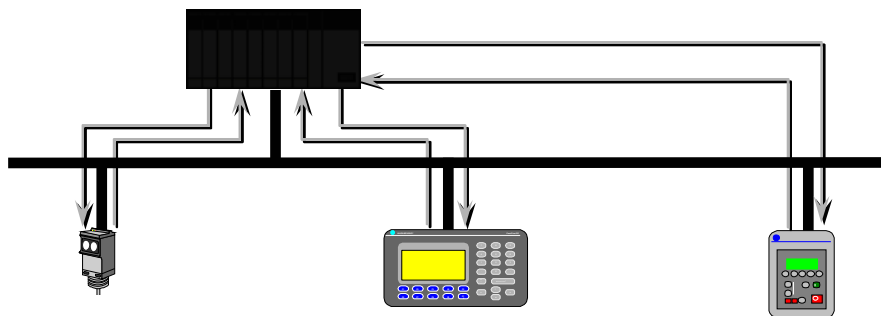


Figura 1.28. Modo de Direccionamiento Unicast.

➤ **Multicast – One to Many**

La información es enviada a un grupo de nodos simultáneamente. Es utilizado para control cuando los datos son comunes a múltiples dispositivos.

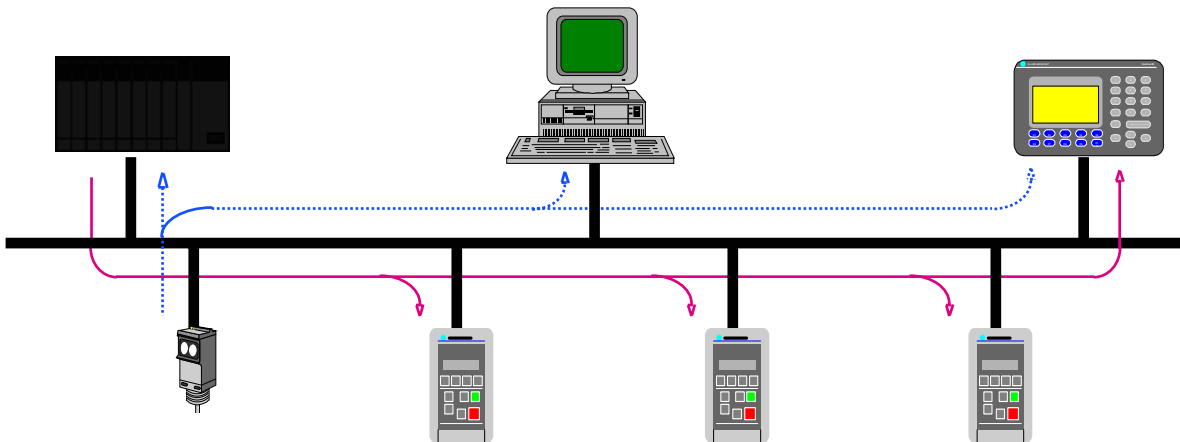


Figura 1.29. Modo de Direccionamiento Multicast.

➤ **Broadcast – One to All**

La información es enviada a todos los nodos de la red simultáneamente. Es utilizado para control cuando los datos son comunes a todos los dispositivos. Por ejemplo el envío de señales de alarma/falla.

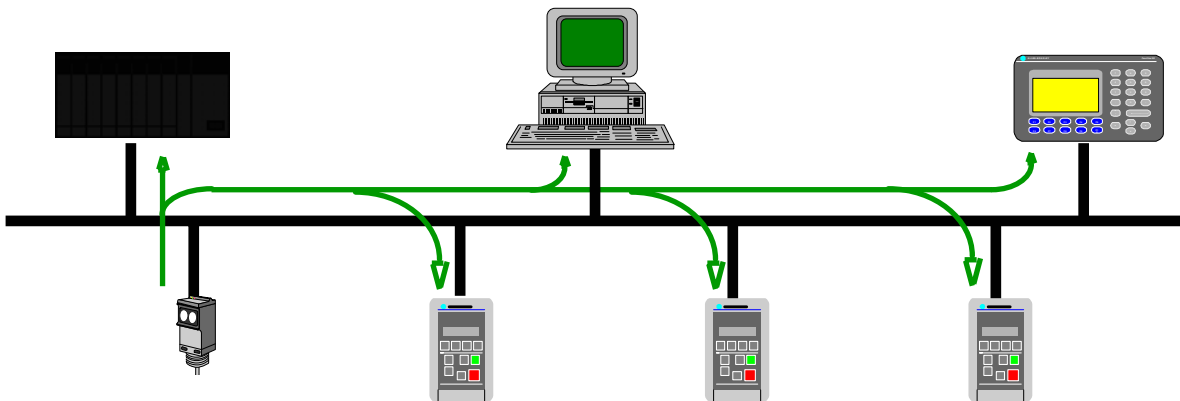


Figura 1.30. Modo de Direccionamiento Broadcast.

Dentro de las configuraciones convencionales para el intercambio de mensajes se encuentra el control clásico para intercambio de datos en una red industrial, el cual es muy ineficiente debido a que la comunicación la controla un solo equipo, tal como se muestra en la Figura 1.31. Algunos ejemplos de la tecnología antigua de redes son: RIO, Profibus, Interbus S.

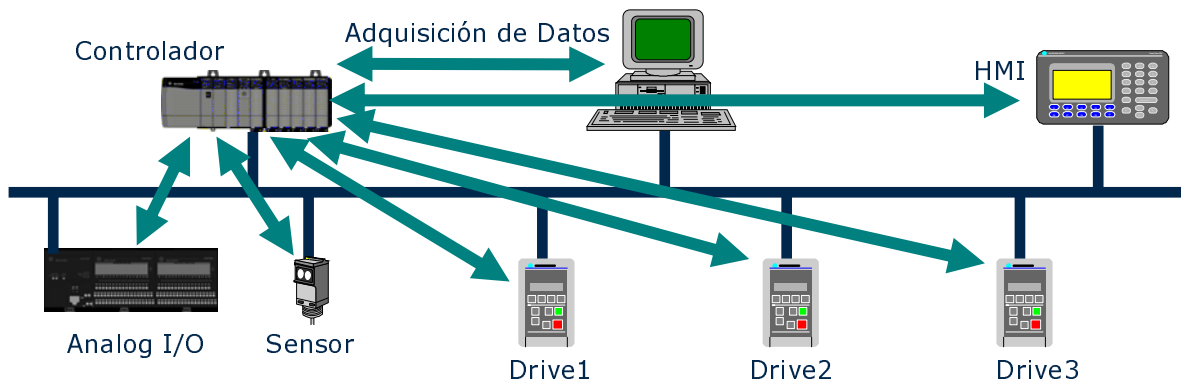


Figura 1.31. Control clásico de intercambio.

Actualmente, existen procedimientos modernos para el control de intercambio de información de los nodos que conforman una red industrial, entre los que se encuentran:

- **Cambio de Estado.** El sensor produce datos solo cuando detecta un evento, como por ejemplo el paso o presencia de un objeto.
- **Multicast.** Envío **simultáneo** de datos a más de un destino.
- **Cíclico.** Programación con configuración estática para el intercambio de información, por ejemplo los módulos de entrada/salida de variables analógicas pueden enviar un dato de proceso cada 50ms, mientras que otro tipo de información será enviada cada 500ms.

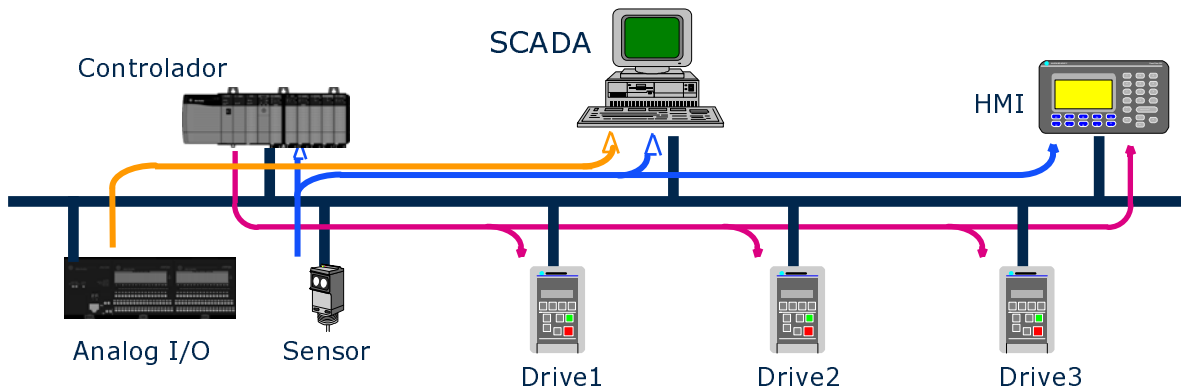


Figura 1.32. Control moderno de Intercambio.

1.10. Jerarquías de Comunicación

1.10.1. Master/Slave

En esta configuración existe un dispositivo maestro y múltiples esclavos. Los esclavos sólo pueden intercambiar datos con el maestro. Es una comunicación inherentemente unicast.

1.10.2. Multimaster

Existe más de un maestro en el mismo sistema, cada uno de los cuales tiene sus propios esclavos. Los dispositivos esclavos sólo intercambian información con su maestro. Es una comunicación inherentemente Unicast.

1.10.3. Peer-to-Peer

Los dispositivos son tratados como iguales, hay un libre intercambio de datos con otros dispositivos tanto como sea necesario. Soporta comunicaciones unicast, multicast o broadcast.

1.11. Modelos para el Intercambio de la Información

Definen la forma como se intercambia la información entre los elementos de una aplicación distribuida, la cual comparte un enlace de comunicaciones.

Estos se clasifican en dos modelos principales, uno basado en colas (modelo cliente – servidor) y otro basado en tablas de conmutación (modelo productor – consumidor).

Los principales criterios de selección de cada modelo son: conectividad, distribución, procesamiento de datos, periodicidad del tráfico, sincronización de los subprocesos.

1.11.1. Modelo Cliente – Servidor

En el modelo cliente – servidor, el cliente es quien se encarga de efectuar una petición o solicitud de servicio. El cliente no posee control sobre los recursos, sino que es el servidor el encargado de manejarlos.

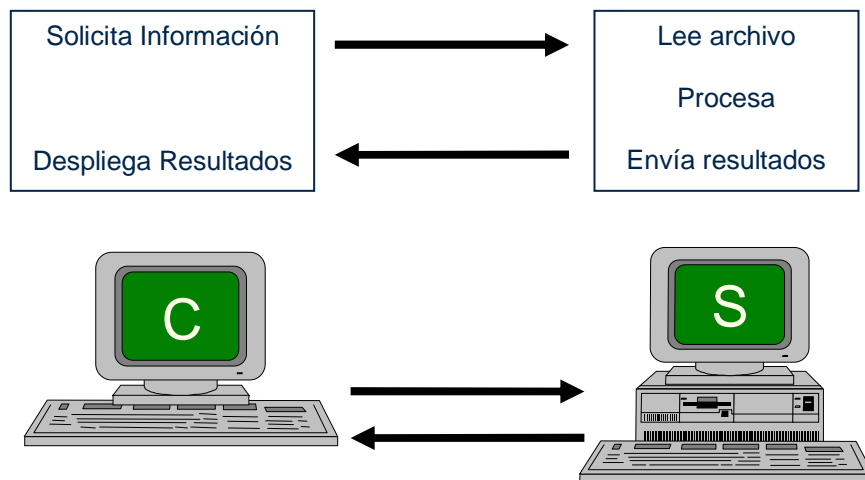


Figura 1.33. Modelo Cliente – Servidor.

El cliente y el servidor no tienen que estar necesariamente en estaciones separadas, sino que pueden ser programas diferentes que se ejecuten en una misma estación.

El modelo, se basa en el principio de colas, es decir, se manejan datos de entrada y de salida. El envío y recepción de datos se realiza cada vez que le toque el turno para comunicarse a esa estación. La comunicación se realiza punto a punto entre el cliente y el servidor. Las solicitudes son tratadas en forma secuencial.

Este modelo es apropiado para la manipulación de eventos, garantizando que su secuencia de tiempo se conserve. Además, es idóneo para transferencia de grandes volúmenes de datos que deban ser transmitidos en paquetes más pequeños.

Por, último, como inconveniente se presenta que se requieren múltiples paquetes para enviar el mismo mensaje a múltiples dispositivos.

1.11.2. Modelo Productor Consumidor

Este modelo emplea grupos de buffers dentro del sistema de comunicaciones de cada estación. Con las siguientes características:

- Cada buffer corresponde a una variable de aplicación.

- Es identificado unívocamente dentro de un grupo de aplicación mediante una etiqueta lógica.
- Mantiene el valor instantáneo de la variable.
- Múltiples nodos pueden consumir el mismo dato al mismo tiempo de un solo productor.
- Programación reducida: Facilidades de configuración: operación síncrona.
- Mayor eficiencia en el ancho de banda de la red.
- Tiempo de respuesta menor: Los datos son comunicados solo cuando se necesitan independientemente de lo cargada que este la red.
- No requiere cableado adicional: Control, programación y diagnóstico sobre la misma red.
- Mayor Productividad: Diseño, Instalación, Mantenimiento, etc.

En el modelo intervienen los siguientes elementos:

- **El productor.** Deposita los datos en el buffer de salida de una variable mediante una función local de escritura.
- **La red.** Copia el contenido del buffer de salida del productor en el (los) buffers de recepción del (de los) consumidor(es).
- **El (los) consumidor(es):** Toman los valores contenidos en los buffers de recepción mediante una función local de lectura.