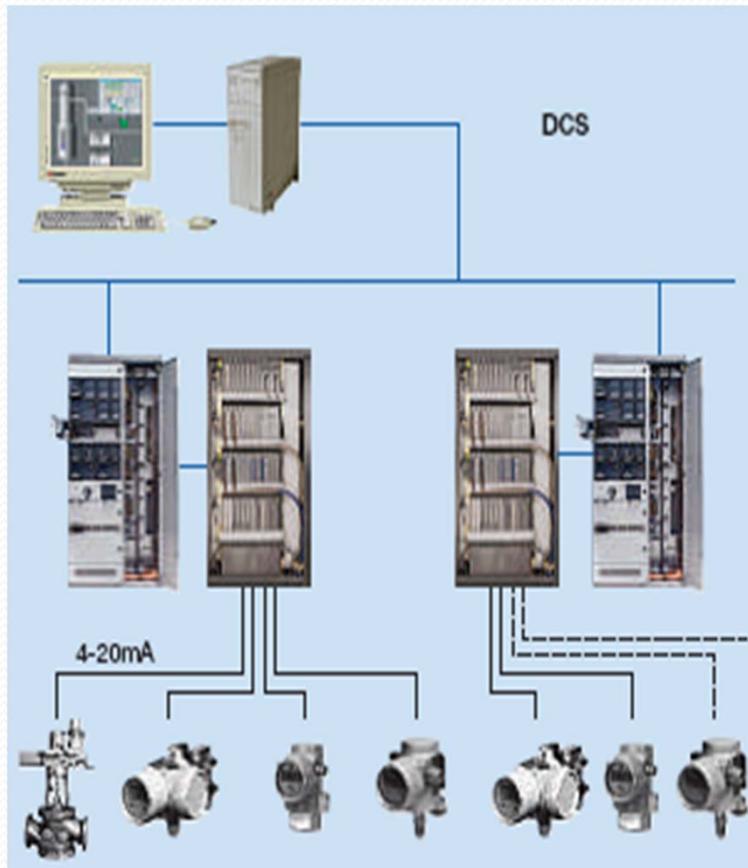


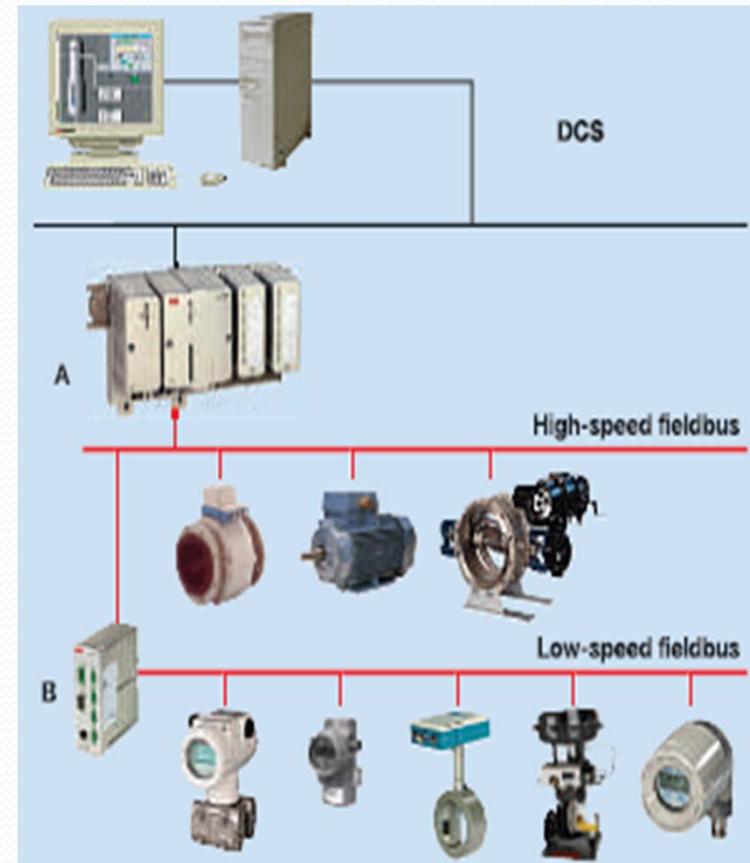
# Comunicaciones Industriales

# Buses de campo (I)

- Método tradicional

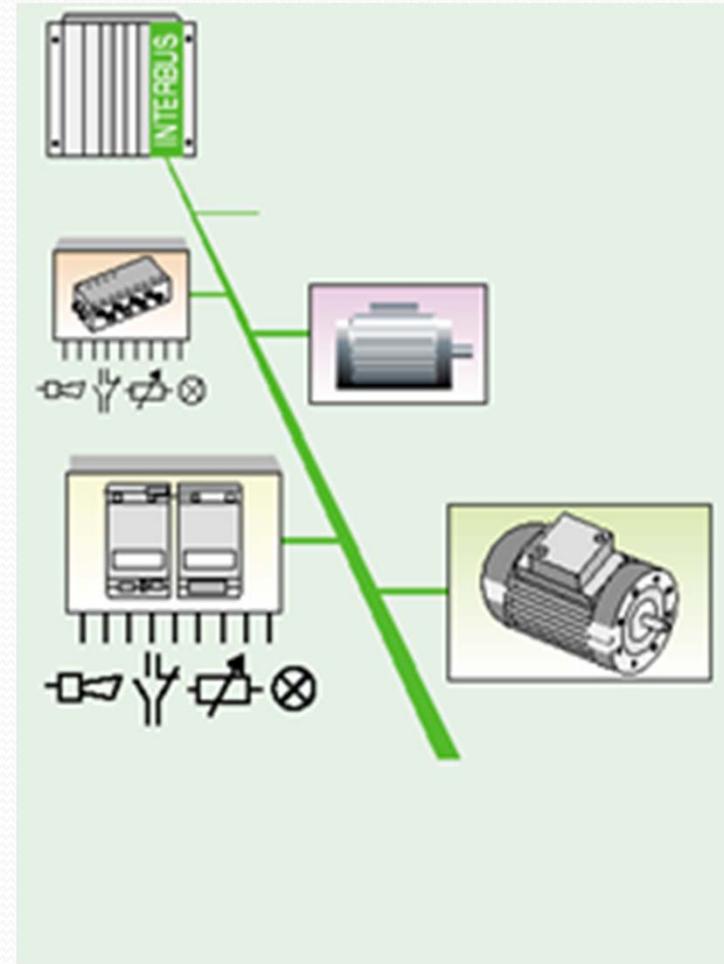


- Buses de campo



# Buses de campo (II)

- Destinado a comunicar equipos de automatización: controladores, sensores y actuadores.
- Características:
  - Tradicionalmente basados en comunicaciones serie sencillas.
  - Digital, bidireccional y multipunto.



# Ventajas de los buses de campo

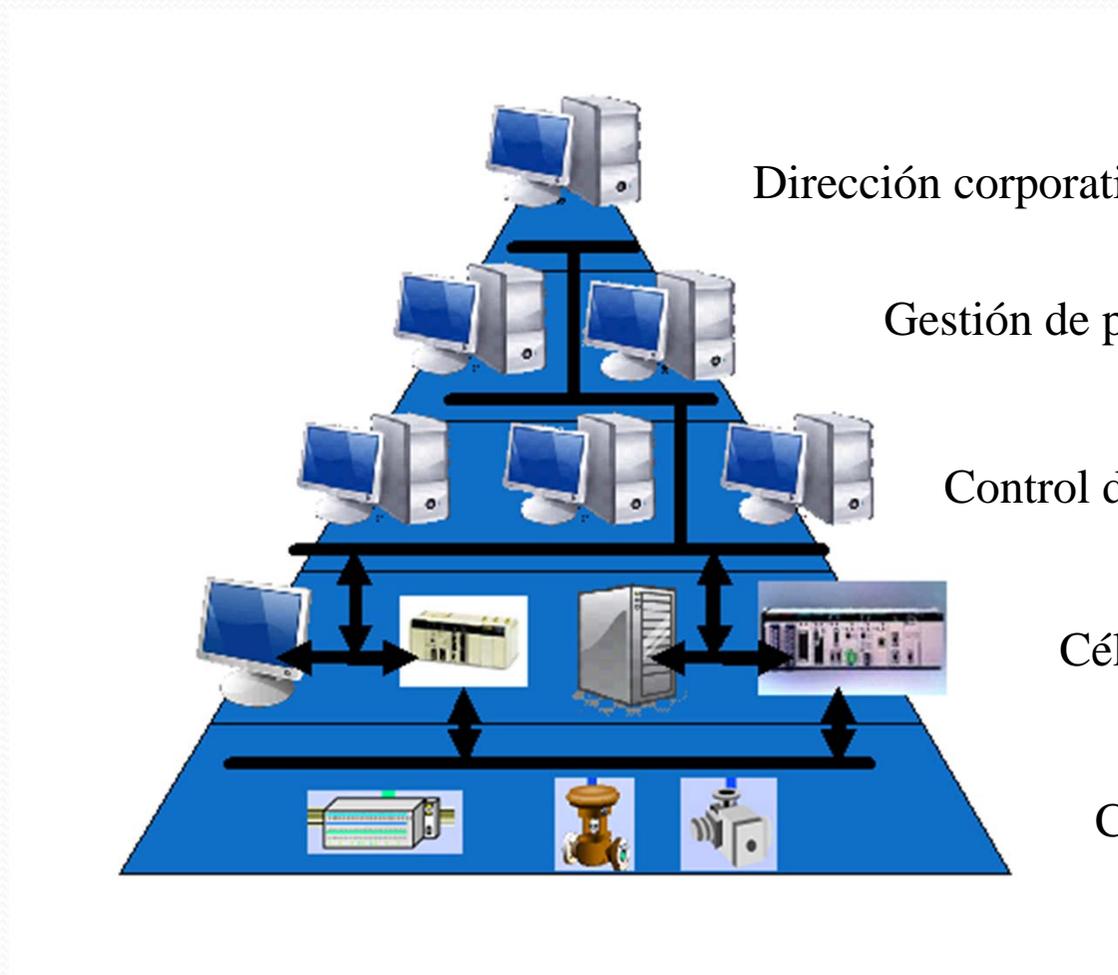
---

- Ahorro de costes
  - Minimización del cableado
  - Facilidad de instalación
  - Reducción del tiempo de mantenimiento
- Simplificación de la arquitectura
- Añadir o quitar elementos en operación
- Ingeniería a distancia
- Puesta en servicio más sencilla
- Interfaces normalizadas

# Inconvenientes de los buses de campo

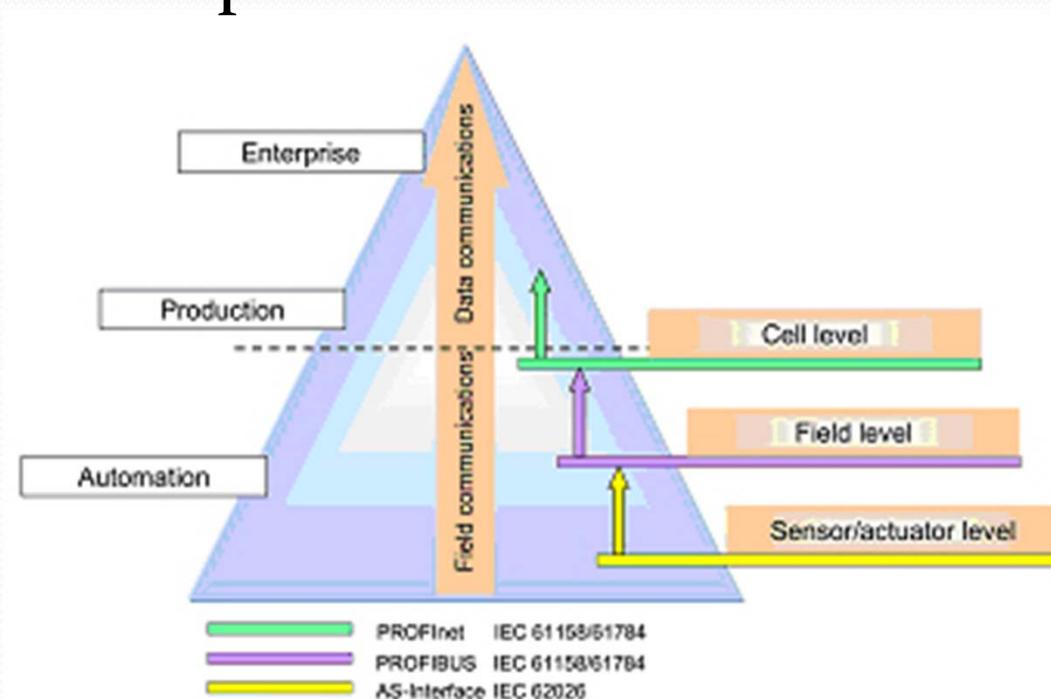
- Son más complejos. Necesidad de personal más cualificado.
- Coste de la inversión inicial.
- Equipos de mantenimiento más sofisticados.
- Tiempos de respuesta ligeramente superiores.
- Gran número de estándares incompatibles entre sí.
- No se sabe qué estándar prevalecerá. Ciertas inversiones pueden llegar a ser obsoletas con el tiempo.

# Pirámide de la Automatización (I)



# Pirámide de la Automatización (II)

- Las comunicaciones tienen lugar tanto horizontalmente dentro de cada nivel como verticalmente entre varios niveles jerárquicos.
- Soluciones adaptadas a cada nivel.



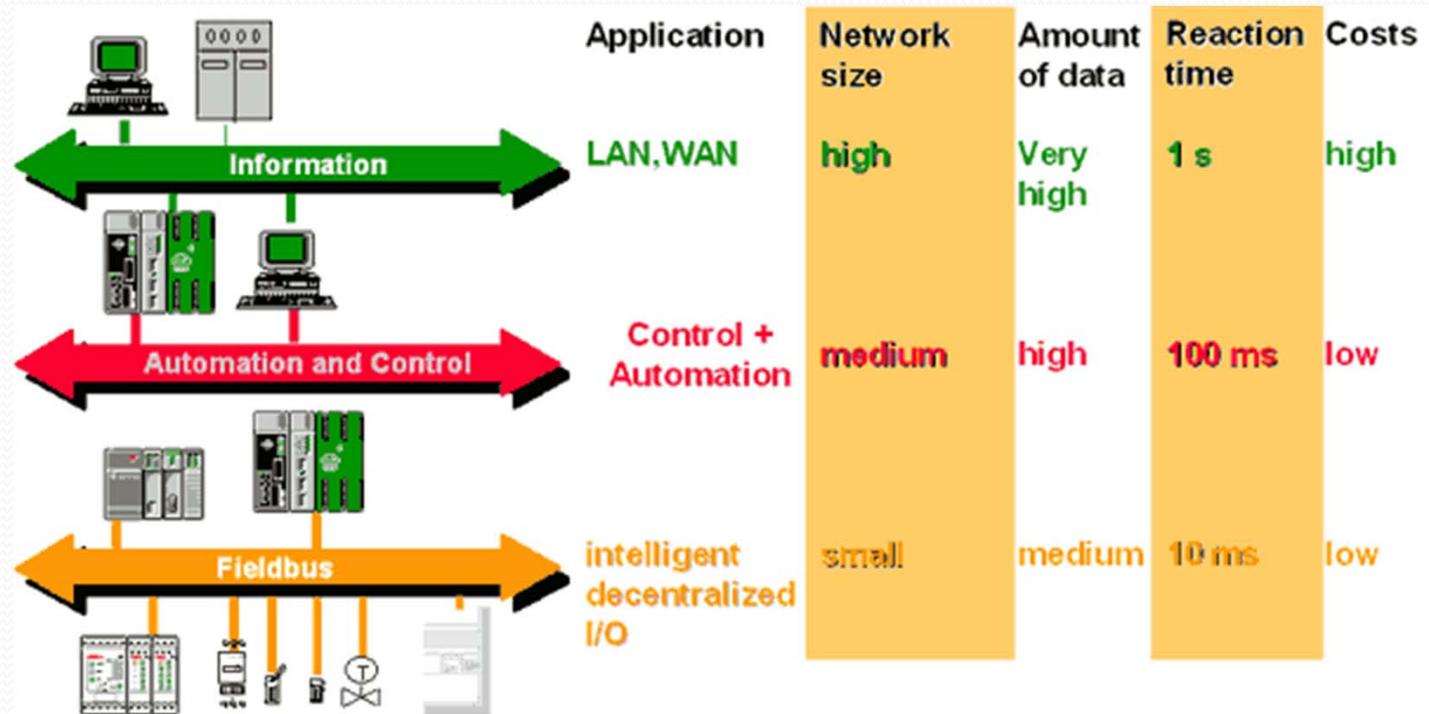
# Pirámide de la Automatización (III)

- Hay soluciones adaptadas a cada nivel.

**PLANTA**  
(Ethernet/TCP/IP)

**CÉLULA**  
(Profibus-FMS)

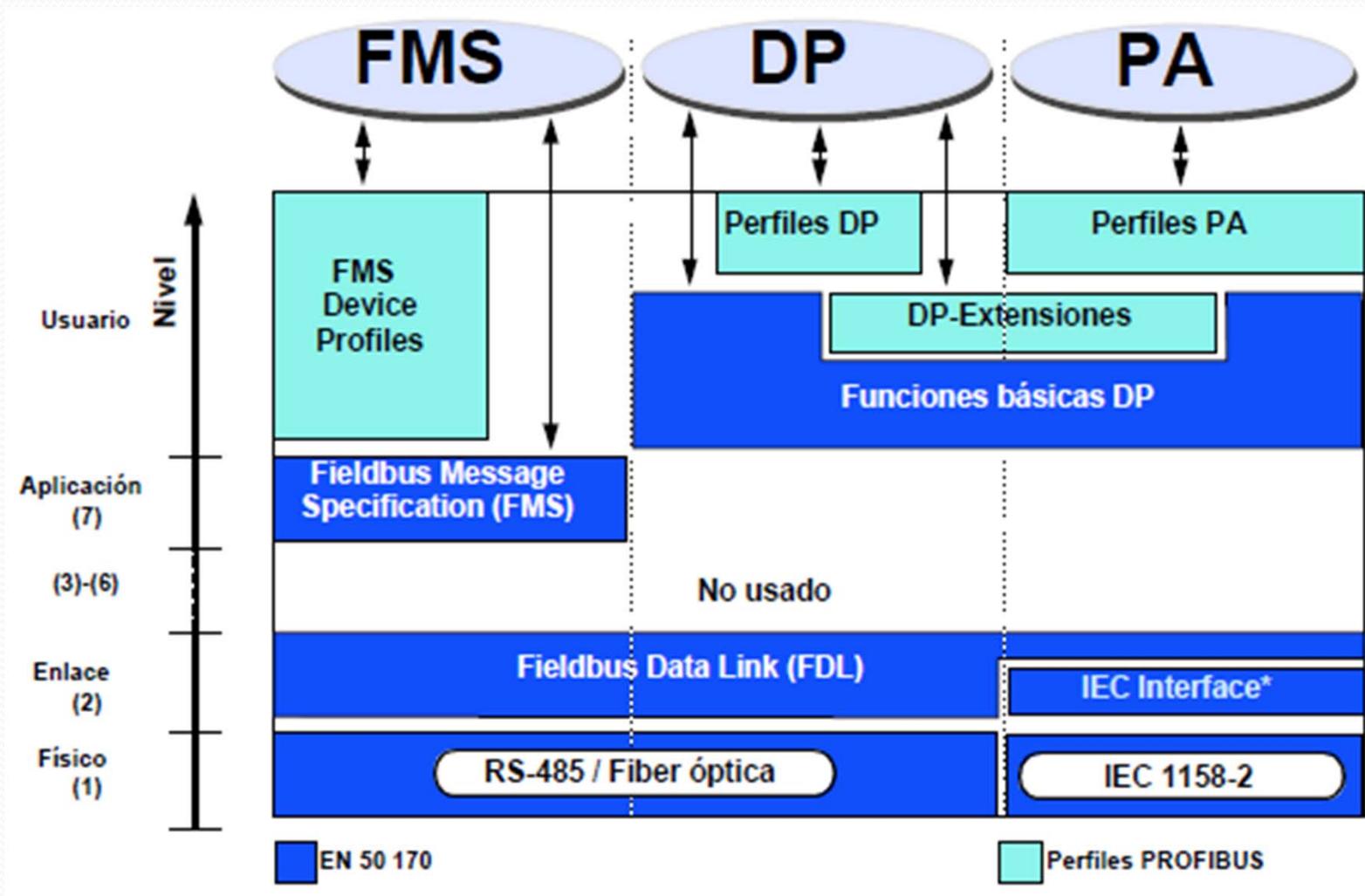
**CAMPO**  
(Profibus-DP,  
Profibus-PA)



# Modelo OSI

Capa	Nombre	Descripción
7	Aplicación	Dependiente de la aplicación de comunicaciones. Especificaciones y protocolos para aplicaciones y usuarios de la red: como enviar una petición, como responder a una petición). Define los mensajes que podrán enviarse y las respuestas que se tendrán en cuenta.
6	Presentación	“Traduce” los datos entre diferentes representaciones. Encriptación y compresión de datos.
5	Sesión	Establece la sesión de comunicación (quien recibe y quien envía) Seguridad, Autenticación, Claves
4	Transporte	Segmentación de los mensajes en paquetes de tamaño manejable Supervisa la corrección de las transferencias Reenvía los mensajes fallidos.
3	Red	Direccionamiento de los paquetes.
2	Enlace	Formato de los paquetes de información, Transmisión de los paquetes (control de flujo y de errores).
1	Físico	Comunicación física . Convierte 1s y 0s lógicos en pulsos eléctricos.

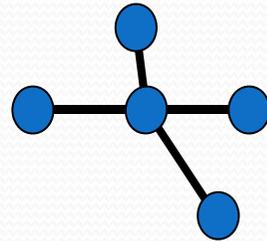
# Ejemplo: Modelo OSI en diferentes perfiles PROFIBUS



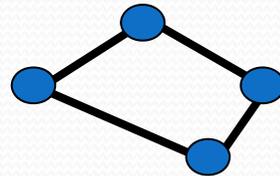
# Nivel físico

- Topologías

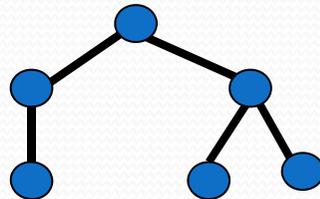
- Estrella:



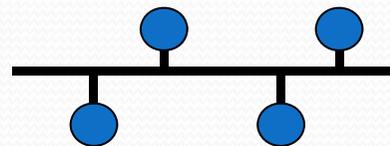
- Anillo:



- Árbol:



- Bus lineal:



- Medio físico

- Cable eléctrico (dos hilos, par trenzado...).
- Fibra óptica.
- Infrarrojos.
- Radio.
- ...

# Tiempo de respuesta

---

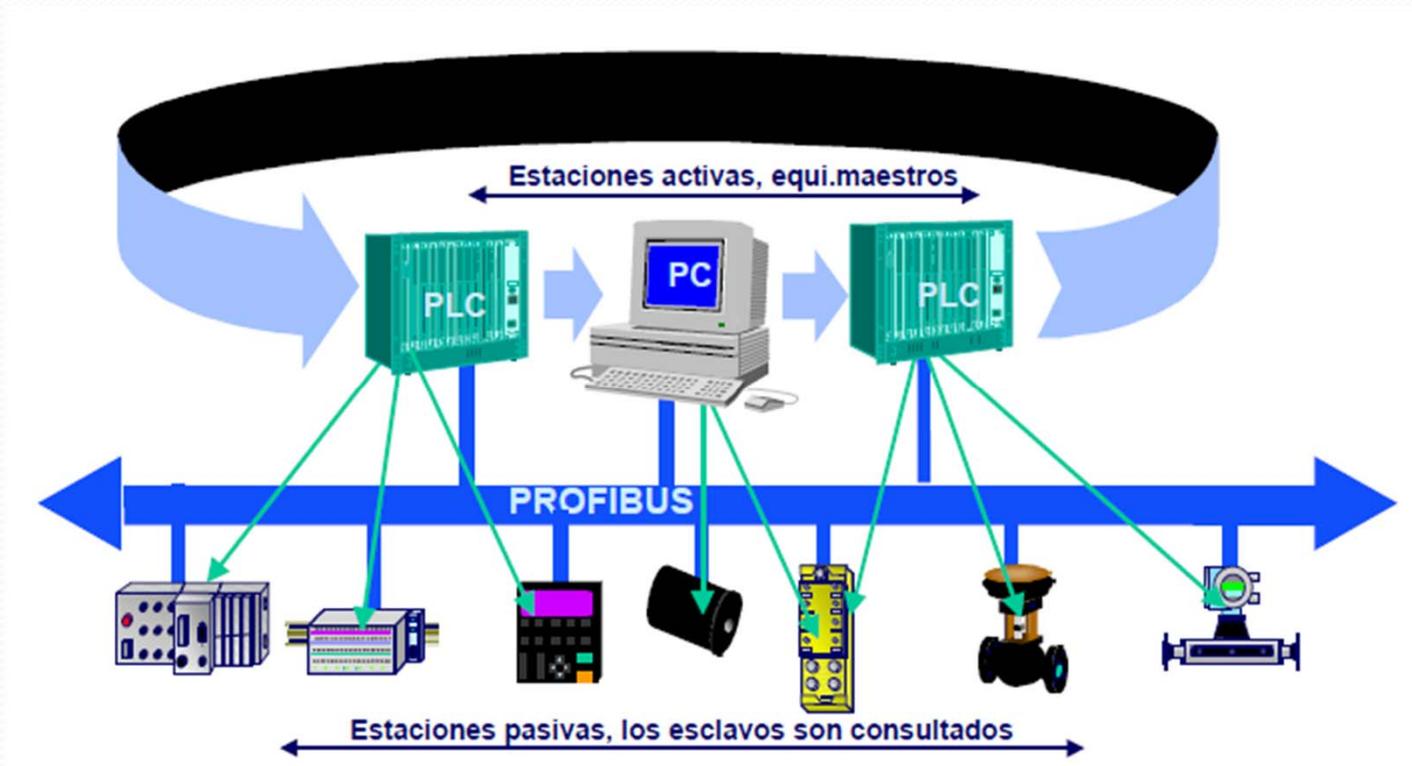


→ tiempo

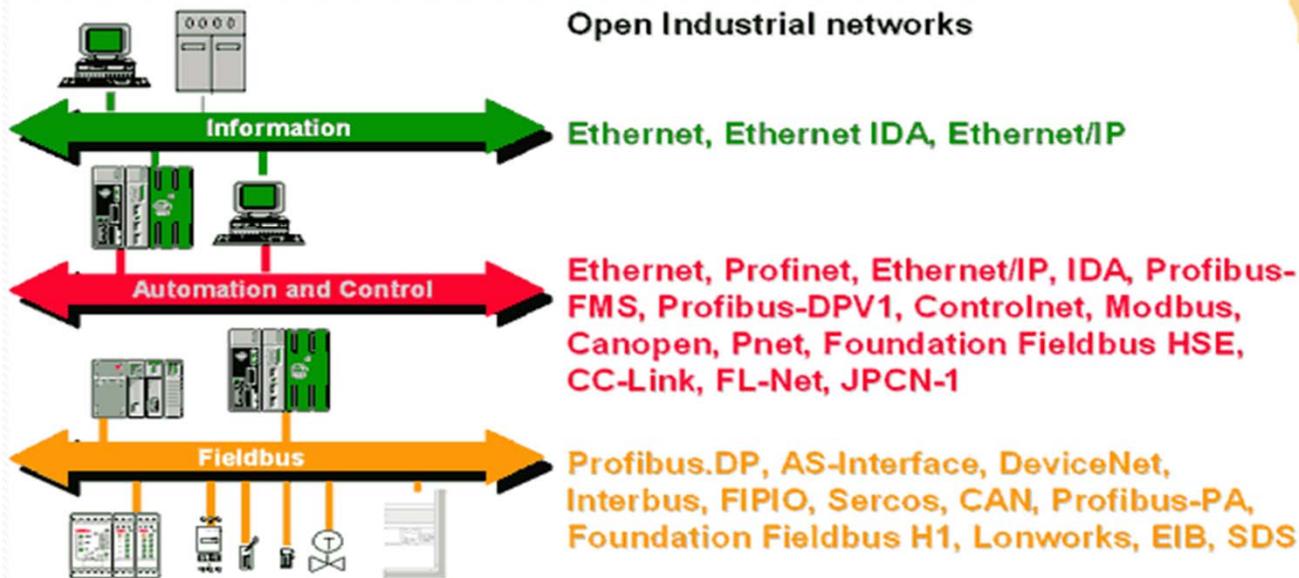
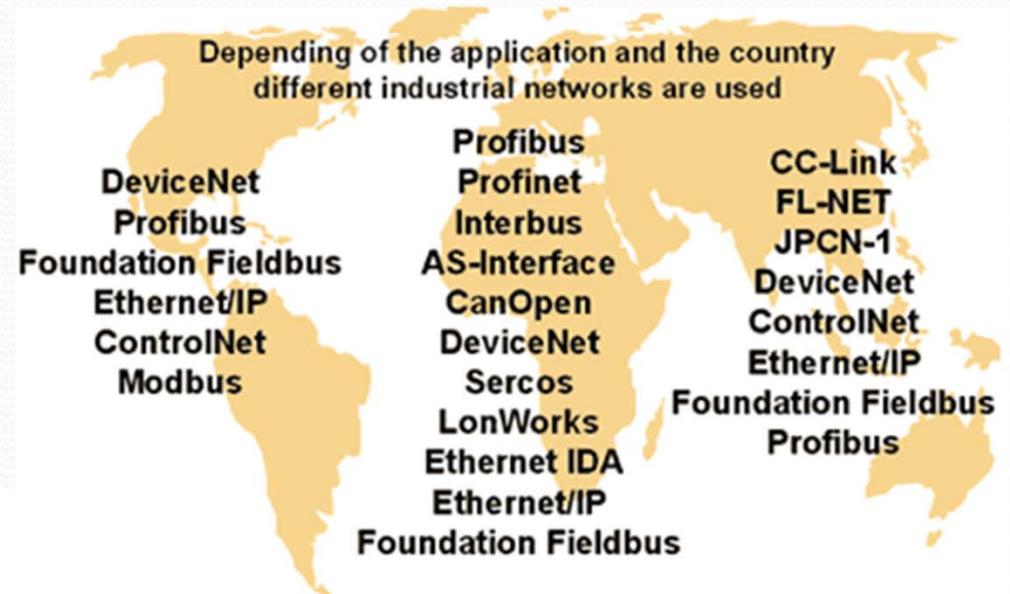
- Tiempos de respuesta rápidos con límites deterministas.
- La red debe garantizar que la respuesta a cualquier evento tendrá lugar en un tiempo adecuado.

# Acceso al medio

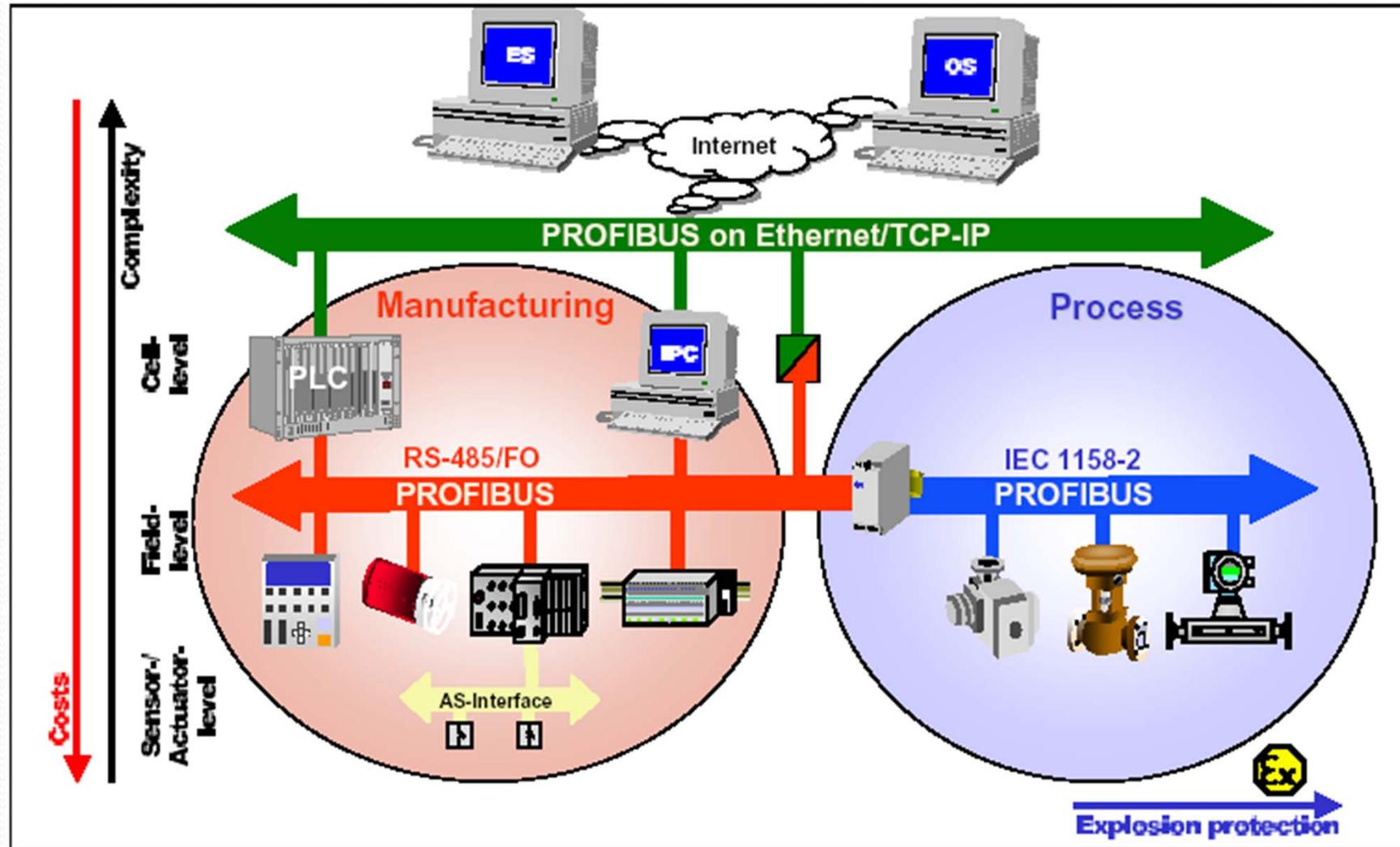
- Polling, time-division, CSMA, token...
- Ej:



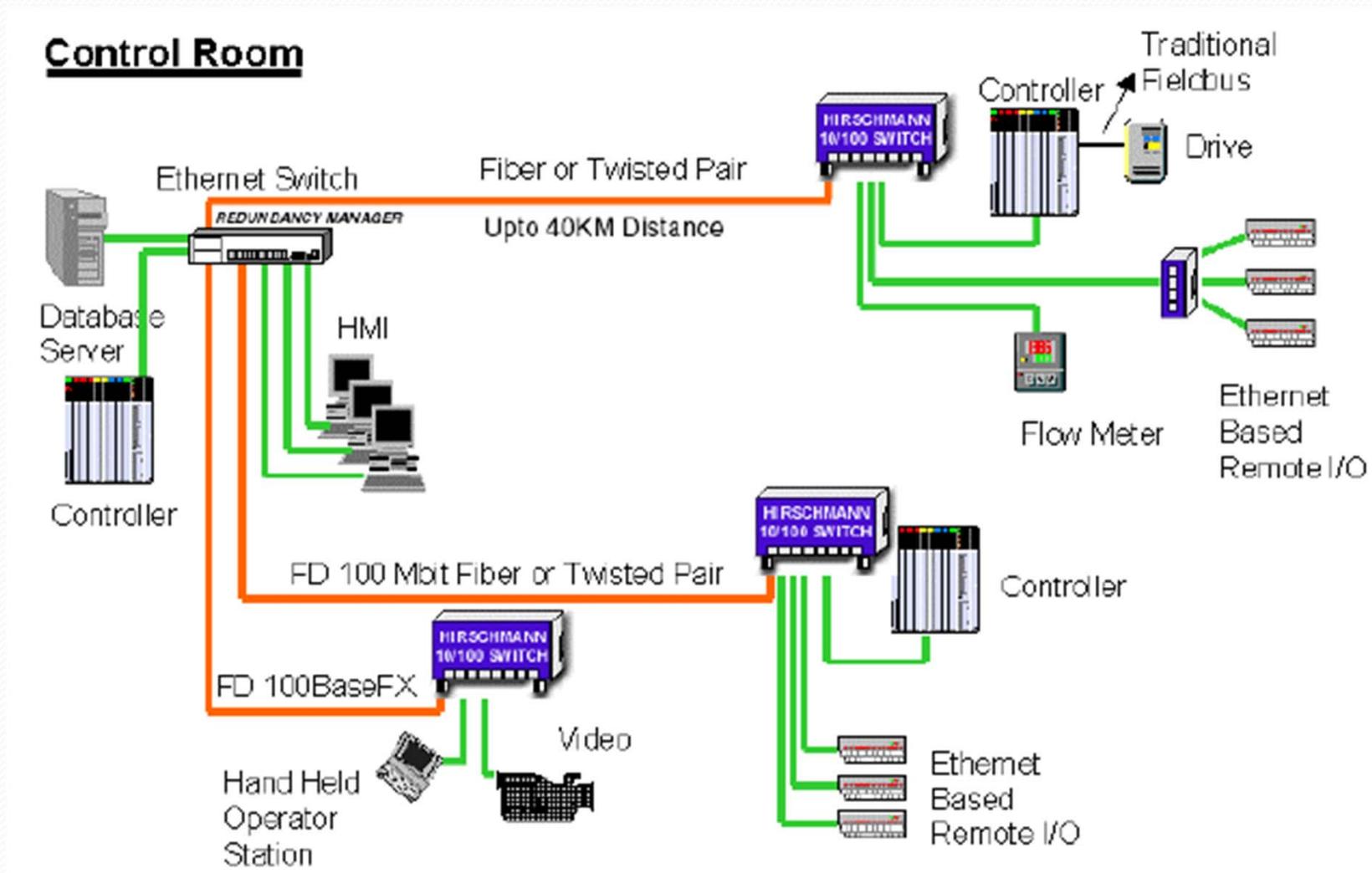
# Opciones comerciales



# Coexistencia de múltiples redes y protocolos (I)

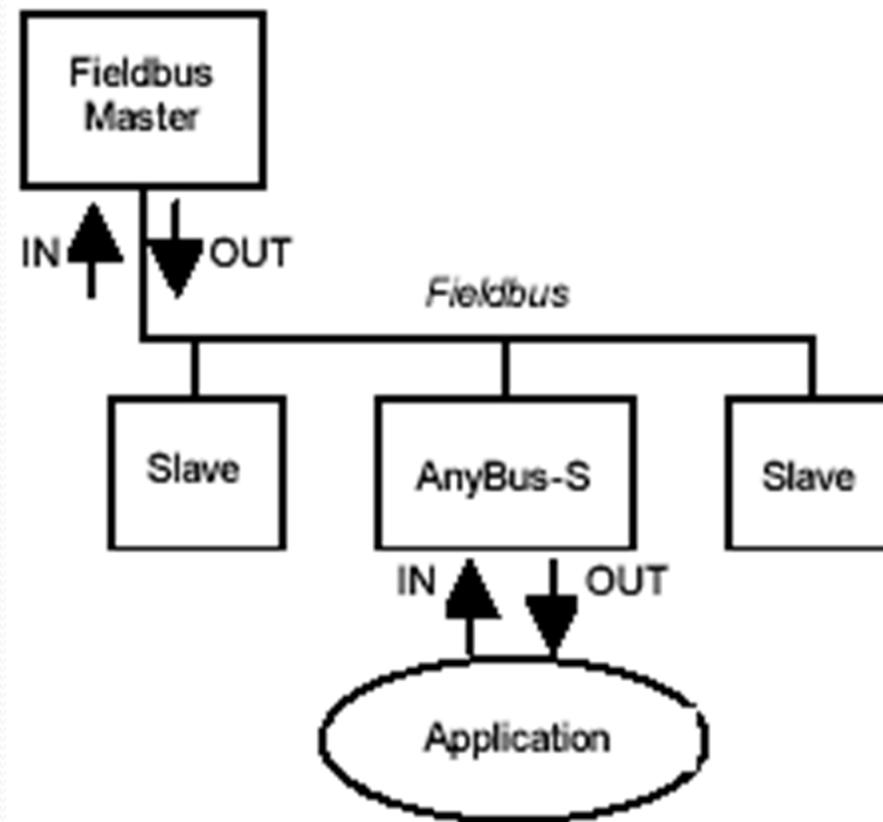


# Coexistencia de múltiples redes y protocolos (II)



# Adaptadores de protocolo

- Pasarelas



# Comparativa de soluciones tradicionales (I)

BUS	Propietario	Principales variantes	Topología	Medio físico	Velocidad base (bps = bits por segundo)	Distancia segmento	Nodos por segmento	Tipo de acceso al bus	Norm.
<b>Buses para aplicaciones de control industrial e instrumentación</b>									
P-NET	Industria (Dinamarca)		Anillo	Partrenzado apantallado	76 800 bps.	1.200 m	125	Paso de testigo Sondeo principal-subordinado	CENELEC EN 50170 Vol. 1
PROFIBUS	Industria (Alemania)	PROFIBUS-DP (Siemens)	Bus lineal	Partrenzado apantallado	9,6 Kbps	1.200 m	32	Paso de testigo	CENELEC EN 50170 Vol. 2.
					19,2 Kbps	1.200 m		Sondeo activa-pasiva	DIN STD 19245
					93,75 Kbps	1.200 m			
					187,5 Kbps	600 m			
					500 Kbps	200 m			
WorldFIP	Industria (Francia)	FIP10 (Schneider) FIPway (Schneider)	Bus lineal	Partrenzado apantallado	31,25 Kbps	1.900 m	32	Centralizado (árbitro de bus)	CENELEC EN 50117 Vol. 3, NFC 46 (601-605), IEC 1158-2
				Fibra óptica	1 Mbps	750 m			
					2,5 Mbps	500 m			
		5 Mbps							
Modbus	Modicon (USA)	Modbus-plus (Schneider)	Bus lineal	Partrenzado	de 300 bps a 19,2 Kbps	1.000 m	248	Sondeo principal-subordinado	
Interbus-S	Phoenix (Alemania)		Anillo	Partrenzado	500 Kbps	400 m	256	Paso de testigo	DIN E19258
Device Net	Allen Bradley (Rockwell)		Bus lineal	Partrenzado	125 Kbps	500 m	64	CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)	ISO 11898, ISO 11519 (Basado en CAN)
					250 Kbps	250 m			
					500 Kbps	100 m			

# Comparativa de soluciones tradicionales (II)

BUS	Propietario	Principales variantes	Topología	Medio físico	Velocidad base (bps = bits por segundo)	Distancia segmento	Nodos por segmento	Tipo de acceso al bus	Norm.
<b>Buses para aplicaciones de control industrial e instrumentación</b>									
ControlNet			Bus lineal Árbol Estrella	Coaxial Fibra óptica	5 Mbps 5 Mbps	1.000 m 3.000 m	48	CTDMA (Concurrent Time Domain Multiple Access)	Basado en CAN
CAN	Bosch y CiA (Alemania)		Bus lineal	Partrenzado	de 50 Kbps a 1 Mbps	de 1.000 m a 40 m	de 127 a 64	CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) con arbitraje de bit	ISO 11898 / 11519
SDS	Honeywell		Bus lineal	Cable de 4 hilos	125 Kbps 250 Kbps 500 Kbps 1 Mbps	500 m	64	CSMA (Carrier Sense Multiple Access)	ISO 11898 (Basado en CAN)
Ethernet		Ethway (Schneider)	Estrella	Partrenzado Fibra óptica	10 Mbps 100 Mbps 100 Mbps 200 Mbps	100 m		CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) TCP / IP	ISO 8802-3
M-Bus			Bus lineal	Cable de 2 hilos	de 300 a 9.600 bps	1.000 m	250	Centralizado	

# Normalización

---

- Tradicionalmente los fabricantes de equipos de automatización desarrollaron sistemas incompatibles entre si.
- En el año 2000, IEC (International Electrotechnical Commission) admitió (IEC 61158) 8 protocolos (tipos) como estándares internacionales de Bus de Campo (Fieldbus):
  - Foundation Fieldbus H1
  - ControlNet
  - PROFIBUS
  - P-NET
  - Foundation Fieldbus HSE
  - SwiftNet
  - WorldFIP
  - Interbus
- Posteriormente se han estandarizado nuevos tipos.
- No todos los fabricantes siguen las normas: protocolos propios.

# Ejemplo: PROFIBUS

- Es el bus de campo más usado con más de 20 millones de nodos instalados.
- Desarrollada en el año 1987 por empresas alemanas (ABB, Bosch, Klöckner Möller, Siemens ...) y 5 institutos de investigación alemanes.
- En 2002 se añade Profinet (versión de Profibus para Ethernet).
- Este tipo de red trabaja con nodos maestros y nodos esclavos. Los nodos maestros se llaman también activos y los esclavos pasivos.
- Características:
  - Cuenta con varios perfiles :FMS (célula/planta), DP (campo en fabrica) y PA (campo en proceso)
  - Velocidades de transmisión: 9.6, hasta 12000 Kbit/s.
  - Número máximo de estaciones: 127 (32 sin utilizar repetidores).
  - Distancias máximas alcanzables (cable de 0.22 mm de diámetro): hasta 93.75 KBaudios: 1200 metros 187.5 KBaudios: 600 metros 500 KBaudios: 200 metros.
  - Estaciones pueden ser activas (maestros) o pasivas (esclavos).
  - Desde máquinas sencillas, pasando por aplicaciones a nivel de célula hasta nivel de proceso con Profibus-PA.

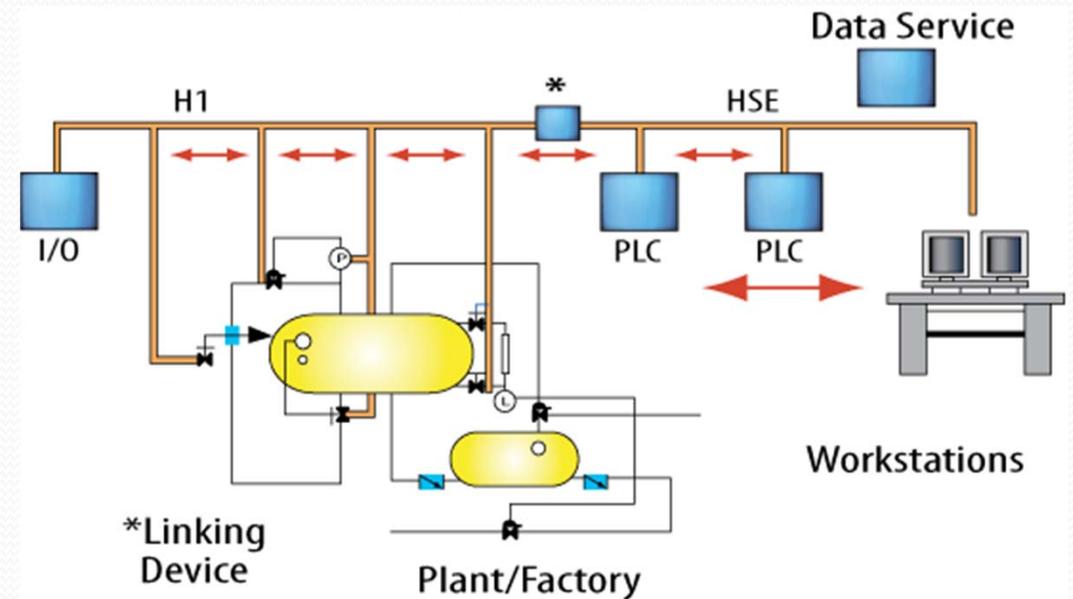
# Ejemplo: Foundation FieldBus (I)

---

- Su objetivo es sustituir el habitual bucle de corriente 4-20 mA de la conexión punto a punto entre los elementos y el equipo de control.
- Fue creada por la Sociedad de Instrumentación, sistemas y Automatización (ISA).
- En 1996 lanzaron el protocolo H1 (31.25 kbit/s) y en 1999 lanzaron el protocolo HSE (High Speed Ethernet).
- La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) incluyó sus protocolos en el Standard IEC 61804.

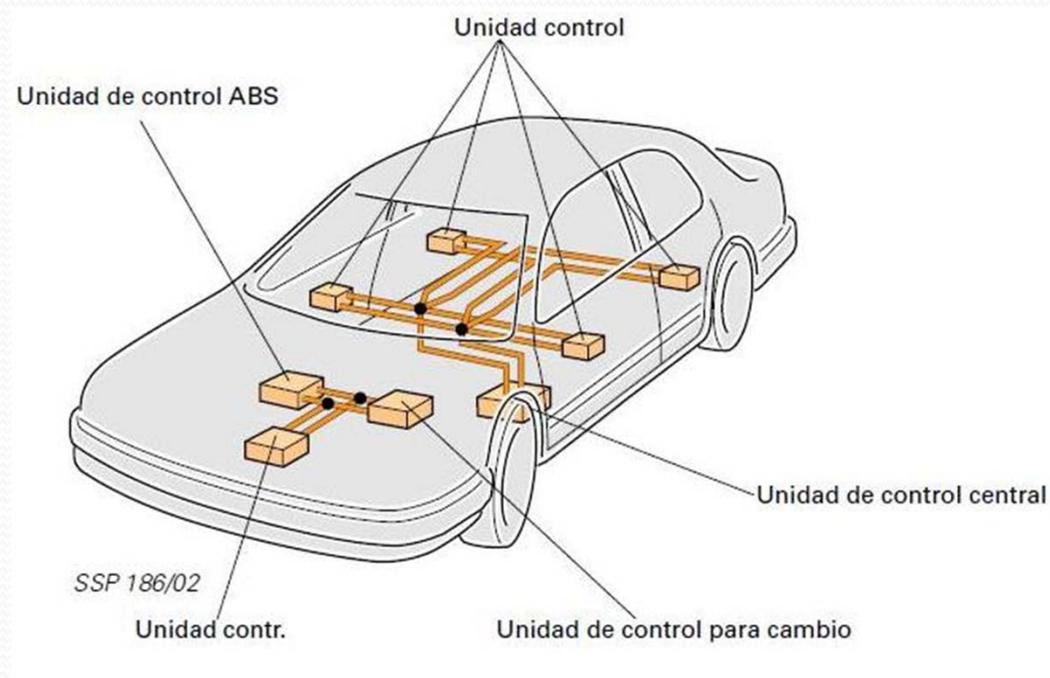
# Ejemplo: Foundation FieldBus (II)

- H1
  - Diseñado para control de procesos, comunicaciones a nivel de campo e integración de dispositivos.
  - 31.25 kbit/s
  - Puede operar con un par de cables trenzados, llevando señal y alimentación en los mismos hilos.
  - Puede usar fibra óptica.
  - Soporta aplicaciones de seguridad intrínseca “Intrinsic Safety (IS)”.
- HSE (High Speed Ethernet )
  - Velocidad hasta 100 Mbit/s.
  - Integración de dispositivos diversos.
  - Integra subsistemas e información empresarial.



# Ejemplo: CanOpen (I)

- CAN (Controller Area Network) es un protocolo de comunicaciones desarrollado por Bosch, basado en una topología bus para la transmisión de mensajes en ambientes distribuidos y multiprocesadores.
- Creado inicialmente para automóviles.



# Ejemplo: CanOpen (II)

---

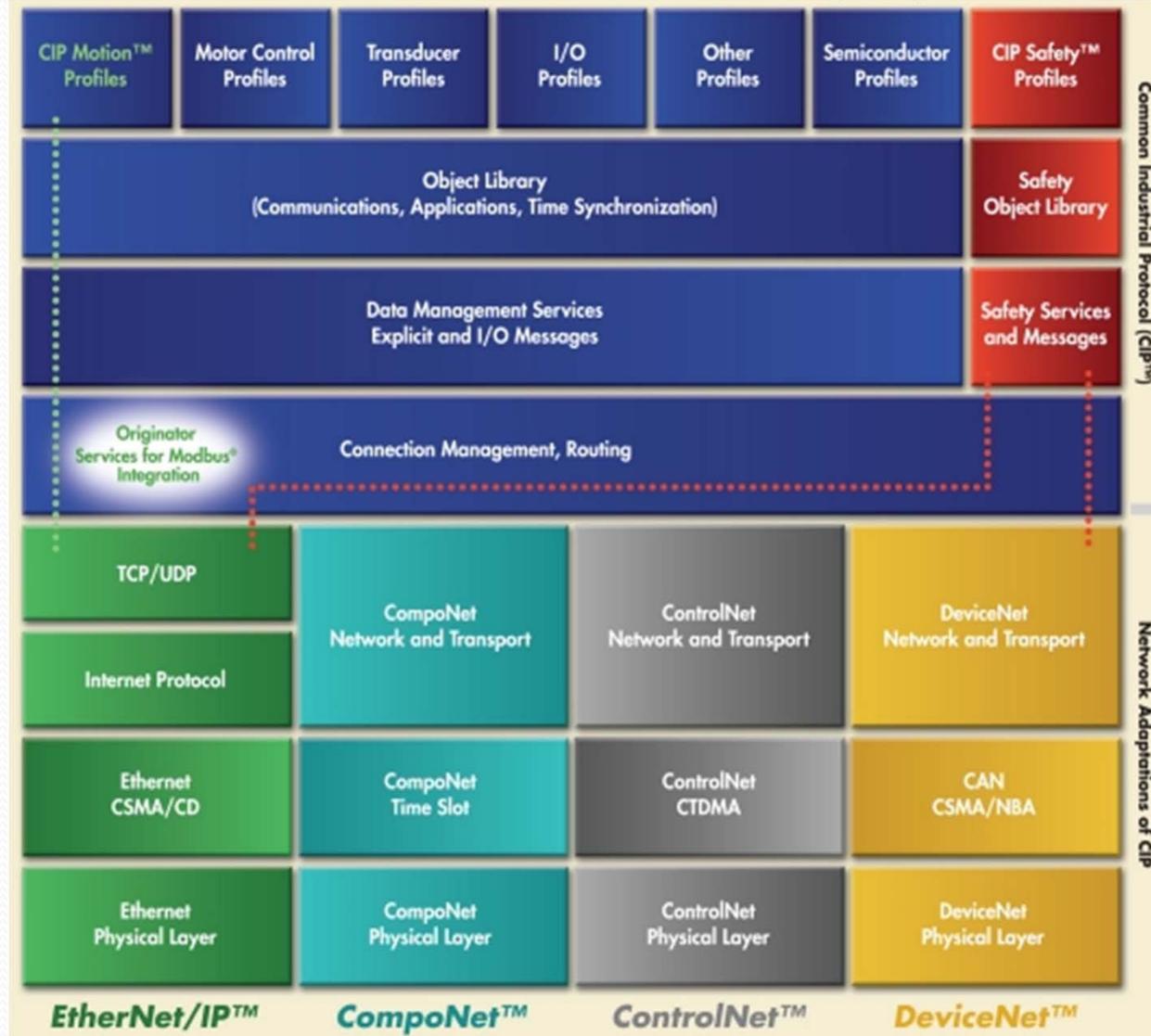
- Características:
  - Prioridad de mensajes.
  - Garantía de tiempos de latencia.
  - Flexibilidad en la configuración.
  - Recepción por multidifusión (*multicast*) con sincronización de tiempos.
  - Sistema robusto en cuanto a consistencia de datos.
  - Sistema multimaestro: varios procesadores en el mismo bus.
  - Detección y señalización de errores.
  - Retransmisión automática de tramas erróneas
  - Distinción entre errores temporales y fallas permanentes de los nodos de la red, y desconexión autónoma de nodos defectuosos.

# Ejemplo: Protocolos CIP (I)

---

- CIP: Common Industrial Protocol.
- Familia de protocolos cuyo origen son redes desarrolladas por Allen-Bradley (actualmente integrada en Rockwell Automation).
- Actualmente lo gestiona ODVA (Open DeviceNet Vendors Association).
- Dentro de esta familia se encuentran redes como:
  - DeviceNet
  - ControlNet
  - EtherNet/IP
  - CompoNet

# Ejemplo: Protocolos CIP (II)



# Ejemplo: Protocolos CIP (III)

---

- **ControlNet:**

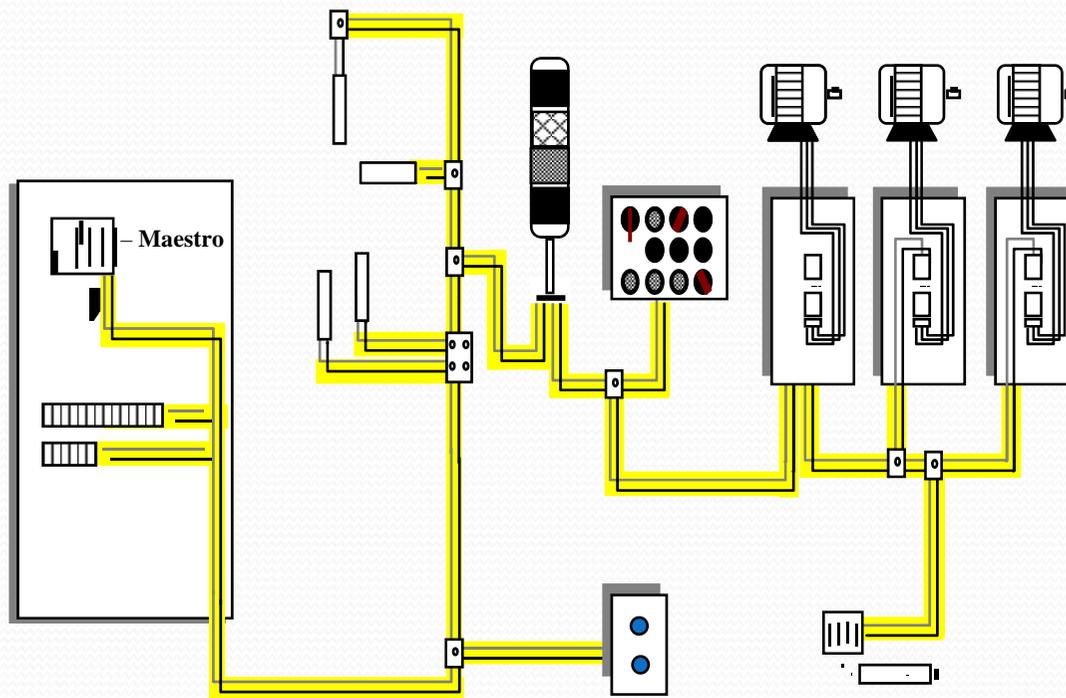
- ControlNet define una única capa física basada en cable coaxial RG-6 con conectores BNC. Las características que distinguen a ControlNet de otros buses de campo incluyen el soporte incorporado para cables totalmente redundantes y el hecho de que toda comunicación en ControlNet es estrictamente planificada y altamente determinista.
- La capa de aplicación de ControlNet está basada en la capa CIP que también se utiliza en DeviceNet y EtherNet/IP.

- **DeviceNet:**

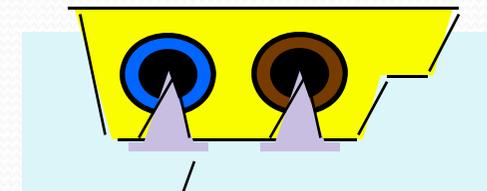
- Emplea un cableado que separa la alimentación de las señales de control.
- Velocidades de transmisión: 125 kbit/s, 250 kbit/s, and 500 kbit/s
- Distancias inversamente proporcional a la velocidad: i.e. 500, 250 and 100 metros respectivamente.
- Mas de 64 nodos por red.
- Soporta comunicaciones maestro-esclavo y peer-to-peer.
- Permite varios maestros en una red.

# Ejemplo: AS-Interface (I)

- **AS-Interface** o AS-i es un Bus de Sensores y Actuadores (bus de campo), estándar internacional IEC62026-2 y europeo EN 50295 para el nivel de campo más bajo.



Cable plano protegido contra polaridad incorrecta



Cuchillas de penetración

# Ejemplo: AS-Interface (II)

---

- Características:

- Ideal para la interconexión de **sensores y actuadores binarios**.
- A través del cable AS-i se transmiten **datos y alimentación**.
- Cableado **sencillo y económico**. Se puede emplear cualquier cable bifilar de 2 x 1.5 mm<sup>2</sup> no trenzado ni apantallado.
- El cable específico para AS-i, el **Cable Amarillo**, es autocicatrizante y está codificado mecánicamente para evitar su polarización incorrecta.
- Gran **flexibilidad de topologías**, que facilita el cableado de la instalación.
- Sistema **monomaestro**, con un protocolo de comunicación con los esclavos muy sencillo.
- Ciclo del **bus rápido**. Máximo tiempo de ciclo **5 ms** con direccionamiento estándar y **10 ms** con direccionamiento extendido.
- Permite la conexión de **sensores y actuadores No AS-i** mediante módulos activos.
- Hasta **124 sensores y 124 actuadores** binarios con direccionamiento estándar.
- Hasta **248 sensores y 186 actuadores** binarios con direccionamiento extendido.
- Longitud máxima de cable de 100 m uniendo todos los tramos, o **hasta 300 m** con repetidores.

# Ejemplo: Redes Basadas en Ethernet(I)

- **Industrial Ethernet** es el nombre utilizado para referirse al uso de redes basadas en el protocolo Ethernet en entornos industriales, automatización y control.
- **Características:**
  - Utilizan diversas técnicas para adaptar el protocolo de Internet a las necesidades de tiempo real de los procesos industriales.
  - Al usar protocolos no propietarios, permiten la interconexión de sistemas de automatización de diferentes fabricantes
  - Industrial Ethernet tiene la ventaja de que reduce el coste y facilita las comunicaciones entre controladores industriales debido a que se basa en comunicaciones y conexiones utilizadas en computadoras convencionales.

# Ejemplo: Redes Basadas en Ethernet (II)

Serial	Ethernet	Protocol	Network	Standards
Modbus-RTU	Modbus-TCP	TCP/IP		IEC 61158 and IEC 61784
Profibus	PROFINET IO	Isochronous real time protocol (IRT), Real time protocol (RT), Real time over UDP protocol (RTU)	Switches, router and wireless, from 100 Mbit/s up to 1 Gbit/s	IEC 61158 and IEC 61784
DeviceNet (CIP); ControlNet (CIP)	Ethernet/IP (CIP)	TCP/IP; UDP/IP	Switches, router and wireless, from 100 Mbit/s up to 1 Gbit/s	IEC 61158 and IEC 61784; ODVA EtherNet/IP <sub>r</sub> standard
Foundation Fieldbus H1	Foundation Fieldbus High Speed Ethernet (HSE)			
CANopen	Ethernet Powerlink		Ethernet 100Mbit/s	by EPSG (Ethernet Powerlink Standardization Group)
CANopen	EtherCAT	EtherCAT, EtherCAT/UDP	Ethernet 100Mbit/s	IEC 61158, IEC/PAS 62407, IEC 61784-3, ISO 15745-4
	<b>VARAN</b> Versatile Automation Random Access Network	VARAN, TCP/IP, Safety	Ethernet 100Mbit/s	VARAN-BUS USER GROUP - VNO
SERCOS I / II	SERCOS III		Ethernet 100Mbit/s	IEC 61491, merged into IEC 61158
	FL-Net (OPCN-2)	UDP/IP	Ethernet 10Mbit/s	by JEMA (Japan Electrical Manufacturers' Association)

# Ejemplo: Redes Basadas en Ethernet (III)

- **Ethernet POWERLINK (EPL):**

- Es un protocolo de comunicación en tiempo real basado en hardware estándar Ethernet.
- POWERLINK no es un hardware, es un software que funciona sobre un hardware estándar.
- Su principio de funcionamiento hace que el POWERLINK sea apto para aplicaciones de automatización industrial donde **varios elementos de control** (autómatas, pantallas de operador, módulos de E/S, variadores de frecuencia, módulos de seguridad, sensores etc.) tengan que comunicar entre ellos de forma rápida, isócrona y sobre todo precisa (es decir minimizando el tiempo de latencia de la red), garantizando desde luego que el proceso de **comunicación sea fiable y repetitivo**.