

TEMA 8

PROFIBUS *(PA/DP/FMS)*

Universidad Politécnica de Cartagena
ETS de Ingenieros Industriales
Dpto. de Tecnología Electrónica
Asignatura: Comunicaciones Industriales

1.- Índice.

	<u>Página</u>
1.- Índice.-	2
2.- Introducción. ¿Por qué son tan usados actualmente los buses de campo?.-	4
3.- La familia Profibus.-	5
3.1.- Comienzos.-	5
3.2.- Situación actual.-	5
3.3.- Versiones compatibles.-	6
4.- Estructura de la red.-	8
4.1.- Medio físico.-	8
4.2.- Elementos del bus.-	8
4.3.- Topología.-	9
4.4.- Estructura lógica.-	10
4.5.- Tecnología de transmisión.-	10
5.- Protocolo.-	13
5.1.- Arquitectura protocolar.-	13
5.2.- Trama.-	15
5.3.- Mensajes cíclicos y acíclicos.-	15
6.- Versiones compatibles de la familia PROFIBUS.-	18
6.1.- PROFIBUS PA.-	18
6.1.1.- Protocolo de transmisión.-	19
6.1.2.- Perfil de los dispositivos.-	19
6.2.- PROFIBUS DP.-	21
6.2.1.- Funciones básicas de PROFIBUS DP.-	21

6.2.2.- Funciones extendidas de PROFIBUS DP.-	25
6.2.3.- Perfiles de PROFIBUS DP.-	26
6.3. – PROFIBUS FMS.-	26
6.3.1.- Capas de aplicación.-	27
6.3.2.- Modelos de aplicación.-	27
6.3.3.- Objetos de comunicación y diccionario de objetos.-	28
6.3.4.- Servicios.-	29
6.3.5.- Interface de la capa más baja.-	30
6.3.6.- Dirección de la red.-	31
6.3.7.- Operación mixta de PROFIBUS FMS y PROFIBUS DP.- ...	32
6.3.8.- Perfiles.-	32
7.- Aplicaciones y posibilidades de implementación.-	34
8.- La importancia actual de PROFIBUS.-	36
9.- Ejemplos de productos de diversos fabricantes.-	38
10.- Bibliografía utilizada.-	40

2.- Introducción.

¿Por qué son tan usados actualmente los buses de campo?

Los buses de campo se usan en la actualidad de forma prioritaria como un sistema de comunicación para el intercambio de información entre sistemas de automatización y sistemas de campo distribuidos. Miles de pruebas satisfactorias han demostrado de manera impresionante que el uso de la tecnología de los buses de campo puede ahorrar un 40% en costes por cableado, mantenimiento, etc. si lo comparamos con las tecnologías tradicionales. Solamente se usan dos líneas para transmitir toda la información relevante (es decir, datos de entrada y salida, parámetros, diagnósticos, programas y modos de operación para distintos dispositivos de campo).

En el pasado era muy normal la utilización de buses de campo incompatibles entre marcas. Afortunadamente en la actualidad todos los sistemas responden a unas características standards. Por tanto, el usuario no está “atado” a un único vendedor y es capaz de seleccionar el producto que mejor se adapte a sus necesidades dentro de una amplia gama.

3.- La familia PROFIBUS.

3.1.- Comienzos.

En el año 1987, las firmas alemanas Bosch, Klöckner Möeller y Siemens iniciaron un proyecto de desarrollo de una arquitectura de comunicaciones industriales que permitiera la interconexión de equipos de distintos fabricantes. Esta fue la base de un grupo de trabajo al que se integraron otras grandes empresas tales como ABB, AEG, Landis&Gir, etc., algunas universidades y organizaciones técnicas estatales, entre ellas la propia VDE y el Ministerio Federal de Investigación Alemán.

Se formaron varios grupos de trabajo en distintas áreas, cuya tarea esencial fue la de desarrollar un sistema abierto de comunicaciones apto para integrar desde los sencillos transductores y elementos de campo, pasando por los autómatas y controles numéricos hasta llegar al nivel de los miniordenadores para diseño y gestión de la producción.

El primer objetivo fue sólo el diseño de un bus de campo con una estructura abierta y un protocolo compatible que permitiera enlazar con una red adoptada como base en los niveles superiores (MAP), con lo que resultó el proyecto de normas y protocolos que se estudiarán con más profundidad en apartados posteriores.

A partir del año 1990 se abrió la posibilidad para cualquier usuario o empresa de integrarse en un consorcio denominado PROFIBUS Nutzerorganisation, que a través de diversos comités sigue desarrollando y dando soporte al nivel de aplicación y certificación de productos.

3.2.- Situación actual.

PROFIBUS es actualmente el líder de los sistemas basados en buses de campo en Europa (1) y goza de una aceptación mundial. Sus áreas de aplicación incluyen manufacturación, automatización y generación de procesos. PROFIBUS es un bus de campo normalizado internacional que fue estandarizado bajo la norma EN 50 170. Esto asegura una protección óptima tanto a los clientes como a los vendedores y asegura la independencia de estos últimos.

Hoy en día, todos los fabricantes líderes de tecnología de automatización ofrecen interfaces PROFIBUS para sus dispositivos. La variedad de productos existentes incluye más de 1500 elementos y servicios, de los cuales 400 están certificados, asegurando un funcionamiento sencillo y correcto incluso en redes de diferentes fabricantes. PROFIBUS ha sido usado satisfactoriamente en alrededor de 200000 aplicaciones en todo el mundo y se han instalado más de 2000000 dispositivos.

(1) Fuente: Estudio independiente de buses de campo por Consultic, 1996

3.3.- Versiones compatibles.

PROFIBUS es un bus de campo standard que acoge un amplio rango de aplicaciones en fabricación, procesamiento y automatización. La independencia y franqueza de los vendedores está garantizada por la norma EN 50 170. Con PROFIBUS los componentes de distintos fabricantes pueden comunicarse sin necesidad de ajustes especiales de interfaces. PROFIBUS puede ser usado para transmisión crítica en el tiempo de datos a alta velocidad y para tareas de comunicación extensas y complejas. Esta versatilidad viene dada por las tres versiones compatibles que componen la familia PROFIBUS (ver figura 1):

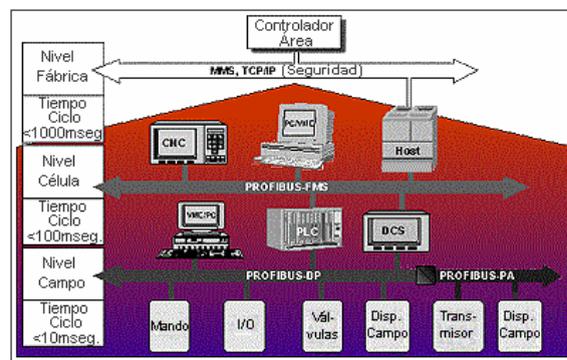


Figura 1: Áreas de aplicación

Algunas de las características más sobresalientes de estas versiones se exponen a continuación:

PROFIBUS PA:

- Diseñado para automatización de procesos.
- Permite la conexión de sensores y actuadores a una línea de bus común incluso en áreas especialmente protegidas.
- Permite la comunicación de datos y energía en el bus mediante el uso de 2 tecnologías (norma IEC 1158-2).

PROFIBUS DP:

- Optimizado para alta velocidad.
- Conexiones sencillas y baratas.
- Diseñada especialmente para la comunicación entre los sistemas de control de automatismos y las entradas/salidas distribuidas.

PROFIBUS FMS:

- Solución general para tareas de comunicación a nivel de célula.
- Gran rango de aplicaciones y flexibilidad.
- Posibilidad de uso en tareas de comunicación complejas y extensas.

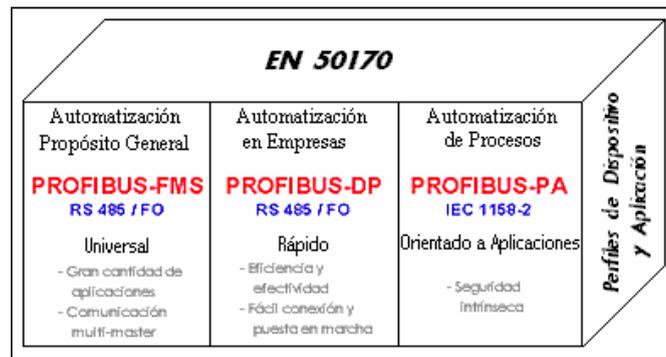


Figura 2: La familia PROFIBUS

Puede decirse sin lugar a dudas que PROFIBUS ha conseguido definir toda una red de comunicación industrial, desde el nivel físico hasta el de aplicación, integrando al máximo las técnicas de comunicación previamente definidas y consolidadas y habiendo superado la en un primer momento poca disponibilidad de información en inglés, lo que dificultaba su divulgación a nivel de fabricantes no germanos. En la actualidad la estructura es tal que los grupos de los 20 países más industrializados ofrecen un soporte en su idioma para el resto del mundo. Todos los grupos de usuarios se unen bajo la Organización **PROFIBUS International (PI)**, que con más de 750 miembros es la organización de buses de campo más grande del mundo.

4. Estructura de la red.

4.1.- Medio físico.

La tecnología de transmisión más usada es la RS 485, conocida habitualmente como H2. Su área de aplicación comprende aquellas aplicaciones donde prima su simplicidad, la velocidad de transmisión y lo barato de la instalación. Se usa un par diferencial con cable trenzado, previsto para comunicación semi-duplex, aunque también puede implementarse con fibra óptica y enlaces con estaciones remotas vía módem o vía radio. La velocidad de transmisión varía entre 9.6Kbits/s y 12Mbits/s, dependiendo del medio físico, como se indica en la siguiente tabla:

MEDIO FISICO	VELOCIDAD (Kbits/s)				
	<i>9.6-93.75</i>	<i>167.5</i>	<i>500</i>	<i>1500</i>	<i>2000</i>
<i>RS 485 0.2² (24 AWG)</i>	1200m	600m	200m	100m	50m
<i>RS 485 0.5² (20 AWG)</i>	2400m	1200m	400m	200m	100m
<i>F.Opt.Cuarzo 62.5-125mm</i>	1400m	1400m	1400m	1400m	1400m
<i>F.Opt.Plástico 0-40°C 0-50°C</i>	5-25m 10-20m	5-25m 10-20m	5-25m 10-20m	5-25m 10-20m	5-25m 10-20m

Tabla 1: Distancias máximas sin repetidor, según medio físico.

Al conectar varias estaciones, hay que comprobar que el cable de las líneas de datos no sea trenzado. El uso de líneas apantalladas es absolutamente esencial para el logro de una alta inmunidad del sistema en ambientes con emisiones altas de electromagnetismo (como en la fabricación de automóviles). El apantallamiento se usa para mejorar la compatibilidad electromagnética (CEM).

4.2.- Elementos del bus.

El elemento esencial del bus es el nodo. PROFIBUS prevé la existencia de dos tipos de nodos:

- Activos: son nodos que pueden actuar como maestro del bus, tomando enteramente el control del bus.
- Pasivos: son nodos que únicamente pueden actuar como esclavos y, por tanto, no tienen capacidad para controlar el bus. Estos nodos pueden dialogar con los nodos activos mediante un simple mecanismo de pregunta-respuesta, pero no pueden dialogar directamente entre sí.

Aparte de estos dos tipos de nodos, existen otros dos bloques esenciales en la arquitectura del bus:

- Expansiones E/S: este tipo de bloques constituyen la interfaz con las señales de proceso y pueden estar integrados tanto en un nodo activo como en un nodo pasivo.
- Repetidores: los repetidores ejecutan el papel de simples transceptores bidireccionales para regenerar la señal. Su diferencia esencial con los estudiados en el caso del BITBUS es que no se requieren señales de control (RTS+, RTS-) para conmutar el sentido de la línea de datos, ya que el sistema de codificación en PROFIBUS es del tipo NRZ (por niveles) y las velocidades son más bajas.

4.3. Topología.

La topología puede ser simplemente en forma de bus lineal o en forma de árbol, en el que los repetidores constituyen el nudo de partida de una expansión del bus (fig. 3).

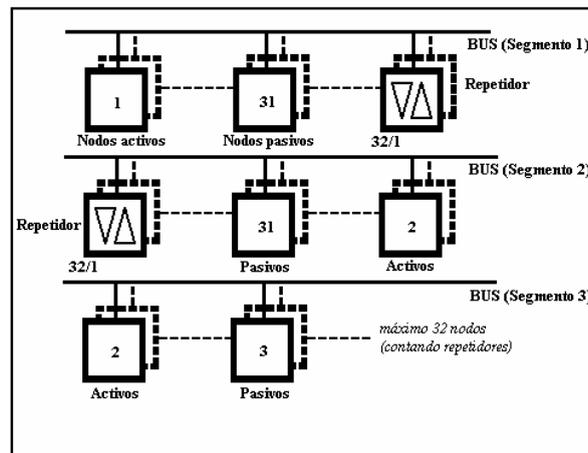


Figura 3: Estructura física incluyendo repetidores para expansión del bus.

En este caso, la estructura en árbol es puramente una impresión de dibujo, ya que, como se verá, el PROFIBUS admite una estructura lógica de maestro flotante y una estación activa, ejerciendo el papel de maestro, que puede estar físicamente conectada a lo que se pudiera considerar una expansión del bus. Por tanto, incluso en caso de ramificaciones debe considerarse como un bus único.

El número máximo de nodos conectables a cada tramo del bus, sin necesidad de repetidores es de 32. A efectos de esta limitación los propios repetidores cuentan como un nodo. El número máximo de nodos del bus es de 127, de los cuales un máximo de 32 pueden ser nodos activos.

No existe ninguna limitación en cuanto a poder configurar una estructura con buses anidados (un esclavo puede ser, a su vez, maestro de otro bus de nivel inferior), aunque deben considerarse como buses independientes, dado que el protocolo no permite direccionar desde arriba las estaciones de niveles inferiores.

4.4. Estructura lógica.

La estructura lógica es de tipo híbrido: las estaciones activas comparten una estructura de maestro flotante, relevándose en el papel de maestro mediante paso de testigo. Las estaciones pasivas sólo pueden ejercer el papel de esclavos, sea cual sea el maestro activo en cada momento. La figura 4 ilustra esta estructura.

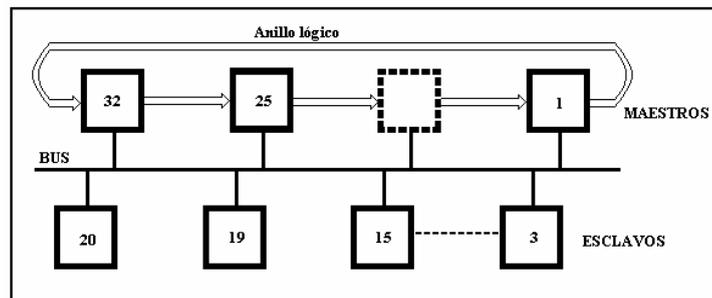


Figura 4: Estructura lógica.

Naturalmente esta estructura admite la posibilidad de que exista un solo nodo activo en el bus, con lo que se convertiría en un bus con una estructura del tipo maestro-esclavo.

Cabe señalar que cuando una estación activa posee el testigo, considera a todas las demás como esclavos, incluyendo también al resto de estaciones activas que no poseen el testigo en aquel momento.

4.5.- Tecnología de transmisión.

El área de aplicación de un sistema de buses de campo está claramente determinada por la elección de la tecnología de transmisión. Aparte de los requerimientos generales (seguridad de transmisión, distancia de la misma, velocidad) cobran particular importancia los factores electromecánicos. Cuando se mezclan aplicaciones para automatización de procesos, los datos y la energía deben ser transmitidos en un cable común.

Como es imposible satisfacer todos los requerimientos con una tecnología de transmisión sencilla, PROFIBUS aprovecha 3 variaciones:

1.- RS 485 (Transmisión para DP/FMS).

Es la transmisión más frecuentemente utilizada por PROFIBUS. Esta tecnología de transmisión es conocida como H2. Su área de aplicación incluye todas las áreas en las que se requieren alta velocidad de transmisión y una instalación sencilla. Tiene la ventaja de que posibles ampliaciones no influyen en las estaciones que se encuentran ya en operación.

Algunas de sus características son:

- Velocidad de transmisión de 9.6 Kbit/seg. a 12 Mbit/seg. Se seleccionará una para todos los dispositivos.
- La estructura de la red es linear, con par trenzado.
- Conexión máxima de 32 estaciones sin repetidor (127 con repetidor).
- Longitud máxima del cable dependiente de la velocidad de transmisión.

V.Baudios(kbit/sec)	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	2000
Distancia	1200m	1200m	1200m	1000m	400m	200m	100m

Tabla 2 : Distancias basadas en la velocidad de transmisión.

En la conexión, es conveniente tener en cuenta algunas precauciones, de las que son destacables:

- Hay que asegurarse de no torcer las líneas de datos.
- Se recomienda el uso de líneas de datos escudadas para mejorar la compatibilidad electromagnética (EMC).
- Se recomienda mantener las líneas de datos separadas de los cables de alto voltaje.

2.- IEC 1158-2 (Transmisión PROFIBUS PA).

La tecnología de transmisión IEC 1158-2 cumple los requerimientos de las industrias químicas y petroquímicas. Posee una seguridad intrínseca y permite a los dispositivos de campo ser conectados al bus. Es una tecnología principalmente usada por PROFIBUS PA y suele conocerse como H1.

La transmisión se basa en los siguientes principios:

- Cada segmento tiene sólo una fuente de energía.
- No se produce ningún tipo de alimentación cuando una estación está enviando datos.
- Los dispositivos actúan como sumideros pasivos de corriente.
- Se permiten redes con estructura linear, en árbol y estrella.
- Para incrementar la fiabilidad, se pueden diseñar segmentos de bus redundantes.

Las características más importantes de este tipo de transmisión son:

- Transmisión de datos digital, asíncrona, codificación Manchester.
- Velocidad de transmisión 31.25 kbit/seg.
- Seguridad de los datos: prueba de error al principio y al final.
- Cable de dos líneas trenzadas.
- Opción de alimentación a distancia.
- Conexión de 32 estaciones por segmento (máximo de 126 con repetidor). Posibilidad de expansión hasta a 4 repetidores.
- La estructura de la red es linear, en árbol o una combinación de ambas.

3.- Fibra óptica.

Los conductores por fibra óptica pueden ser usados para aplicaciones PROFIBUS en ambientes con interferencias electromagnéticas muy altas y para incrementar la distancia máxima con velocidades elevadas. Hay disponibles dos tipos de conductores. Los conductores por fibra óptica (plástico) para distancias de 50m. o los conductores por fibra óptica (cuarzo) para distancias de 1Km. son muy baratos.

Muchos fabricantes ofrecen conexiones especiales que posibilitan una conversión integrada de señales RS 485 para trabajar con conductores de fibra óptica y viceversa. Esto proporciona un método muy sencillo de intercambio entre transmisión RS 485 y transmisión por fibra óptica en un mismo sistema.

5.- Protocolo.

PROFIBUS especifica las características técnicas y funcionales de un sistema de buses de campo serie con el cual controladores digitales descentralizados pueden trabajar juntos en red desde el nivel de campo hasta el nivel de célula. Esto lo hace distinguiendo entre elementos Maestro y elementos Esclavo.

Los dispositivos Maestro determinan la comunicación de datos en el bus. Un Maestro puede enviar mensajes sin una petición externa cuando mantiene el derecho de acceso al bus (llamado de forma común “testigo”).

Los dispositivos Esclavo son dispositivos periféricos. Algunos de ellos son las entradas y salidas, las válvulas y los transmisores de medida. No tienen derecho de acceso al bus y sólo pueden reconocer mensajes recibidos o enviar mensajes al Maestro cuando este se lo ordena (por lo que se les llama estaciones pasivas). Su implementación es especialmente económica ya que sólo requieren una pequeña parte del bus.

5.1.- Arquitectura protocolar.

PROFIBUS está basado en normas internacionalmente reconocidas. La arquitectura protocolar está orientada al sistema OSI (Open System Interconnection), modelo de referencia de acuerdo con la norma internacional ISO 7498. En este modelo cada capa de la transmisión realiza tareas definidas de forma precisa (ver figura 5):

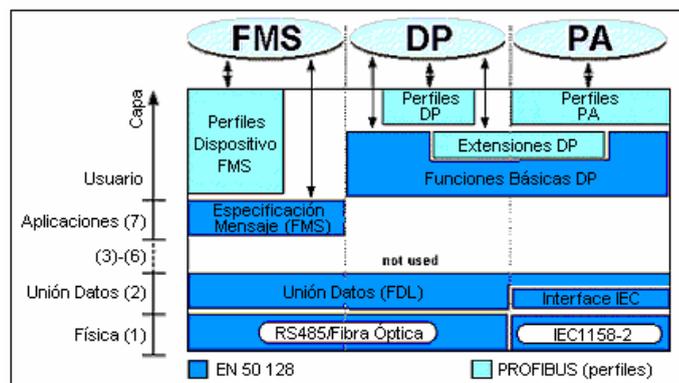


Figura 5: Arquitectura protocolar de PROFIBUS

- La **Capa 1 o Capa física** define las características de la transmisión.
- La **Capa 2 o Capa de Enlace (FDL – Fieldbus Data Link)** define el protocolo de acceso al bus y se encarga de establecer el orden de circulación del testigo una vez inicializado el bus, adjudicando el testigo en el arranque, en caso de pérdida del mismo, o en caso de adición o eliminación de estaciones activas.
- La **Capa 7 o Capa de aplicación** define las funciones de aplicación.

PROFIBUS DP:

- Usa las capas 1 y 2 y el interface de usuario, mientras que no define de las capas 3 a 7.
- Asegura una transmisión de datos rápida y eficiente.
- El *DDLM (Direct Data Link Mapper)* proporciona al interface de usuario un fácil acceso a la capa 2.
- Las funciones de aplicación disponibles por el usuario así como el comportamiento del sistema se especifican en el interface de usuario.
- Se permite una comunicación RS-485 o por fibra óptica.

PROFIBUS FMS:

- Define las capas 1, 2 y 7.
- La capa de aplicación está formada por las subcapas *FMS (Fieldbus Message Specification)* y *LLI (Lower Layer Interface)*.
- FMS contiene el protocolo de aplicación y proporciona al usuario una amplia selección de potentes servicios de comunicación.
- LLI implementa varias relaciones de comunicación y proporciona a FMS un acceso independiente a la capa 2.
- La capa 2 (capa de unión de datos) ofrece el control de acceso al bus y garantiza la seguridad de los datos.

PROFIBUS PA:

- Utiliza el protocolo DP extendido para la transmisión de datos.
- Usa un indicador que define el comportamiento de los dispositivos de campo.
- La tecnología de transmisión permite un alto grado de seguridad y deja que los elementos de campo sean conectados al bus.
- Pueden ser integrados de una forma fácil en redes de trabajo PROFIBUS DP.

Nota:

PROFIBUS DP y **PROFIBUS FMS** utilizan la misma tecnología de transmisión y un protocolo de acceso al bus uniforme. Por tanto, ambos pueden operar simultáneamente en un mismo cable.

El protocolo PROFIBUS establece las reglas de comunicación desde el nivel de enlace hasta el nivel de aplicación. En una estructura de bus basada sólo en tres niveles (1, 2 y 7 del modelo OSI) y que desea integrar en redes de rango superior que utilizan el modelo OSI completo, se precisa una adaptación entre los niveles 2 y 7. Esta adaptación se hace mediante la anteriormente citada subcapa LLI (subcapa del nivel 7), mediante el enlace con los servicios de los niveles inferiores mediante una interface de protocolo conocida como *FMA (Fieldbus Management)* (ver figura 6):

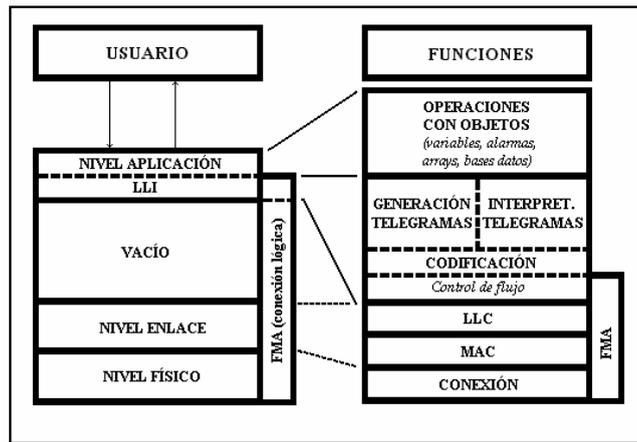


Figura 6: Organización del protocolo basado en una estructura de 3 niveles

5.2.- Trama.

La trama admite 3 tipos de formato (ver figura 7): tramas de longitud fija sin datos, tramas de longitud fija con datos y tramas de longitud variable

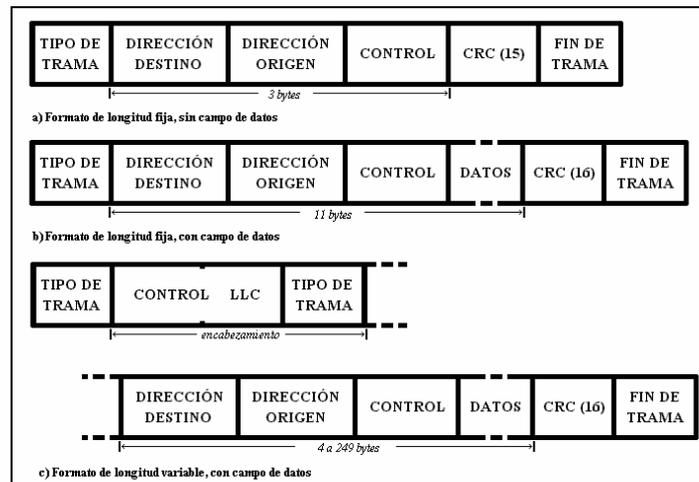


Figura 7: Distintos formatos de trama.

La interpretación de dichas tramas es algo compleja debido a la variedad de tipos previstos para dar servicios a dispositivos con distinto nivel de complejidad, por lo que nos centraremos en explicarlas dentro de los mensajes básicos (cíclicos y acíclicos) que ofrece el protocolo a nivel de enlace.

5.3.- Mensajes cíclicos y acíclicos.

Estos dos tipos de mensajes son los que ofrece como básicos el protocolo estudiado. Las características que presentan son:

- **Mensajes cíclicos:** Estos mensajes permiten el intercambio de datos de baja prioridad y por tanto no críticos en cuanto tiempo de respuesta. Los servicios disponibles son los siguientes:

SDN (Send Data with No acknowledge): Mensajes de difusión (de Maestro a todos los esclavos).

SDA (Send Data with Acknowledge): Mensaje punto a punto cuya función es enviar datos o funciones de control del Maestro a uno de los esclavos.

RDR (Request Data with Reply): Mensajes punto a punto cuya función es la de solicitar datos a uno de los esclavos.

SRD (Send and Request Data): Mensajes punto a punto que permiten enviar datos y recibir datos de un esclavo.

La respuesta a uno de estos mensajes está condicionada por el tiempo total de ciclo del testigo entre todos los nodos activos.

- **Mensajes acíclicos:** Estos mensajes permiten acortar el tiempo de respuesta de los datos críticos. A cada turno de Maestro se puede enviar un mensaje de difusión conteniendo los valores críticos de todos los esclavos. La lista de estos valores es conocida por todas las estaciones maestras en una tabla. Los mensajes pueden ser de 2 tipos:

CRDR (Cyclic Request Data with Reply).

CSRD (Cyclic Send and Request Data).

La petición de estos mensajes se realiza mediante un telegrama especial de difusión, que contiene de forma encadenada las peticiones a todos los esclavos (ver figura 8 para observar el formato de estos telegramas).



Figura 8: Trama de difusión para intercambios cíclicos.

Las respuestas se producen de forma escalonada mediante una instrucción de lectura rápida en cada uno de los esclavos, pero sin tener que esperar el tiempo de procesamiento de la orden, puesto que la petición se hizo ya anteriormente mediante el mensaje de difusión (ver figura 9).

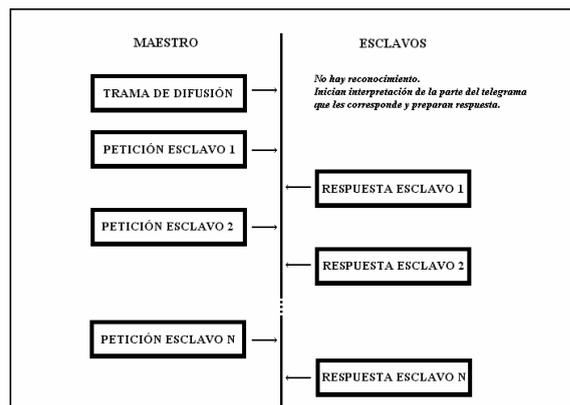


Figura 9: Secuencia de telegramas en un intercambio cíclico.

Las tramas de los telegramas admiten, como ya se ha dicho, formatos muy diversos, dependiendo del tipo de aplicación. Dentro de la Organización de usuarios de PROFIBUS se han formado distintos grupos que han desarrollado los detalles de protocolo para distintos campos de aplicación, en ramas tan diversas como regulación (de velocidad, de temperatura), química, alimentación, etc..

6.- Versiones compatibles de la familia PROFIBUS.

6.1. PROFIBUS-PA.

PROFIBUS-PA es la solución PROFIBUS a los procesos de automatización. PA conecta los sistemas de automatización y los sistemas de control de procesos con los dispositivos de campo, como son los transmisores de presión, temperatura y nivel. PA puede ser usado como sustituto para la tecnología analógica de 4 a 20 mA. Los logros del PROFIBUS-PA producen un ahorro del 40% en proyecto, cableado y mantenimiento, y ofrece un incremento significativo en funcionalidad y seguridad. La figura muestra las diferencias entre cablear un sistema convencional de 4 a 20 mA y un sistema basado en PROFIBUS-PA.

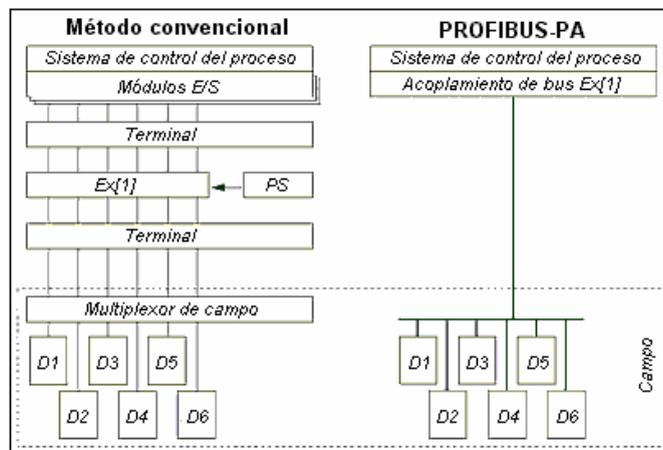


Fig 10: Comparación de técnicas de transmisión

Cuando se usa el método convencional de cableado, cada línea individual de señal debe estar conectada al módulo I/O del sistema de control del proceso. Para cada aparato se requiere una fuente de energía distinta. Como contraste, cuando se usa PROFIBUS-PA, sólo se necesita una línea de dos cables para transmitir toda la información y la energía a los dispositivos de campo. Esto no solo produce ahorro en el cableado, sino que reduce el número de módulos I/O requeridos en los sistemas de control de procesos. PROFIBUS-PA permite medir, controlar y regular mediante una línea simple de dos cables. También permite la alimentación de los dispositivos de campo incluso en áreas intrínsecas de seguridad. Permite el mantenimiento y la conexión/desconexión de los aparatos durante la operación sin afectar a otras estaciones, incluso en áreas potenciales de explosión. PROFIBUS-PA ha desarrollado los requisitos especiales de esta área de aplicación en estrecha cooperación con los usuarios en el proceso industrial (NAMUR):

- Perfiles de aplicación únicos para el proceso de automatización y la capacidad de cambio de los dispositivos de campo para diferentes proveedores.
- La adición o sustracción de estaciones del bus incluso en áreas intrínsecas de seguridad sin influencia en otras estaciones.

- Comunicación transparente por medio de parejas de segmentos entre los segmentos del PROFIBUS-PA en procesos de automatización de la fabricación.
- Alimentación a distancia y transmisión de datos a lo largo de los mismos dos cables basándose en la tecnología IEC 1158-2.
- Uso en áreas potenciales de explosión con protección a explosión tipo “intrínseca de seguridad” o “no intrínseca de seguridad”.

6.1.1.- Protocolo de transmisión.

PROFIBUS-PA usa las funciones básicas del PROFIBUS-DP para la transmisión de valores de medida y de estado, y las funciones extendidas del mismo para la parametrización y operación de los dispositivos de campo.

Para la transmisión se usa la tecnología de dos cables en concordancia con la norma IEC 1158-2.

Los telegramas son suministrados con límites de comienzo y fin de la transmisión en el segmento IEC 1158-2. La figura 11 muestra como:

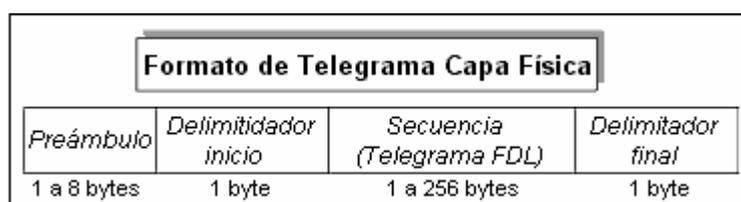


Figura 11: Transmisión de datos con PROFIBUS Pa en el bus.

6.1.2.- Perfil de los dispositivos.

El perfil PROFIBUS-PA asegura las capacidades de cambio y de interpolación de los dispositivos de campo de diferentes proveedores. Forma parte íntegra de PROFIBUS-PA y está disponible en la Organización de Usuarios de PROFIBUS bajo el número de orden 3.042.

La tarea del perfil PROFIBUS-PA es seleccionar las funciones que la comunicación requiere actualmente para los modelos de los dispositivos de campo, y mantener todas las especificaciones necesarias para aquellas funciones/comportamiento del dispositivo.

El perfil PA consiste en requisitos generales que contienen especificaciones aplicables a todos los modelos de dispositivos y hojas de datos del dispositivo que contienen información de la configuración para el tipo de dispositivo respectivo.

Los perfiles usan el modelo de funciones en bloque, como se aprecia en la figura 12:

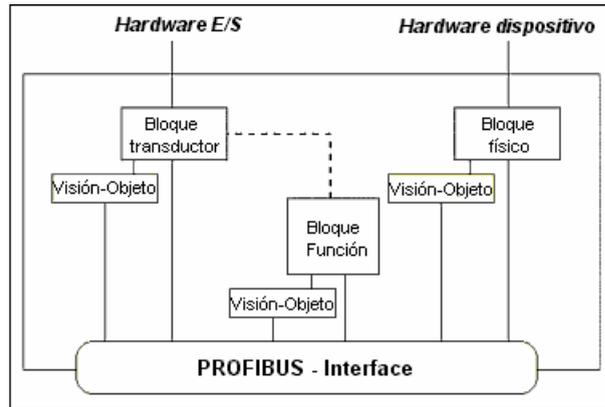


Fig 12: Modelo de bloque de funciones en PROFIBUS PA.

Este modelo también se amolda a las consideraciones de regulación internacionales. Hoy, las hojas de datos de dispositivos han sido especificadas para todos los transmisores de medida comúnmente usados y otros tipos de dispositivos seleccionados como:

- Transmisores de medida de presión, nivel, temperatura y flujo.
- Entradas y salidas digitales.
- Entradas y salidas analógicas.
- Válvulas.
- Posicionadores.

El comportamiento del dispositivo es descrito especificando variables reguladas dependiendo de los transmisores de medida. La figura 13 muestra el principio de un transmisor de presión que es descrito con la entrada analógica en la función de bloque:

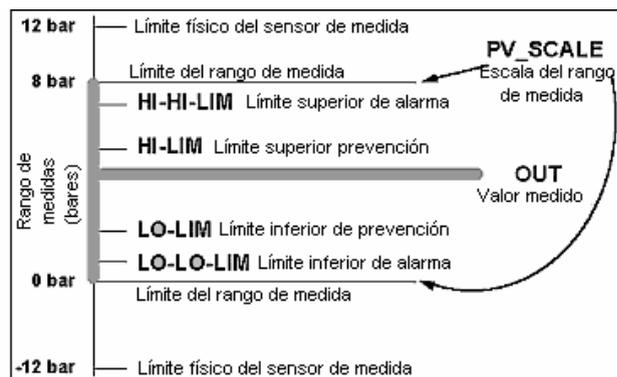


Fig 13: Diagrama de los parámetros de un transmisor de presión con PROFIBUS PA.

6.2.- PROFIBUS DP.

PROFIBUS-DP está diseñado para la comunicación de datos a alta velocidad a nivel de dispositivo. Los controladores centrales (PLCs/PCs) se comunican con los dispositivos de campo distribuidos por medio de un enlace serie de alta velocidad. La mayoría de las comunicaciones de datos con estos dispositivos periféricos es realizada de una forma cíclica según la norma EN 50 170. Además de las funciones cíclicas, se requieren otras de tipo acíclico para dispositivos de campo inteligentes para permitir la configuración, diagnóstico y manejo de alarmas.

6.2.1.- Funciones básicas de PROFIBUS DP.

Características básicas de PROFIBUS DP.

El controlador central (maestro) lee de forma cíclica la información procedente de los esclavos y escribe la información de salida en los esclavos. El tiempo de ciclo del bus debe ser más pequeño que el tiempo de ciclo del programa del PLC central (para la mayoría de aplicaciones es de 10 mseg.). Además PROFIBUS DP proporciona funciones poderosas para diagnósticos y configuración en las transmisiones de datos de usuario cíclicas. La comunicación de datos es monitorizada mediante la monitorización de las funciones tanto en el maestro como en el esclavo. En la tabla 3 se pueden observar las características básicas de PROFIBUS DP.

Tecnología de transmisión

- 1)RS-485, par trenzado, dos líneas de cable o fibra óptica.
- 2)Velocidad en baudios: de 9.6 Kbit/seg. a 12 Mbit/seg.

Acceso al bus

- 1)El procedimiento entre maestros se realiza mediante el paso del testigo y entre esclavos mediante la jerarquía maestro-esclavo.
- 2)Posibilidad de sistemas monoamo y multiamo.
- 3)Máximo de 126 estaciones en un bus (entre maestros y esclavos).

Comunicación

- 1)Par a par (transmisión de datos de usuario) o Multicast (comandos de control).
- 2)Transmisión cíclica de datos entre maestro-esclavo y transmisión acíclica entre maestros.

Modos de operación

- 1)Operate: Transmisión cíclica de datos de entrada y salida.
- 2)Clear: Se leen las entradas manteniendo las salidas en estado de seguridad.
- 3)Stop: Sólo se permite la transmisión de datos entre maestros.

Velocidad

- 1)Se necesita sólo 1 mseg. para transmitir 512 bits de datos de entrada y 512 bits de datos de salida distribuidos en 32 estaciones a una velocidad de 12 Mbit/seg.

Sincronización

- 1)Los comandos de control permiten la sincronización de entradas y salidas.
Modo Sync: Sincroniza salidas.
Modo Freeze: Sincroniza entradas.

Funcionalidad

- 1)Transmisión de datos de usuario cíclica entre el maestro y el(los) esclavo(s).
- 2)Activación o desactivación dinámica de DP esclavos de forma individual.

-
- 3) Chequeo de la configuración del DP esclavo.
 - 4) Poderosas funciones de diagnóstico, con 3 niveles jerárquicos de mensajes.
 - 5) Sincronización de las entradas y/o salidas.
 - 6) Asignación de direcciones sobre el bus de los DP esclavos.
 - 7) Configuración del DP maestro (clase 1) sobre el bus.
 - 8) Máximo de 244 bytes de entradas y salidas de datos por DP esclavo.
-

Funciones de diagnóstico

- 1) Permiten una rápida localización de los errores.
 - 2) Los mensajes de diagnóstico se transmiten por el bus y se recogen en el maestro, dividiéndose en tres niveles jerarquizados de menor a mayor especialización: relativos a *estaciones* (se refieren al estado general del dispositivo), relativos a *módulos* (se refieren a errores en rangos específicos de entrada/salida) y relativos a *canales* (se refieren a errores en bits individuales de entrada/salida).
-

Funciones de seguridad y protección

- 1) Todos los mensajes se transmiten con una distancia Hamming HD=4
 - 2) Temporizador guardián en DP esclavo.
 - 3) Protección de acceso para las entradas/salidas de los DP esclavos.
 - 4) Monitorización de los datos de usuario con un temporizador configurable en el maestro.
-

Tipos de dispositivos

- 1) DP maestro clase 2 (DPM2): dispositivos de diagnóstico/programación/configuración.
 - 2) DP maestro clase 1 (DPM1): controladores programables centrales como PLCs y PCs.
 - 3) DP esclavo: dispositivos con entradas/salidas binarias o analógicas, esclavos, etc.
-

Tabla 3: Características básicas de PROFIBUS DP

Configuración del sistema y tipos de dispositivos.

PROFIBUS DP permite sistemas monoamo y multiamo. Esto proporciona un alto grado de flexibilidad durante la configuración del sistema, pudiendo conectar hasta 126 dispositivos (maestros o esclavos) en un bus. La descripción de la configuración del sistema consiste en el número de estaciones, la asignación entre la dirección de la estación y las direcciones de las entradas/salidas, el formato de los datos de entrada/salida, el formato de los mensajes de diagnóstico y los parámetros del bus usados. Cada sistema PROFIBUS DP puede contener 3 tipos diferentes de dispositivos:

DP Maestro Clase 1 (DPM1): Controlador central que intercambia información con las estaciones descentralizadas (DP esclavos) con un ciclo de mensaje específico. Dispositivos típicos son los controladores programables (PLCs), los PCs y los sistemas VME.

DP Maestro Clase 2 (DPM2): Son programadores, dispositivos de configuración y operadores. Se usan para la identificación de la configuración del sistema DP o para el funcionamiento y supervisión de operaciones.

DP esclavo: Es un dispositivo periférico (entradas/salidas, válvulas, etc.) que recoge información de entrada y/o manda información de salida.

La cantidad de información de entrada y salida depende del tipo de dispositivo, permitiéndose un máximo de 244 bytes de entrada y 244 bytes de salida.

En los sistemas mono-maestro sólo se encuentra activo un maestro en el bus durante la fase de operación, siendo el controlador programable el componente de control central. Los DP esclavos distribuidos son enlazados mediante el bus. Estos sistemas presentan el tiempo de ciclo más corto.

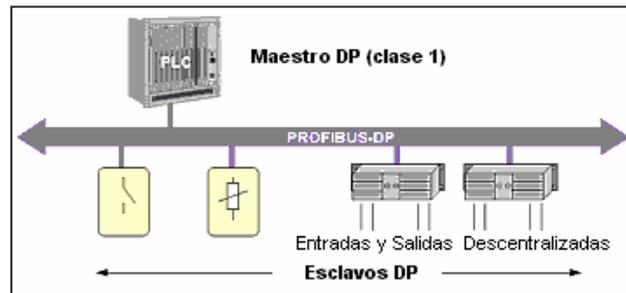


Figura 14: Sistema mono-maestro PROFIBUS DP

En la configuración multi-maestro se conectan varios maestros al bus. Estos maestros son subsistemas independientes consistentes cada uno en un DPM1 maestro y sus correspondientes DP esclavos (o dispositivos adicionales). Las imágenes de las entradas y las salidas de los esclavos pueden ser leídas por todos los DP maestros. Sin embargo, sólo un DP maestro (el asignado durante la configuración) puede tener acceso de escritura en las salidas. Los sistemas multi-maestro presentan un tiempo de ciclo mayor que los sistemas mono-maestro.



Figura 15: Sistema multi-maestro PROFIBUS DP

Comportamiento del sistema.

El comportamiento del sistema es determinado principalmente por el estado de los DPM1. Los DPM1 pueden ser controlados localmente o mediante el bus por el dispositivo de configuración. Hay 3 estados principales:

Stop: No se produce ningún tipo de transmisión entre DPM1 y los DP esclavos.

Clear: DPM1 lee la información de entrada de los DP esclavos y mantiene las salidas en estado de espera (seguridad).

Operate: DPM1 se encuentra en la fase de transferencia de datos. En una comunicación cíclica, se leen las entradas de los DP esclavos, y se escribe la información de salida en los DP esclavos.

El DPM1 envía de forma cíclica su estado a todos los DP esclavos que tiene asignados mediante un comando Multicast a intervalos de tiempo configurables. La reacción del sistema a un error durante la fase de transferencia de datos del DPM1 (p. ej. error en un DP esclavo) se determina por un parámetro de configuración “auto-borrado”. Si este parámetro pasa a un estado true (verdadero), el DPM1 pone todas las salidas de sus DP esclavos asignados a un estado de espera (seguridad) hasta que se cumplan de nuevo todas las condiciones para una transmisión correcta.

Transmisión cíclica de datos entre DPM1 y DP esclavos.

La transmisión de datos entre DPM1 y sus DP esclavos asignados es ejecutada de forma automática por DPM1 en un orden definido. Al configurar el sistema del bus, el usuario especifica la asignación de un DP esclavo a un DPM1 y cuales de estos esclavos se incluirán o se excluirán de la transmisión de datos de usuario.

La transmisión de datos de usuario entre DPM1 y DP esclavos se divide en 3 fases:

- *Parametrización.*
- *Configuración.*
- *Transferencia de datos.*

Durante las fases de parametrización y configuración, cada DP esclavo compara su configuración real (tipo de dispositivo, formato y longitud de la información) con la configuración esperada que es la que presenta DPM1. El DP esclavo sólo será incluido en la fase de transferencia de datos si coinciden las dos configuraciones anteriores. Estas pruebas garantizan al usuario una protección adecuada contra los errores de parametrización.

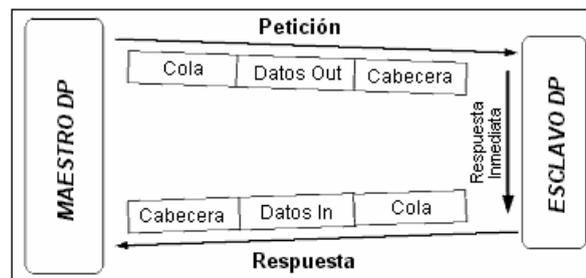


Figura 16: Transmisión de datos de usuario con PROFIBUS DP

Transmisión cíclica de datos entre DPM1 y los dispositivos de configuración.

Además de las funciones maestro-esclavo, también son posibles las funciones de comunicación entre maestros. Estas funciones hacen posible a los dispositivos de diagnóstico y configuración configurar el sistema sobre el bus, habilitar y deshabilitar transferencias de datos entre DPM1 y DP esclavos individuales e incluso cambiar el estado de operación de DPM1.

Modos Sync y Freeze.

El maestro puede enviar comandos de control a un esclavo, a un grupo de esclavos, o a todos los esclavos simultáneamente. Estos comandos de control son enviados como comandos Multicast y permiten el uso de los modos sync y freeze para una eventual sincronización controlada de los DP esclavos.

Los esclavos se sitúan en el modo sync cuando reciben un comando sync de su maestro. Las salidas de todos los esclavos direccionados quedan enclavadas en su estado actual. Durante las siguientes transmisiones de datos, las salidas de datos son guardadas por los esclavos, pero los estados de las salidas permanecen inalterables. Los datos de salida almacenados no serán enviados a las salidas hasta que se reciba un nuevo comando sync. El modo sync acaba con el comando unsync.

De forma parecida, un comando de control freeze provoca que los esclavos direccionados adopten el estado freeze. En este modo de operación, los estados de las entradas son enclavados en su valor actual. Los datos de salida no serán actualizados hasta que el maestro envíe el siguiente comando freeze. El modo freeze termina con el comando unfreeze.

Mecanismos de protección.

La seguridad y la fiabilidad hacen necesario proporcionar a los dispositivos DP unas funciones de protección efectivas contra los errores de parametrización o los fallos en la transmisión. El tiempo de monitorización viene dado por el DP maestro y los DP esclavos. El intervalo de monitorización se especifica durante la configuración.

En los sistemas multi-maestro es también necesaria una protección de acceso para las entradas y salidas de los DP esclavos. Esto asegura que el acceso directo puede realizarse sólo por el maestro autorizado. Para todos los demás maestros, los esclavos ofrecen una imagen de sus entradas y salidas que pueden ser leídas por cualquier maestro, incluso sin tener derechos de acceso.

6.2.2.- Funciones extendidas de PROFIBUS DP.

Las funciones extendidas permiten funciones de lectura y escritura acíclicas e interrupciones que pueden ser realizadas de forma paralela a la transmisión de datos cíclica. Además, los accesos acíclicos a los parámetros y valores de medida de un esclavo pueden ser utilizados para el diagnóstico y el control de operación sobre estaciones. Con estas funciones PROFIBUS DP cumple los requerimientos de dispositivos complejos que de otra forma deberían ser parametrizados durante la operación. Algunos ejemplos típicos son los elementos usados en procesos de automatización, operadores de control inteligentes y dispositivos de monitorización así como los convertidores de frecuencia. En comparación con los valores medidos en la transmisión cíclica, estos valores son raramente cambiados. Por esta razón, la transmisión se realiza con una menor prioridad en relación con la alta velocidad de la transferencia de datos cíclica.

Dentro de este tipo de funciones se encuentran:

- *Comunicaciones extendidas de datos entre DPM1 y DP esclavos:*

Presenta funciones que posibilitan el acceso directo (escritura/lectura) de DPM1 a una parte deseada dentro del esclavo, así como el reconocimiento de alarmas.

- *Transmisión extendida de datos entre DPM2 y DP esclavos:*

Permite a los dispositivos DPM2 realizar procesos de lectura/escritura en cualquier bloque que se desee del DP esclavo.

6.2.3.- Perfiles de PROFIBUS DP.

El protocolo PROFIBUS DP define cómo los datos de usuario van a ser transmitidos entre las estaciones por el bus. Los datos de usuario no son evaluados por el protocolo de transmisión de PROFIBUS DP. De esto se encargan los perfiles que además especifican cómo será utilizado el PROFIBUS DP en el área de aplicación. Al utilizar los perfiles, los operadores de planta y los usuarios tienen la ventaja de poder interconectar elementos de distintos vendedores. Los perfiles también reducen significativamente los costes de ingeniería y el intercambio de componentes individuales entre distintos fabricantes dentro de una planta industrial puede ser realizado sin temor a notar la más mínima diferencia.

Dos de los perfiles más significativos son:

- *Perfil para dispositivos HMI (3.082):*

Especifica el enlace de dispositivos de monitorización de procesos y control de operaciones con componentes de automatización de niveles superiores mediante PROFIBUS DP.

- *Perfil de velocidad variable (3.072):*

Los fabricantes líderes han definido el perfil PROFIDRIVE, que especifica la parametrización y los valores a transmitir entre diferentes componentes, lo que permite la comunicación entre dispositivos de distintos vendedores.

6.3. PROFIBUS-FMS.

PROFIBUS-FMS está diseñado para la comunicación a nivel celular. A este nivel los controladores programables (ej. PLC's y PC's) se comunican en principio entre sí. En esta área de aplicación es más importante un alto grado de funcionalidad que unos tiempos rápidos de reacción del sistema.

OBJETO - CLIENTE ORIENTADO - MODELO DE SERVIDOR

Servicios del FMS:

- Establece y desconecta conexiones lógicas.
- Lee y escribe variables.

- Carga y lee áreas de memoria.
- Compila, empieza y detiene programas.
- Transmite mensajes de sucesos con más o menos prioridad.
- Peticiones de estado y de identificación de dispositivos.
- Servicios para la dirección del diccionario de objeto.

Buses de campo – tipos relacionados de relaciones de comunicación

- Conexiones maestro-maestro.
- Conexiones maestro- esclavo para la transmisión de datos cíclica o acíclica.
- Conexiones maestro- esclavo para la transmisión de datos cíclica o acíclica con iniciativa del esclavo.
- Conexiones para relaciones de comunicaciones.
- Atributos de conexión.

6.3.1. Capas de aplicación.

La capa de aplicación proporciona los servicios de comunicación que pueden ser usados por el usuario. Estos servicios hacen posible el acceder a variables, transmitir programas y controlar su ejecución así como la transmisión de sucesos. Formado por las siguientes partes:

- La especificación de mensajes del bus de campo, la cual describe los objetos y servicios de comunicación.
- El interface de la capa más baja que es usado para adaptar los servicios de la anterior con esta segunda capa.

6.3.2. Modelo de comunicación.

El modelo de comunicación PROFIBUS-FMS permite a los procesos de aplicación distribuidos ser unificados en un proceso común usando relaciones de comunicación. Esa porción de un proceso de aplicación en un dispositivo de campo que puede ser alcanzado vía comunicación se llama “dispositivo virtual de campo”. La siguiente figura muestra la relación entre el dispositivo real de campo y el dispositivo virtual de campo. En este ejemplo, solo ciertas variables, como número de unidades, proporción de fallo y tiempo fuera de servicio, son parte del dispositivo virtual de campo y pueden ser leídas y escritas vía las dos relaciones de comunicación.

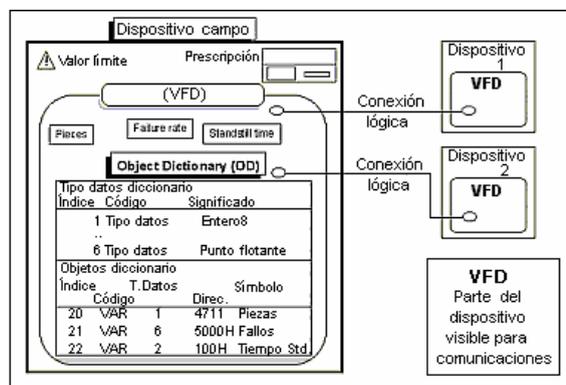


Fig. 17: Dispositivo de campo virtual.

6.3.3. Objetos de comunicación y diccionario de objetos.

Todos los objetos de comunicación de un dispositivo FMS están por completo en el diccionario de objetos locales del dispositivo. El diccionario de objetos contiene la descripción, estructura y tipos de datos, así como la relación entre las direcciones internas del dispositivo de los objetos de comunicación y su designación en el bus (índice/nombre). El diccionario de objetos se compone de los siguientes elementos:

- Cabecera.
- Lista de tipos de datos estáticos.
- Diccionario de objetos estáticos.
- Lista dinámica de listas de variables.
- Lista dinámica de programa.

Las partes individuales del diccionario de objetos solo deben estar presentes cuando el dispositivo soporte en dicho momento esas funciones.

Los objetos estáticos de comunicación están por completo en el diccionario de objetos estáticos. Pueden ser predefinidos por el fabricante del dispositivo o especificados durante la configuración del bus del sistema. FMS reconoce cinco tipos de objetos de comunicación:

- Variable simple.
- Array: series de variables simples del mismo tipo.
- Registro: series de variables simples de distinto tipo.
- Dominio.
- Suceso.

Los objetos dinámicos de comunicación están por completo en la parte dinámica del diccionario de objetos. Pueden ser predefinidos o definidos, borrados o cambiados con los servicios de FMS. FMS reconoce dos tipos de objetos dinámicos de comunicación:

- Invocación del programa.
- Lista de variable: series de variables simples, arrays o registros.

El direccionamiento lógico es el método preferido de direccionar para objetos de comunicación FMS. El acceso es interpretado con una dirección corta (el índice) que es un número del tipo hexadecimal sin signo. Cada objeto tiene un índice individual. Como opción, los objetos también pueden ser direccionados por nombre o con sus direcciones físicas.

Cada objeto de comunicación puede ser opcionalmente protegido contra accesos no autorizados. El acceso a un objeto puede ser solo permitido con una cierta contraseña o puede ser solo permitido para cierto grupo de dispositivos. La contraseña y el grupo de dispositivos pueden ser especificados en el diccionario de objetos para cada objeto individualmente. Además, los servicios permitidos (accesos de solo lectura) para acceder a un objeto pueden ser restringidos.

6.3.4.- Servicios.

Los servicios de FMS provienen de los servicios que han sido optimizados para aplicaciones del bus de campo y a los que se les ha añadido funciones para la administración de objetos de comunicación y para la dirección de la red. La ejecución de servicios FMS vía bus es descrita por secuencias de servicio consistentes en serias interacciones que se llaman primitivas de servicio. Las primitivas de servicio describen la interacción entre el que pregunta y el que responde. La figura 18 muestra los servicios disponibles de PROFIBUS:

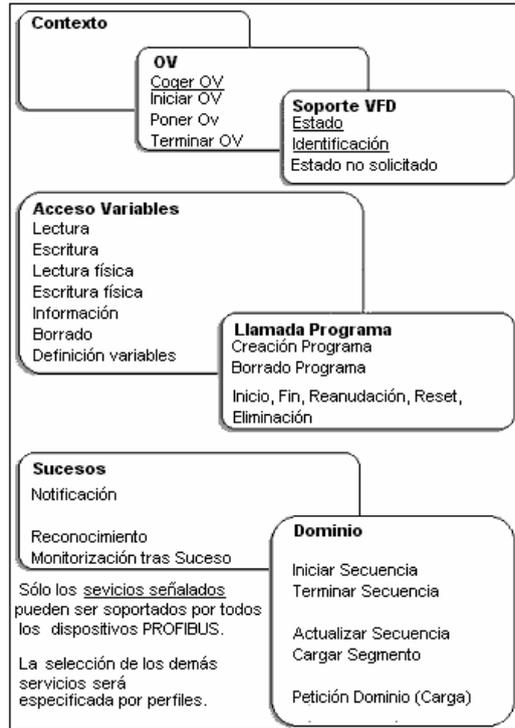


Fig 18: Servicios de PROFIBUS FMS

Los servicios confirmados sólo pueden ser usados para la conexión orientada en las relaciones de comunicación. La figura 19 muestra la ejecución de un servicio confirmado:

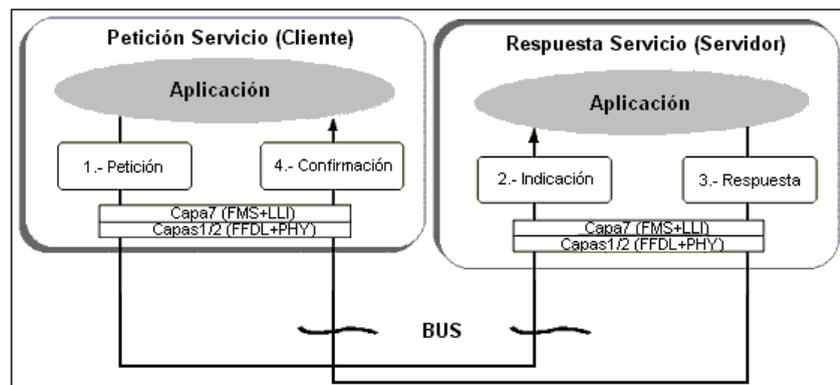


Figura 19: Ejecución de un servicio FMS.

Los servicios no confirmados pueden ser también usados en conexiones en relaciones de comunicación. Pueden ser transmitidos con alta o baja prioridad. Un servicio no confirmado es solicitado con una demanda a una primitiva de servicio. Después de la transmisión a través del bus, una indicación de la primitiva de servicio es provista al proceso de aplicación de los receptores. La confirmación/respuesta de la primitiva de servicio no existen para los servicios no confirmados.

Los servicios FMS están divididos en los siguientes grupos:

- Los servicios de dirección de contexto se usan para establecer y liberar conexiones lógicas y para el relanzamiento de servicios no permitidos.
- Servicios de acceso variable se usan para acceder a variables simples, registros, arrays y listas de variables.
- Servicios de dirección de dominio se usan para transmitir grandes áreas de memoria. Los datos a transferir son divididos en segmentos por el usuario.
- Servicios de invocación del programa se usan para el control de programa.
- Servicios de dirección de sucesos se usan para transmitir mensajes de alarma y sucesos.
- Servicios de soporte VFD se usan para la identificación y sondeos de estado.
- Servicios de dirección OD se usan para accesos de lectura/escritura del diccionario de objetos.

El gran número de servicios de aplicación de PROFIBUS-FMS hacen posible conocer una amplia variedad de demandas en comunicación llevada a cabo por varios dispositivos. La selección depende de la aplicación y está especificada en perfiles para áreas específicas de aplicación.

6.3.5. Interface de la capa más baja.

El mapa de la capa 7 a la capa 2 es manejada por este interface. Sus tareas incluyen el control de flujo y la supervisión de la conexión.

El usuario se comunica con los otros procesos de aplicación a través de canales lógicos llamados relaciones de comunicación. El interface mantiene varios tipos de relaciones de comunicación para la ejecución de los servicios FMS y FMA7. Las relaciones de comunicación tienen diferentes capacidades de conexión (por ejemplo, supervisión, transmisión y demandas a los compañeros de comunicación).

Las relaciones de comunicación de conexión-orientada representan una conexión lógica par a par entre dos procesos de aplicación. La conexión debe ser primero establecida con un servicio de iniciación antes de que pueda ser usada para la transmisión de datos. Antes de ser establecida con éxito, la conexión está protegida contra accesos no autorizados y queda disponible para la transmisión de datos. Cuando una conexión establecida no se necesita más, se puede desconectar con un servicio de

aborto. El interface permite la supervisión de la conexión controlada en tiempo para las relaciones de comunicación de conexión-orientada.

Los atributos de conexión “abierto” y “definido” son otros rasgos característicos de las relaciones de comunicación de conexión orientada.

En conexiones definidas el compañero de la comunicación se especifica durante la configuración.

6.3.5.1. Transmisión de datos cíclica/acíclica.

FMS permite la transmisión de datos de manera cíclica o acíclica. La transmisión de datos cíclica quiere decir que exactamente una variable es continuamente leída o escrita en una conexión. El interface proporciona un método eficaz de manejo que reduce los tiempos de transmisión en comparación con la transmisión de datos acíclica.

La transmisión de datos acíclica quiere decir que varios objetos de comunicación son direccionados periódicamente en una conexión a la llamada del proceso de aplicación.

6.3.5.2. Lista de relaciones de comunicación.

Todas las relaciones de comunicación de un dispositivo FMS están completamente en esta lista. Para dispositivos simples la lista está predefinida por el fabricante. Para los complejos es configurada. Cada relación de comunicación es direccionada por una referencia local corta llamada referencia de comunicación. Desde el punto de vista del bus, una referencia de comunicación es definida por la dirección de la estación, el punto de acceso al servicio de la capa 2 y el punto de acceso al servicio del interface. La lista contiene las relaciones entre la referencia y las direcciones de la capa 2 y del interface. Además, los servicios prestados por FMS, longitudes de telegramas, etc., están especificados en la lista para cada referencia.

6.3.6. Dirección de la red.

Además de los servicios FMS, están disponibles las funciones de dirección de la red. Las funciones de FMA7 son opcionales. Permiten la configuración central y pueden ser puestas en marcha local o remotamente.

La dirección de contexto puede ser usada para establecer y desconectar una conexión FMA7.

La dirección de configuración puede ser usada para accederá listas, contadores estadísticos y los parámetros de capa 1/2. También puede ser usado para la identificación y registro de estaciones. Todo esto puede verse en la figura 20.

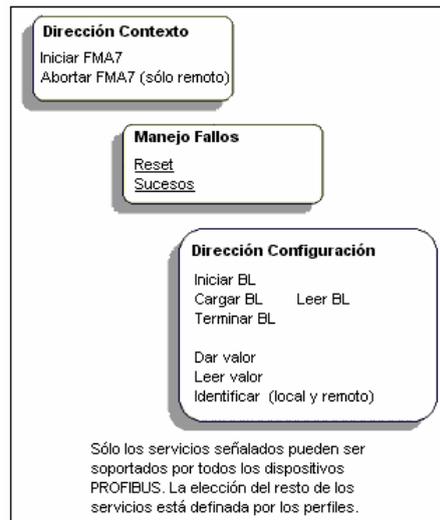


Figura 20: Servicios de FMA7.

La dirección de fallos puede usarse para indicar fallos/sucesos y para resetear los dispositivos.

Un acceso uniforme a los dispositivos de configuración se obtiene por especificación de conexión de dirección predefinida. Una conexión de dirección predefinida debe introducirse con referencia igual a 1 en la lista para cada dispositivo que apoya servicios FMA7 como contestador.

6.3.7. Operación mixta de PROFIBUS-FMS y PROFIBUS-DP.

La operación mixta de dispositivos FMS y DP en un bus es una de las ventajas más robustas de PROFIBUS. Ambos protocolos también pueden ser ejecutados simultáneamente en un dispositivo. Estos dispositivos se llaman dispositivos combinados.

La operación mixta es posible porque ambas versiones de los protocolos usan una tecnología de transmisión y protocolos de acceso al bus uniformes. Las diferentes funciones de aplicación están separadas por diferentes puntos de acceso de la capa 2.

6.3.8. Perfiles.

FMS ofrece un amplio rango de funciones para asegurar la aplicación universal. Actualmente el alcance de funciones en diferentes áreas de aplicación requiere ser adaptado a requisitos específicos.

Las definiciones de aplicación relatadas son necesarias para las funciones del dispositivo. Estas declaraciones se llaman perfiles. Los perfiles proporcionan a los dispositivos capacidad de cambio asegurando que dispositivos de diferentes vendedores están equipados con la misma funcionalidad de comunicación. Los perfiles que han sido definidos para FMS están listados en la parte baja. Están disponibles desde la Organización de Usuarios de PROFIBUS usando el número de orden del documento entre paréntesis:

- *Comunicación entre controladores (3.002).*

Este perfil de comunicación define los servicios FMS a usar para la comunicación entre controladores PLC. Los servicios, parámetros y tipos de datos que cada PLC debe soportar son especificados basándose en las clases de controladores.

- *Perfil en la construcción de automatismos (3.011, lengua Alemana).*

Este perfil está dedicado a una rama específica y sirve como base para muchas procuraciones públicas en construcción de automatismos. El perfil describe la supervisión, control en lazo cerrado y abierto, control de operación, manejo de la alarma y archivación para sistemas de construcción de automatismos usando FMS.

7.- Aplicaciones y posibilidades de implementación.

La implementación del protocolo PROFIBUS es sencilla y barata debido a la amplia gama de chips disponibles en la actualidad. Esto ahorra el tiempo consumido y tareas caras como implementaciones individuales, consiguiendo una disponibilidad rápida de los productos.

En principio, el protocolo PROFIBUS puede ser implementado en cualquier microprocesador equipado interna o externamente con una interface serie asíncrona (UART). Sin embargo, el uso de chips protocolares (ASICs) es muy recomendable cuando el protocolo vaya a ser ejecutado a velocidades mayores de 500 Kbits/seg. O cuando se requiere una conexión en cierto tipo de tecnologías (p. ej. IEC 1158-2).

La decisión sobre el método a seguir en la implementación dependerá básicamente de la complejidad del elemento de campo, la actuación necesaria y la funcionalidad requerida. Se muestran a continuación algunos ejemplos de implementación:

- *Implementación por Chip sencillo para esclavos DP:*

Es la forma más simple. Todas las funciones del protocolo están integradas en un único chip, sin necesidad de un microprocesador o software adicional. Sólo se necesita un director de interface y un reloj como componentes externos (ver figura 21).

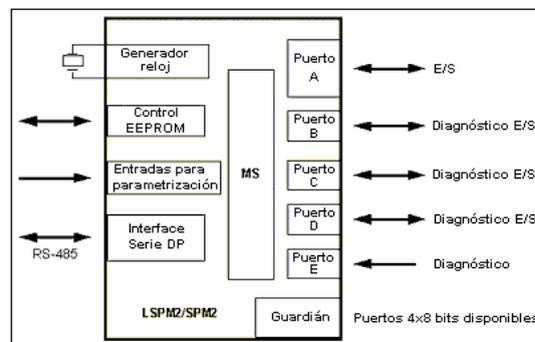


Figura 21: Ejemplo de dispositivo creado por Siemens.

- *Implementación de esclavos inteligentes FMS y DP:*

Las partes críticas en el tiempo del protocolo PROFIBUS son implementadas en un chip protocolar y las partes restantes son implementadas bajo software en un microcontrolador. Hay una amplia gama de chips disponibles para esclavos inteligentes (68360 de Motorola, SPC3 de Siemens, V-SPC3 de VIPA, etc.).

- *Implementación de maestros complejos FMS y DP:*

Se implementan de la misma forma que los explicados en el apartado anterior y presentan también una amplia oferta de dispositivos (PBM de IAM, ASPC2 de Siemens, etc.).

- **Implementación de dispositivos de campo PA:**

Cuando se implementa un dispositivo de campo PROFIBUS PA, es particularmente importante un bajo consumo de energía ya que generalmente sólo está permitido una circulación de corriente de 10mA. En dispositivos protegidos internamente. Chips especiales (SIM 1 de Siemens, FCHIP-1 de ShipStar, etc.) están diseñados para cumplir tales requisitos. En la figura 22 se muestra la implementación de un dispositivo de campo PA mediante la utilización del chip SIM 1 de Siemens.

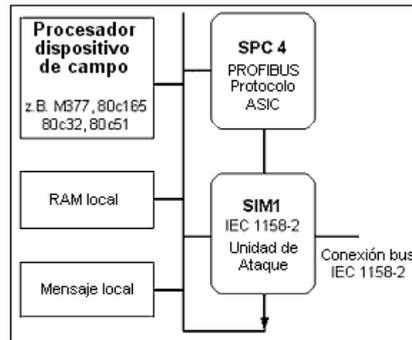


Figura 22: Implementación de un dispositivo de campo PA mediante SIM 1 y SPC 4

Se puede por tanto concluir que la aplicación de PROFIBUS está orientada a una serie de servicios orientados a la conexión de dispositivos de muy distinta índole. Se pretende garantizar así la fácil integración del bus en la estructura de automatización jerárquica, manejando a nivel inferior el control del flujo de información y el estado de las conexiones.

8.- La importancia actual de PROFIBUS.

PROFIBUS ha adquirido una aceptación creciente (en un principio en Alemania para después implantarse por Europa y abrir su mercado al resto del mundo). Los pioneros fueron fabricantes como ABB, AEG, Bauer, Danfoss, Kllöckner Möeller, Phoenix o Siemens, llegando en la actualidad a ofrecer un elevado número de productos compatibles y exhibiciones conjuntas que demuestran que la red es capaz de integrar y gestionar productos de diferentes marcas bajo un bus de comunicaciones gestionado con un software único.

Las ventajas más importantes de PROFIBUS comparado con otros buses de campo son la existencia de una norma estable EN 50 170 y sus características universales que cubren una amplia gama de aplicaciones en fabricación, procesado y automatización de procesos. La independencia de los vendedores junto con la eficacia del bus, demostrada en más de 200000 aplicaciones, han provocado un aumento en el porcentaje de mercado industrial en Europa de más del 40% según diversos estudios independientes de mercado.

Los fabricantes líderes de tecnología de automatización apoyan la tecnología PROFIBUS y presentan una oferta cada vez mayor de productos y servicios innovadores. Algunos de los sectores en los que ha cobrado una mayor importancia la tecnología PROFIBUS son los siguientes:

- *Computadores industriales.*
- *Módulos de Pc.*
- *Componentes neumáticos.*
- *Herramientas de software.*
- *Componentes de red.*
- *Procesos de automatización.*
- *HMI.*
- *Descentralización de entradas/salidas.*

Se presentan a continuación noticias recogidas en diferentes publicaciones especializadas que recogen de forma clara y específica la situación actual de PROFIBUS en el mercado industrial:

“Avalancha de soluciones PROFIBUS para procesos”

PROFIBUS PA continúa con su aumento de ganancias alrededor del mundo. Según Andreas Schimanski, líder del grupo de Marketing PROFIBUS PA, el nuevo incremento puede considerarse como una verdadera avalancha. “Parece que estamos experimentando una explosión de mercado de proporciones históricas” dijo Schimanski. “Sabíamos que los procesos industriales buscaban una solución pero la demanda en todos los sectores ha cogido a los fabricantes por sorpresa”.

Países como Singapur, África del Sur, E.E.U.U. y la mayoría de los países europeos tiene proyectos en este terreno. Reino Unido y Alemania tienen varias

plantas industriales con PROFIBUS PA, y los beneficios no han tardado en llegar.

“Ahora ... 2 millones de nodos. 50000 dispositivos vendidos en los próximos 12 meses”

PROFIBUS-PA se ha establecido internacionalmente como el bus de campo preferido para los procesos de automatización en plantas industriales. En el primer cuarto de 1998, los fabricantes de sistemas y dispositivos de campo construyeron 23 plantas de procesamiento en 14 países. Empezaron a operar casi 3000 dispositivos PA, ayudando a aumentar el número total de nodos PROFIBUS instalados por todo el mundo a más de 2000000 para un total de 200000 aplicaciones (Junio 1998).

La gran mayoría de las aplicaciones se han aplicado en sistemas pequeños o medios, de forma que los usuarios puedan adquirir experiencia. Según Lindner: “estimamos que cada una de estas aplicaciones será potencialmente de 10 a 50 veces mayor el año que viene, y esperamos en los próximos 12 meses haber vendido más de 50000 dispositivos de campo PROFIBUS PA”.

“PROFIBUS es ahora una industria global”: Lindner

Los éxitos de mercado de PROFIBUS continúan escalando en todas las áreas de las empresas. Los anuncios recientes de que Schneider Automation, Matsushita Weidmuller y otros 10 distribuidores de PROFIBUS se han unido a la PROFIBUS Trade Organization (PTO) en Norte América, la línea ascendente que este está sufriendo fuera de Europa, la inclusión de la mayoría de PLCs en la PROFIBUS User Organization, indican el incremento “a pleno mercado” del sistema. Chequia y Singapur son los últimos países en aceptar nuevas organizaciones establecidas de PROFIBUS User Group (Abril 1998).

“88 plantas industriales usan ya PROFIBUS”

Hasta Septiembre de 1998, los fabricantes de sistemas y dispositivos de campo han instalado redes de trabajo PROFIBUS PA en 88 plantas de procesos en 24 países (19 Octubre 1998).

“Destilerías canadienses adaptan PROFIBUS-PA para actualizar inventario”

UDV, uno de los más importantes fabricantes de bebidas alcohólicas de Canadá, están instalando 2 redes de buses de campo PROFIBUS-PA como parte de un proyecto de reinstrumentación para una aplicación de almacenaje de 19 tanques en su destilería en Valleyfield, Quebec. Las mejoras están destinadas a mejorar la fiabilidad del sistema, mejorar la monitorización del sistema y mejorar el manejo de todo el inventario (19 Octubre 1998).

9.- Ejemplos de productos de diversos fabricantes.

En la tabla 23 se muestran algunos dispositivos indicando algunas de sus características e indicando las versiones de PROFIBUS con las que pueden trabajar.

Fabricante	Chip	Tipo	Características	FMS	DP	PA	uC adic.	Prot SW adic.	Vel. máx. baudios
IAM	PBM	M	Chip protocolo periférico	●	●	—	●	●	3Mbit/s
Motorola	68302	M/S	uC 16 bit con funciones PROFIBUS	●	●	—	—	●	500kbit/s
Motorola	68360	M/S	uC 32 bit con funciones PROFIBUS	●	●	—	—	●	1.5Mbit/s
M2C	IX1	M/S	Chip sencillo o chip protocolo periférico	●	●	●	— / ●	— / ●	1.5Mbit/s
ShipStar	FCHIP-1	Modem	Chip modem para conexión IEC1158-2	—	—	●	●	●	31.25kbit/S
Siemens	SPC4	S	Chip protocolo periférico	●	●	●	●	●	12Mbit/S
Siemens	SPC3	S	Chip protocolo periférico	—	●	—	●	●	12Mbit/S
Siemens	DPC31	S	Chip sencillo o chip protocolo periférico	—	●	●	— / ●	●	12Mbit/S
Siemens	ASPC2	M	Chip protocolo periférico	●	●	●	●	●	12Mbit/S
Siemens	SPM2	S	Chip sencillo, 64 bits E/S conectables directamente al chip	—	●	—	—	—	12Mbit/S
Siemens	LSPM2	S	Bajo coste, Chip sencillo, 32 bits E/S conectables directamente el chip	—	●	—	—	—	12Mbit/S
Siemens	SIM1	Modem	Chip modem para conexión IEC1158-2	—	—	●	●	●	31.25kbit/S
Smar	PA-Asic	Modem	Chip modem para conexión IEC1158-2	—	—	●	●	●	31.25kbit/S
VIPA	V-SPC3	S	Chip protocolo periférico	—	●	—	●	●	12Mbit/S
VIPA	LSPM2	S	Bajo coste, Chip sencillo, 32 bits E/S conectables directamente el chip	—	●	—	—	—	12Mbit/S

Tabla 23: Algunos modelos disponibles de dispositivos PROFIBUS (Año 1998)

10.- Bibliografía utilizada.

En la elaboración del presente texto se han utilizado las siguientes fuentes de documentación:

LIBROS:

- ***“Autómatas programables”, por Josep Balcells y José Luis Romeral, Serie Mundo Electrónico, de Ediciones Marcombo.***

PÁGINAS WEB:

- ***www.profibus.com***
- ***eya.swin.net***

REVISTAS:

- ***“Automática e Instrumentación”, nº 293, Febrero 1999.***

