

## Índice

1.	Introducción a las comunicaciones industriales	3
1.1	Redes industriales	3
1.2	Tipos de comunicaciones industriales.	4
1.3	Breves nociones históricas.	8
1.4	Características generales.	8
1.5	Estándar europeo para buses de campo.	10
2.	Profibus.	11
2.1	Introducción.	11
2.2	Características generales.	12
2.3	Perfiles Profibus.	13
2.4	Modelo ISO OSI.	14
2.5	Medios físicos de transmisión de datos.	15
2.5.1	RS-485.	16
2.5.2	Fibra óptica.	19
2.5.3	IEC 1158-2.	19
2.6	Coordinación de datos.	20
3.	Profibus-DP	24
3.1	Funciones básicas.	24
3.1.1	Características generales.	25
3.1.2	Configuración del sistema.	26
3.1.3	Comportamiento del sistema.	27
3.1.4	Transmisión cíclica entre DPM1 y los esclavos.	28
3.1.5	Modos de sincronismo y congelación.	28
3.1.6	Mecanismos de protección.	28
3.2	Funciones extendidas de DP.	29
3.2.1	Direccionamiento por índice.	29
3.2.2	Transmisión de datos acíclicos entre DPM1 y los esclavos.	30
3.2.3	Transmisión de datos acíclicos entre DPM2 y los esclavos.	30
4.	Profibus-FMS	32
4.1	Servicios FMS	33
4.2	Interfaz de capas bajas (LLI)	34
4.3	Director de red	35
5.	Profibus-PA	36
5.1	Procesos de automatización.	36
5.1.1	Aspectos de la comunicación.	37
5.1.2	Aspectos de la aplicación.	37
5.1.3	Bloque de funciones PA	39
5.2	Aplicaciones libre de errores.	39
5.3	Perfil de aplicaciones para dispositivos especiales.	40
6.	Conexión de dispositivos.	41
6.1	Archivos GSD.	41
6.2	Nº de identificación.	42
6.3	Descripción electrónica del dispositivo.	42
6.4	Concepto de FDT.	43
7.	Opciones de implementación de dispositivos.	44
7.1	Implementación de un esclavo simple.	45
7.2	Implementación de un esclavo inteligente.	45

7.3	Implementación de un maestro simple.	45
7.4	Certificación de los dispositivos.	45
8.	Profinet	47
9.	Lista de abreviaturas	49
10.	Contacto con Profibus.	50
11.	Diapositivas de la exposición.	51



## 1. Introducción a las Comunicaciones Industriales.

Los buses de campo son los interlocutores entre los dispositivos en contacto directo con el sistema, sensores y actuadores, y los esquemas de control y gestión de un sistema de fabricación integrado, por medio de comunicaciones industriales.

La comunicación a través de buses en células de fabricación flexibles en pequeña y mediana empresa poco a poco se van convirtiendo en imprescindibles, por las ventajas que estos aportan: reducción del cableado, aumento del control mediante la ampliación de variables de la fabricación, comunicación de los estados de fabricación y mantenimiento desde sistemas remotos; ventajas aplicables hasta en secciones de pequeñas dimensiones.

La mayoría de estos buses de campos son controlados por autómatas programables (A. P.), que mediante una tarjeta de expansión permiten la interconexión con múltiples dispositivos desde un simple sensor de temperatura hasta una cadena de producción completa, pasando por dispositivos como variadores de frecuencia que controlan motores, ... etc.

### 1.1 Redes Industriales

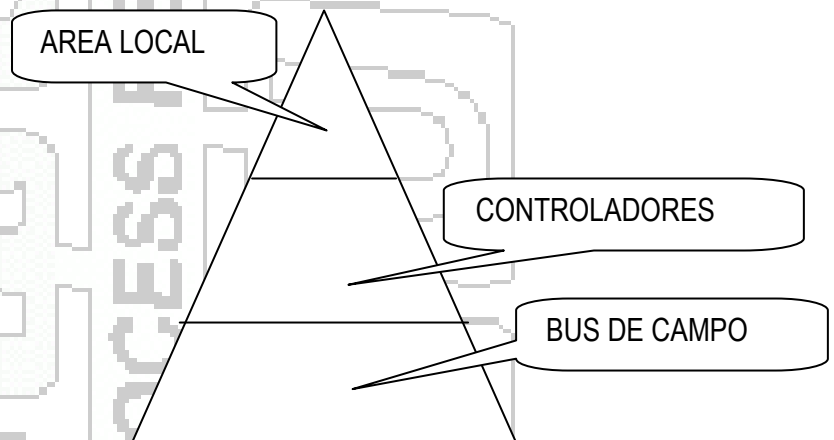
Básicamente la jerarquía de las comunicaciones industriales se puede representar de forma abreviada con forma piramidal.

En la cima nos encontramos con el nivel de información de la red o redes locales que dan las consignas de producción a las capas inferiores.

En el centro se localiza el nivel de los controladores, donde operan diversos sistemas y se pueden encontrar sistemas de control especializados, autómatas programables, buses de instrumentación sobre ordenadores, sistemas de supervisión y SCADA. ...etc.

Y en el nivel inferior se localiza el nivel de campo donde se localizan los actuadores, sensores y controladores del sistema, siendo el principal soporte de comunicación el bus de campo (fieldbus).

Como se puede apreciar los distintos niveles se comunican entre sí, aunque se implementen en cada nivel distintas soluciones de comunicación. Llevando a cabo esta labor de comunicación están los gateway o pasarelas. En el nivel superior el soporte de comunicación suelen ser redes de ordenadores formando una red local, en el mismo edificio, entre distintos edificios e incluso utilizando internet. Las redes locales se han diseñado para los niveles de información y de controladores. En estas redes se pueden integrar autómatas programables mediante tarjetas ethernet y fibra óptica, módems; en estas redes las velocidades de transmisión pueden llegar a sobrepasar los 100 Mbps. En este nivel se integran protocolos como el conocido TCP/IP.



Las redes industriales como elemento de comunicación entre ordenadores y controladores permiten el control distribuido de los sistemas de automatización. En entornos industriales es frecuente su uso en la coordinación de las células de robótica y control numérico con el resto del sistema de la planta.

Todos los participantes en la comunicación lo hacen a través de un cable común, con protocolo común. Los terminales de operarios permiten incorporar parámetros y diagnósticos frecuentes sobre los procesos de una forma rápida y eficaz. Los diferentes procesos de una misma planta se pueden coordinar y supervisar mediante un SCADA. La velocidad de transmisión en estos niveles suele ser de entre 2-10 Mbps. La topología más habitual suele ser bus admitiendo ramificaciones apareciendo diferentes segmentos. Las distancias máximas suelen ser de 2 Km.

Los dispositivos conectados a un bus, independientemente del fabricante, se pueden clasificar en maestros y esclavos, habitualmente. Los maestros son los encargados de mantener el protocolo y el correcto funcionamiento de las comunicaciones, de transferir las órdenes desde las capas más altas hasta los últimos ejecutores y de transmitir la información de los sensores, además de realizar las labores de control que le hayan sido asignadas. Los esclavos son dispositivos del tipo sensores, actuadores o controladores se encargan de transmitir información al maestro o maestros del bucle o ejecutarla. La comunicación que se da en el bus es entre:

- Controladores (comunicación entre maestros), que resolverán las cuestiones de comunicación entre ellos, incluyendo las funciones de gestión del bus y turno de acceso a los dispositivos de máquinas (esclavos), la comunicación entre controladores se realiza en un mismo canal y como control de acceso al medio se utiliza el paso de testigo en bus: bus token pas, entre los controladores pueden existir una o varias estaciones principales a su vez.
- Controladores y dispositivos de máquina (comunicación entre maestros y esclavos). En general se realiza un mapa de asignación a cada dispositivo del bus. Los dispositivos esclavos son asignados a las unidades principales. Por lo tanto existe una identificación detallada de cada dispositivo para direccionar la información que se envía. Esclavos y maestros deberán seguir unas reglas de acceso y coordinación regidas por el protocolo del bus que pueden ser como: sondeo cíclico de todos los dispositivos con un tiempo máximo o esperar a que ocurran variaciones de los datos en los esclavos, y establecer exclusivamente la comunicación en este caso.

## **1.2 Tipos de comunicaciones industriales**

Se observan tres gamas de productos de comunicación industrial, que se agrupan en :

1. Redes Industriales. Se fusionan autómatas programables y ofimática, estableciendo como base para la comunicación o estándares con el Ethernet Industrial o soluciones propias.
2. Buses de campo. Usados para el control de dispositivos de maquinaria y controladores, especificados normalmente sobre sistema de bus abierto tal como: ComporBusD, DeviceNet, WorldFip, Interbus-S, ModBus, ...etc, o como el que es objeto este trabajo el PROFIBUS.
3. Bus de dispositivos. Bus alternativo más económico que el anterior y de fácil integración. El objetivo de este bus es simplemente la simplificación de la conexión de sensores y actuadores, reduciendo el cableado. Estos buses suelen ser propios de cada fabricante y de protocolo no libre.

# PROFIBUS, Process Field Bus

A continuación se muestra una comparativa sobre los distintos tipos de buses industriales.

Información básica				
Nombre	Desarrollo de tecnología	Año de introducción	Estándar	Características
Profibus DP/PA	Siemens	DP-1994, PA-1995	EN 50170 /DIN 1945 part 3 (DP) / 4 (PA), IEC 1158-2 (PA)	ASICs desde Siemens y Profichip, productos para más de 300 vendedores
INTERBUS-S	Phoenix Contact, Interbus Club	1984	DIN 19258 EN 50254	Productos para más de 400 dispositivos
DeviceNet	Allen-Bradley	Marzo 1994	ISO 11898 y 11519	17 vendedores de integrados, más de 300 vendedores de productos, especificaciones libres
ARCNET	Datapoint	1977	ANSI / ATA 878.1	Especificaciones de chips y placas según ANSI libres
Foundation Fieldbus H1	Fieldbus Foundation	1995	ISA SP20 / IEC 61158	Chips, software y productos de muchos vendedores compatibles
Foundation Fieldbus High Speed Ethernet (HSE)	Fieldbus Foundation	Fase de desarrollo(1996)	IEEE 802.3u RFC para IP, TCP y UDP	Conectividad con Ethernet, bajo coste
IEC / ISA SP50 Fieldbus	ISA & Fieldbus Foundation	1992-1996	IEC 1158/ANSI 850	Múltiples vendedores de chips
Seriplex	APC	1990	Seriplex spec	Chips disponibles en muchas interfaces
WorldFIP	WorldFIP	1988	IEC 1158-2	Múltiples vendedores de chips
LonWorks	Echelon Corp.	Marzo 1991		Documentación de protocolo libre
SDS	Honeywell	Enero, 1994	Especificaciones Honeywell, remitidas a IEC ISO 11989	17 vendedores de chips y más de 100 productos
ControlNet	Allen-Bradley	1996	ControlNet Internacional	Especificaciones abiertas, 2 vendedores de chips
CANopen	CAN in Automation	1995	CiA	17 vendedores de chip, 300 vendedores de productos, especificaciones abiertas
Ethernet	DEC, Intel, Xerox	1976	IEEE 802.3, DIX v. 2.0	Multitud de chips y vendedores
Modbus plus	Modicon			El propietario requiere licencia ASICs
Modbus RTU / ASCII	Modicon		EN 1434-3 (capa 7) IEC 870-5 (capa 2)	Especificaciones abiertas, no requiere hardware especial
Remote I/O Data Highway Plus (DH+)	Allen-Bradley Allen-Bradley	1980		Propietario Propietario
Características físicas				
Nombre	Topología de red	Soporte físico	Max. número de nodos, dispositivos	Max. distancia
Profibus DP/PA	Línea, estrella, anillo	Par trenzado o fibra	127 nodos (124 esclavos - 4 segmentos, 3 repetidores)+3 maestros	100 m entre segmentos @ 12 Mbaud;24 Km (fibra)
INTERBUS-S	Segmentos con enlaces en T	Par trenzado, fibra y slip-ring	256 nodos	400m /segmento, 12.8 Km en total
DeviceNet	Línea troncal, línea descendente y ramales	Par trenzado con alimentación	64 nodos	500 m (dependiente de la tasa de transferencia) 6Km ente repetidores
ARCNET	Estrella, bus y estrella distribuida	Coaxial, par trenzado y fibra	255 nodos	Coaxial->2000 pies, par trenzado->400 pies, fibra-> 6000 pies
Foundation Fieldbus H1	Estrella o bus	Par trenzado o fibra	240 por segmento, hasta 65000 segmentos	1900 m @ 31.25 kbaud
Foundation Fieldbus High Speed Ethernet (HSE)	Estrella	Par trenzado, fibra	Direccionamiento por IP, pudiendo ser ilimitado	100m @ 100 Mbaud par trenzado, 2000 m @ 100 Mbaud fibra en full duplex
IEC / ISA SP50 Fieldbus	Estrella o bus	Par trenzado, fibra o radio	IS 3-7 non IS 128	1700 m @ 31.25 k 500 M @ 5 Mbps
Seriplex	Árbol, bucle, anillo,	4 cables apantallados	Más de 500 dispositivos	Más de 500 pies

# PROFIBUS, Process Field Bus

WorldFIP	múltiple descendiente, estrella	Par trenzado, fibra	256 nodos	Hasta 40 Km
LonWorks	Bus, anillo, bucle, estrella	Par trenzado, fibra, línea de alimentación	32000/dominio	2000 m @ 78 kbps
SDS	Línea troncal, línea descendente (dropline)	Par trenzado con alimentación	64 nodos y 126 direcciones	500 m dependiente de la tasa de transferencia
ControlNet	Línea, árbol, estrella o combinaciones	Coaxial, fibra	99 nodos	1000 m (coaxial) 2 nodos 250 m con 48 nodos en 3 Km de fibra; 30 Km en fibra con repetidores
CANopen	Línea troncal o línea descendente	Par trenzado con opción a alimentación	127 nodos	25-1000 m dependiente de la tas de transferencia
Ethernet	Bus, estrella y Daisy-Chain	Coaxial Delgado, par trenzado, fibra.	1024 nodos, expandible con routers	Delgado:185 m 10 Base T (Par trenzado): max 100 m (90 m cable horizontal, 5 m de descendente, 1 m en parche) max, 4 hubs/repetidores entre nodos.4 Km enter routers. Fibra: 100 Base FX 400 m 2.5 Km multimodo con interruptores; 50 Km monomodo con interruptores
Modbus plus	Línea	Par trenzado	32 nodos por segmentos, hasta 64	500 m por segmento
Modbus RTU / ASCII	Línea, estrella, árbol, red con segmentos	Par tenzado	250 nodos por segmento	350 m
Remote I/O	Línea y truncado	Axial doble(Twin axial)	32 nodos/segmento	6km
Data Highway Plus (DH+)	Línea y truncado	Axial doble(Twin axial)	64 nodos/segmento	3 Km

## Mecanismo de transporte

Nombre	Método de comunicación	Propiedades de transporte	Tamaño del dato de transferencia	Método de prioridad	Chequeo de error	Diagnóstico
Profibus DP/PA	Master/Slave, peer to peer	DP: 9.6, 19.2, 93.75, 187.5, 500 Kbps, 1.5, 3, 6, 12 Mbps PA:31.25 Kbps	0-244 bytes	Paso de testigo	HD4 CRC	Estación, modulo y diagnóstico de canal
INTERBUS-S	Maestro/esclavo	500kbts/s, full duplex	1-64 Bytes datos 246 Bytes parámetros 512 bytes cabecera, sin límite de cabecera	Ninguno	16 bits CRC	Localización de segmento de CRC error y cable roto
DeviceNet	Maestro/esclavo, multimaestro, peer to peer	500 kbps, 250 kbps, 125 Kbps	8 byte de mensaje variable con fragmentación para largos paquetes	Acceso múltiple, prioridad relativa a no destrucción de bit	CRC check	Monitor de bus
ARCNET	Peer to peer	19.53 k to 10 M	0 a 507 bytes	Paso de testigo	16 bits de CRC	Construcción de reconocimiento en capa de acceso a datos
Foundation Fieldbus H1	Cliente/servidor, publicador/subscriptor, notificación de elementos	31.25 kbps	128 octetos	Scheduler, múltiple backup	16 bit CRC	Diagnóstico remoto, monitor de red, estado de parámetros
Foundation Fieldbus High Speed Ethernet (HSE)	Cliente/servidor, publicador/subscriptor, notificación de elementos	100 Mbps	Variado, TCP/IP	CSMA/CD	CRC	
IEC / ISA SP50 Fieldbus Seriplex	Cliente/servidor, publicador/subscriptor	31.25 kbps IS+1, 2.6, 5 Mbps	64 octetos en alta prioridad y 256 en baja prioridad	Scheduler, testigos o maestro	16 bits CRC	Configuración en director
	Master/esclavo, peer to peer	200 Mbps	7680/transferencia	Multiplexación Sonal	Final de fragmento y eco de	Problemas de cableado de

# PROFIBUS, Process Field Bus

WorldFIP	Peer to peer	31.25 kbps, 1 y 2.5 Mbps, 6 Mbps en fibra	Sin límite, 128 bytes variables	Prioridad central	check 16 bit CRC datos , con indicador de novedad	Tiempo de respuesta, cableado redundante
LonWorks	Master/esclavo, peer to peer	1.25 Mbps full duplex	228 bytes	Detector de transporte, múltiples accesos	16 bits CRC	Base de datos de CRC errores y error de dispositivos
SDS	Master/esclavo, peer to peer, multi encuesta, multimaster	1M, 500k, 250k, 125k	8 byte variables de mensaje	Acceso múltiple, prioridad relativa a no destrucción de bit	CRC check	Monitorización de bus
ControlNet	Productor/consumidor, modelo de objeto de dispositivo	5M	0-510 variables bytes	CTDMA, control temporal	Modificación de CCITT con 16 bits obtenidos según un polinomio	Nodo duplicado, dispositivo, características del esclavo
CANopen	Maestro/esclavo, peer to peer, multi encuesta, multimaster	10k, 20k, 50k, 125k, 250k, 500k, 800k, 1M	8 byte de mensajes variables	Acceso múltiple, prioridad relativa a no destrucción de bit	15 bits CRC	Control de error y mensajes de emergencia
Ethernet	Peer to peer	10, 100M	46-1500 bytes	CSMA/CD	CRC 32	
Modbus plus	Peer to peer	1M	Variable			
Modbus RTU / ASCII	Mster/slave	300-38.4K	0-254 Bytes			
Remote I/O	Master/slave	57.6-230 K	128 bytes		CRC 16	Ninguno
Data Highway Plus (DH+)	Multimaster, peer to peer	57.6 K	180 bytes			ninguno

## Comportamiento

Nombre	Tiempo de ciclo:256 discreto en 16 E/S	16 nodos con	Tiempo de ciclo:128 analógico en 16 nodos con 16 E/S	Bloque de transferencia de 128 bytes. 1 nodo
Profibus DP/PA	Depende de configuración, <2ms	de típico	Depende de configuración, <2ms	No disponible
INTERBUS-S	1.8 ms		7.4 ms	140 ms
DeviceNet	2.0 ms	Master-slave polling	10 ms	4.2 ms
ARCNET	Dependiente de la capa de aplicación	de la capa de aplicación	Dependiente de la capa de aplicación	Dependiente de la capa de aplicación
Foundation Fieldbus H1	<100ms típico		<600 ms típico	36 ms @ 31.25 k
Foundation Fieldbus High Speed Ethernet (HSE)	No applicable, latencia <5 ms	<5 ms	No applicable, latencia <5 ms	<1ms
IEC / ISA SP50 Fieldbus	Dependiente de configuración	de la configuración	Dependiente de configuración	0.2 ms @ 5 M 1.0 ms @ 1 M
Seriplex	1.32 ms @ 200 k		10.4 ms	10.4 ms
WorldFIP	2 ms @ 1M		5 ms @1 Mbps	5ms @1 Mbps
LonWorks	20 ms		5 ms @1 Mbps	5 ms @1 Mbps
SDS	<1ms, conductor de eventos	de	5 ms polling @1 Mbps	2 ms @1 Mbps
ControlNet	< 0.5 ms		< 0.5ms	< 0.5 ms
CANopen	< 1 ms		5 ms polling @1 Mbps	<2.5 ms
Ethernet	Dependiente de la capa de aplicación	de la capa de aplicación	Dependiente de la capa de aplicación	Dependiente de la capa de aplicación
Modbus plus				
Modbus RTU / ASCII				
Remote I/O	12 ms @230, 40 ms @57.6 ciclo de bus			
Data Highway Plus (DH+)				

(Toda la información contenida en estas tablas fue recopilada de manuales de 1996, por lo que es posible la modificación de algunos de sus valores, pudiendo no describir en la actualidad la realidad del bus, al estar este en continuo proceso de desarrollo)

### **1.3 Breves nociones históricas**

Los primeros instrumentos de control, por los años cuarenta, utilizaban señales de presión para el mando de los dispositivos de control.

En los años sesenta en un intento por estandarizar las comunicaciones se eligió el estándar de comunicaciones 4-20 mA, pero cada fabricante introdujo diferentes niveles de señal.

Ya en los años setenta con el boom de los microprocesadores se comenzaron a utilizar estos para la supervisión y control de sistemas centralizados de instrumentos y control de procesos.

En los ochenta, con la aparición de los sensores inteligentes se desarrollaron técnicas más avanzadas sobre los microprocesadores comenzando a utilizarse redes de ordenadores en el control de los sistemas de producción.

Hoy en día existen organismos de estandarización que abordan el continuo desarrollo de los buses de campo.

### **1.4 Características generales**

Al automatizar un proceso de media escala, con varias máquinas, una o varias células de palatizado, robótica o control numérico, pronto encontraremos la necesidad de integrar un sistema de bus de campo, incluso para obtener información sobre calidad o cantidad de producción. Esto conlleva a necesitar una red de sensores espaciados entre sí, con diferente grado de control coordinados todos.

El mantenimiento de las comunicaciones por parte del maestro se debe entender como un programa en background, en segundo plano respecto de la tarea de control asignada a este.

En resumen, los buses industriales surgen como la solución a los problemas:

1. Control integrado en diferentes niveles de información y diferentes procesos en una misma planta.
2. Cantidad elevada de sensores y actuadores.
3. Distancia del control de mando superior a varias decenas de metros.

La solución que se encuentra en los buses industriales tiene como características:

1. Reducción del cableado. El controlador habitual en la industria es el autómatas programable, al que se le conectan una serie de sensores y actuadores, llevando por tanto a cada uno de ellos, antes de la aparición de los buses industriales, un mínimo de dos cables para la señal de mando y la alimentación, provocándose una maraña de cables en las entradas a los centros de control, dificultando las tareas de detección de problemas y su corrección. El bus de campo reduce drásticamente el cableado necesario, al poder enviar en dos simples cables, par trenzado, señal digital de control



que debe ser inteligible por todos los elementos del bus. Cada dispositivo es conectado mediante una T o conector-derivador, para su comunicación, pudiendo soportar el bus incluso alimentación en otros dos hilos. La expansión del sistema se facilita enormemente al haber únicamente que llevar el cableado desde el dispositivo conectado más cercano al nuevo añadido, y hacer los oportunos cambios en la programación del maestro. El cableado del bus es mejorado por los fabricantes para trabajar en ambientes hostiles en presencia de interferencias, cumpliendo con las normas estandarizadas. Con todo esto se reduce el precio de la instalación de manera significativa.

2. Incremento de la velocidad de comunicación. En los buses de campo el tiempo de comunicaciones se plantea como crítico, ya que debe dar el tiempo suficiente para que las entradas de los controladores puedan actualizarse sin que el programa de ejecución pierda las posibles variaciones, por lo que el tiempo de la comunicación en todos los dispositivos no debería exceder de 7ms (cifra no significativa del ciclo de scan de un autómata programable), por lo que la comunicación debe establecerse con una velocidad mínima de 750 kbps, implementable con garantías en cualquier bus actual, lo que supone un aumento de velocidad respecto los anteriores sistemas cableados.
3. Mejoras respecto al convencional lazo de corriente (Por ahora no se hablará del empleo de líneas coaxiales, en desuso, ni de líneas ópticas, de aplicación en sistemas de alta interferencias o especiales). El lazo de corriente, de 4-20 mA ofrece un medio de buena inmunidad respecto de las interferencias, en donde se establece una comunicación serie de estándar genérico: circuito conmutado de 20 mA, que permite una distancia de comunicación de 300 m a una velocidad de 9600 bps, realizado en enlace full-duplex. Los buses de campo en cambio se realizan en dispositivos inteligentes que descargan al controlador de parte de las tareas de control de las comunicaciones, existiendo estándares que van mucho más lejos de 500 metros, pudiendo integrarse redes jerárquicas con pasarelas entre medios físicos, topologías y protocolos.
4. Ahorro económico. El ahorro en el sistema se encuentra en tres apartados:
  - En mantenimiento. Al simplificar el cableado se pueden realizar funciones de diagnóstico, mantenimiento preventivo y predictivo, de una forma más fiable y actualizada. Los SCADA de cada marca fácilmente integrables en el bus de campo, solucionan al operario el acceso a la información de todos los dispositivos conectado en la red, pudiendo incluso realizar tareas de calibración de instrumentos on-line.
  - En la inversión inicial. El ahorro en el cableado puede llegar a ser significativo, reduciendo la mano de obra y la complejidad del conexionado, reduciendo errores de costo añadido.
  - Mejora del funcionamiento del sistema. La flexibilidad en el control de los sistemas es significativa. La aplicación de bus de campo con control distribuido reduce el tamaño físico de los sistemas controladores, ya que otros dispositivos intervienen en la realización de los protocolos de comunicación, interactuando con los dispositivos de E/S, ... etc. Esto también facilita la futura expansión del sistema, pudiendo estar toda la información accesible por cualquier elemento del bus.

Para expresar el ahorro entre los sistemas de comunicación convencionales y las redes industriales se puede observar este dibujo que representa esquemáticamente ambos.

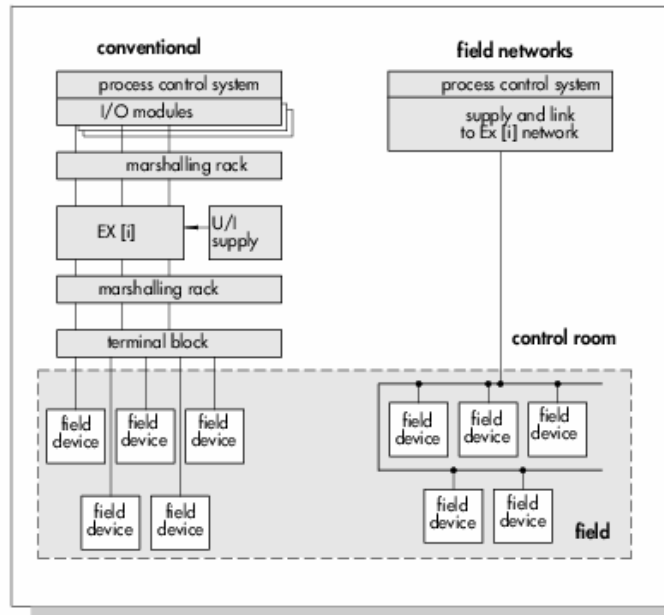


Fig. 4: Comparison of transmission techniques: conventional and field network wiring in explosion hazardous areas

## 1.5 Estándar europeo para buses de campo

La Unión Europea ha dictaminado un estándar para los buses de campo seguido por la mayoría de fabricantes lo que permite un mayor grado de integración y flexibilidad. AENOR, agencia española de normalización lo ratificó en 1997. La norma está compuesta de los siguientes documentos:

1. EN 50170, volumen 3, parte 1-3: normas generales para sistemas de comunicación de buses de campo.
2. EN 50170, volumen 3, parte 2-3: nivel físico, específico y definiciones de servicio.
  - a. Sub-parte 2-3-1: IEC par trenzado.
  - b. Sub-parte 2-3-2: IEC par trenzado, erratas.
  - c. Sub-parte 2-3-3: IEC fibra óptica.
3. EN 50170, volumen 3, parte 2-3: nivel físico, especificación y definiciones de servicio.
  - a. Sub-parte 3-3-1: definiciones nivel de enlace de datos.
  - b. Sub-parte 3-3-2: definición FCS (Frame Check Sequence)
  - c. Sub-parte 3-3-3: definición de puentes.
4. EN 50170, volumen 3, parte 5-3: definición de servicio en el nivel de aplicación.
  - a. Sub-parte 5-3-1: definición de MPS (Manufacturing periodical/aperiodical Services)
  - b. Sub-parte 5-3-2: definición de SubMMS (Subset of messaging Services)
5. EN 50170, volumen 3, parte 6-3: especificación en el nivel de aplicación.
6. EN 50170, volumen 3, parte 7-3: administración de la red.

## 2. PROFIBUS (Process Field BUS)

### 2.1 Introducción.

La comunicación en un sistema industrial se puede dar a tres niveles, de forma separada o conjunta:

1. Nivel de actuador/sensor. Las señales binarias de los sensores y actuadores son transmitidos a través del bus de estos dispositivos de manera cíclica al maestro de la red. Para este nivel se suele utilizar AS-Interface.
2. Nivel de campo. Este nivel conecta a todos los periféricos tales como módulos E/S, transductores de señal con el sistema de automatización por una comunicación en tiempo real. En este nivel los datos son también enviados de forma síncrona mientras que las alarmas, los parámetros y los datos de diagnóstico de la comunicación son enviados de forma asíncrono en momentos puntuales. Para este nivel PROFIBUS ofrece una solución transparente y especialmente preparada para procesos de automatización.
3. Nivel de célula. Los controladores programables tales como los PLC y los IPC se comunican unos con otros en este nivel mediante grandes paquetes y potentes funciones de comunicación, pudiendo estar esta capa integrada en el sistema de comunicaciones interno de una compañía mediante internet, intranet, mediante los protocolos más usuales TCP/IP y Ethernet.

El siguiente dibujo es muy representativo del uso más habitual de Profibus.

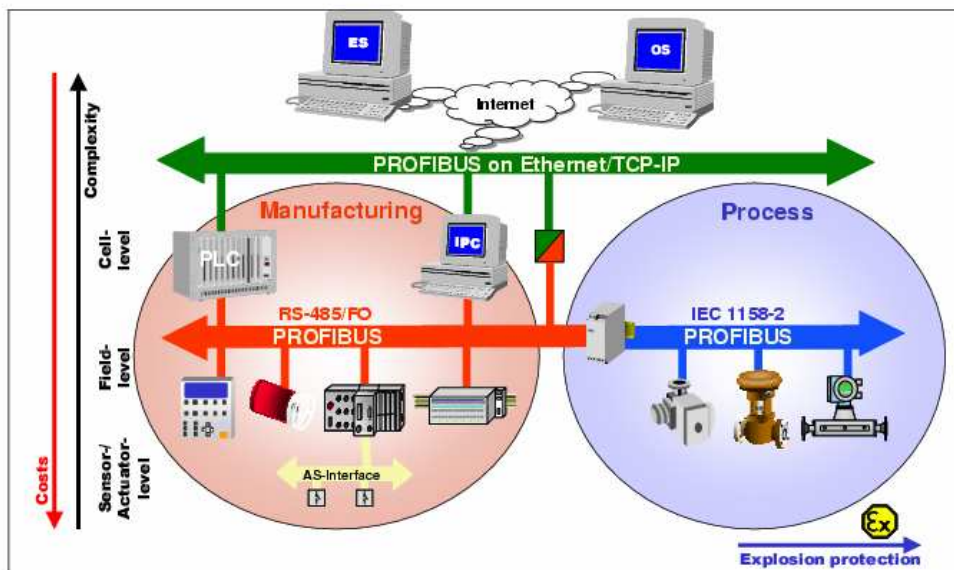


Fig. 1: Industrial Communication

Así pues, debemos utilizar Profibus cuando necesitemos comunicar elementos del segundo nivel, especialmente recomendable para sistemas de producción.

Los principales puntos de descripción del bus son:

- Modelo OSI que se aplica a los buses de campo
- Topología y arquitectura de un bus de campo
- Componentes
- Instalación y cableado
- Datos de transmisión

- Tramas de datos
- Opciones de interconexión con otros sistemas
- Software disponible para configuración, supervisión y diagnóstico de la red de comunicación.

Profibus es un bus industrial abierto independiente de vendedores que sigue los estándares europeos EN 50170 y EN 5024 que aseguran tal condición, la organización que vela por este bus de campo es Profibus internacional ( PI ), pudiendo entrar en contacto con ella desde <http://www.profibus.com>, dentro de esta organización se encuentran inscritos más de 800 participantes de todo el mundo. Este es un bus que define todas las características de una red de comunicación serie industrial. Se utiliza como medio de intercambio de información y dispositivos distribuidos en campo.

En resumen el uso más habitual de Profibus es a la hora de interconectar distintos dispositivos de distintos fabricantes sin unas especiales exigencias, pudiendo ser utilizado para aplicaciones donde el tiempo del bus sea crítico y con complejos objetivos de comunicación.

Actualmente la organización de usuarios de Profibus está trabajando en la implementación de una herramienta que permita conectar verticalmente Profibus a una red básica TCP/IP.

## **2.2 Características generales**

Este bus se basa en la comunicación controlada entre maestro-esclavo. Definimos de manera particular estos dispositivos como:

- Dispositivos maestros (Master Devices). Entre estas estaciones activas rota un permiso de acceso y control que les permite enviar mensajes sin necesidad de petición.
- Dispositivos secundarios (Slaves Devices). Periféricos asignados a los maestros. Consisten en una serie de dispositivos lo suficientemente inteligentes como para seguir las normas del protocolo, entre los que podemos encontrar: sensores, actuadores tipo relé, convertidores de frecuencia, electroválvulas, ...etc. Su papel es pasivo, pudiendo sólo transmitir cuando se les a ha realizado una petición previa. Suelen ocupar poco tiempo de comunicación pero son muy numerosos.

Los datos que se desplazan por el canal físico son de 5 tipos diferentes:

- Datos de entrada y de salida al proceso.
- Funciones de diagnóstico y verificación.
- Configuración de dispositivos.
- Programas entre los controladores.
- Parámetros de control.

Además de la línea de comunicación al dispositivo se le debe de dotar de corriente eléctrica que se lleva de manera conjunta con esta línea de datos.

Las principales características de Profibus son, según describe la norma EN 50170 (DIN 19245) son:

- Abierto. Profibus no pertenece a ninguna compañía, está controlado por un comité de estandarización, por lo tanto permite la comunicación entre equipos de diferentes marcas sin la necesidad de una pasarela de protocolo.

- Independiente de fabricantes, los equipos para Profibus son ofrecidos por muchos vendedores los cuales han de estar certificados.
- Transmisión digital. La comunicación bidireccional entre sistemas de control de procesos y dispositivos de campo es soportada a través de par trenzado, de forma habitual.
- Exactitud, gracias al reconocimiento de comandos y mensajes, Profibus es un sistema de comunicación altamente seguro puesto que los mensajes defectuosos son repetidos hasta que la confirmación de recepción es enviada.
- Multi-funcional, Profibus se adapta a todas las tareas de automatización, permitiendo el intercambio de datos entre controladores como entre elementos de campo.
- De probada funcionalidad.
- Capacidad de diagnóstico. El estándar Profibus define múltiples formas de diagnósticos entre el sistema de control de procesos y los dispositivos de campo.
- Expansión del sistema. Un equipo adicional puede ser incorporado en cualquier momento al bus sin necesidad de reformar la estructura existente, incluso sin enturbiar la comunicación existente.
- Bajo coste. Reduce cableado y simplifica en consecuencia los planos de estos, competencia de precios entre vendedores al ser independiente, ... etc.
- En constante renovación gracias a Profibus Internacional (PI).

Como característica fundamental del bus resaltaremos la comunicación abierta. La comunicación abierta se refiere al intercambio de datos entre estaciones diferentes de producción usando diferentes redes de datos estándar. En 1984 la Organización internacional de estandarización, OSI, aprobó el estándar de comunicación internacional ISO 7498 como el básico para comunicaciones abiertas, también conocido como el modelo de referencia ISO OSI, del que se hablará más tarde.

### **2.3 Perfiles.**

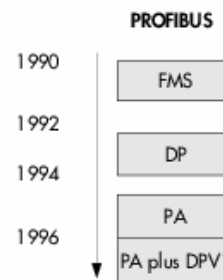
Profibus ofrece protocolos de comunicaciones según la aplicación tanto para alta velocidad como para grandes cantidades de direccionamiento, caso de los sensores y actuadores, tanto para buses con largos tiempos de respuesta como para aplicaciones de comunicación compleja. Los tres perfiles compatibles que ofrece Profibus son:

- Profibus-DP (Decentralized Periphery), para el control distribuido. Diseñado para la comunicación entre sistemas de control automático y entradas y salidas distribuidas o remotas en campo. Ofrece la funcionalidad de intercambiar datos de forma rápida y cíclica. Su principal ventaja es que es plug and play, en cuanto a que se permite la identificación de los dispositivos.
- Profibus-PA (Process Automation), automatización de procesos. Permite que tanto sensores como actuadores sean conectados en una línea de bus. Su aplicación está definida en procesos situados en áreas de seguridad intrínseca, denominadas Ex, y está regido según el estándar internacional IEC 1158-2. especialmente indicado para las actividades petroleras y químicas.
- Profibus-FMS (Field Message Specification, especificación de los mensajes en el bus de campo), se trata de una serie de tareas de comunicación, de propósito general, en el nivel de comunicaciones de célula. Es el más alto nivel de

## PROFIBUS, Process Field Bus

comunicaciones que aborda este bus, y permite la coordinación de gran cantidad de aplicaciones de comunicación: buses de ordenadores industriales, robots, ... En FMS se realiza la comunicación entre los dispositivos principales.

Desarrollo cronológico de los diferentes perfiles:



Una distribución esquemática de la aplicación de cada perfil de Profibus es:

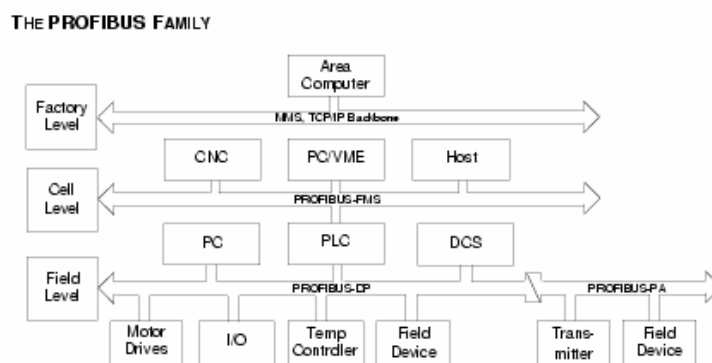


Figure 1-1: PROFIBUS Application Areas

## 2.4 Modelo ISO OSI

En el modelo ISO OSI de siete niveles, la información que es recogida por el cable de transmisión, en una estación de red es transformada por los niveles superiores al ir ascendiendo.

En los buses de campo los tres niveles imprescindibles son:

- Nivel Físico, donde se especifican las condiciones físicas de la red o bus: niveles de tensión y de corriente, tipo de cable y conectores, codificación de tramas de datos. En DP y FMS se utiliza la interfaz RS-485 y dispositivos de fibra óptica, pero en Profibus PA se utiliza IEC 1158-2.
- Nivel de enlace de datos, en el que se definen los mecanismos de acceso y turnos al medio de transmisión, el direccionamiento de las estaciones de origen y destino de datos, verificación de errores de datos, verificación de las tramas. En este nivel FMS utiliza el protocolo FDL (Fieldbus Layer Interface, nivel de interfaz del bus de campo). En

### The ISO OSI Reference Model

Layer	Layer	Meaning
7 Application, Processing	7 Application	Provides useful communication services for the user.
6 Presentation	6 Presentation	Determines the meaning of data exchanged between user programs in different stations.
5 Session, Communication Control	5 Session	Provides the tools required for opening, carrying out and ending a communication session. Communication between layers is synchronized using these tools.
4 Transport	4 Transport	Defines secure data transport for larger amounts of data via several transmission paths (buses) and stations.
3 Network	3 Network	Defines the route for transmitting messages via several transmission paths (buses) and stations.
2 Data Link	2 Data Link	Defines the bus access control functions, ensures data security, processes transmission protocols and telegrams.
1 Physical	1 Physical	Chooses the transmission medium and the physical bus interface.

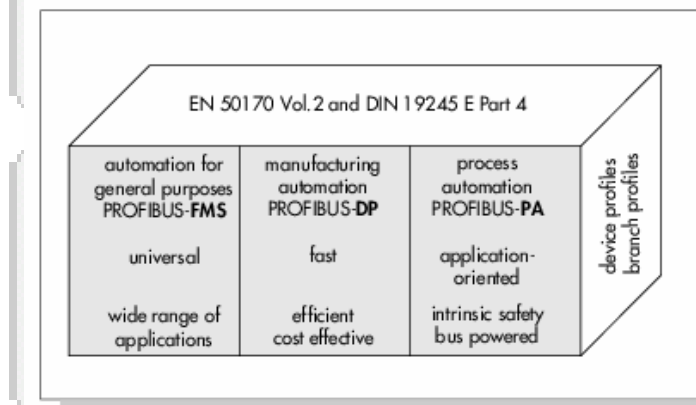
DP, el acceso al nivel dos se realiza desde el nivel de usuario por medio de DDLM (Direct Data Link Mapper, enlace de datos por direccionamiento inmediato)(mostrado en la figura), además tiene por protocolo Fieldbus Data Link (FDL). Los PLCs en este nivel utilizan las instrucciones de SEND (envío de datos) y RECEIVE (lectura datos recibidos).

En la figura se aprecia el proceso de direccionamiento inmediato en la memoria de un PLC que actúa de maestro del bus frente al cableado tradicional, encerrado en el círculo, el programa de control del maestro se comunica con el esclavo mediante unas posiciones concretas de la memoria, que otra parte del programa del PLC se encargará de actualizar de forma automática en cada ciclo de scan, en caso de refresco de memoria síncrono (polling).

- Nivel de aplicación, en donde se realizan las aplicaciones que permiten a los usuarios entrar en los sistemas de comunicaciones. Así se definen las funciones de las aplicaciones que utilizarán para realizar los mensajes entre los dispositivos del bus, la comunicación entre sistemas de automatización y dispositivos de campo. Así FMS contiene el protocolo de aplicaciones, y ofrece al usuario de un grupo de servicios de comunicación amplio y potente. Mediante el protocolo LLI (Lower Layer Interface, interfaz para el nivel inferior), permite a las aplicaciones acceder al nivel de enlace FDL (Fieldbus Data Link) del nivel de enlace de datos.

En el caso del DP, las funciones de aplicación disponibles para el usuario y el papel de algunos dispositivos se especifican en la interfaz de usuario. Esta última, y para el caso del DP enlaza directamente con el nivel de enlace o nivel 2, por medio de DDLM.

En la siguiente figura se aprecia las características básicas entre los tres perfiles:



Se puede hacer una pequeña tabla relacionando los niveles y los distintos tipos de Profibus:

Niveles (capas)	Profibus DP	Profibus FMS	Profibus PA
Físico	RS 485 / Fibra óptica	RS 485 / Fibra óptica	IEC 1158-2
Enlace de datos	FieldBus Data Link FDL	FieldBus Data Link FDL	IEC 1158-2
Aplicación	No usado	Funciones FMS	No usado
Usuario	Funciones básicas	Funciones de dispositivos	Funciones básicas

## 2.5 Medios físicos de transmisión de datos

(En lo siguiente se hablará de forma casi exclusiva de Profibus DP y FMS relegando las particularidades del PA para la sección dedicada)

Los buses de campo especifican un medio de transmisión distinto para cada uno de los mismos. Coincidencias muchas. En todos se busca la simplificación. El par trenzado es el más extendido. Si las condiciones del medio exigen el cumplimiento en materia de compatibilidad electromagnética, con un par trenzado de categoría 5 STP, es suficiente. Cuando la velocidad se quiere llevar al extremo de las posibilidades de los dispositivos conectados, entonces entra la fibra óptica. También si el cable está instalado en un medio agresivo, o requiere ciertas condiciones de durabilidad, requerirá un recubrimiento más efectivo, cumpliendo con rigurosos criterios de selección. Además, existen cables distintos para la alimentación de los dispositivos. Todos los fabricantes disponen de catálogos con el cableado adecuado para cada función. El cableado estándar para este tipo de aplicaciones se puede distinguir entre cable tipo A y cable tipo B con las siguientes características.

	Type A cable	Type B cable
Characteristic Impedance:	135 to 165Ω at a frequency of 3 to 20 MHz.	135 to 165Ω at a frequency of > 100 kHz
Cable capacitance:	< 30 pF per Metre	typ. < 60 pF per Metre
Core diameter:	max. 0.34 mm <sup>2</sup> , corresponds to AWG 22	max. 0.22 mm <sup>2</sup> , corresponds to AWG 24
Cable type:	twisted pair cable. 1x2 or 2x2 or 1x4 lines	twisted pair cable. 1x2 or 2x2 or 1x4 lines
Resistance:	< 110 Ohm per km	-
Shielding:	Copper shielding braid or shielding braid and shielding foil	Copper shielding braid or shielding braid and shielding foil

De acuerdo con estos dos tipos de cable las velocidades de transmisión son:

Baud rate (kbit/sec)	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500
Type A cable	1200m	1200m	1200m	1000m	400m	200m
Type B cable	1200m	1200m	1200m	600m	200m	-

### 2.5.1 RS-485

Las características de esta transmisión son:

- Topologías: Bus lineal, con distintos segmentos y terminadores activos en ambos extremos. También puede confeccionarse la red en árbol, generalización del bus. Las ramas derivadas sólo se permiten para velocidades de transmisión menores de 1.5 Mbps. Por medio de repetidores se pueden conseguir diferentes segmentos del bus.
- Cable: Par trenzado apantallado, de cobre con diferentes recubrimientos según el ambiente.
- Velocidad de transmisión: Entre 9.6K - 12M, según la distancia que haya que cubrir. Dado que la velocidad es única en el bus, un dispositivo principal suele marcarla y el resto se debe configurar a la misma.
- Distancia de transmisión sin repetidor hasta 1200 metros a 9.6 K y sólo 400 m a 500 K (Velocidad usual).

El cableado, y el conexionado de los dispositivos al bus es el siguiente:

(Aquí las líneas A y B no representan dos tipos de cableado diferente sino el par trenzado)



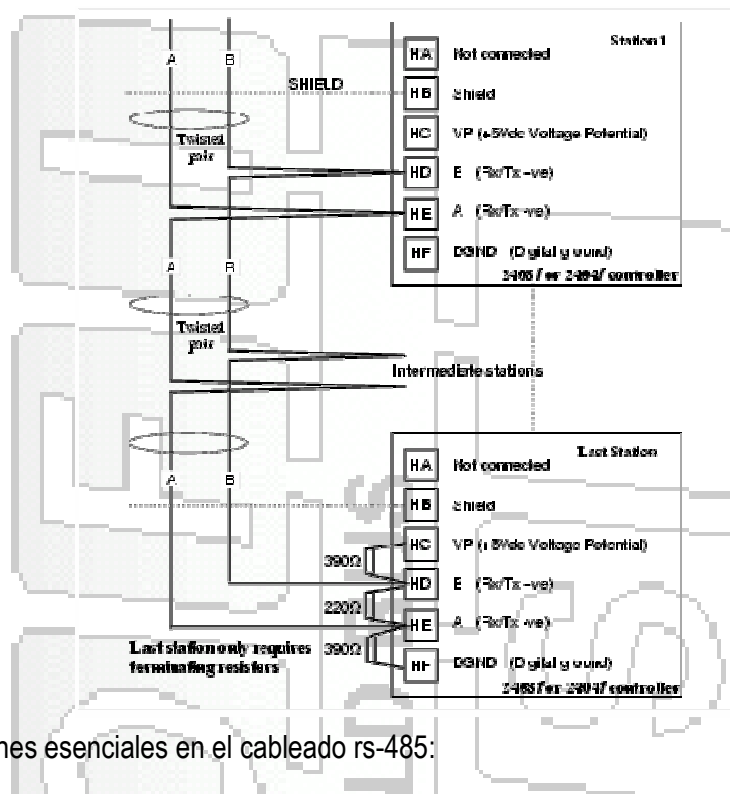


Tabla con los pines esenciales en el cableado rs-485:

Controller Terminal	Designation	Function
HB	Shield	RF Ground for cable shielding
HC	VP	5 Volts for termination network only
HD	B/B	RXD/TXD positive
HE	A/A	RXD/TXD negative
HF	D Gnd	0 Volts for termination network only

- Número de estaciones, es de 32 sin repetidores, con repetidores se puede llegar hasta 127. La estructura del bus permite la expansión de la red. Sólo hay que insertar un nuevo dispositivo, mediante un derivador de línea, y si está en el extremo, conectar el terminal o conmutador terminador de línea. Los terminadores activos tiene un circuito determinado, a diferencia de los pasivos, que se utilizan en la antigua Ethernet 10 BASET.
- La conexión es por medio de conectores de diferentes tipos, el que recomienda la norma es el sub-D de 9 pines.

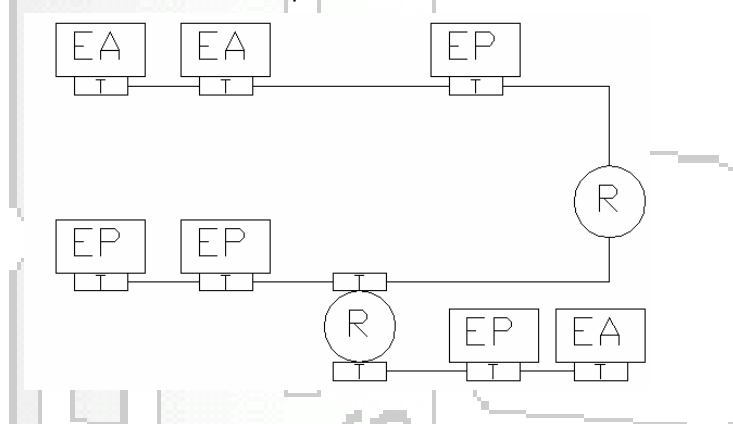
La siguiente imagen muestra un cable RS-485.



Todos los dispositivos irán conectados al bus mediante derivadores , que recibirán un cable en la entrada IN y permitirán la continuidad de la línea por la salida de OUT, si el dispositivo es

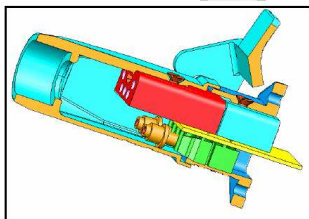
una final de línea, ésta morirá en el dispositivo. Los derivadores tendrán integrada las resistencias adecuadas en caso de terminar o no la línea.

Una representación del conexionado por RS-485 es:

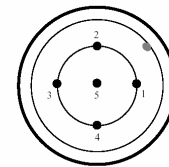


En el esquema EA son las estaciones que hacen de maestros, mientras que las EP son las estaciones que hacen de esclavos, T son los derivadores con y sin terminal de línea, R es un repetidor de RS-485, y la línea negra es par trenzado.

Tres de las alternativas de conectores posibles para el RS-485 son: M12 conector circular (mostrado abajo a la derecha), conector HAN-BRID según las recomendaciones DESINA y el conector de Siemens (mostrado al final de la página)



El sistema de conectores HAN-BRID (mostrado en izquierda) también ofrece una variante para transmitir datos vía fibra óptica y alimentación para periféricos a través de un cable de cobre en un cable híbrido.



M12 Connector for RS-485 in IP65/67  
Pin assignment: 1: VP, 2: RxD/TxD-N  
3: DGND, 4: RxD/TxD-P, 5: Shield

Los cables de Profibus ofrecidos por varias empresas tienen como particular característica el rápido sistema de conexión gracias al extremadamente simple cableado del bus.

Al conectar una estación al bus se debe asegurar no conectar el cableado de datos al revés. El uso de una línea de datos apantallada es de absoluta necesidad para lograr un sistema de inmune al ruido electromagnético. La pantalla debe estar conectada a la masa a ambos lados del cable, incluso se debe proteger las líneas de datos de los cables de alta tensión. El 90 % de los problemas ocurridos en una red Profibus son atribuidos a un incorrecto cableado e

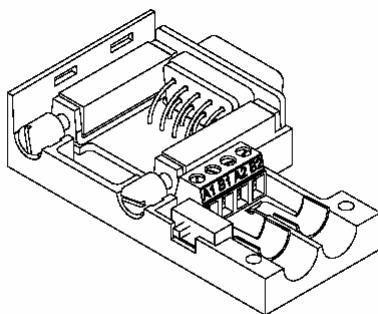


Figure 1-1. Seimens Bus Connector

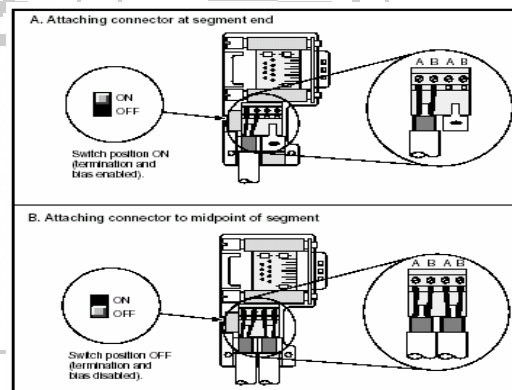


Figure 3-10 Attaching Connector and Selecting Termination

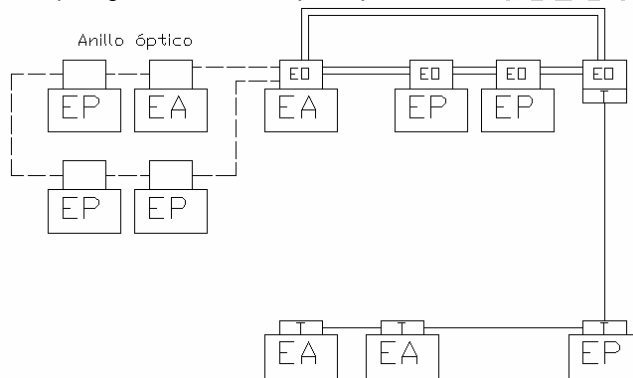
instalación; estos problemas pueden ser solventados usando tester de buses que pueden detectar la mayoría de estos problemas.

## 2.5.2 Fibra óptica

La red de fibra óptica en Profibus es la opción para grandes distancias de transmisión o para los ambientes industriales más afectados por las interferencias electromagnéticas. A menudo se utiliza una red mixta con elementos eléctricos y ópticos. La red de dispositivos ópticos consiste en:

- Módulos de enlace óptico. Estos módulos configuran un enlace óptico, junto con las fibras ópticas. De estos módulos se obtiene además una salida eléctrica para conectar a las estaciones participantes en la red.
- Elementos de conexión de los que cuelgan otras estaciones. Además tienen entrada y salida óptica. Algunos fabricantes ofrecen conexión directa a la red óptica sin necesidad de pasar a red eléctrica.

La topología de una red óptica podría ser:



En el esquema EO, es el enlace óptico, siendo de nuevo T el terminador de línea, EA el terminal maestro y EP el terminal esclavo, la doble línea representa un canal de fibra doble, mientras que la línea a trazos es un canal de fibra simple.

Las características generales de las redes ópticas en Profibus son:

- Topología: permite crear una red en bus lineal, anillo y estrella.
- Cable: fibra óptica de plástico, para la longitud de onda de 660 nm. Si es vidrio puede emplearse una longitud de onda de 800 a 1500 nm. Además, se tendrá en cuenta si el cable deber ser instalado en el interior o exterior, el igual que el cable eléctrico, para seleccionar la resistencia del cable.
- Distancias de transmisión, pueden llegar a ser hasta de 10 y 15 km.
- Número de estaciones, como máximo de es de 127. La expansión de la red se complica. Deben coexistir sistemas eléctricos y sistemas ópticos. Aparecen conectores de fibra, adaptadores fibra-RS485, conectores de par de fibra (uno para transmitir y otro para recibir). Los dispositivos de enlace ópticos disponen de conexiones ópticas y también de cable de bus.

Por lo general, los dispositivos de enlace óptico incorporan funcionalidades como la detección del estado de enlace, sincronización a la velocidad de transmisión del enlace, funciones de repetidor de señal óptica, ...etc.

Dispositivos de este tipo permiten salvar distancia de hasta 300m, sin repetidores y a velocidades de transmisión superiores a 1Mbps, contando con fibra óptica de vidrio, con longitudes de onda de 250 nm y atenuación lineal en el cable de 10 db/Km.

## 2.5.3 IEC 1158-2

La transmisión usando el estándar IEC 1158-2 con una tasa de transferencia de 31.25 Kbit/s es usada en procesos de automatización en industrias químicas y petroquímicas zonas potencialmente explosivas, debido a la seguridad intrínseca que ofrece las dos líneas de alimentación por la que se transmite los datos y se suministra corriente. Los principios de este estándar son definidos como FISCO (Fieldbus Intrinsically Safe Concept), fue desarrollado en Alemania por el PTB (Instituto federal de física técnica) y hoy es internacionalmente reconocido como el modelo básico de cableado para buses de campo en zona peligrosas. El FISCO está basado en :

- Cada segmento tiene sólo una fuente de alimentación, una unidad de alimentación.
- Cuando alguna estación está enviando tramas no hay alimentación en el bus.
- Cada dispositivo de campo consume un nivel de corriente constante mientras funciona, no menos de 10 mA, actuando como un sumidero pasivo de corriente.
- En los dos extremos del bus se colocan terminadores de línea
- Sólo están permitidos topologías lineales, en árbol y en estrella.
- La transmisión de datos se efectúa mediante una señal moduladora de +/- 9 mA utilizando de portadora la línea de corriente básica.

Las principales características están recogidas en la tabla siguiente:

Data transmission	Digital, bit-synchronous, Manchester coding
Transmission speed	31,25 kbit/s, Voltage Mode
Data security	Preamble, error-proof start and end delimiter
Cable	Two wire shielded twisted pair cable
Remote powering	Optional, via data lines
Explosion protection classes	Intrinsically safe (EEx ia/ib) and encapsulation (EEx d/m/p/q)
Topology	Line and tree topologies, or a combination
Number of stations	Up to 32 stations per line segment, maximum total of 126
Repeater	Can be expanded with up to 4 repeaters

Table 3: Characteristic features of IEC 1158-2 transmission technology

Para trabajar en zonas peligrosas es necesario que todos los componentes usados hayan sido aprobados y certificados de acuerdo al modelo FISCO y al IEC 1158-2 por agencias autorizadas como PTB, BVS (Alemania), UL, FM (USA).

La red Profibus en estos casos será híbrida, habrá zonas con comunicación RS-485 y pasará a las zonas de riesgo a IEC 1158-2 mediante un acoplador de segmento.

## 2.6 Coordinación de datos

La coordinación de la información se lleva a cabo por el nivel 2 del modelo ISO OSI, por medio del enlace de datos del bus de campo. A continuación se definen diferentes protocolos y funcionalidades:

El control de acceso al medio (MAC) en Profibus asegura:

- Cada estación principal tendrá una misma oportunidad de acceso al medio, en cuanto al turno y tiempo de posesión del mismo. De esta manera podrá ejecutar

todas las tareas que le son asignadas. El acceso al medio se efectúa por medio de testigos, asignándole a cada principal un turno para cada participante. Para ello se controla también un tiempo máximo de rotación de la comunicación entre estaciones principales.

- La transmisión entre las estaciones activas y sus estaciones pasivas, o secundarias, se realiza de forma cíclica o en tiempo real, tan rápido como sea posible.

Todos los elementos conectados al bus, ya sean esclavos o maestros, tendrán una dirección de estación que los identifica, necesaria para el envío de mensajes.

Sobre un mismo cable se realizan dos tipos de coordinación de la información.

El primero es el Token bus, se trata de una bus por el que circula un testigo, token, compuesto básicamente por los siguientes campos de forma general:

Libre/Ocupado	Direc. Destino	Direc. Origen	Aceptación	Prioridad
---------------	----------------	---------------	------------	-----------

Este método de solicitud de acceso al bus necesita que cada estación conozca la dirección de las estaciones anterior y posterior, respecto al sentido de circulación del testigo. La dirección de la estación de la que se recibe y la dirección de la estación a la que se transmite se debe establecer al configurar la red. Así se independizan la topología física de la lógica. La disposición física de las estaciones conectadas al bus es independiente del orden lógico en el que se transmite el testigo. Una estación está encargada de iniciar el testigo, y el orden o secuencia de posesión de testigo vendrá en consecuencia. Así aunque las estaciones estén conectadas en bus, la posesión del medio se pasa de una a otra según una lista predeterminada. El testigo se compone de diversos campos. La estación que quiere transmitir observa, cuando lo recibe, el campo de dirección, y en consecuencia actúa según:

- Si no va destinada a ella misma, retransmite el testigo a la siguiente estación.
- Si está libre el testigo, significa que se puede transmitir y enviar datos. Como el testigo incluye el campo de dirección destino, los datos tienen un destino explícito. Así las estaciones no destinatarias actúan de repetidoras al observar que el mensaje no va enviado a ellas.
- Si el testigo vuelve con la dirección de la propia estación y con el campo de aceptación modificado, el dato ha sido recibido sin errores en la estación de destino. En este caso el testigo debe ser liberado, ya que el mismo fue modificado por la estación destino. Es la estación transmisora la que libera el testigo, cuando este ha realizado una rotación, pasando por el destino.

Las estaciones que no precisan transmitir quedan a la escucha, permitiendo que circule el testigo. Parte de los recursos de una o más estaciones se dedican a:

- Control de recuperación ante fallos.
- Inserción y eliminación del anillo lógico, por parte de las estaciones, cuando deben transmitir o dejan de hacerlo.
- Inicialización de anillo, con la circulación del primer testigo, cuando se inicia la red por primera vez o por un fallo.

Existe un tiempo límite de posesión del testigo para las estaciones. Así, si se supera este testigo es liberado por la siguiente estación a la que llega. Este tiempo puede ser un campo de la trama que se modifica cada vez que se retransmite por una estación. Además permite la implantación de esquemas de prioridades.

El otro mecanismo de coordinación de información es el principal/secundario, entre las estaciones activas y los dispositivos de E/S secundarios. El procedimiento de comunicación permite a las estaciones principales enviar mensajes y leer mensajes de las estaciones secundarias. Sólo la estación principal que tenga el acceso (posesión del token) podrá comunicarse con sus estaciones secundarias. Un solo principal, con varios secundarios, realizan una red de comunicación conectada en bus y con método de acceso al medio en estrella lógica.

Los servicios con seguridad en los datos se muestran en la tabla siguiente:

<b>SDA</b>	Envía datos con reconocimiento (ACK)
<b>SRD</b>	Envía y solicita datos con respuesta.
<b>SDN</b>	Envía datos con reconocimiento negativo (NACK)
<b>CSRD</b>	Envío y petición de ciclos de datos, con respuesta

Para asegurar que no hay errores en los datos, se implementa en las tramas de datos un código Hamming con distancia 4.

Como organización de la trama, se utiliza transmisión con delimitadores de comienzo y final, sincronización para cada octeto, con un bit de paridad, vemos en la siguiente imagen el datagrama básico de la comunicación.

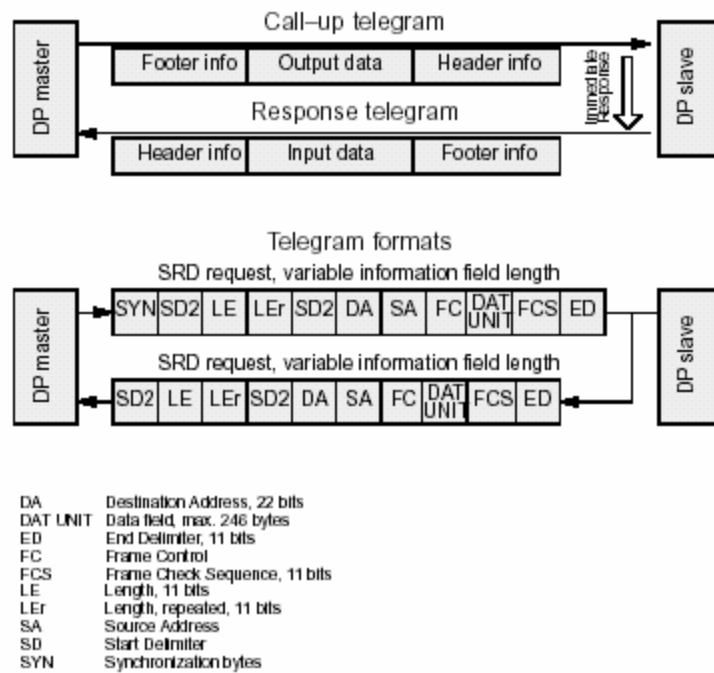


Figure 7 User Data Transmission Principle

La comunicación es orientada a la conexión, y dado que se debe producir comunicación multipunto, se ofrece tanto:

- Mensajes difusión: mensajes a todas las estaciones activas, que no requieren reconocimiento.
- Mensajes multicast: mensajes de estaciones activas a un grupo determinado de estaciones activas y pasivas.

Los tipos de comunicación que se pueden obtener son :

- Punto a punto, transmisión de datos desde el nivel de usuario.
- Multicast, mensajes desde estaciones principales.
- Transmisión de datos entre estaciones principales.

- Transmisión de datos cíclica entre estaciones principales y estaciones secundarias.

En cuanto a la velocidad del bus, éste requiere cumplir con un tiempo mínimo para realizar la comunicación entre estaciones principales y estaciones secundarias. En el caso de una configuración de Profibus DP, con una estación primaria y hasta 30 secundarios no existe tiempo de posesión del token.

Una comparativa de los tiempos de de ciclo de bus medidos sobre 2 bytes de entrada y otros dos bytes de salida en cada estación secundaria.

**Tiempos (ms) de ciclo en función de la velocidad de transmisión y números de estaciones**

Velocidad de transmisión	Nº de estaciones				
	5	10	15	20	25
500 Kbps	4	6	9	12	14
1.5 Mbps	<1	2	2.5	4	5
12 Mbps	<1	<1	<1	<1	1

### 3. Profibus-DP

El Profibus DP es el más utilizado para solucionar las necesidades de interconexión de los posibles perfiles Profibus. Está optimizado en velocidad, eficiencia y bajo costos de conexión, orientado especialmente para la comunicación entre sistemas automáticos y los periféricos distribuidos en el nivel de campo.

Cuando se selecciona un medio de transmisión se deben considerar las largas distancias, la velocidad de transmisión y los requerimientos del sistema a automatizar, tales como la operatividad en áreas peligrosas y la transmisión en un único cable de los datos y la energía.

El intercambio de datos es principalmente cíclico, utilizándose determinadas funciones de comunicación eventualmente regladas según EN 50170 a parte de las habituales básicas funciones exclusivas para dicho intercambio. Aunque DP también ofrece servicio en comunicaciones acíclicas más complejas para la parametrización, la monitorización y el manejo de alarmas en los dispositivos de campos inteligentes.

#### 3.1 Funciones básicas

El controlador central, maestro, cíclicamente lee la información de las entradas de los esclavos y acíclicamente actualiza la información de salida de los esclavos. El tiempo de ciclo del bus debe ser menor que el tiempo de ciclo de programa del sistema central de automatización, en caso de ser un PLC el ciclo de scan, que normalmente suele ser 10 ms aproximadamente. A parte de la transmisión cíclica de datos de los esclavos, DP proporciona otras poderosas funciones para el diagnóstico y para poner en servicio activo los dispositivos. La siguiente tabla muestra las funciones básicas de DP.

<p><b>Acceso al bus:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimiento de pase de token, testigo, entre dispositivos maestros y comunicación maestro-esclavo entre maestros y esclavos.</li> <li>• Sistemas mono-maestro y multi-maestro.</li> <li>• 126 dispositivos maestros y esclavos como máximo.</li> </ul>
<p><b>Comunicación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicación para obtención de información uno a uno (peer to peer) o multicast con comandos de control.</li> <li>• Comunicación maestro-esclavo cíclica.</li> </ul>
<p><b>Estados de operación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funcionamiento (Operate). Cíclica transmisión de datos de entrada y salida.</li> <li>• Borrado (Clear). Las entradas son leídas y las salidas se pasan al estado de seguridad.</li> <li>• Parado (stop). Diagnóstico y parametrización, no se transmiten datos de E/S.</li> </ul>
<p><b>Sincronización:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los comandos de control permiten la sincronización de entradas y salidas.</li> <li>• Modo de sincronización (sync), las salidas son sincronizadas.</li> <li>• Modo de congelación (freeze), las entradas son sincronizadas.</li> </ul>
<p><b>Funciones:</b></p>



<ul style="list-style-type: none"><li>• Transferencia de datos cíclica entre el maestro y esclavos.</li><li>• Activación y desactivación dinámica de los esclavos de forma individual.</li><li>• Chequeo de la configuración del esclavo.</li><li>• Funciones de diagnóstico, 3 niveles jerárquicos de mensajes de diagnóstico.</li><li>• Sincronismo de entradas y salidas.</li><li>• Posibilidad de asignación de dirección remota a través del bus para los esclavos que lo soporten.</li><li>• Zona de entrada y salida de 244 bytes máximo por cada esclavo.</li></ul>
Funciones de protección: <ul style="list-style-type: none"><li>• Todos los mensajes son transmitidos con distancia hamming, HD=4.</li><li>• Detección de errores en la comunicación con maestro desde esclavo mediante Watchdog.</li><li>• Protección del acceso a las entradas y salidas de los esclavos.</li><li>• Detección de errores en la comunicación con esclavo desde maestro mediante el control del tiempo de respuesta.</li></ul>
Tipos de dispositivos: <ul style="list-style-type: none"><li>• DP maestro clase 2 (DPM2), monitor del correcto funcionamiento del protocolo del bus. Ej.: controlador específico.</li><li>• DP maestro clase 1 (DPM1), controlador central que intercambia datos con los esclavos. Ej.: PLC.</li><li>• DP esclavo. Ej.: dispositivos con E/S digitales y analógicas, convertidores de frecuencia, ...</li></ul>

La comunicación de datos es monitorizada gracias a funciones de monitorización utilizadas desde el maestro y desde el esclavo.

### 3.1.1 Características generales.

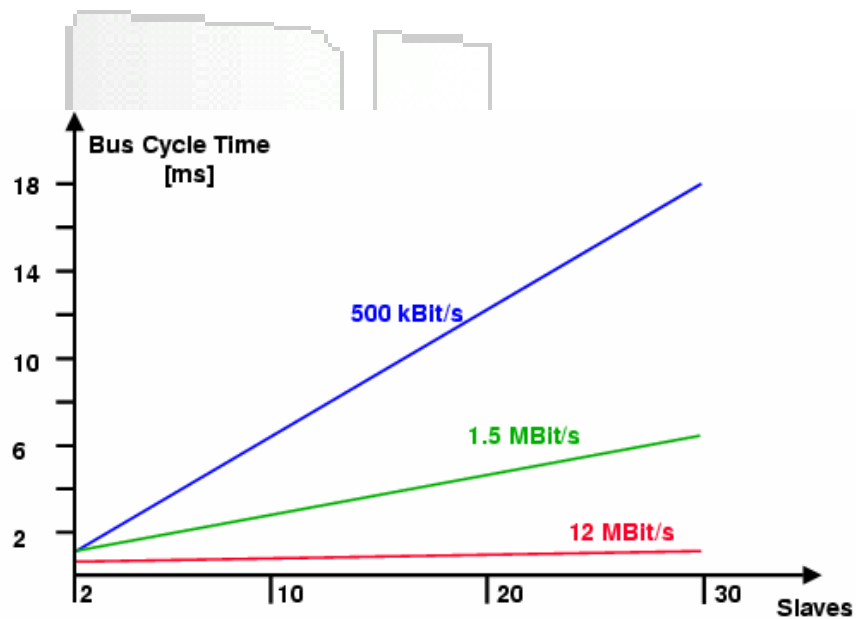
En el uso de un bus las principales claves de éxito son: alta tasa de transferencia, fácil manipulación, buena capacidad de diagnóstico y protección contra interferencia. DP presenta la óptima combinación de todas ellas.

**Velocidad.** DP requiere sólo de 1 ms a 12 Mbit/s para transmitir 512 bits de datos de entrada y 512 bits de datos de salida entre 32 estaciones distribuidas. Gracias a que en un único ciclo de mensaje con DP se pueden transmitir datos de entrada y salida incrementa su velocidad en comparación con FMS. En DP los datos de E/S son transmitidos usando el servicio de SRD de la capa 2.

**Diagnóstico de funciones.** Las extensas funciones de diagnóstico posibilitan una rápida localización de errores. Los mensajes de diagnóstico son transmitidos en el bus y recopilados por el maestro. Estos mensajes de diagnóstico se clasifican en tres niveles:

- Diagnóstico de estación. Estos mensajes conciernen al estado de operación de la estación. Ej.: sobre temperatura del dispositivo, bajo voltaje ...
- Diagnóstico de módulo. Estos mensajes indican el rango de valores de trabajo de las variables de la estación. Ej.: E/ de 16 bits, m 2 /S de 8bits, ...
- Diagnóstico relacionado con el canal. En este caso la posible causa del error es la disfunción de uno de los elementos de los que dependen de la estación. Ej.: en caso de ser un módulo de 10 actuadores binarios que uno de ellos no funcione correctamente, ...

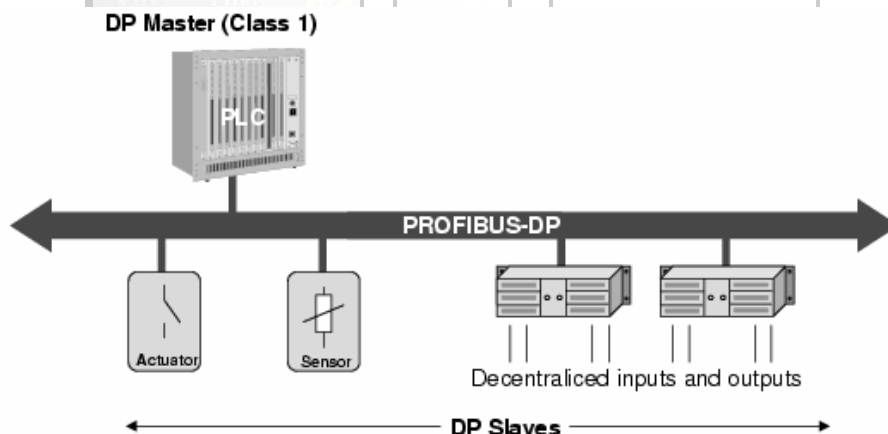
La siguiente tabla revela los tiempos del ciclo del bus en función del número de esclavos y de la tasa de transferencia.



### 3.1.2 Configuración del sistema.

DP permite sistemas mono-maestro y multi-maestro. Esto proporciona un alto grado de flexibilidad durante la configuración del sistema. Un máximo de 126 dispositivos, maestros o esclavos, pueden ser conectados a un bus con repetidores. Las especificaciones de la configuración del sistema define el número de estaciones, asigna direcciones a cada estación de E/S, da consistencia a los datos de E/S, forma el sistema de mensajes de diagnóstico y establece los parámetros a utilizar por el bus. Cada sistema DP consiste en diferentes tipos de dispositivos, pero hay que hacer una distinción entre los tres tipos de dispositivos posibles:

- DP maestro clase 1 (DPM1). Este es un controlador central que intercambia datos de forma cíclica con las estaciones distribuidas usando un determinado mensaje cíclico.
- DP maestro clase 2 (DPM). Los dispositivos de esta clase se encargan de poner en marcha, mantener y hacer el diagnóstico de posibles errores del bus; así como de configurar los dispositivos conectados si fuera necesario, evaluar los datos adquiridos por las E/ y los parámetros de las estaciones, como de monitorizar el estado de estos.
- Esclavos. Un esclavo es un dispositivo periférico, tal como: E/S, convertidores de frecuencia de motores, válvulas, transductores, ... etc; pudiendo haber dispositivos que proporcionan o sólo E/ o sólo /S. La información de E/S que pueden suministrar depende del tipo de dispositivos que son, pudiendo proveer un máximo de 246 bytes de E/ y otros 246 bytes de /S.



En sistemas mono-maestro, sólo un maestro está activo en el bus durante el periodo de operación del bus. El controlador programable es el componente central. En la figura anterior, que nos muestra una configuración de mono-maestro, los esclavos descentralizados, están enlazados con el PLC mediante el medio de transmisión. Esta configuración reduce el tiempo del ciclo del bus, al simplificar la comunicación.

En sistemas multi-maestro se deben configurar varios maestros conectados a un mismo bus. Esos maestros representan cada uno un subsistema independiente, cada uno consiste en un DPM1 al que se le asigna unos determinados esclavos y unos dispositivos de diagnóstico. Todos los maestros del bus pueden leer la imagen de las E/S de todos esclavos, pero sólo pueden acceder a los esclavos que les hayan sido asignados en el periodo de configuración.

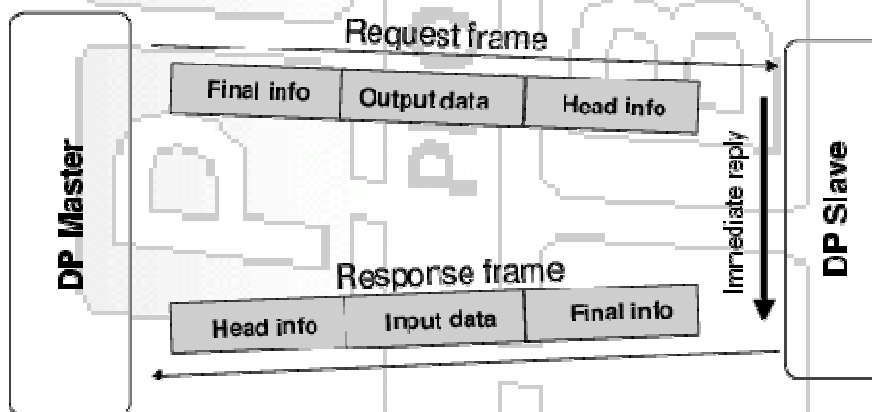
### 3.1.3 Comportamiento del sistema.

Las especificaciones de DP incluyen los detalles de la descripción del comportamiento del sistema para asegurarse la interconectividad de los dispositivos. El comportamiento del sistema es determinado previamente por el estado de operación del DPM1.

El DPM1 puede ser controlado localmente o a través de un DPM2. Los estados en los que se puede encontrar el DPM1 son:

- Parada (stop). No existe comunicación entre el DPM1 y los esclavos.
- Borrado (clear). El DPM1 lee la información de las entradas de los esclavos y mantiene la salida en paro de seguridad.
- Funcionamiento (operate). Es la fase de habitual trabajo, en la que los datos son intercambiados cíclicamente, las E/ de los esclavos son leídas, y las /S de los esclavos son escritas.

El DPM1 cíclicamente envía su estado a todos los esclavos a él asignados usando el comando de multicast según un tiempo de intervalo configurable. La reacción del sistema ante un error durante la transferencia del DPM1 (tal como un esclavo sin alimentación), es determinada por la configuración del parámetro auto-clear. Si este parámetro se activa, todos los esclavos que controla este DPM1 pasarán a paro de seguridad, y el DPM1 después de esto pasará a estado de borrado.



Si este parámetro es falso, el DPM1 permanece en su estado de operación, incluso cuando ocurre un error.

### **3.1.4 Transmisión cíclica entre DPM1 y los esclavos.**

La transmisión de datos entre el DPM1 y los esclavos es ejecutada de forma automática por el DPM1 en un definido orden. Cuando se configura el bus del sistema, se debe definir la frecuencia de actualización de los datos de un esclavo al DPM1, definiendo además que esclavos van a ser incluidos o excluidos del intercambio cíclico de datos. La transmisión de datos entre el DPM1 y los esclavos es dividida en tres fases: parametrización, configuración y transferencia de datos. Antes de que un esclavo entre en la fase de transferencia de datos, se debe chequear su comportamiento en la fase de parametrización y configuración. En el curso del chequeo, el tipo de dispositivo, formato y tamaño de la información a la vez que el número de E/S deben de estar de acuerdo. Este test proporciona una seguridad adicional contra errores en la parametrización. Además esta configuración inicial del dispositivo puede ser modificada desde el DPM1 en cualquier momento de la fase de transferencia de datos.

### **3.1.5 Modos de sincronismos y congelación.**

Además de la función transferencia de datos cíclica que se ejecuta de manera automática, el DPM1 puede enviar comandos de control a un esclavo en particular, a un grupo de esclavos o a todos los esclavos de manera simultánea. Los esclavos entran en modo de sincronismo (sync), cuando reciben el comando SYNC del maestro que tiene asignado. Todas las salidas del esclavo son congeladas en el estado en el que se encontraban al recibir este comando, guardándose en la memoria esclavo las siguientes salidas. Cada vez que el DPM1 envía el comando SYNC encontrándose el esclavo en este modo las salidas son actualizadas. El modo de sincronismo termina cuando el esclavo recibe el comando UNSYNC. De forma similar el comando de congelación, FREEZE, actúa sobre las entradas del dispositivo, saliendo de este modo con el comando UNFREEZE.

### **3.1.6 Mecanismos de protección.**

DP proporciona seguridad y exactitud en la comunicación con efectivas funciones de protección contra errores de parametrización de la transmisión entre equipos. Para lograr esto, los mecanismos de monitorización deben ser implementados en el DP maestro. El intervalo de monitorización del sistema es un parámetro definible en la configuración del sistema.

El DPM1 monitoriza la transmisión de datos de los esclavos con el control de tiempo de datos. Un temporizador separado es usado para cada esclavo dependiendo de sus características. El tiempo de monitorización es detenido cuando no se da la correcta transmisión del dato en el intervalo temporizado. Si se ha habilitado la respuesta automática del sistema ante este error, y el sistema se encuentra en funcionamiento, todos los esclavos, como ya se ha dicho antes, pasarán al estado de paro de seguridad, y el DPM1 entrará en el estado de borrado.

El esclavo usa el control de watchdog para detectar los errores en la transmisión del maestro. Si la comunicación no se da de forma correcta en el periodo de tiempo marcado, el esclavo entrará en el estado de paro controlado. Además de estas medidas de protección en sistemas multi-maestro es necesario incrementar la seguridad en el acceso a las E/S de los esclavos, de manera, como se ha mencionado con anterioridad, todos los maestros puedan leer las imágenes de las E/S pero sólo un maestro asignado al dispositivo pueda tener total acceso.

## **3.2 Funciones extendidas de DP**

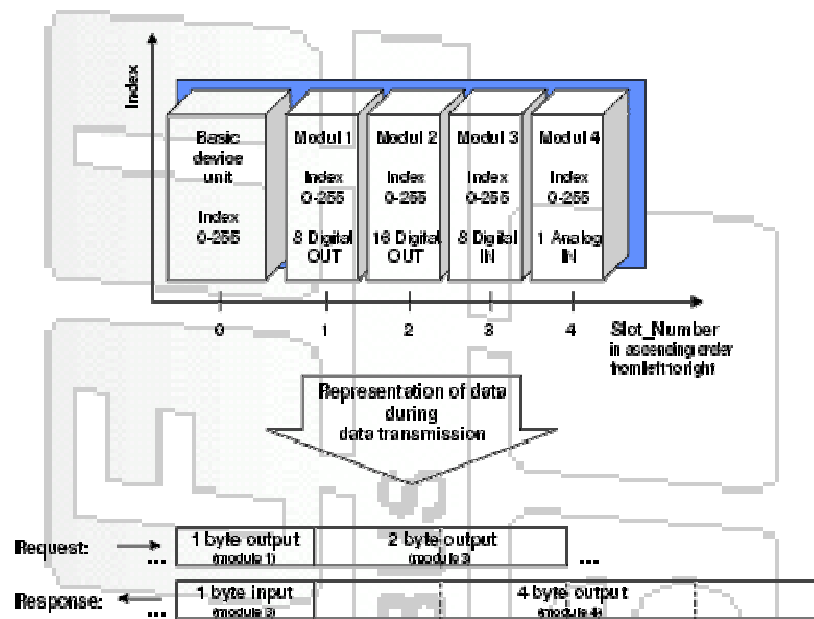
La extensión de las funciones de DP hace posible transmitir de forma acíclica funciones de lectura y de escritura, alarmas entre maestros y esclavos, ... etc., de manera paralela o independiente a la transmisión cíclica de los datos de la comunicación. Estas también permiten el uso de DPM2 para optimizar los parámetros de los dispositivos conectados o leer el estado de cada esclavo sin interrumpir el proceso en marcha.

Con esas extendidas funciones, DP conoce los requerimientos de incluso los dispositivos más complejos que frecuente tienen que ser parametrizados durante el funcionamiento. Hoy en día las funciones extendidas de DP son principalmente utilizadas en operaciones on-line en los dispositivos de Profibus-PA. La transmisión de los datos requeridos de forma eventual es un proceso de comunicación de baja prioridad en comparación con la rápida transferencia de datos cíclica. El maestro requiere algunas veces de un tiempo adicional para soportar las comunicaciones eventuales de los parámetros del sistema. Par lograr esto, las herramientas de parametrización usualmente incrementan el tiempo de posesión del token por parte de un maestro.

Estas funciones extendidas son opcionales, siendo compatibles con las funciones DP básicas. Existen dispositivos que no necesitan del uso de estas funciones para cumplir con sus exigencias, por lo que sólo usarán las básicas. Las funciones extendidas de DP son especificadas en la guía de Profibus nº 2082.

### **3.2.1 Direccionamiento por índice**

Para direccional los datos, Profibus asume que los esclavos están construidos como bloques, o pueden ser estructurados internamente en unidades de funciones lógicas también llamadas módulos. Este modelo es también usado en las funciones básicas DP para la transmisión cíclica de datos, donde cada módulo tiene un constante número de bytes de E/S que pueden ser transmitidos en una posición fija del datagrama. Esta dirección procede en base a un identificador que caracteriza cada tipo de módulo de entrada, salida o ambos. Todos los identificadores juntos dan la configuración del esclavo, el cual es también chequeado por el DPM1 cuando el sistema se inicializa. Los nuevos servicios acíclicos son también basados en este modelo. Todos los bloques de datos habilitados para leer o con acceso de escritura, son también considerados como pertenecientes a un módulo. Estos bloques pueden ser diseccionados por el número de slot y el índice. La dirección del número de slot del módulo y la dirección del índice del bloque pertenecen a ese módulo. Los datos de un block pueden tener un tamaño máximo de 244 bytes. Con un dispositivo modular, el número de slot es asignado al módulo. Comenzando con 1, los módulos son numerados consecutivamente en orden incremental. El slot 0 es reservado por el dispositivo en sí. Los dispositivos compactos son tratados como una unidad de módulo virtual. El direccionamiento por número de slot e índice es también utilizado aquí. Usando el tamaño especificado en la lectura o escritura de datos, es también posible leer o escribir parte de los datos de un block. Si el acceso a un block se hace correctamente se podrá cambiar cualquier dato de éste, pero si se comente cualquier error en el direccionamiento y el tamaño de los datos el esclavo dará una respuesta negativa originando un problema.



### 3.2.2 Transmisión de datos acíclicos entre DPM1 y los esclavos

Las siguientes funciones son disponibles en comunicaciones entre DPM1 y los esclavos:

- MSAC1\_Read: El maestro lee datos de uno de los block de un esclavo.
- MSAC1\_Write: El maestro escribe datos en uno de los block de un esclavo.
- MASC1\_Alarm: Transmisión de alarma desde un esclavo al maestro. La recepción de alarmas es explícitamente contestada por el maestro. Sólo después de que una alarma haya sido contestada el esclavo puede enviar un nuevo mensaje de alarma. Esto significa que una alarma nunca puede ser solapada por otra.
- MASC1\_Alarm\_Acknowledge: el maestro contesta a la recepción de una alarma avisada por un esclavo.
- MASC1\_Status: Transmisión del estado de mensajes desde el esclavo al maestro. La recepción del estado de mensajes no es contestada. El estado de mensajes puede ser reescrito.

Los datos son transferidos a través de la conexión MASC1. Esta conexión es establecida por el DPM1. Es un enlace cerrado para conectar datos cíclicamente entre el DPM1 y los esclavos y sólo puede ser usada por el maestro.

### 3.2.3 Transmisión de datos acíclica entre DPM2 y los esclavos.

Las siguientes funciones son disponibles para la comunicación acíclica entre DPM2, encargado del mantenimiento del bus, y los esclavos:

- MSAC2\_Initiate y MSAC2\_Abort: Establecimiento y terminación de la comunicación acíclica entre DPM2 y el esclavo.
- MSAC2\_Read: El maestro lee un block de datos del esclavo.

- MSAC2\_Write: El maestro escribe en un block de datos del esclavo.
- MSAC2\_Data\_Transport: Con este servicio, el maestro puede escribir datos cíclicamente al esclavo y si lo requiere también leer datos en el mismo ciclo de servicio. El significado del dato depende de la aplicación específica y es definida en el perfil que se escoja dentro del DP.

La comunicación está orientada a la conexión. La conexión es llamada MSAC\_C2. La conexión es establecida antes del comienzo la comunicación acíclica por el DPM2 con el servicio de inicialización. Después de esto, la comunicación está preparada para los servicios de MSAC2\_Read, MSAC2\_Write y el MSAC2\_Data\_Transport. Cuando una conexión no es necesaria en mucho tiempo es desconectada a través del comando MSAC2\_Abort. Esta función es usada para evitar que un esclavo tenga activas demasiadas conexiones MASC2 con varios DPM2 al mismo tiempo. El número de conexiones que pueden ser mantenidas activas al mismo tiempo depende de la disponibilidad del dispositivo y de su capacidad de processamiento. La transmisión de datos de forma asíncrona es efectuada en una predefinida secuencia, la cual es descrita utilizando como ejemplo a continuación el servicio MSAC2\_Read:

Primero el maestro envía un comando de MSAC2\_Read, una vez inicializada la comunicación con el respectivo comando, al esclavo; este dato requerido para leerlo es direccionado por la dirección usando el número de slot y el índice. Después de que el pedido haya sido aceptado, el esclavo envía al maestro la conformidad con lo pedido. El maestro ahora envía de forma regular telegramas al esclavo para recopilar la información del esclavo. El esclavo responde a todos estos telegramas del maestro con un mensaje de reconocimiento sin datos hasta que haya preparado el dato a enviar, y entonces el esclavo ofrece la respuesta al comando MSAC2\_Read. El tiempo de transmisión de los datos desde que se piden hasta que son recibidos es monitorizado.

El intervalo de monitorización es especificado con el servicio DDLM\_Initiate. Si el monitor de la conexión detecta algún error, se desconectarán el maestro y el esclavo. La conexión puede ser restablecida de nuevo después de un tiempo o establecida por otro compañero. El servicio de acceso a los puntos del 40 al 48 del esclavo y el servicio del punto 50 del DPM2 son reservados para la conexión MSAC\_C2.

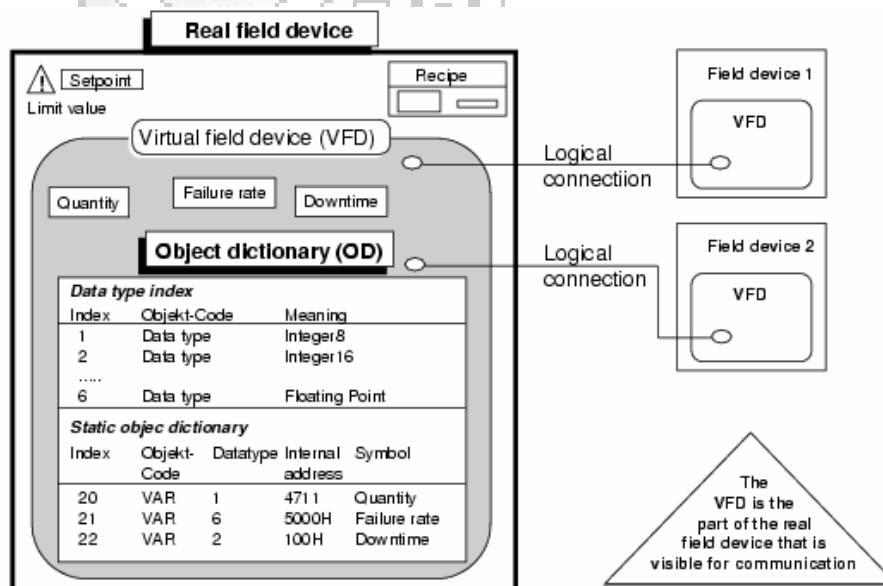
## 4 Profibus-FMS

El perfil de comunicación de FMS es diseñado para la comunicación a nivel de célula. A este nivel, los controladores programables, PLC y IPC, tienen unos requisitos de comunicación especiales, siendo más importante un alto grado de funcionalidad que una rápida reacción del sistema.

La capa de aplicación, capa 7 según el modelo ISO OSI, consiste en las siguientes partes:

- Las especificaciones de los mensajes de campo, que da nombre al perfil FMS
- El interfaz con las capas de bajo nivel (LLI). Hace de intérprete entre la capa 7 de aplicación y las capas 1 y 2, más en contacto con el medio físico de transmisión.

El modelo de comunicación FMS permite que los procesos de las aplicaciones distribuidas se unifiquen en un mismo proceso mediante las relaciones de comunicación. Esta porción de los procesos de la aplicación de un dispositivo de campo que puede ser alcanzada a través de la comunicación es llamada dispositivo virtual de campo, VFD. La siguiente figura enseña las relaciones entre los dispositivos de campo reales y los dispositivos VFD. En el ejemplo sólo las variables, tales como: número de unidades, registro de errores y tiempo de acceso, son parte del VFD y pueden ser leídas o escritas a través de dos relaciones de comunicación. Las variables como valor requerido y receta no son disponibles con FMS.



Todos los objetos de la comunicación de los dispositivos FMS son introducidos en un diccionario de objetos, OD. El diccionario contiene la descripción, la estructura y el tipo de datos tanto como el direccionamiento interno de un objeto dentro del direccionamiento de un dispositivo físico, para ser designados por el bus, lo que se ha definido antes como el índice.

Los objetos estáticos de comunicación son configurados una vez al inicializar el bus y no son accesibles durante el funcionamiento de éste. FMS reconoce 5 tipos de objetos de comunicación:



- Variable simple.
- Array, conjunto de variables simples del mismo tipo.
- Registro, conjunto de variables simples de diferentes tipos.
- Dominio.
- Evento, mensaje de evento.

Los objetos de la comunicación dinámica son introducidos en la sección dinámica del diccionario de objetos y pueden ser modificados durante el funcionamiento del bus.

La dirección lógica es el método preferido para acceder a un determinado objeto. El acceso se hace a través con una dirección corta, el índice, el cual es un dato del tipo unsigned de 16 bits. Cada objeto tiene una única dirección. Una opción adicional es el direccionamiento de objetos a través de un nombre.

Los objetos de la comunicación pueden ser también protegidos contra acciones desautorizadas, a través de la protección de acceso, o permitir servicios para acceder a un objeto de manera restringida, por ejemplo para sólo leerlo.

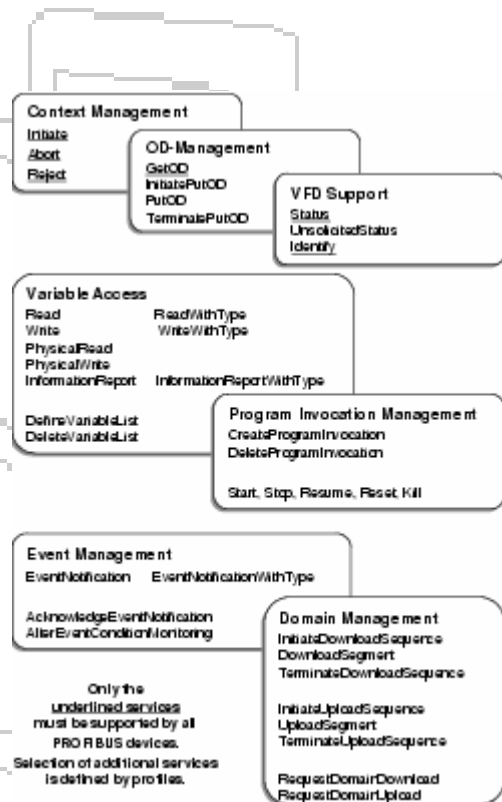
#### 4.1 Servicios FMS

Los servicios FMS son un subconjunto de los servicios MMS, Manufacturing Message Specification o especificaciones de mensajes de fabricación, ISO 9506, que han sido optimizados para las aplicaciones de buses de campo y han sido expandidas para administrar los objetos de la comunicación y para dirigir las actividades de la red. La figura de abajo muestra los servicios FMS disponibles.

Los servicios con confirmación pueden ser sólo utilizados para la comunicación orientada a la conexión, mientras que los servicios sin confirmación pueden ser usados en las relaciones de comunicación sin conexión, broadcast y multicast, pudiendo ser transmitidos estos con prioridad alta o baja.

Los servicios FMS están divididos en dos grupos:

- Los servicios de director de contexto, destinados a al establecimiento y terminación de una conexión lógica.
- Los servicios de acceso a variable, destinados a acceder a una variable, un registro, un array o una lista de variables.
- Los servicios de director de dominio, que son usados para transmitir grandes zonas de memoria. Los datos a enviar son divididos en paquetes para su posterior transmisión.
- Los servicios del director de invocador de programa, destinados a controlar el flujo de un programa en ejecución.
- Los servicios de director de eventos, destinados a transmitir mensajes de alarma. Estos mensajes pueden ser enviados como broadcast o multicast a los demás dispositivos.



- Los servicios de soporte de VFD, destinado a la identificación y al chequeo del estado de mensajes en el dispositivo. Estos también pueden ser enviados de manera espontánea en forma de respuesta de un dispositivo a una transmisión multicast o broadcast.
- Servicios de director de diccionario de objetos, orientado a la escritura y lectura en el diccionario.

El dibujo de la abajo representa una secuencia de la confirmación de servicio FMS.

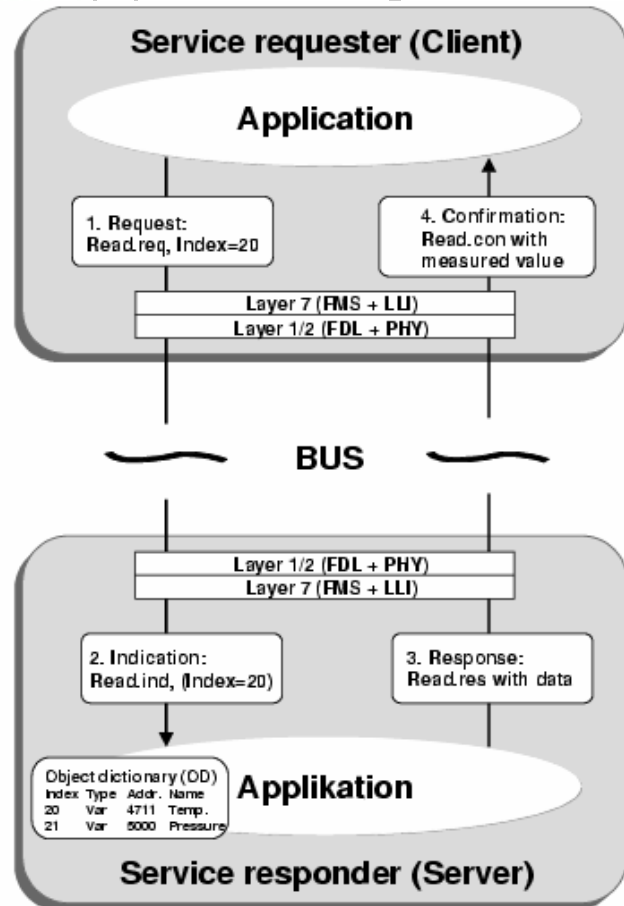
#### 4.2 Interfaz de las capas bajas (LLI).

El mapeado de las capas 7 a 2 es controlado por LLI. Los objetivos incluyen el control de movimiento y la monitorización de la conexión. Los comunicantes con los otros procesos a través de canales lógicos llamados enlaces de comunicación. El LLI proporciona varios tipos de enlaces de comunicación para ejecutar los servicios FMS. Los enlaces de comunicación tienen diferentes capacidades de conexión, ej.: monitorización, transmisión, demanda de datos, ...etc.

Los enlaces de comunicación orientados a la conexión representan una conexión uno a uno entre dos procesos de aplicaciones. La conexión debe ser primero establecida con un servicio de inicialización antes de poder transmitir datos. Cuando un conexión establecida no está en uso esta debe ser desconectada mediante el uso del servicio de abortaje. El LLI permite la monitorización del tiempo de conexión para los enlaces de comunicación conectados. Estas conexiones se pueden dar de dos formas: definidas, el compañero de comunicación es especificado durante la configuración, y abiertas, el compañero de comunicación no es especificado hasta que la fase de conexión no es establecida.

Los enlaces sin conexión permiten a un dispositivo comunicarse simultáneamente con muchas estaciones usando los servicios sin confirmación. En los enlaces de comunicación broadcast, un servicio sin confirmación FMS es simultáneamente enviado a todas las estaciones conectadas a la red, mientras que en los enlaces de comunicaciones multicast el servicio es simultáneamente enviado a un predefinido grupo de estaciones.

Todas las relaciones de comunicación de los dispositivos FMS son registradas en el CRL, lista con todos los enlaces de una estación. Para un dispositivo simple esta lista es predeterminada por el fabricante. Pero en el caso de un dispositivo complejo, el CRL debe ser configurado. Cada relación de comunicación es direccionada por una designación local, la referencia a la comunicación, CREF. Desde el punto de vista del bus, un CREF, es definido como una dirección de estación, la capa 2 y el LLI sirven de punto de acceso. El CRL también



describe las asignaciones entre la capa 2 y el CRL, como especificaciones acerca de los servicios FMS soportados, tamaño de los datos intercambiables, ... etc., para cada CREF.

### **4.3 Director de la red.**

Además de los servicios básicos del FMS, están disponibles unas funciones de director de red, llamadas FMA7, Director del bus de campo de la capa 7. Las funciones de la FMA7 son opcionales y permiten configurar la estación central de manera local o remota. Las funciones FMA7 son:

- Director de contexto, es utilizada para establecer y desconectar una conexión FMA7.
- Director de configuración, es utilizada para acceder a los CRLs, las variables, los contadores estáticos y los parámetros de las capas 1 y 2. Esta función también puede ser utilizada para registrar y asignar un número de identificación a las estaciones de un bus.
- Director de fallos, es utilizada para indicar eventos o fallos y si es necesario resetear los dispositivos.

Un acceso uniforme para la configuración de los dispositivos es obtenido mediante la especificación de las características del director de conexión. Una conexión de director por defecto debe ser entrada con CREF=1 en el CRL para cada dispositivo que soporte los servicios FMA7.

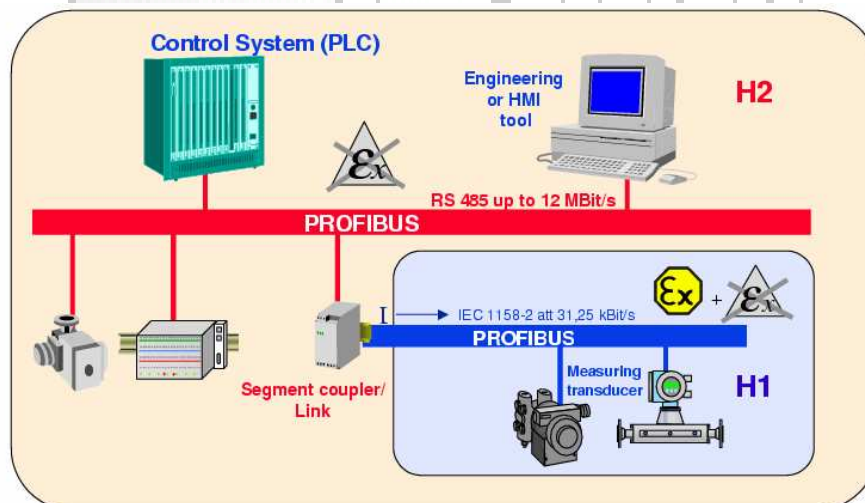
## 5. Profibus-PA

Los perfiles de aplicaciones describen el uso de las comunicaciones Profibus y de los perfiles físicos para un cierto rango de aplicaciones o para unos ciertos tipos de dispositivos.

### 5.1 *Processos de automatización.*

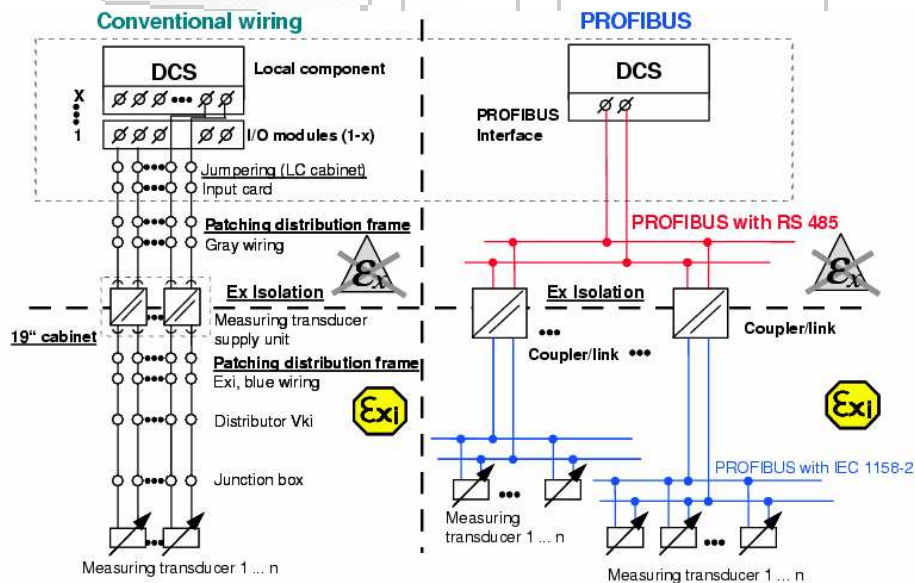
El uso de Profibus en dispositivos típicos y aplicaciones en procesos de automatización es definido por los perfiles PA. El perfil está basado en los perfiles de comunicación DP y dependen del campo de la aplicación, IEC 1158-2, RS-485 y fibra óptica son utilizados como transmisores de esta tecnología. Los perfiles PA definen los parámetros de los dispositivos y el comportamiento de los típicos dispositivos de campo tales como transductores de señal o actuadores, facilitando incluso el cambio de un dispositivo por otro similar de distinto fabricante. La descripción de las funciones y del comportamiento del dispositivo está basado funciones bloques internacionales. La definición y las opciones del perfil de aplicaciones PA hacen a Profibus el mejor sustituto para las convencionales líneas de transmisión en 4-20 mA. Profibus también permite controlar la adquisición de datos y la actuación en el medio, en procesos a través de un simple cable de 2 hilos. Profibus permite la conexión y desconexión de dispositivos durante el funcionamiento incluso en áreas peligrosas. Especialmente diseñado para este tipo de áreas peligrosas se ha elaborado el perfil Profibus PA. El perfil Profibus PA ha sido desarrollado en cerrada cooperación con usuarios de procesos industriales, con las siguientes características:

- Perfil de aplicaciones estándar para procesos de automatización que permite la intercambiabilidad del dispositivo de campo con otros de distinto fabricante.
- Se pueden añadir y desconectar estaciones del bus incluso en áreas peligrosas sin influenciar a otras estaciones.
- El bus suministra alimentación para los transductores de señal usando la tecnología de dos cables acuerdo con el estándar IEC 1158-2.
- Este bus es usado también en áreas potencialmente explosivas con los tipos de protección EEx ia/ib o la encapsulación EEx d.



### 5.1.1 Aspectos de la comunicación

El uso de Profibus en procesos industriales permite ahorrar hasta un 40 % de los costos en planificación, cableado y mantenimiento ofreciendo un incremento de la funcionalidad y de la seguridad de las comunicaciones. La siguiente figura ofrece una comparativa entre el tradicional cableado 4-20 mA y un sistema basado en Profibus.



Los dispositivos de campo en áreas peligrosas son conectados a través de Profibus usando el estándar IEC 1158-2. Esta tecnología permite la transmisión de datos y energía a través del mismo cable. Normalmente las redes que se implantan en este tipo de áreas son mixtas teniendo zonas en la que la transmisión tiene lugar en el habitual RS-485, zonas seguras, y otras en las que es necesario utilizar la tecnología antes mencionada debido a su carácter explosivo, la interconexión de estos distintos segmentos se efectúa a través de pasarelas o enlazadores. Así se consigue que llegue la información desde los transductores hasta los módulos de control de procesos, DCS.

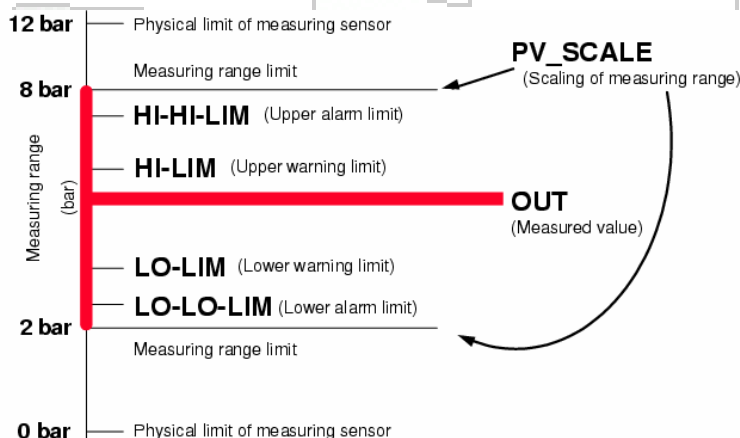
El tipo de cableado necesario en las zonas peligrosas depende de los requisitos de seguridad que imponga esta y el consumo de los dispositivos que se alimentan. Con el tipo EEx ia/ib es posible conectar al mismo segmento con una única pasarela, que es la encargada de suministrar la corriente a la zona, de 9 a 32 transductores de señal. Esto ahorra cableado y módulos de E/S de los DCS. Los valores de las señales y el estado del dispositivo PA son transmitidos de forma cíclica con alta prioridad entre el DCS, que actúa de DPM1, y el dispositivo de campo usando las funciones básicas DP. Esto asegura que el valor de la señal y el estado del dispositivo de medida están siempre actualizándose y siendo disponible por el DPM1. Para controlar el estado de la comunicación también son transmitidas de manera puntual y con baja prioridad funciones DP desde el DPM2 mediante la conexión C2.

### 5.1.2 Aspectos de la aplicación.

Además de las definiciones anteriormente tratadas de Profibus DP, PA también tiene las suyas propias, tales como tipo de dato y unidad de los datos de medida, significado de los campos del registro estado, ... etc. Las especificaciones de la unidad y el significado de los parámetros de los dispositivos son independientes del vendedor.

PA permite incluso la simulación de valores de los transductores de señal, pudiendo ser introducidos unos valores ficticios que el CPM1 tomará como los valores instantáneos del transductor en lugar de los reales. Esto permite comprobar el comportamiento del sistema ante estado críticos.

La siguiente figura ilustra los parámetros de una variable de medida en Profibus PA.



El comportamiento de los dispositivos es descrito por las especificaciones del estándar. La siguiente figura muestra los principios de la transmisión de una variable de presión, analog input, descrita con las funciones de bloques.

Parámetro	Lectura	Escritura	Función que realiza
<b>OUT</b>	X		Valor actual de la variable del proceso y su estado
<b>PV_SCALE</b>	X	X	Escalado de las variables del proceso, el límite superior e inferior, el código por unidades y el número de dígitos después del punto decimal
<b>PV_FTIME</b>	X	X	Tiempo de actualización de la variable de salida
<b>ALARM_HYS</b>	X	X	Histéresis de la función de alarma en un % del rango de medida
<b>HI_HI_LIM</b>	X	X	Límite superior de la alarma, si lo excede el bit de alarma del registro de estado se seteará.
<b>HI_LIM</b>	X	X	Límite superior del aviso, si lo excede el bit de aviso del registro de estado se seteará
<b>LO_LIM</b>	X	X	Límite inferior del aviso, si no lo alcanza el bit de aviso del registro de estado se seteará
<b>LO_LO_LIM</b>	X	X	Límite inferior de la alarma, si no lo alcanza el bit de alarma del registro de estado se seteará.
<b>HI_HI_ALM</b>	X		Registro de estado del límite superior de la alarma con tiempo de permanencia.
<b>HI_ALM</b>	X		Registro de estado del límite superior del aviso con tiempo de permanencia.
<b>LO_ALM</b>	X		Registro de estado del límite inferior de la aviso con

			tiempo de permanencia.
LO_LO_ALM	X		Registro de estado del límite inferior de la alarma con tiempo de permanencia.

El perfil de dispositivos PA consiste en una general hoja de datos con las definiciones aplicables a cada dispositivo. El perfil PA en su versión 3.0 define los dispositivos de la hoja de datos para todos los transductores de señal por los siguientes datos:

- Presión o diferencia de presión.
- Nivel, temperatura, o control de movimiento
- E/S analógicas y digitales.
- Válvulas y posicionadores
- Analizadores.

### 5.1.3 Bloque de funciones PA

El perfil PA soporta intercambiabilidad e interoperatividad de los dispositivos de campo PA desde diferentes fabricantes. El perfil utiliza el bloque de funciones internacionales para describir las funciones de los dispositivos y los parámetros. Los bloques de funciones representan diferentes funciones aplicables a las E/S analógicas/digitales. Además de las específicas funciones de bloques, dos funciones de bloques son utilizables para acceder a las especificaciones de los dispositivos, el bloque físico y el bloque de transductores. Los parámetros de las E/S pueden ser accedidos a través del bus y enlazados desde estas funciones de bloques del nivel de aplicación.

El bloque físico, contiene información general tal como el nombre del dispositivo, fabricante, versión, y número de serie.

El bloque de transductores, contiene datos específicos tales como parámetros de corrección, ... etc.

En el bloque de E/ analógica (AI)/digital (DI), se proporciona el valor de la señal por el sensor, con el estado y la escala.

En el bloque de S/ analógica (AO)/digital (DO), se aplica una salida analógica especificada por el control del sistema.

Una aplicación contiene varias funciones de bloques. Las funciones de bloques están integradas dentro de los dispositivos de campo inteligentes por el fabricante del dispositivo y son accesibles a través de la comunicación Profibus.

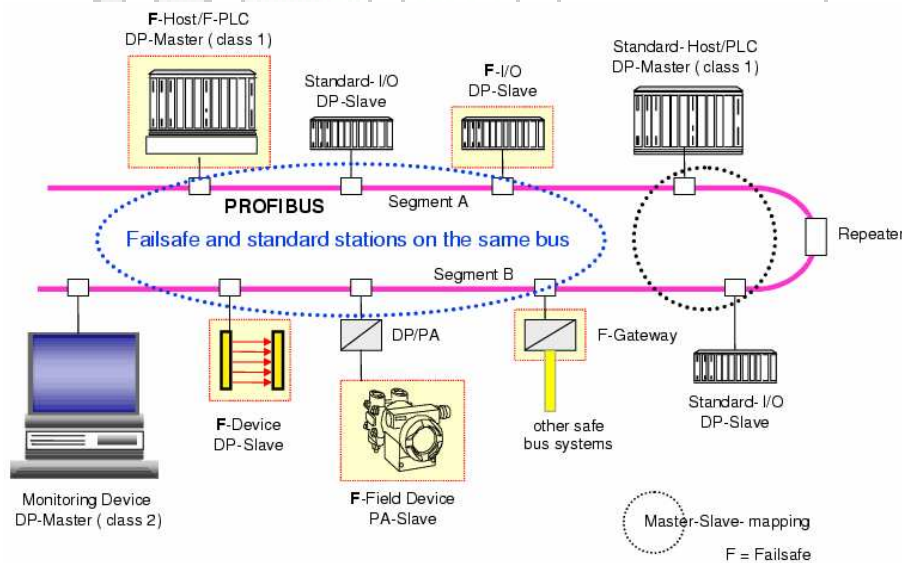
## 5.2 Aplicaciones libres de errores

El perfil de PROFIsafe define como conectar dispositivos libres de error a un controlador programable a través de Profibus. Esto significa que las ventajas de las comunicaciones abiertas con Profibus pueden ser también usadas en estas especiales áreas, donde, hasta ahora la mayoría de los dispositivos tenía que ser cableados de forma convencional.

El desarrollo del concepto de transmisión de datos segura en Profibus, no es otro que reducir el costo en cableado en un amplio rango de aplicaciones en los procesos industriales. Como resultado, los dispositivos con el perfil PROFIsafe pueden ser integrados sin restricciones al bus de comunicaciones Profibus. PROFIsafe está basado en el perfil de comunicaciones DP y puede trabajar en RS-485, fibra óptica o en la tecnología IEC 1158-2 .

Profisafe es un único canal de software que ofrece una serie de ventajas sobre los estándares ya existentes sin modificar la capa 1 de interconexión física. Profisafe toma cuenta de todos los posibles errores ocurridos durante la comunicación serie a través del bus: repeticiones, pérdidas de datos, secuencias incorrectas, ...etc., y define una serie de mecanismos que amplían la protección natural que ofrece Profibus pero elimina el protocolo de acceso al bus de Profibus.

A través de selecciones expertas y la combinación de las señales disponibles, tales como numeración consecutiva, tiempo de monitorización con contestación, identificación de la fuente de transmisión, el control CRC y el sistema de monitorización SIL, hace posible conseguir probabilidades de fallo clase SIL3 o AK6. El perfil profisafe tiene informes favorables de identidades de acreditación como TÜV y BIA. Para los sistemas más exigentes hay un software disponible que implementa todas las definiciones del perfil profisafe.



### 5.3 Perfil de aplicaciones para dispositivos especiales.

En el perfil básico de Profibus DP son definidos los siguientes tipos:

**NC/NR.** Este perfil describe como controlar robots y dispositivos manipuladores. El esquema de flujo muestra el movimiento y el control del programa del robot desde el punto de vista del más alto nivel del sistema de automatización.

**Encoders.** Este perfil describe como enlazar a DP un encoder rotacional, un encoder de ángulo, lineal, multivuelta, ...etc. Este tipo de dispositivos están controlados mediante dos tipos de funciones, las básicas y las funciones especializadas tales como escalado, manipulación de alarmas, y diagnóstico.

**Convertidores de frecuencia.** Este perfil especifica como deben ser parametrizados y como transmitir el setpoint y los valores actuales. Esto permite el intercambio de convertidores de distintas marcas. El perfil también contiene información sobre especificaciones del control de velocidad y de posición.

**Interfaz humano de máquina (HMI).** Este perfil para los HMI especifica el enlace de estos dispositivos a componentes de automatización de alto nivel. Este perfil usa las funciones extendidas DP para la comunicación.



## 6. Conexión de dispositivos.

Profibus permite tener dispositivos de distinto comportamiento. Las características difieren en la disponibilidad de las funciones, ej.: número de señales de E/S y el los mensajes de diagnósticos, o posibles parámetros del bus tales como velocidad de transferencia y tiempo de monitorización. Estos parámetros varían individualmente para cada tipo de dispositivo y de fabricante, y son usualmente documentados en los manuales técnicos. Para lograr una simple configuración Plug and Play para Profibus es necesaria una hoja en formato electrónico de las características de comunicación del dispositivo.

Una poderosa herramienta de configuración indispensable para este tipo de configuraciones de redes Profibus. La configuración basada en archivos GSD permite configurar de manera sencilla dispositivos de diferentes fabricantes.

### 6.1 Archivos GSD

Las características de comunicación de los dispositivos Profibus son definidas en un archivo GSD, que debe ser proporcionado por el fabricante del dispositivo.

Los archivos GSD expanden las comunicaciones abiertas en el nivel del control del operario. Los archivos GSD pueden ser cargados durante la configuración usando cualquier moderna herramienta de configuración, siendo el grado de dificultad de esta tarea dependiente del software de configuración.

Los archivos GSD proporcionan una descripción clara y comprensiva de las características de un tipo de dispositivo en un formato definido de forma precisa, y está especificado para un tipo concreto de dispositivo. El formato de archivo definido permite la configuración del sistema y es automáticamente leído al configurar el sistema del bus. Los datos técnico relativos a la comunicación expresados en el GSD, reducen el tiempo consumido en el proyecto de ingeniería buscando esta información en los manuales técnicos. Incluso durante la fase de configuración, la configuración del sistema puede ser chequeada por los posibles errores de entrada y la consistencia de los datos de entrada en relación al total del sistema.

El archivo GSD está dividido en tres secciones:

- Especificaciones generales. Esta sección contiene información del vendedor y del nombre del dispositivo, las versiones de hardware y software, las velocidades soportadas, los posibles intervalos de tiempo para la monitorización de los tiempos y la asignación de señales al conector del bus.
- Especificaciones relacionadas con el maestro. Esta sección contiene todos los parámetros relacionados con la información que describe un maestro, tales como el máximo número de esclavos que pueden ser conectados, la carga y descarga de opciones, ... etc. Esta sección no existe en los dispositivos esclavos.
- Especificaciones relacionadas con el esclavo. Esta sección contiene todas las especificaciones relacionadas con el esclavo, como el número y el tipo de canales de E/S, especificaciones de textos de diagnóstico e información de los módulos disponibles.

En las secciones individuales, los parámetros por palabras claves. Una distinción es hecha entre los parámetros obligatorios y los parámetros opcionales. La definición de los grupos de parámetros permite la selección de las opciones. Además, los archivos del mapeado de bit

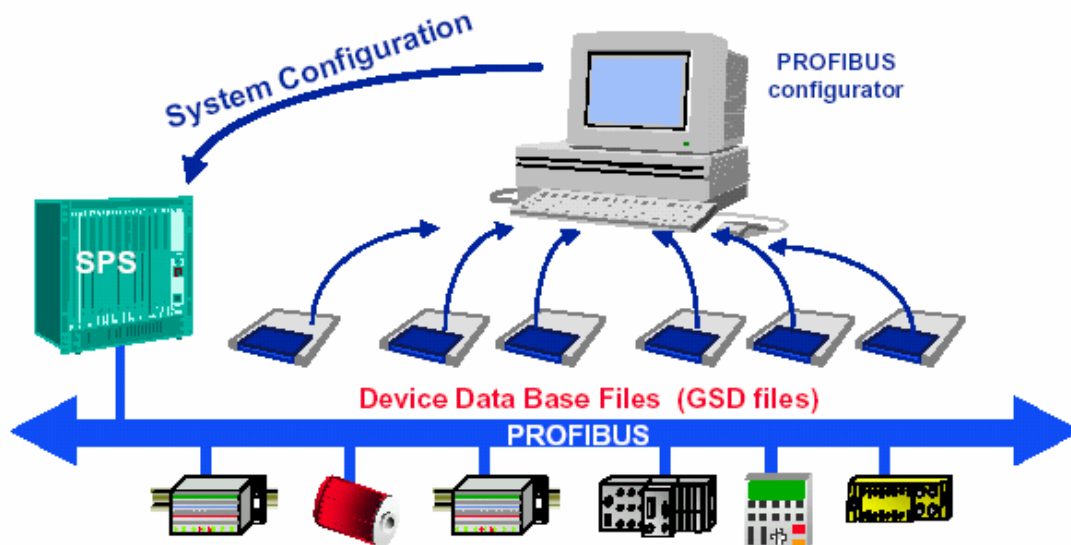
con los símbolos de los dispositivos pueden ser integrados. El formato del GSD es diseñado de forma flexible, pudiendo redistribuirse la lista o el espacio dedicado a cada módulo. La planificación del texto puede ser también incluida en el GSD.

Para soportar los dispositivos fabricados, la página web de Profibus cuenta con un editor y una aplicación de chequeo para facilitar la generación y el chequeo de archivos GSD.

## 6.2 Número de identificación.

Cada esclavo Profibus y cada maestro Profibus tipo 1 debe tener un número de ID. El maestro requiere de este número para poder identificar el tipo de dispositivo conectado. El maestro compara el número ID del dispositivo conectado con el número ID especificado por la herramienta de configuración en los datos de configuración. La transferencia de datos no comienza hasta que el tipo de dispositivo correcto con la dirección correcta no ha sido conectado al bus. Esto proporciona un alto grado de seguridad contra configuraciones erróneas. El número ID depende del tipo de dispositivo, siendo la asignación de este número reglada por la organización de Profibus.

Un especial rango de números ID han sido reservados para dispositivos de campo PA: 9700H – 977FH. Todos los dispositivos de campo PA deben tener un número ID dentro de este rango de datos específico. La definición de este rango concreto de números facilita la interconexión de los dispositivos. Dentro de este rango las direcciones, como se ha dicho antes, deben asignadas a los dispositivos según su categoría, por ejemplo la dirección 9760H es reservada para dispositivos de campo PA multivariables.



## 6.3 Descripción electrónica del dispositivo.

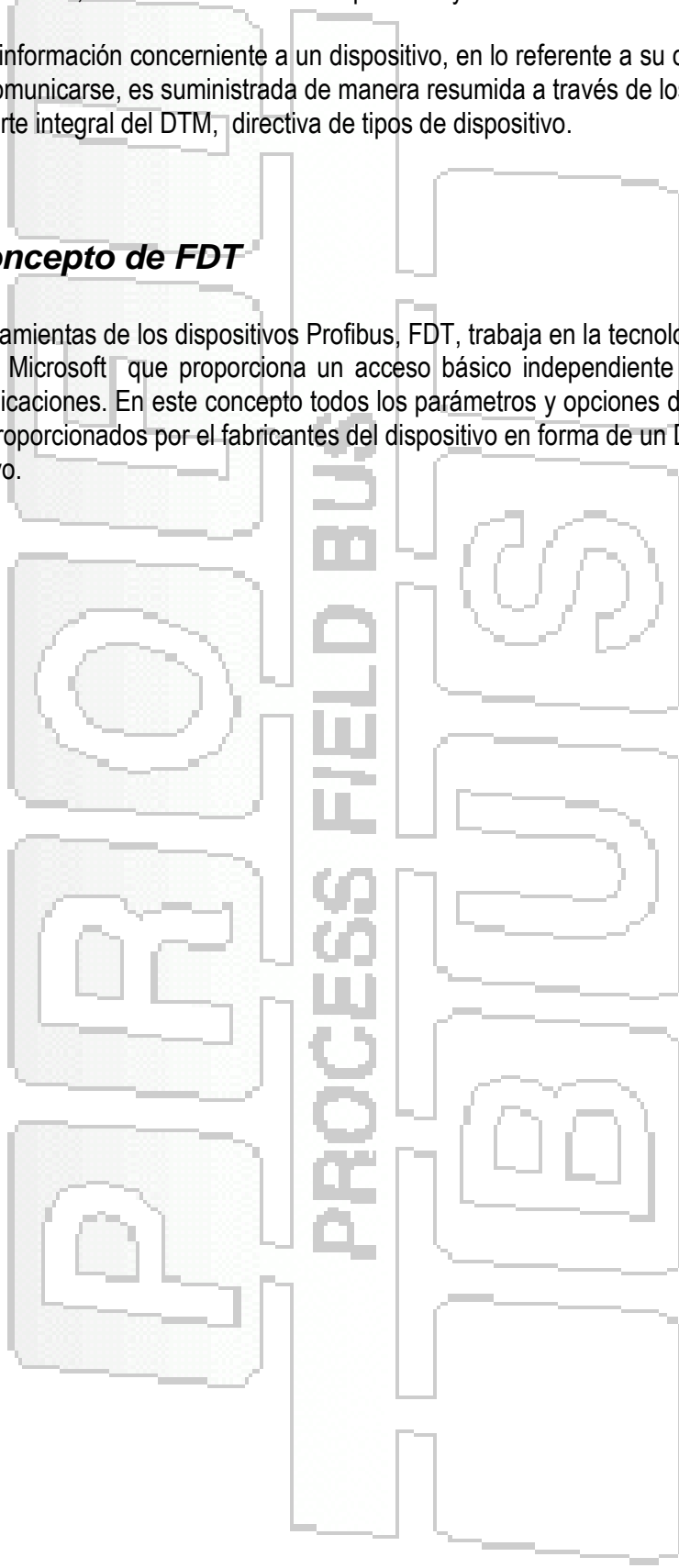
La descripción de dispositivos electrónicos, EDD, resume las propiedades de un dispositivo de campo Profibus. El lenguaje de esta descripción, puede ser usado universalmente y permite descripciones de manera independiente a cualquier fabricante, desde un simple dispositivo de campo, como un sensor o actuador, a un complejo sistema de automatización. Las descripciones son proporcionadas en formato electrónico por el fabricante del dispositivo para el respectivo dispositivo. Los archivos EDD son leídos en las herramientas de desarrollo del

sistema Profibus. Por una parte, el archivo EDD describe variables y funciones de un dispositivo, y por la otra, contiene elementos de operación y visualización.

Toda la información concerniente a un dispositivo, en lo referente a su comportamiento y a su forma de comunicarse, es suministrada de manera resumida a través de los archivos GSD y EDD que son parte integral del DTM, directiva de tipos de dispositivo.

#### **6.4 Concepto de FDT**

Las herramientas de los dispositivos Profibus, FDT, trabaja en la tecnología basada en el COM/DCOM de Microsoft que proporciona un acceso básico independiente de fabricantes a todas las comunicaciones. En este concepto todos los parámetros y opciones de los dispositivos de campo son proporcionados por el fabricantes del dispositivo en forma de un DTM, director del tipo de dispositivo.



## 7. Opciones de implementación de dispositivos.

Un amplio rango de componentes estándar, con una tecnología estándar, es disponible en la implementación de los protocolos Profibus, los cuales ahorran el tiempo consumido y el caro desarrollo de su propio protocolo de software.

Módulos completos de interfaz Profibus, que pueden implementar el protocolo de entrada al bus, están disponibles a un bajo precio. Estas placas son montadas como un módulo de expansión de la placa master del dispositivo, o también se pueden obtener integrados que solucionen la conexión del dispositivo creado a Profibus, algunos son mostrados en la tabla siguiente:

Vendedor	Chip	Tipo	Características	FMS	DP	+ uC	Máx. baudrate
AGE	Agent-PB	Maestro/esclavo	Basado en FPGA, chip de protocolo universal	X	X	X	12 Mbits/s
IAM	PBM	Maestro	Chip de protocolo de periférico	X	X	X	3 Mbits/s
M2C	IX1	Maestro/esclavo	Chip único o chip de protocolo de periférico	X	X	-/X	3 Mbits/s
Siemens	SPC4	Esclavo	Chip de protocolo de periférico	X	X	X	12 Mbits/s
Siemens	SPC3	Esclavo	Chip de protocolo de periférico	-	X	X	12 Mbits/s
Siemens	DPC31	Esclavo	Chip de protocolo con uC	-	X	-/X	12 Mbits/s
Siemens	ASPC2	Maestro	Chip de protocolo de periférico	X	X	X	12 Mbits/s
Siemens	SPM2	Esclavo	Chip único, 64 bits E/S con UART	-	X	-	12 Mbits/s
Siemens	LSPM2	Esclavo	Bajo coste, chip único, 32 bits E/S, con UART	-	X	-	12 Mbits/s
ProfiChip	VPC3+	Esclavo	Chip de protocolo periférico	-	X	X	12 Mbits/s
ProfiChip	VPC LS	Esclavo	Bajo coste, 32 bits E/S, con UART	-	X	-	12 Mbits/s

La decisión de seleccionar un cierto chip de protocolo depende principalmente de lo complejo del dispositivo de campo, de su comportamiento y de las funciones que requiere.

Para todas las variaciones de implementación, se requiere de un componente de software/hardware adicional que el mismo fabricante debe proporcionar u orientar para su obtención.

### **7.1 Implementación de un esclavo simple.**

Para un simple dispositivo de E/S, una solución práctica es implementar el protocolo en un único chip ASIC, circuito integrado de aplicación específica, el cual no requiere de uP ni de software de control añadido, sólo de un driver del interfaz del bus, tipo MAX485, un cristal de cuarzo, y una fuente de alimentación. Estos tipos de chips son, en relación de los que se encuentran en la tabla: SPM2, IX1, M2C y el VPC LS.

### **7.2 Implementación de un esclavo inteligente.**

En esta forma de implementación, el tiempo es crítico, por lo que hay un chip de protocolo que se encarga de esta parte del protocolo de Profibus, existiendo un software en un uC para las funciones de comunicación normales.

El chip DPC31 representa una combinación de chip de protocolo y uC. Mientras que como chip de protocolo únicamente podemos encontrar el SPC3, VPC3+, IX1; estos chips pueden ser usados junto a un uC.

### **7.3 Implementación de un maestro complejo.**

Aquí también, el tiempo es una parte crítica, del protocolo Profibus, y es implementado en un chip de protocolo y la restante parte del protocolo será controlada mediante software en un uC. Los integrados recomendables para este tipo de dispositivos son: ASPC2, IX1, y el PBM, que pueden operar junto a otro uC.

### **7.4 Certificación del dispositivo.**

El estándar Profibus EN 50170 está basado en la intercomunicación de distintos dispositivos. Para asegurar esta norma básica los dispositivos Profibus de diferentes fabricantes, deben comunicarse de manera sencilla entre ellos, la organización de usuarios de Profibus, ha establecido un procedimiento comprensivo de aseguramiento de la calidad, consistente en un test de dispositivos en un laboratorio acreditado para emitir el informe de dicho test.

El objetivo de la certificación es dar a los usuarios la necesaria seguridad de la común operación de dispositivos de diferentes empresas. Gracias a este test los errores de interpretación del estándar por los ingenieros de desarrollo es detectado y corregido antes de que el dispositivo sea empleado en aplicaciones reales. La interoperatividad del dispositivo con otros certificados dispositivos es testada por independientes expertos en test. Si se pasa con éxito el test por completo, la organización de usuarios de Profibus emitirá el correspondiente certificado del test.

La certificación está basada en EN 45000. Como especifica este estándar, la organización de usuarios de Profibus ha acreditado una serie de laboratorios como neutrales e

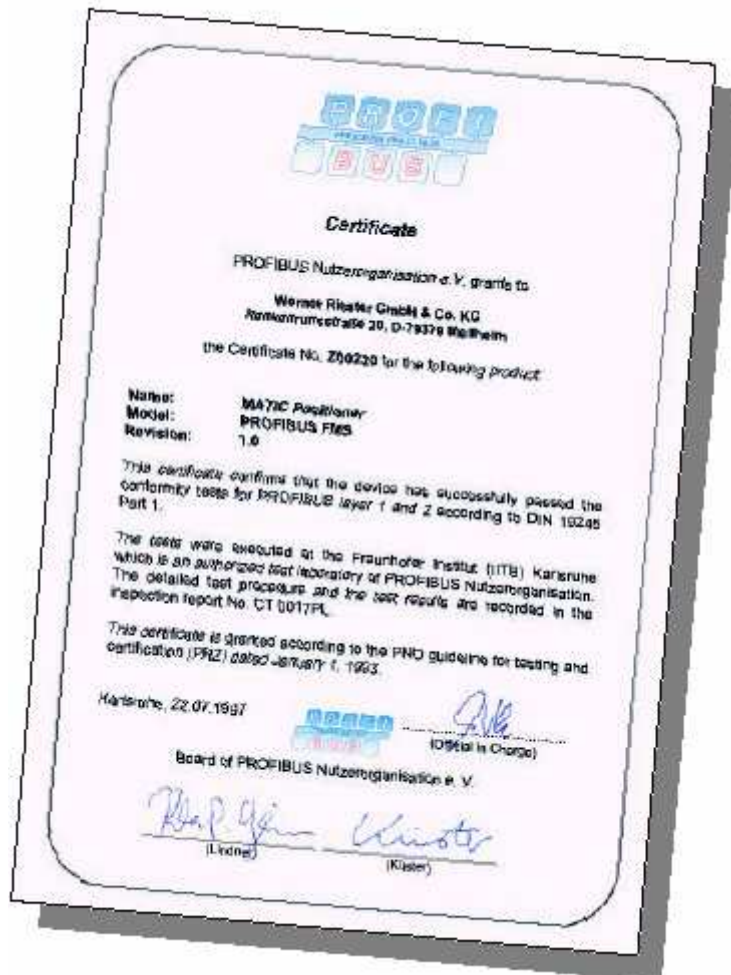
## PROFIBUS, Process Field Bus

independientes de algún fabricante como los encargados de extender estos certificados, una vez haya pasado el dispositivo todos los controles.

Los principales puntos de control son:

- Comportamiento en caso de defecto. Se simulan interrupción del bus, cortoccto. de las líneas del bus, caída de la alimentación, ... etc.
- Direccionamiento. Los dispositivos son direccionados y testeado sus correcto direccionamiento.
- Datos de diagnóstico. Los datos de diagnóstico deben corresponder con la entrada en el GSD y el estándar.
- Operaciones combinados. Se chequea el dispositivo en un sistema con otros esclavos en operaciones DP y FMS si procede.

Todos los certificados expedidos tienen un número de referencia que los hace únicos, teniendo una validez de 3 años, ampliables en el tiempo con una nueva revisión del dispositivo.



## 8. Profinet

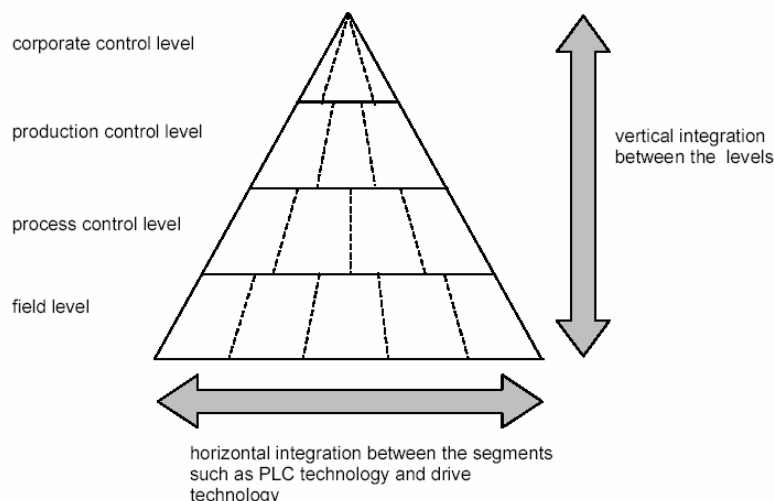
Profinet permite una solución de automatización distribuida siendo creada a través del uso de componentes prefabricados y subsoluciones. El reparto de componentes prefabricados y la reutilización de los componentes hábiles significan la reducción de los costes de ingeniería asociados al desarrollo de los sistemas de automatización.

El principal objetivo de Profinet es la combinación de los objetos de automatización distribuidos normalmente en una aplicación con la potencia de proceso de una distribución de ordenadores. Principalmente la atención se concentra en componentes con un funcionalidad fija que pueden ser parametrizados, como controladores de motor, válvulas, unidades de señales, estaciones de control, manipuladores, equipos de monitorización, ...etc. El poder computacional del PLC o del PC en esta red, se dedica a secuencias lógicas de alto nivel, como manipulación de recetas, tareas de seguridad de alto nivel, o a servir de interfaz con el resto del mundo, como por ejemplo en aplicaciones de oficina.

Profinet es la respuesta de la PNO al cambio del paradigma de la ingeniería de automatización y a la tendencia hacia el incremento de la utilización de las redes Ethernet, incluso en dispositivos de campo, Ethernet como bus de campo. Usando Profinet, los miembros del PNO están en posición de tomar la iniciativa en la próxima fase de las soluciones de automatización.

Las principales características de Profinet son:

- Abierta, usando un estándar universalmente aceptado. El interfaz de la red es claramente definido.
- Consistente, la comunicación y cooperación de los dispositivos de acceso es similar en todos los mecanismos. Horizontalmente entre los controladores programables y verticalmente entre la oficina, la zona de control y el nivel de campo.
- Integración en los sistemas Profibus.
- Uso intuitivo, fácil de usar, simplifica y hace uniforme el modelo de aplicación organizando la red en diferentes grupos.
- Herramientas de control y configuración de equipos, programación de PLC y configuración DP.
- Uniforme modelo de datos, que es compartido en una base de datos común.
- Orientado a componentes y a objetos. Las aplicaciones son creadas interconectando objetos mediante interfaz gráfica, textualmente o mediante scripts.



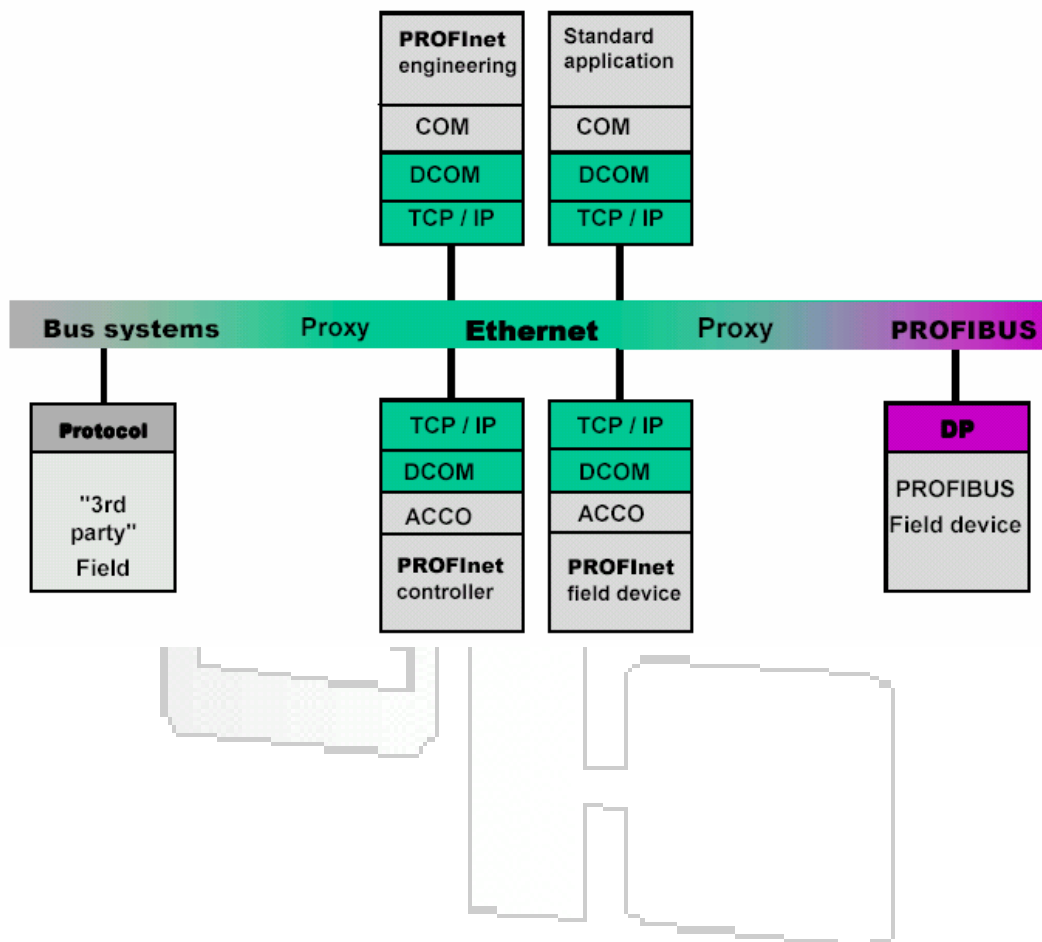
## PROFIBUS, Process Field Bus

Las palabras claves de Profinet son:

- IP. IP y el protocolo de transporte TCP y UDP son usados en la comunicación, y para el direccionamiento de nodos. La uniformidad y consistencia de la capa de la red y la capa de transporte son garantizadas por el empleo de estos protocolos.
- ORPC/DCOM. Los objetos del interfaz de comunicación que están definidos a través del IDL, lenguaje de definición de interfaz, fundamentan el nivel de la aplicación. La comunicación toma lugar a través del protocolo DCOM. Este proporciona una abierto, interoperativo y autodocumentado interfaz de aplicación. Además las relaciones de datos, mecanismos de eventos y métodos de llamada a dispositivos remotos son también posibles.
- COM/OLE. COM/OLE forma base de todos los objetos que interactúan en el sistema de comunicación.
- Ethernet. Ethernet da forma al sistema de comunicaciones Profinet.
- Profibus. Mediante proxies, los segmentos de redes Profibus pueden ser enlazados en tiempo real al resto del mundo.

El uso de un estándar de comunicación y de interfaz que ha sido desarrollado por Microsoft hace que no sea necesario decir que Profinet está limitado a los sistemas operativos Microsoft, tal como Windows NT, 2000 o Windows CE.

La siguiente imagen muestra una configuración de red Profinet.





## 9. Lista de abreviatura

<b>ASIC</b>	Circuito de aplicaciones específicas.
<b>CR</b>	Referencia de la comunicación, pequeña designación local para una relación de comunicación.
<b>CRL</b>	Lista de referencia de la comunicación, contiene una lista con todas las relaciones de comunicación de una estación.
<b>DP</b>	Periférico descentralizado.
<b>DPM1</b>	Maestro DP de clase 1, es un controlador central programable para DP
<b>DPM2</b>	Maestro DP de clase 2, dispositivo de configuración para DP
<b>EDD</b>	Descripción electrónica del dispositivo
<b>FDL</b>	Enlace de datos de campo, es la capa de seguridad de datos para Profibus.
<b>FDT</b>	Tipo de dispositivo de campo, método para describir un dispositivo independiente de vendedores
<b>FMS</b>	Especificación de mensajes de campo, servicio de aplicación en FMS
<b>GSD</b>	Base de datos de los dispositivos, hoja de características electrónicas de un dispositivo.
<b>HMI</b>	Interfaz de hombre-máquina, dispositivo de operación y monitorización.
<b>LLI</b>	Interfaz de capas bajas, es parte de la capa 7 de aplicación de Profibus FMS
<b>MAC</b>	Control de acceso al medio, herramienta que decide cuando un dispositivo puede enviar datos.
<b>OV</b>	Diccionario de objetos, contiene la descripción de todos los objetos de la comunicación de un dispositivo FMS
<b>PA</b>	Proceso de automatización, perfil Profibus para procesos de automatización.
<b>SAP</b>	Servicio de punto de acceso, capa 2 de Profibus.

## 10. Contacto con Profibus.

PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.  
Haid-und-Neu-Str. 7  
D-76131 Karlsruhe

Phone++ 49 721 / 96 58 590

Fax: ++ 49 721 / 96 58 589

e-mail: PROFIBUS\_International@compuserve.com

<http://www.profibus.com>

